

# **ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

**X Национальная научно-практическая конференция  
(12-13 декабря 2024 г.)**

**Электронный сборник материалов конференции**



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Казанский государственный энергетический университет»

**ПРИБОРОСТРОЕНИЕ  
И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД  
В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ  
И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

X Национальная научно-практическая конференция  
(12–13 декабря 2024 г.)

Электронный сборник материалов конференции

Казань  
2025

УДК 621.313  
ББК 31.261  
П75

Рецензенты:

д-р техн. наук, зав. кафедрой электропривода и электротехники  
ФГБОУ ВО «КНИТУ» В. Г. Макаров;  
канд. техн. наук, зав. кафедрой электроэнергетических систем и сетей  
ФГБОУ ВО «КГЭУ» В. В. Максимов

**Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве** : электронный сборник материалов X Национальной научно-практической конференции (12–13 декабря 2024 г.) / редколлегия : Э. Ю. Абдуллазянов (главный редактор), И. Г. Ахметова, О. В. Козелков, О. В. Цветкова. – Казань : КГЭУ, 2025. – 1059 с.

ISBN 978-5-89873-687-3

Опубликованы материалы X Национальной научно-практической конференции «Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве» по следующим научным направлениям:

1. Приборостроение и управление объектами мехатронных и робототехнических систем в ТЭК и ЖКХ.
2. Электроэнергетика, электротехника и автоматизированный электропривод в ТЭК и ЖКХ.
3. Инновационные технологии в ТЭК и ЖКХ.
4. Актуальные вопросы инженерного образования.
5. Промышленная электроника.
6. Энергосберегающие технологии в сфере ЖКХ.
7. Эксплуатация и перспективы развития электроэнергетических систем.
8. Теплоснабжение в ЖКХ.
9. Цифровые технологии и решения в ТЭК и ЖКХ.
10. Интеллектуальные системы в ТЭК и ЖКХ.
11. Энергоэффективность и надежность в строительстве.

Предназначен для научных работников, аспирантов и специалистов, работающих в сфере энергетики, а также для обучающихся энергетического профиля.

Материалы докладов публикуются в авторской редакции. Ответственность за их содержание возлагается на авторов.

УДК 621.313  
ББК 31.261

ISBN 978-5-89873-687-3

© КГЭУ, 2025

# Направление 1. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ОБЪЕКТАМИ МЕХАТРОННЫХ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ТЭК И ЖКХ

УДК 621.865.8

## АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ БУРОВЫХ НАСОСОВ

Алатырев Вячеслав Андреевич<sup>1</sup>, Малёв Николай Анатольевич<sup>2</sup>,  
Новоселова Елизавета Александровна<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>alatyrev116@mail.ru

В данной статье проводится исследование основных проблем эксплуатации мехатронных систем управления буровыми насосами с определением направлений их возможных решений, направленных на повышение качества и эффективности работы, а также снижение количества аварийных случаев.

**Ключевые слова:** мехатронная система, буровой насос, автоматизация.

## ANALYSIS OF THE POSSIBILITIES OF USING MECHATRONIC CONTROL SYSTEMS FOR DRILLING PUMPS

Alatyrev Vyacheslav Andreevich<sup>1</sup>, Malev Nikolay Anatolievich<sup>2</sup>,  
Novoselova Elizaveta Alexandrovna<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>alatyrev116@mail.ru

This article conducts a study of the main problems in the operation of mechatronic control systems for mud pumps, identifying directions for their possible solutions aimed at improving the quality and efficiency of work, as well as reducing the number of accidents.

**Keywords:** mechatronic system, drilling pump, automation.

Расчет и исследование мехатронных систем управления буровых насосов имеет важное значение в нефтедобывающей, горнодобывающей, строительной и гидрогеологической отраслях. Правильно рассчитанная система управления буровым насосом может существенно повысить эффективность работы, улучшить ее качество и снизить количество аварийных случаев [1, 2]. Буровые работы являются одним из основных



этапов добычи полезных ископаемых, и эффективность этого процесса во многом зависит от качества исследования существующих мехатронных систем управления, выявление основных проблем и их последующее решение. Основные проблемы мехатронных систем управления буровым насосом следующие [2, 4, 5]:

1. Высокая стоимость. Мехатронные системы могут иметь высокую стоимость как в приобретении, так и в установке – это может стать препятствием для малых и средних предприятий, работающих в добывающей отрасли.

2. Регулярное техническое обслуживание. Мехатронные системы требуют регулярного обслуживания для обеспечения качественной и надежной работы. Это может потребовать дополнительных затрат на обучение персонала и приобретение запчастей.

3. Негативное влияние на окружающую среду.

Для решения указанных проблем и повышения надежности и качества работы системы, рассмотрим следующие варианты [3]:

1. Использование систем мониторинга состояния оборудования.

Системы мониторинга состояния оборудования позволяют своевременно обнаруживать и устранять неисправности, что способствует минимизации затрат средств как на само обслуживание, так и затраченное на него время.

2. Оптимизация затрат

Оптимизация затрат на приобретение и установку мехатронной системы управления буровым насосом возможна за счет использования более доступных компонентов и технологий. Так же анализ потребностей и определение оптимального размера системы помогают избежать избыточной мощности и связанных с этим затрат.

3. Автоматизация процессов и использование современных материалов

Внедрение систем автоматического управления, таких как частотные преобразователи, системы контроля давления, ПИД-регуляторы позволяют оптимизировать работу насоса, снизить риск ошибок, связанных с человеческим фактором и повысить качество и эффективность работы. Так же применение новых материалов и технологий в конструкции мехатронной системы может улучшить ее характеристики, увеличить срок службы и снизить затраты на дальнейшее обслуживание.

## **Заключение**

Расчет и исследование мехатронной системы управления бурового насоса являются важными этапами разработки и внедрения эффективного оборудования для бурения. Правильный выбор компонентов системы и оптимизация ее параметров позволяют повысить производительность работ и обеспечить безопасность процесса бурения, увеличить срок службы установки.

## **Источники**

1. Гринько Д.А. Обоснование структуры и рациональных режимных параметров мехатронной бурильной машины // Горное оборудование и электромеханика, 2011. С. 24–28.
2. Мкртычан Я.С. Повышение эффективности эксплуатации буровых насосных установок. М.: Недра, 1984. С. 207–210.
3. Кирсанов А.Н. Буровые машины и механизмы. М., 2005. С. 448–451.
4. Абубакиров В.Ф. Буровое оборудование: справочное пособие. М.: Газпром, 2007. Т. 1. С. 731–732.
5. ООО «РемБурСервис». Буровой насос УНБТ-950, УНБТ-1180. [Электронный ресурс]. URL: <http://рембурсервис.рф/catalog/burovye-nasosy> (дата обращения: 23.10.2024).

## ОСОБЕННОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ УПРУГИХ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ

Аль-Асвади Одай Али Хайдар Ахмед<sup>1</sup> Малёв Николай Анатольевич<sup>2</sup>,  
Арзамасов Давыд Евгеньевич<sup>3</sup>

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>2</sup>maleev@mail.ru

В работе приведены уравнения динамики и структурные схемы моделирования мехатронных систем с упругими связями, позволяющие сравнительно просто решать задачи анализа подобных систем, а также синтезировать соответствующие алгоритмы коррекции.

**Ключевые слова:** мехатронные системы, упругие связи, уравнения динамики, схемы моделирования, анализ, синтез.

## FEATURES OF MATHEMATICAL DESCRIPTION OF ELASTIC MECHATRONIC SYSTEMS

Al-Aswadi Odai Ali Haidar Ahmed<sup>1</sup>, Nikolay Anatolievich Malev<sup>2</sup>,  
Arzamasov David Evgenevich<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
<sup>2</sup>maleev@mail.ru

The paper presents dynamic equations and structural diagrams for modeling mechatronic systems with elastic connections, which make it possible to relatively simply solve problems of analyzing such systems, as well as synthesize appropriate correction algorithms.

**Keywords:** mechatronic systems, elastic connections, dynamic equations, modeling schemes, analysis, synthesis.

Механическая часть мехатронных систем представляет собой один из ключевых компонентов, обеспечивающих интеграцию механики, электроники и программного обеспечения. Она включает в себя различные агрегаты для преобразования энергии или движения, такие как электроприводные устройства, редукторы и исполнительные механизмы, причем при математическом описании механической части мехатронных систем, особенно при повышенных требованиях к быстродействию, не следует пренебрегать явлением упругости механических передач [1, 2, 3].

В общем случае уравнения движения представлены уравнениями Лагранжа [3]:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial W_k}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial W_k}{\partial q_i} = Q_i, \quad (1)$$

где  $q_i, \dot{q}_i$  – выходная координата и скорость ее изменения;  $W_k$  – кинетическая энергия системы;  $Q_i$  – сила, вызывающая перемещение.

Для трехмассовой системы с угловыми перемещениями масс  $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$  и соответствующими скоростями  $\omega_1, \omega_2, \omega_3$  запишем уравнения для кинетической и потенциальной энергий:

$$\left. \begin{aligned} W_k &= \frac{J_1 \omega_1^2}{2} + \frac{J_2 \omega_2^2}{2} + \frac{J_3 \omega_3^2}{2}; \\ W_p &= \frac{C_1 (\varphi_1 - \varphi_2)^2}{2} + \frac{C_2 (\varphi_2 - \varphi_3)^2}{2}. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Сила  $Q_1$ , обеспечивающая малое перемещение  $\delta\varphi_1$  за счет работы

$$\delta A_1 = (M - M_{y_1} - M_{c_1}) \delta\varphi_1$$

$$Q_1 = M - M_{y_1} - M_{c_1}, \quad (3)$$

где  $M_{y_1} = C_1 (\varphi_1 - \varphi_2)$  – упругий момент первой массы;  $M_{c_1}$  – момент статического сопротивления нагрузки первой массы.

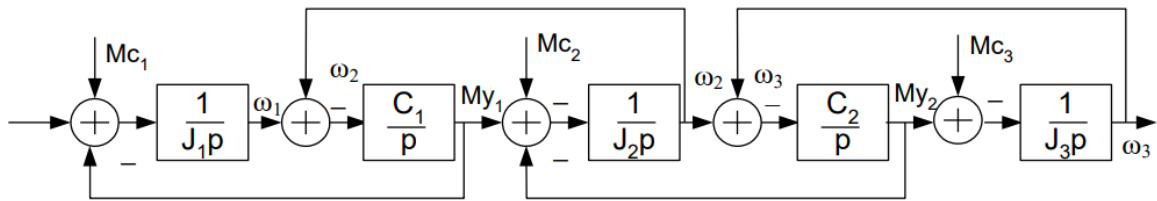
Аналогично для остальных масс трехмассовой механической системы

$$\left. \begin{aligned} Q_2 &= M_{y_1} - M_{y_2} - M_{c_2}; \\ Q_3 &= M_{y_2} - M_{c_3}; \\ M_{y_2} &= C_2 (\varphi_2 - \varphi_3). \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Дифференцируя выражение для  $W_k$  из системы (2) с учетом (1), (3), (4) получим уравнения динамики для движения трехмассовой механической системы:

$$\left. \begin{aligned} M - M_{c_1} - M_{y_1} &= J_1 \frac{d\omega_1}{dt}; \\ M_{y_1} - M_{c_2} - M_{y_2} &= J_2 \frac{d\omega_2}{dt}; \\ M_{y_2} - M_{c_3} &= J_3 \frac{d\omega_3}{dt}. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Соответствующая структурная схема моделирования представлена на рисунке



Структурная схема моделирования трехмассовой механической системы

Передаточные функции по скоростям  $\omega_1, \omega_2, \omega_3$  запишутся следующим образом:

$$\begin{aligned} W_{\omega_1}(s) &= \frac{\Omega_1(s)}{M(s)} = \frac{A(s)}{sB(s)}, \\ W_{\omega_2}(s) &= \frac{\Omega_2(s)}{M(s)} = \frac{C_1 J_3 s^2 + C_1 C_2}{sB(s)}, \\ W_{\omega_3}(s) &= \frac{\Omega_3(s)}{M(s)} = \frac{C_1 C_2}{sB(s)}, \end{aligned} \quad (6)$$

где

$$\begin{aligned} A(s) &= J_2 J_3 s^4 + [C_2 (J_2 + J_3) + C_1 J_3] s^2 + C_1 C_2; \\ B(s) &= s \left\{ J_1 J_2 J_3 s^4 + [J_1 C_2 (J_2 + J_3) + J_3 C_1 (J_1 + J_2)] s^2 + C_1 C_2 (J_1 + J_2 + J_3) \right\}. \end{aligned}$$

Выражения (6) позволяют сравнительно просто получить частотные и временные характеристики трехмассовой мехатронной системы с упругими связями, а также синтезировать соответствующие корректирующие устройств. При необходимости уравнения (4), (5) и (6) могут быть упрощены для исследования двухмассовых мехатронных систем [4, 5].



## Источники

1. Башарин А. В. Управление электроприводами: учеб. пособие для вузов / А. В. Башарин, В. А. Новиков, Г. Г. Соколовский. – Л.: Энергоиздат, 1982. – 392 с.
2. Саушев А. В., Шошмин В.А. Моделирование многомассовых механических систем электроприводов методом электрической аналогии // Журнал университета водных коммуникаций. 2010. № 4. С. 57–64.
3. Погодицкий О.В., Малёв Н.А. Проектирование мехатронных систем. Часть 1. Анализ и синтез. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2017. – 318 с.
4. Малёв Н.А., Хаметханова М.Р. Сравнительный анализ качества функционирования электропривода с градиентным алгоритмом робастного управления и последовательной коррекцией // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2024. Вып. 2. С. 365-370.
5. Малёв Н.А., Погодицкий О.В. Исследование и синтез модального регулятора двухмассовой электромеханической системы механизма подъёма крана // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. № 20(7-8): 99-106. 2018.

## **ПЛАНИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИИ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ СТОЛКНОВЕНИЙ ДЛЯ ПРОТОТИПА АВТОНОМНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА**

Аль-Кармади Яхья Мохаммед Салех<sup>1</sup>, Малёв Николай Анатольевич<sup>2</sup>,

Арзамасов Давыд Евгеньевич<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

<sup>1</sup>alkarmadi.sch@gmail.com

Возрастающий спрос на автономные транспортные средства в условиях городской среды подчеркивает необходимость планирования траектории и предотвращения столкновений в реальном времени. В данной работе описывается разработка и создание недорогого прототипа небольшого автономного транспортного средства, оснащенного Raspberry Pi 4 Model B, ультразвуковыми датчиками и камерой 8MP для обеспечения автономной навигации. Прототип использует алгоритмы A\* и Дейкстры для оптимального планирования траектории и динамического обхода препятствий. В документе приводится описание аппаратного и программного обеспечения, планируемых тестов и возможных направлений будущего развития, таких как интеграция LiDAR и технологий машинного обучения. Прототип демонстрирует возможность эффективного планирования траектории на ограниченном оборудовании и может стать основой для дальнейшего развития автономных транспортных систем.

**Ключевые слова:** Прототип автономного транспортного средства, Планирование пути в реальном времени, Избегание препятствий, Raspberry Pi 4 Model B, Алгоритм A\*, Алгоритм Дейкстры, Сенсорное слияние, Ультразвуковые датчики.

## **REAL-TIME PATH PLANNING AND OBSTACLE AVOIDANCE FOR AN AUTONOMOUS VEHICLE PROTOTYPE**

Al-Karmadi Yahya Mohammed Saleh<sup>1</sup>, Malev Nikolay<sup>2</sup>, Arzamasov David Evgenevich<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan

<sup>1</sup>alkarmadi.sch@gmail.com

The growing demand for autonomous vehicles in urban and dynamic environments has intensified the focus on real-time path planning and obstacle avoidance. This thesis describes the design and development of a small-scale, low-cost autonomous vehicle prototype utilizing a Raspberry Pi 4 Model B, ultrasonic sensors, and an 8MP camera module for real-time navigation. The vehicle employs A\* and Dijkstra’s algorithms to efficiently plan

paths while dynamically detecting and avoiding obstacles. This document outlines the system's hardware and software configuration, planned testing, and potential areas for future improvement, such as LiDAR integration and machine learning. The prototype demonstrates the feasibility of effective pathfinding within constrained hardware resources, suggesting pathways for future advancements in autonomous vehicle systems.

**Keywords:** Autonomous Vehicle Prototype, Real-Time Path Planning, Obstacle Avoidance, Raspberry Pi 4 Model B, A\* Algorithm, Dijkstra's Algorithm, Sensor Fusion, Ultrasonic Sensors.

Планирование пути и предотвращение столкновений являются ключевыми задачами для автономных систем. основополагающая работа Труна и коллег [1] показала важность адаптации к динамическим условиям для автономной навигации. Алгоритмы A\* и Дейкстры [2] обеспечивают эффективное планирование на ограниченных ресурсах. Работа Эльбанхави и Сими [3] предложила стратегии для систем с ограниченными ресурсами, а D\* Lite, разработанный Кенигом и Лихачевым [4], повышает эффективность пересчета пути. Оценка Файгла и Кулиха [5] подтверждает, что методы на основе сеток, такие как A\*, подходят для простых систем, а методы потенциальных полей [6] могут быть полезны при расширении возможностей прототипа.

Методология включает сборку прототипа с использованием Raspberry Pi 4 Model B, 8-мегапиксельной камеры и ультразвуковых датчиков, применяя алгоритмы A\* и Дейкстры для планирования пути. Аппаратная настройка состоит из Raspberry Pi 4 Model B для управления вычислениями и обработки данных, 8MP камеры для обратной связи при обнаружении препятствий и ультразвуковых датчиков для измерения расстояния до объектов. Алгоритмы A\* и Дейкстры обеспечивают планирование траектории благодаря своей пригодности для навигации на основе сетки на устройствах с ограниченной мощностью. A\* используется для быстрого перерасчета маршрута при динамических препятствиях, тогда как алгоритм Дейкстры применим для статического начального планирования.

Интеграция данных от ультразвуковых датчиков и камеры обеспечивает надежное обнаружение препятствий и адаптацию маршрута. Тестирование будет проводиться в контролируемой среде с размещением как статических, так и динамических препятствий. В планируемых сценариях будут проверяться различные условия расположения препятствий, чтобы измерить такие факторы, как скорость перерасчета маршрута, успех в предотвращении столкновений и энергопотребление на

Raspberry Pi. Эти тесты направлены на оценку эффективности конструкции прототипа в достижении основных целей навигации и предотвращения столкновений, что может служить основой для разработки автономных транспортных средств. Раздел результатов будет сфокусирован на ожидаемых результатах на основе моделирования алгоритмов и предполагаемой производительности в рамках тестовых сценариев.

Ожидаемые результаты включают эффективность планирования маршрута с прогнозируемым 20% улучшением скорости перерасчета при использовании гибридного подхода A\* и Дейкстры по сравнению с использованием одного A\* [2]; точность предотвращения столкновений с ожидаемым успешным избеганием столкновений в 95% случаев в динамических условиях и 100% в статических [5]; энергоэффективность с предполагаемым энергопотреблением в 15% от заряда аккумулятора из-за постоянной обработки данных с датчиков, что указывает на область для оптимизации. Хотя прототип успешно справляется с основными задачами навигации, потенциальные улучшения, такие как интеграция LiDAR для трехмерного восприятия и машинного обучения для предсказательной навигации, могут быть исследованы в дальнейшем.

### **Источники**

1. Stanley: The robot that won the DARPA Grand Challenge / Трэн С., Монтемерло М., Далькамп Х. [и др.] // *Journal of Field Robotics*. 2006. Vol. 23, Iss. 9. Pp. 661–692.
2. ЛаВалле С.М. *Planning Algorithms*. Cambridge University Press. 2006.
3. Эльбанхави М., Сими М. Sampling-based motion planning: A review // *Journal of Systems and Control*. 2014. Vol. 30, Iss. 6. Pp. 625–634.
4. Кениг С., Лихачев М. D\* Lite // *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*. 2002. Pp. 476–483.
5. Файгл А., Кулич Р. Evaluation of grid-based path planning approaches // *Robotics and Autonomous Systems*. 2016. Vol. 83. Pp. 1–12.
6. Боренштейн Дж., Корен Я. Potential field methods and their inherent limitations for mobile robot navigation // *IEEE International Conference on Robotics and Automation*. 1991. Pp. 1398–1404.

## К ИСТОРИИ СОЗДАНИЯ МР-ТОМОГРАФА В КАЗАНИ

Андреев Николай Кузьмич

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

ngeikandreev@gmail.com

В работе рассматриваются некоторые факты истории создания МР-томографа в Казани и технические и технологические особенности производства МР-томографов, повлиявшие на эту историю.

**Ключевые слова:** МР-томограф, магнитный резонанс, магнитное поле, соленоид, разрешающая способность, предприятие.

*(строка)*

## ON THE HISTORY OF THE CREATION OF AN NMR IMAGING DEVICE IN KAZAN

Andreev Nikolay Kuzmich

FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan

ngeikandreev@gmail.com

The paper considers some facts about the history of the creation of an NMR imaging device in Kazan and the technical and technological features of the production of such devices that influenced this story.

**Keywords:** history, NMR imaging device, Kazan, production, magnetic resonance, magnetic field, solenoid, resolution, enterprise.

В 1973 году была опубликована первая статья о методе МР-томографии [1]. Первый МР-томограф появился в 1978 году [1, 2]. В Казани в КНЦ КФТИ РАН активно велись работы по созданию спектрометров ЭПР и ядерного магнитного резонанса (ЯМР). В 1979 году группа ученых и инженеров (Зарипов М.Р., Андреев Н.К., Хасанов Р.Ф.) начала работы по созданию МР-томографа. Целью разработки было создание отечественного серийного МР-томографа для широкой сети больниц и клиник.

В 1993 году первый образец разработанного КФТИ низкополевого МР-томографа был продемонстрирован президенту Республики Татарстан Шаймиеву М.Ш. [3, 4, 5]. Это был один из первых МР-томографов отечественной разработки в РФ. Ниже в этой статье будет рассмотрено, какие экономические, технические и технологические факторы повлияли на темпы работ по созданию томографа. Одновременно будет сделана



попытка оценить, каким предприятиям РФ будет по силам серийное масштабное производство МР-томографов для лечебных учреждений.

МР-томограф состоит из магнита с корректирующими катушками, передатчика и приемника радиосигналов, программатора, управляющей ЭВМ, источников питания магнита, корректирующих и градиентных катушек, системы охлаждения и термостабилизации магнита и помещения, в котором расположен томограф, системы экранирования и фильтрации сигналов. Сигналы ЯМР протонов от выделенной части объекта, например, тела человека, возбуждаются и регистрируются на частоте резонанса  $\omega_0 = \gamma H_0$ , где  $\gamma$  – гиромагнитное отношение протонов,  $H_0$  – напряженность магнитного поля в зазоре магнита. Выделение сигналов от заданных областей производится с помощью серии импульсных последовательностей, состоящих из широкополосных и узкополосных радиоимпульсов, импульсов градиентов магнитного поля.

МР-томографы условно можно было разделить на сильнополюсные со сверхпроводящими магнитами, на среднеполюсные с резистивными магнитами – соленоидами и на слабополюсные с резистивными магнитами. Позже появились слабо- и среднеполюсные постоянные магниты, изготовленные из магнитных материалов.

Перед началом разработки были изучены теоретические исследования и разработки в этой области. Серийный выпуск томографов был налажен в Европе и США. В нашей стране производство МР-томографов отсутствовало, а разработки были инициированы на предприятии «Аз» при Министерстве электротехнической промышленности, в Новосибирском Академгородке и в нашей группе. Группа «Аз» ориентировалась на копирование среднеполюсных МР-томографов фирмы «Брукер».

Нашей главной целью было создание МР-томографа для широкой сети больниц и клиник, с относительной невысокой и доступной ценой. Мы, изучив литературу, установили, что в низких полях порядка 0,02 Тл можно добиться разрешающей способности 2 мм с достаточно высокой контрастностью изображения за счет того, что времена спин-решеточной релаксации  $T_1$  в слабых полях у здоровых и больных тканях организма человека сильнее отличаются, чем в высоких полях.

Чувствительность и разрешающая способность МР-томографа, прежде всего, определяется напряженностью  $H_0$  и однородностью  $\Delta H_0/H_0$  магнитного поля в зазоре магнита. Поэтому ведущие фирмы, работающие в этой области, настроены на повышение этих двух факторов. Однако,

стоимость томографа очень сильно зависит от них. Например, стоимость высокопольного томографа со сверхпроводящим магнитом на мировом рынке превышает 10 млн долларов.

Разработка такого сложного прибора требует привлечения большого количества квалифицированных кадров специалистов в самых разнообразных областях. Серийное производство томографов возможно только на предприятиях, располагающих с соответствующим технологическим оборудованием для изготовления магнитов, радиоэлектронной аппаратуры и вычислительной техники.

Поскольку КФТИ КНЦ РАН, в котором мы работали, не располагал такими производственными возможностями нам пришлось установить контакт со многими предприятиями. В качестве примера полезных контактов можно назвать ОКБ «Маяк» при Пермском госуниверситете и Объединенный институт ядерных исследований в г. Дубна. ОИЯИ располагает специалистами, конструкторами и экспериментальными мастерскими, в которых есть металлообрабатывающие станки для обработки деталей от микронного размера до десятков метра. Институт физических проблем АН СССР в Москве нам о помог с первыми расчетами магнитного поля и оптимизацией размеров соленоида. Конструкция соленоида из трех пар секций была предложена нами. Радиочастотные блоки, система управления, состоящая из ЭВМ и программатора, были разработаны нами. Требуемые оболочки из стеклотекстолита для установки соленоида, градиентных и корректирующих катушек были изготовлены на одном из предприятий Подмосковья. Система позиционирования больного была разработана в Казани, в НИАТ.

Для разработок нам была выделена в 1990 году небольшая сумма в 4 млн рублей. Но после событий 1991 года эти деньги обесценились во много крат раз. Одновременно руководство медицины тех лет в стране оказалось не заинтересованным в развитии отечественного производства. Наша разработка не дошла до серийного производства.

Информационные агентства в стране сообщают, что фирма «Аз» за все прошедшее время в 40 лет произвела только около 100 МР-томографов. Но появилось сообщение, что в ФИАНе разработан очень оригинальный высокопольный МР-томограф и для достижения независимости России от внешних поставок МРТ-систем «Росатом Хелскеа» планирует начать к 2026 г. серийное производство российских томографов с напряженностью магнитного поля 1,5 Тл.

Автор статьи по своему опыту был убежден, что налаживать производство МР-томографов можно только на предприятиях атомной промышленности, и поэтому очень приветствует это предложение ФИАН.

Выводы. После анализа пройденного пути становится ясно, что проектирование и серийный выпуск такой сложной техники, какой является МР-томограф, необходимо организовывать на предприятиях, которые для этого обладают интеллектуальным, научным и производственным потенциалом, особенно, - в НИИ ядерной энергетики.

### **Источники**

1. Lauterbur P.C. Image Formation by Induced Local Interactions: Examples of Employing Nuclear Magnetic Resonance // Nature. 1973. Vol. 242, no. 5394. P. 190–191.

2. Mansfield, P. Proton spin imaging by nuclear magnetic resonance // Contemporary Phys. 1976. Vol. 17. P. 553–576.

3. Андреев Н.К. Методы и приборы низкочастотной релаксационной ЯМР-интроскопии: Научное издание. Казань: Казан. : Казан. гос. энерг. ун-т, 2003.

4. Низкополевой МР-томограф для широкой сети больниц и клиник / Андреев Н.К. [и др.] // Тез. докл. 5 Всесоюзного симпозиума по вычислительной томографии, Москва, 1991. М.: Наука, 1991. С. 17–18.

5. Андреев Н.К., Зарипов М.Р., Хасанов Р.Ф. ЯМР-интроскоп: проблема создания основного магнитного поля // Радиоспектроскопия: сб. научн. тр. Пермь, 1985. С. 287–290.

## МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ АНАЛИЗАТОРА НЕФТИ ПМРА-IV

Арсланов Амир Динарович<sup>1</sup>, Кашаев Рустем Султанхамитович<sup>2</sup>,  
Козелков Олег Владимирович<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>arslanovad97@gmail.com, <sup>2</sup>kashaev2007@yandex.ru, <sup>3</sup>ok.1972@list.ru

Надежность приборов является первостепенным показателем их пригодности и поэтому является важнейшей характеристикой любого устройства. В процессе работы анализатора нефти ПМРА-IV, работающего по методике протонной магнитно-резонансной релаксометрии, о надежности можно говорить в двух аспектах. Первым является достоверность измерений, а вторым надежность работы его электронных узлов. В данной работе приводятся результаты исследования, где предлагаются способы повышения надежности работы и увеличения достоверности измерений вышеназванного прибора. Описанные решения должны вывести ПМРА-IV на качественно новый уровень.

**Ключевые слова:** надежность прибора, протонный магнитный резонанс, ПМР-анализатор, анализ нефти, автоматизация измерений.

## METHODS OF INCREASING THE RELIABILITY OF THE PMRA-IV OIL ANALYZER

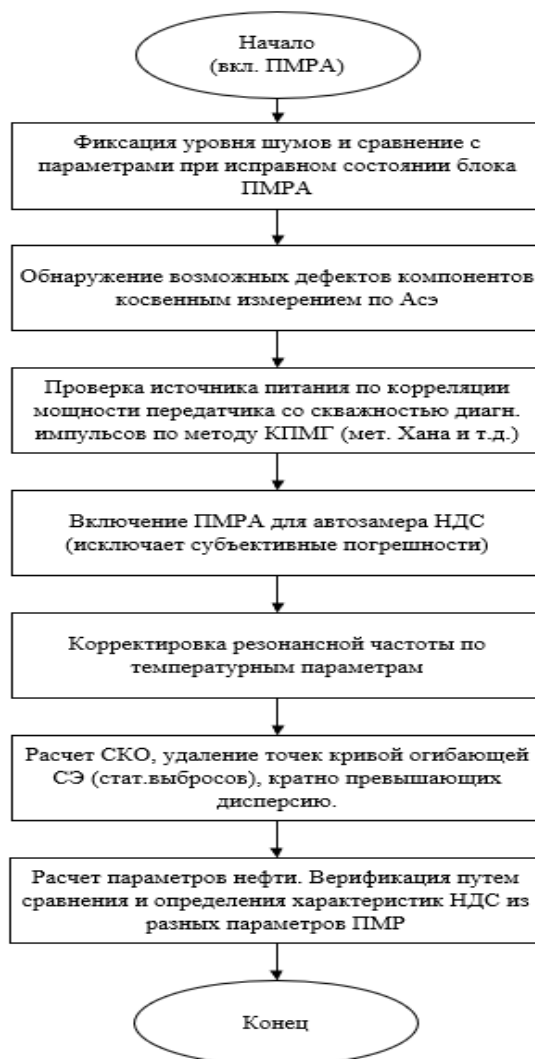
Arslanov Amir Dinarovich<sup>1</sup>, Kashaev Rustem Sultanhamitovich<sup>2</sup>,  
Kozelkov Oleg Vladimirovich<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>arslanovad97@gmail.com, <sup>2</sup>kashaev2007@yandex.ru, <sup>3</sup>ok.1972@list.ru

The reliability of devices is the primary indicator of their suitability and therefore is the most important characteristic of any device. In the process of operation of the PMRA-IV oil analyzer, working according to the proton magnetic resonance relaxometry method, reliability can be discussed in two aspects. The first is the reliability of measurements, and the second is the reliability of its electronic units. This paper presents the results of a study that proposes ways to improve the reliability of operation and measurements of the above-mentioned device. The described solutions should bring PMRA-IV to a qualitatively new level.

**Keywords:** device reliability, proton magnetic resonance, PMR analyzer, oil analysis, automation of measurements.

Для повышения надежности работы анализатора нефти ПМРА-IV [1, с.110; 2] нами был создан алгоритм, представленный на рисунке ниже.



При включении анализатора происходит фиксация уровня шумов для сравнения с эталонными значениями релаксометра. Фиксация уровня шумов происходит по значениям показаний амплитуд спин-эхо в датчике релаксометра без образца. Малое отклонение от эталона позволяет говорить о сохранности элементов прибора и отсутствии внешних помех. Для диагностики исправности питания в данном алгоритме идет сравнение мощности, выделяемой на передатчике по ее зависимостям с параметрами измерения по методике Карра-Парселла-Мейбум-Гилла (КМППГ).

После проверки аппаратной части начинаются измерения образцов нефти. При начальной настройке релаксометра через программу, стоит внести поправку по зависимости температуры в значения резонансной частоты магнитов [3, с.117] из NdFeB-34, которая была выведена нами в ходе исследований. Вычисленный нами температурный коэффициент



ухода частоты составляет примерно - 4 кГц/°С. Отсюда следует, что изменение окружающей температуры, которая в полевых условиях может меняться по меньшей мере на 40°С, что будет сильно влиять на измерения, без учета корректировки.

Для ПМРА-IV нами также была разработана новая программа управления [4, с.217; 5], которая позволяет проводить анализ параметров ПМР и характеристик нефти по ним в автоматическом режиме. Такое решение позволяет исключить субъективные погрешности, которые в свою очередь могут вызывать существенные искажения результатов из-за сложностей понимания методов ПМР-релаксометрии персоналом нефтегазовой отрасли. В новой программе также была добавлена корректировка данных по удалению статистических выбросов в 3 СКО (среднеквадратических отклонения).

Таким образом по результатам работы можно говорить о возможности значительного улучшения ПМР-анализатора при их использовании.

### **Источники**

1. Киен, Н. Т. Стенд ПМР-анализатора для измерения вязкости и состава многокомпонентных жидкостей методом ПМР-релаксометрии / Н. Т. Киен, Р. С. Кашаев // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22, № 2. С. 108-116.

2. Патент РФ №2544360 от 20.03.2015. Устройство для измерения состава и расхода многокомпонентных жидкостей методом ЯМР/ Кашаев Р.С., Темников А.Н., Идиятуллин З.Ш.

3. Свинин, А. Ю. Разработка магнитной системы датчика для ПМР-анализатора / А. Ю. Свинин, Р. С. Кашаев, О. В. Козелков // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22, № 4. С. 115-122.

4. Amir D. Arslanov, Rustem S. Kashaev, Oleg V. Kozelkov. System of oil express flow control on the basis of proton magnetic resonance relaxometry. // «International Russian Smart Industry Conference, SmartIndustryCon 2024» - 2024, - Pp 214–218

5. Свидетельство №RU2024682954 «Программа автоматизированного контроля и обработки сигналов при исследованиях характеристик нефти методом протонной магнитно-резонансной релаксометрии для системы экспресс контроля проточного ПМР-анализатора». Арсланов А.Д., Кашаев Р.С., Козелков О.В., Нгуен Д.А., Галиев А.Б.

## **ПРОВЕДЕНИЕ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА РАЗНЫХ ТИПОВ ПРИВОДНЫХ МЕХАНИЗМОВ ДЛЯ РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА**

Виноградов Герман Николаевич<sup>1</sup>, Козелков Олег Владимирович<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань,  
<sup>1</sup>gp7771gp@gmail.com, <sup>2</sup>ok.1972@mail.ru

Статья посвящена анализу различных типов приводных механизмов, используемых в роботах-манипуляторах. В работе рассматриваются преимущества и недостатки электропривода, пневмопривода, гидравлического привода, а также привода с использованием искусственных мышц. Проводится сравнительный анализ характеристик, таких как мощность, скорость, точность, стоимость и сложность обслуживания. В статье делаются выводы о наиболее подходящих типах приводов для различных приложений робототехники.

**Ключевые слова:** Роботы-манипуляторы, приводные механизмы, электропривод, пневмопривод, гидравлический привод.

## **CONDUCTING A COMPARATIVE ANALYSIS OF DIFFERENT DRIVE MECHANISMS FOR A ROBOTIC MANIPULATOR**

Vinogradov German Nikolaevich<sup>1</sup>, Kozelkov Oleg Vladimirovich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>gp7771gp@gmail.com, <sup>2</sup>ok.1972@mail.ru

This article focuses on analyzing different types of drive mechanisms used in robotic manipulators. The paper examines the advantages and disadvantages of electric drive, pneumatic drive, hydraulic drive, and drive using artificial muscles. A comparative analysis of characteristics such as power, speed, accuracy, cost, and maintenance complexity is carried out. The article concludes with insights into the most suitable drive types for various robotics applications.

**Keywords:** Manipulator robots, drive mechanisms, electric drive, pneumatic drive, hydraulic drive.

Роботы-манипуляторы широко используются в промышленности, медицине, сельском хозяйстве и других областях. Ключевым компонентом любого робота-манипулятора является приводной механизм, который отвечает за движение и управление его конечностями. Выбор типа привода зависит от конкретных требований приложения, таких как грузоподъемность, скорость, точность, стоимость, сложность обслуживания и т.д. [1]

Существует несколько основных типов приводных механизмов для роботов-манипуляторов:

1. Электропривод: использует электродвигатели для привода робота. Основные преимущества: высокая точность, легкость управления, возможность реализации сложных движений. Недостатки: ограниченная мощность, необходимость в электропитании. [2]

2. Пневмопривод: использует сжатый воздух для привода работа. Преимущества: высокая скорость, низкая стоимость, простота обслуживания. Недостатки: низкая точность, шумность, необходимость в компрессоре.

3. Гидравлический привод: использует гидравлическую жидкость для привода работа. Преимущества: высокая мощность, высокая скорость, возможность реализации сложных движений. Недостатки: сложная система, необходимость в обслуживании, утечки жидкости [3].

4. Привод с использованием искусственных мышц: использует искусственные мышцы, имитирующие биологические мышцы. Преимущества: высокая мощность, высокая скорость, возможность реализации сложных движений. Недостатки: высокая стоимость, необходимость в дальнейшем развитии технологии.

Выбор типа привода для работа-манипулятора зависит от конкретных требований приложения. Для задач, требующих высокой точности и легкости управления, электропривод является лучшим выбором. Пневмопривод подходит для задач, требующих высокой скорости и низкой стоимости [4]. Гидравлический привод подходит для задач, требующих высокой мощности и возможности реализации сложных движений [5]. Привод с использованием искусственных мышц находится в стадии развития, но обладает потенциалом для реализации высокоэффективных роботов.

### **Источники**

1. Перспективные направления развития конструкций систем верхнего привода / Р. С. Привалихин, А. К. Данилов, Е. А. Соловьев [и др.] // Бурение и нефть. 2015. № 3. С. 54-58.

2. Силовые приводы нового поколения / А. К. Данилов, Р. С. Привалихин, Е. А. Соловьев, В. В. Бухтояров // Бурение и нефть. 2014. № 12. С. 40-42.

3. Зенкевич, С.Л. Основы управления манипуляционными роботами: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Работы и робототехнические системы" / С. Л. Зенкевич, А. С. Ющенко. – 2-е издание, исправленное и дополненное. М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)", 2004. 480 с.

4. Подураев, Ю.В. Мехатроника: основы, методы, применение : Учебное пособие для студентов вузов / Ю. В. Подураев. – Москва: Машиностроение, 2006. 256 с.

5. Воробьева, Н.С. Отслеживание приводами манипулятора параллельно-последовательной структуры программных перемещений рабочего органа / Н. С. Воробьева, В. В. Жога, И. А. Несмиянов // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. 2019. № 2. С. 154-165.

## ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ РОБОТОВ-МАНИПУЛЯТОРОВ

Виноградов Герман Николаевич<sup>1</sup>, Козелков Олег Владимирович<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

<sup>1</sup>gp7771gp@gmail.com, <sup>2</sup>ok.1972@mail.ru

Аддитивные технологии, в частности 3D-печать, революционизируют робототехнику, позволяя создавать роботов-манипуляторов с уникальными конструкциями, оптимизированными для конкретных задач. Благодаря гибкости, скорости прототипирования и снижению стоимости, 3D-печать открывает новые возможности для создания лёгких, прочных и функциональных роботов, интегрирующих электронику и механику в единую систему. Примеры использования 3D-печати в робототехнике включают создание роботов для образовательных целей, роботов с искусственными мышцами и миниатюрных захватных устройств. Несмотря на ограничения, связанные с размером, материалами и прочностью, 3D-печать является ключевым инструментом для создания инновационных и доступных роботов в будущем.

**Ключевые слова:** 3D-печать, робототехника, манипуляторы, аддитивные технологии, прототипирование.

## THE APPLICATION OF ADDITIVE MANUFACTURING FOR CREATING ROBOTIC MANIPULATORS

Vinogradov German Nikolaevich<sup>1</sup>, Kozelkov Oleg Vladimirovich<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan

<sup>1</sup>gp7771gp@gmail.com, <sup>2</sup>ok.1972@mail.ru

Additive manufacturing, particularly 3D printing, is revolutionizing robotics by enabling the creation of robotic manipulators with unique designs optimized for specific tasks. The flexibility, rapid prototyping capabilities, and cost reduction offered by 3D printing open up new avenues for building lightweight, robust, and functional robots that integrate electronics and mechanics into a single system. Examples of 3D printing's application in robotics include creating educational robots, robots with artificial muscles, and miniature gripping devices. Despite limitations related to size, materials, and strength, 3D printing remains a key tool for developing innovative and affordable robots in the future.

**Keywords:** 3D printing, robotics, manipulators, additive manufacturing, prototyping.

Робототехника, как отрасль, активно развивается, ищущая новые пути для создания более сложных, гибких и доступных роботов. Одним из ключевых направлений этого развития является применение аддитивных технологий, или 3D-печати, для создания роботов-манипуляторов [1].

Применение 3D-печати для создания роботов-манипуляторов обладает рядом преимуществ перед традиционными методами производства:

1. Гибкость: 3D-печать позволяет создавать сложные геометрические формы, которые трудно или невозможно получить с помощью традиционных методов. Это дает возможность создавать роботов-манипуляторов с уникальными конструкциями, оптимизированными для конкретных задач [2].

2. Скорость прототипирования: 3D-печать позволяет быстро создавать прототипы роботов-манипуляторов, что ускоряет процесс разработки и позволяет быстро тестировать различные варианты конструкций.

3. Снижение стоимости: 3D-печать позволяет создавать роботов-манипуляторов с использованием минимизации количества деталей, что снижает стоимость производства [3].

4. Индивидуализация: 3D-печать позволяет создавать роботов-манипуляторов с индивидуальными характеристиками, адаптированными к конкретным задачам.

Примеры роботов-манипуляторов, созданных с помощью 3D-печати:

1. Robotic Arm - Open Source: Этот робот с открытым исходным кодом был разработан с помощью 3D-печати и предназначен для образовательных целей.

2. Bionic Handling Assistant (BHA) - Этот робот от Festo с искусственными мышцами был создан с помощью 3D-печати и обладает очень высокой степенью гибкости и маневренности.

3. Miniature Gripper: Этот миниатюрный захват для роботов, созданный с помощью 3D-печати, предназначен для работы с мелкими предметами.

Недостатки применения аддитивных технологий в робототехнике:

1. Ограничения по размеру: 3D-печать на сегодняшний день ограничена размером печатаемой детали.

2. Ограничения по материалам: Не все материалы подходят для 3D-печати [4].

3. Прочность печати: Печатные детали могут быть менее прочными, чем детали, изготовленные традиционными методами [5].



Аддитивные технологии играют все более важную роль в развитии робототехники. 3D-печать позволяет создавать роботов-манипуляторов с уникальными конструкционными особенностями, что открывает новые возможности для создания более гибких, эффективных и доступных роботических систем.

### **Источники**

1. Савосина, А. А. Перспективы развития рынка 3d печати и применение аддитивных технологий для него / А. А. Савосина, С. А. Баринов // Тезисы докладов 50-й международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, посвящённой году науки, Витебск, 12–13 апреля 2017 года. – Витебск: Витебский государственный технологический университет, 2017. – С. 79.

2. Смирнов, М. А. FDM-технология: особенности применения, преимущества, недостатки / М. А. Смирнов, Н. О. Рыбкин, О. Л. Ксенофонтова // Сборник научных трудов вузов России "Проблемы экономики, финансов и управления производством". – 2021. – № 48. – С. 115-122.

3. Орешкин, П. В. Развитие возможностей 3D-моделирования и 3D-печати в дизайне: история эволюции / П. В. Орешкин // Декоративное искусство и предметно-пространственная среда. Вестник РГХПУ им. С.Г. Строганова. – 2021. – № 1-2. – С. 239-246. 4. Трошин, А. А. Обзор технологических возможностей FDM-3D принтеров / А. А. Трошин, О. В. Захаров // Современные материалы, техника и технологии. – 2020. – № 1(28). – С. 61-65

5. Василенко, Е. В. 3d-печать и ее применение в дизайне / Е. В. Василенко, В. В. Мурадова // Modern Science. – 2019. – № 7-2. – С. 39-42. –

## **МЕДИЦИНСКИЙ РОБОТ ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ ТРОМБОЗОВ: ИННОВАЦИИ В ЛЕЧЕНИИ СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ**

Габбасова Камилла Альбертовна<sup>1</sup>, Малёв Николай Анатольевич<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>2</sup>maleev@mail.ru

В данной статье рассматриваются инновации в лечении тромбозов с использованием медицинского робота, способного разжижать тромбы непосредственно в пораженных сосудах. Описывается принцип работы устройства, который включает использование магнитного поля и возможность сворачивания в спиралевидную форму для эффективного захвата сгустков крови. Подчеркиваются преимущества минимально инвазивной методики, которая снижает риски повреждения тканей и сокращает время реабилитации пациентов. Также обсуждаются перспективы применения робота в клинической практике, включая его использование в удаленных регионах и экстренных ситуациях. Статья подчеркивает значимость этой технологии как революционного шага в лечении сосудистых заболеваний, который может улучшить качество жизни пациентов и повысить успешность лечения тромбозов.

**Ключевые слова:** тромбоз, тромбы, кровь, роботы, медицинские роботы, сосуды, сгусток, медицина.

## **MEDICAL ROBOT FOR THROMBOSIS ELIMINATION: INNOVATIONS IN THE TREATMENT OF VASCULAR DISEASES**

Gabbasova Kamilla Albertovna<sup>1</sup>, Malev Nikolay Anatolievich<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>2</sup>maleev@mail.ru

This article discusses innovations in the treatment of thrombosis using a medical robot capable of liquefying blood clots directly in the affected vessels. It describes the working principle of the device, which includes the use of a magnetic field and the ability to coil into a spiral shape to effectively capture blood clots. The advantages of the minimally invasive technique are emphasised, which reduces the risks of tissue damage and shortens the rehabilitation time of patients. The prospects of the robot's application in clinical practice, including its use in remote regions and emergency situations, are also discussed. The article emphasises the significance of this technology as a revolutionary step in the treatment of vascular diseases, which can improve the quality of life of patients and increase the success of thrombosis treatment.

**Keywords:** thrombosis, blood clots, blood, robots, medical robots, blood vessels, clot, medicine.

Тромбозы – одна из основных причин серьезных сердечно-сосудистых осложнений, таких как инсульт и инфаркт. В ответ на актуальность проблемы современные разработки в робототехнике предлагают инновационные решения. Медицинский робот нового поколения, способный разжижать тромбы в сосудах, используя магнитное поле и уникальную спиралевидную форму для безопасного извлечения кровяных сгустков, минимизируя травматичность процедуры [1].

Этот медицинский робот создан на основе мягкого магнитного композитного материала, что позволяет ему изменять форму в зависимости от задачи. Под воздействием внешнего магнитного поля робот принимает спиралевидную конфигурацию, которая оптимизирует контакт с тромбом. При достижении цели робот обвивает тромб в сосуде, обеспечивая его безопасное захватывание и разрушение. После завершения процедуры робот возвращается к месту введения, управляемый вращением магнита, что позволяет удалять его из сосудистой системы без остаточных повреждений [2].

Главное преимущество этого устройства – минимальная травматичность. В отличие от традиционных хирургических вмешательств, робот вводится через катетер, что снижает риск осложнений, ускоряет восстановление и улучшает общие прогнозы для пациента. Использование катетера также позволяет вводить разжижающие вещества непосредственно к тромбу в сосуде, снижая побочные эффекты, характерные для стандартной антикоагулянтной терапии [5].

Для точной работы робот оснащен сенсорами, отслеживающими состояние тромба в реальном времени, что помогает корректировать силу воздействия. Такие адаптивные настройки особенно важны при манипуляциях в узких сосудах, где требуется деликатное воздействие, чтобы избежать повреждений [3]. Навигация по сложным сосудистым сетям также облегчается с помощью мягких магнитных направляющих.

Система роботизированного удаления тромбов успешно проходит клинические испытания, демонстрируя высокую безопасность и результативность. Развитие сенсоров и ИИ открывает возможности автономного применения таких устройств в отдалённых районах с ограниченным доступом к квалифицированной помощи. В будущем такие роботы могут использоваться в экстренной медицине для спасения жизней до госпитализации [4].

Медицинский робот для разжижения тромбов в сосудах представляет собой значительный шаг вперед в области сосудистой хирургии. Его высокоточная, минимально инвазивная методика способна заменить более

рискованные и сложные процедуры, обеспечивая безопасность и сокращая время восстановления. С продолжением развития таких технологий роботы могут стать неотъемлемой частью кардиохирургии, делая лечение тромбозов в сосудах более доступным и эффективным.

### **Источники**

1. Российский консенсус «Профилактика послеоперационных тромбоэмболических осложнений». М., 2000. 20 с.
2. Ebrahimi N, Bi C, Cappelleri D J, et al, 2020. Magnetic Actuation Methods inBio/Soft Robotics. Adv. Funct. Mater., 2005137.
3. Сырямкин В. И. Интеллектуальные робототехнические и мехатронные системы. М.: Ленинград. 2014. 13 с.
4. Магнитные роботы в медицине: удивительные изобретения [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/companies/selectel/articles/689624/> (дата обращения: 24.10.2024).
5. Тромбоэмболия лёгочной артерии: руководство / Под редакцией С.Н. Терещенко. М.: ГЭОТАР Медиа, 2010. 63 с.

## ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ПОДХОДОВ К ИНТЕГРАЦИИ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ В РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ

Габидуллин Дамир Алмазович<sup>1</sup>, Мухаметгалеев Танир Хамитевич<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

<sup>1</sup>damir.gabidullin2003@gmail.com, <sup>2</sup>banzay-13-13@mail.ru

Статья посвящена обзору современных подходов к интеграции машинного зрения в робототехнические комплексы. В ней рассматриваются основные подходы, такие как классическое машинное зрение, глубокое обучение, 3D-зрение и визуальное управление, а также анализируются их преимущества и недостатки. Авторы статьи описывают области применения машинного зрения в робототехнике, включая промышленную автоматизацию, автономные транспортные средства, медицинскую робототехнику и домашнюю робототехнику. В заключение, статья рассматривает тенденции развития машинного зрения в робототехнике, включая повышение точности и эффективности систем за счет использования глубинного обучения, интеграцию с другими сенсорами и создание более интеллектуальных систем, способных к самостоятельному обучению и адаптации.

**Ключевые слова:** Машинное зрение, робототехника, глубинное обучение, визуальное управление, автономные системы.

## CREATING AN ELECTRICAL SCHEMATIC FOR A ROBOTIC WELDING SYSTEM

Gabidullin Damir Almazovich<sup>1</sup>, Mukhametgaleev Tanir Khamitovich<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan

<sup>1</sup>damir.gabidullin2003@gmail.com, <sup>2</sup>banzay-13-13@mail.ru

The article provides an overview of modern approaches to integrating machine vision into robotic systems. It explores key approaches such as classical machine vision, deep learning, 3D vision, and visual control, analyzing their advantages and disadvantages. The authors describe the applications of machine vision in robotics, including industrial automation, autonomous vehicles, medical robotics, and home robotics. Finally, the article examines trends in the development of machine vision in robotics, including increasing system accuracy and efficiency through the use of deep learning, integration with other sensors, and the creation of more intelligent systems capable of self-learning and adaptation.

**Keywords:** Machine vision, robotics, deep learning, visual control, autonomous systems.

Машинное зрение, как неотъемлемая часть искусственного интеллекта, играет ключевую роль в развитии робототехники [1]. Интеграция машинного зрения в робототехнические комплексы позволяет создавать более автономные, адаптивные и интеллектуальные системы, способные выполнять сложные задачи в различных средах. В данной статье мы рассмотрим современные подходы к интеграции машинного зрения в робототехнические комплексы, анализируя их преимущества, недостатки и области применения.

Интеграция машинного зрения в робототехнику осуществляется с помощью нескольких основных подходов. Классическое машинное зрение использует алгоритмы обработки изображений для анализа формы, цвета и текстуры объектов [2]. Глубинное обучение обучает роботов "видеть" и интерпретировать информацию с камер с помощью нейронных сетей. 3D-зрение использует датчики, такие как LiDAR, для получения информации о глубине и расположении объектов. Визуальное управление позволяет роботам использовать информацию машинного зрения для планирования движений и манипуляций.

Интеграция машинного зрения в робототехнику приносит множество преимуществ. Она позволяет автоматизировать рутинные задачи, такие как сборка, сортировка и контроль качества. Благодаря визуальному управлению роботы могут выполнять задачи с большей точностью и эффективностью, чем при использовании только сенсоров положения. Кроме того, роботы с машинного зрения способны адаптироваться к изменениям в окружающей среде, например, к появлению новых объектов или изменению освещения [3]. Наконец, визуальное управление повышает безопасность, предотвращая столкновения с препятствиями и выявляя опасные ситуации.

Интеграция машинного зрения в робототехнические комплексы является ключевым фактором в развитии автономных систем. Современные подходы позволяют создавать более интеллектуальные, адаптивные и эффективные роботы, способные выполнять сложные задачи в различных областях [4]. Дальнейшее развитие машинного зрения, в том числе за счет использования глубинного обучения и интеграции с другими сенсорами, приведет к созданию новых поколений роботов с расширенными функциональными возможностями [5].

## **Источники**

1. Гридин, В. Н. Адаптивные системы технического зрения / В. Н. Гридин, В. С. Титов, М. И. Труфанов ; Учреждение Российской Академии наук, Центр информационных технологий в проектировании РАН (ЦИТП РАН). – Санкт-Петербург : Федеральное государственное унитарное

предприятие "Академический научно-издательский, производственно-полиграфический и книгораспространительский центр "Наука", 2009. 441 с.

2. Капитонова, Т. А. Нейросетевое моделирование в распознавании образов. Философско-методические аспекты. Монография / Т. А. Капитонова. – Минск: Белорусская наука, 2009. 131 с.

3. Артемьев, В. М. Обработка изображений в пассивных обзорно-поисковых оптико-электронных системах / В. М. Артемьев, А. О. Наумов, Л. Л. Кохан. – Минск: Белорусская наука, 2014. 116 с.

4. Гусеница, Я. Н. О применении технического зрения при поверке стрелочных средств измерений давления и вакуума / Я. Н. Гусеница, С. А. Шерстобитов, А. В. Малахов // Состояние и перспективы развития современной науки по направлению "Техническое зрение и распознавание образов": Сборник тезисов докладов научно-технической конференции, Анапа, 16–17 октября 2019 года. – Анапа: Федеральное государственное автономное учреждение "Военный инновационный технополис "ЭРА", 2019. С. 125-129.

5. Тропченко, А. А. Методы вторичной обработки и распознавания изображений / А. А. Тропченко, А. Ю. Тропченко. – Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2015. 215 с.

## АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ (ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЙ) ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ В АЗЕРБАЙДЖАНЕ

Гаджибалаев Надир Мирзабала оглы<sup>1</sup>, Джаббарова Самира Мохуббат кызы<sup>2</sup>,  
Джавадова Арзу Ильхам кызы<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Сумгаитский Государственный Университет, Сумгаит, Азербайджан

<sup>3</sup>Сумгаитский государственный технический колледж при Сумгаитском  
государственном университете, Сумгаит, Азербайджан

<sup>1,2,3n</sup>.hacibalayev@mail.ru

В статье рассказывается об альтернативном (возобновляемом) энергетическом потенциале в Азербайджанской Республике. Здесь показаны что, Азербайджан богат энергетическими ресурсами и известен как экспортер энергоресурсов в мире, использование возобновляемых источников энергии всегда было в центре внимания в Азербайджанской Республике. Показаны работы, выполненные за последние 4 года, после освободительной 44 дневной войны. В соответствии с приоритетами социально-экономического развития страны, в текущем и будущем периоде больше внимания уделяется использованию возобновляемых источников энергии и расширению применения «зеленых» технологий. В рамках проводимых работ в этой области были продолжены камеральные исследования по всей стране в направлении выявления и пиритизации территорий с потенциалом возобновляемых источников энергии.

**Ключевые слова:** Азербайджанская Республика, энергетический потенциал, зелёная энергия, возобновляемые источники энергии, солнечная энергия, энергия ветра, электроэнергия, электрическая станция.

## ALTERNATIVE (RENEWABLE) ENERGY POTENTIAL IN AZERBAIJAN

Gadjibalaev Nadir mirzabala oglu<sup>1</sup>, Jabbarova Samira Mokhubbatovna<sup>2</sup>,  
Javadova Arzu ilhamovna<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Sumgayit State University, Sumgayit, Azerbaijan

<sup>3</sup>Sumgayit State Technical College under Sumgayit State University, Sumgayit, Azerbaijan

<sup>1,2,3n</sup>.hacibalayev@mail.ru

The article tells about the alternative (renewable) energy potential in the Republic of Azerbaijan. It shows that Azerbaijan is rich in energy resources and is known as an exporter of energy resources in the world, the use of renewable energy sources has always been in the spotlight in the Republic of Azerbaijan. The works carried out over the past 4 years, after the 44-day liberation war, are shown. In accordance with the priorities of the socio-economic development of the country, more attention is paid to the use of renewable energy sources and the expansion of the use of "green" technologies in the current and future periods. As part of the work carried out in this area, office studies were continued throughout the country in the direction of identifying and pyritizing territories with the potential of renewable energy sources.

**Keywords:** Republic of Azerbaijan, energy potential, green energy, renewable energy sources, solar energy, wind energy, electricity, power plant.



Азербайджан является одной из стран с высоким потенциалом возобновляемых источников энергии. Таким образом, технический потенциал возобновляемых источников энергии нашей страны составляет 135 ГВт на суше и 157 ГВт на море. Экономический потенциал возобновляемых источников энергии оценивается в 27 ГВт, в том числе 3000 МВт энергии ветра, 23 000 МВт солнечной энергии, 380 МВт биоэнергетического потенциала и 520 МВт потенциала горных рек.

Несмотря на то, что Азербайджан богат энергетическими ресурсами и известен как экспортер энергоресурсов в мире, использование возобновляемых источников энергии всегда было в центре внимания в Азербайджанской Республике. Одной из основных целей политики энергетической безопасности, реализуемой под руководством Президента Азербайджанской Республики господина Ильхама Алиева, является усиление использования возобновляемых источников энергии в нашей стране.

В продолжение проделанной работы в этой области, Указом Президента Азербайджанской Республики от 22 сентября 2020 года №1159 было создано Государственное агентство по возобновляемым источникам энергии при Министерстве энергетики Азербайджанской Республики. создано и утвержден Положение об Агентстве.

В целях развития сферы возобновляемой энергетики в нашей стране, совершенствования законодательства и институциональной среды в этой сфере приняты соответствующие законы и нормативно-правовые акты. В последние годы работы, проводимые в этой области, были продолжены и принят Закон Азербайджанской Республики от 31 мая 2021 года № 339-VIQ «Об использовании возобновляемых источников энергии при производстве электроэнергии», который был одобрен специальный вклад в развитие возобновляемой энергетики.

В пункте 5 документа «Азербайджан 2030: Национальные приоритеты социально-экономического развития», утвержденного Указом Президента Азербайджанской Республики от 2 февраля 2021 года («Чистая окружающая среда» и «Зеленый рост страны»), в направлении изменения климата и борьбы с ним, а также вопросы применения возобновляемых источников энергии на основе принципов зеленого энергетического пространства во всех сферах экономики нашей страны. Таким образом, в соответствии с приоритетами социально-экономического развития страны, в текущем и будущем периоде больше внимания уделяется использованию возобновляемых источников энергии и расширению применения

«зеленых» технологий. В рамках проводимых работ в этой области были продолжены камеральные исследования по всей стране в направлении выявления и приоритизации территорий с потенциалом возобновляемых источников энергии. Национальные приоритеты также имеют особое значение в направлении реализации обязательств, вытекающих из принятой ООН «Трансформации нашего мира: Повестка дня устойчивого развития до 2030 года».

Общая электрогенерирующая мощность Азербайджана составляет 8320,8 МВт, мощность электростанций возобновляемой энергетики, включая крупные гидроэлектростанции, - 1687,8 МВт, что составляет 20,3% от общей мощности.

Мощность гидроэнергетики 1301,8 МВт (35 станций, 24 малых ГЭС), мощность ветроэнергетики 66,4 МВт (8 станций, 3 гибридных), мощность биоэнергетики 37,7 МВт (2 станции, 1 гибридная), мощность солнечной энергетики 281,9 МВт (13 станций, 3 гибридных). На 3-х гибридных электростанциях (Гобустан, Джульфа и экологический парк Гала) установлены ветровые - 2,85 МВт, солнечные - 3,8 МВт и биоэнергетические - 0,7 МВт устройства. В Нахчыванской Автономной Республике эксплуатируются солнечные электростанции общей мощностью 39 МВт. Установленная мощность возобновляемых источников энергии без учета крупных гидроэлектростанций в 2023 году составила 529,3 МВт, что составляет 6,4% от общей мощности производства электроэнергии.

За 2023 год производство электроэнергии в республике составило 29,3 млрд кВтч. За этот период производство электроэнергии на ГЭС составило 1757,2 млн. кВтч и 359 млн кВтч для других источников (КЭС, ГЭС и БМТИЗ). 56,6 миллиона кВтч на ветряных электростанциях за год. 79,4 млн кВтч на солнечных электростанциях, на заводе по сжиганию твердых бытовых отходов было произведено 223 миллиона кВтч электроэнергии. Электроэнергия, произведенная из возобновляемых источников энергии, составила примерно 7% от общего объема производства.

Кроме того, проводится ряд работ по оценке возможного потенциала производства электроэнергии из возобновляемых источников энергии и шагов, которые необходимо предпринять, и мер, которые необходимо реализовать для использования этого потенциала. В направлении выявления и приоритизации территорий с потенциалом возобновляемых источников энергии выбрано 8 территорий. Соответствующие меры уже

принимаются по реализации пилотных проектов по 3 выбранным направлениям. По сравнению с ветроэнергетикой, в ближайшие годы в регионах планируется реализовать проекты по использованию имеющегося на всей территории страны потенциала солнечной энергии, использования земель, непригодных для ведения сельского хозяйства, распределения мощностей по производству электроэнергии на возобновляемые источники энергии. Продолжается работа в направлении инвестирования в избранные и приоритетные возобновляемые источники энергии в районах с высоким потенциалом посредством аукциона. В настоящее время проект «Поддержка проведения аукционов по возобновляемой энергетике в Азербайджане» реализуется совместно с Европейским банком реконструкции и развития (ЕБРР). В рамках проекта будут предусмотрены правила проведения аукционов, комплекс условий проведения аукционов, а также подготовка договора купли-продажи электроэнергии, квалификационного документа и документа запроса предложений. Постановлением Кабинета Министров Азербайджанской Республики от 25 декабря 2023 года № 470 земельный участок площадью 300,77 га, расположенный в поселке Пирсаат Гарадагского района, определен как зона возобновляемых источников энергии с целью строительства гидроэлектростанции.

Согласно Парижскому соглашению, принятому на 21-й Конференции Сторон 12 декабря 2015 года, Азербайджанская Республика представила в Секретариат Конвенции определяемые на национальном уровне вклады. В качестве вклада в инициативы по смягчению последствий глобального изменения климата Азербайджан поставил перед собой цель обеспечить сокращение выбросов парниковых газов на 35% к 2030 году по сравнению с базовым годом (1990). На конференции COP26, состоявшейся в Глазго в ноябре 2021 года, наша страна приняла новое обязательство сократить выбросы на 40% к 2050 году и создать зону «чистых нулевых выбросов» на территориях, освобожденных от оккупации. Для достижения этих целей Минэнерго поставило основной целью увеличение доли инвестиций в возобновляемую энергетику в общем энергобалансе страны до 30% к 2030 году. Кроме того, на конференции COP28, состоявшейся в 2023 году, была выражена поддержка Азербайджаном совместной инициативы «Глобальное обещание в области возобновляемой энергетики и энергоэффективности», призванной утроить мировой потенциал возобновляемой энергетики и удвоить ее энергоэффективность к 2030 году.

С 2020 года начато сотрудничество по проектам возобновляемой энергетики с компаниями Masdar, ACWA Power, bp, Fortescue Future Industries, China Gezhouba Group Overseas Investment, Total Energies, Nobel Energy, A-Z Czech Engineering и Baltech.

26 октября 2023 года в рамках сотрудничества с ОАЭ компанией «Масдар», крупнейшей солнечной электростанцией Каспийского региона и региона СНГ, введена в эксплуатацию «Гарадагская солнечная электростанция» мощностью 230 МВт. Станция построена за счет иностранных инвестиций на сумму 262 миллиона долларов США и является первой солнечной электростанцией промышленного масштаба, реализованной в нашей стране за счет привлечения иностранных инвестиций. Ежегодно на станции будет производиться 500 миллионов кВтч электроэнергии, что позволит сэкономить 110 миллионов кубометров природного газа. При этом выбросы углекислого газа сократятся на 200 000 тонн. На электростанции, занимающей площадь 550 гектаров, установлено 570 000 солнечных панелей. Для подключения этой станции к сети была построена подстанция на 330 киловольт. В церемонии открытия приняли участие Президент Азербайджанской Республики Ильхам Алиев и министр промышленности и передовых технологий ОАЭ Султан Ахмед Аль-Джабир.

В рамках церемонии открытия солнечной электростанции «Гарадаг» при участии Президента Азербайджанской Республики Ильхама Алиева между странами были подписаны три инвестиционных соглашения по проектам «зеленой энергетики» общей мощностью 1000 МВт. Правительство Азербайджана и компания ОАЭ «Масдар». Инвестиционные контракты предусматривают реализацию проектов солнечной электростанции мощностью 445 МВт в Билясуварском районе, солнечной электростанции мощностью 315 МВт в поселке Банке Нефтчалинского района, а также проектов ветроэлектростанции мощностью 240 МВт в Абшерон-Гарадагском районе.

Строительство ветроэлектростанции «Хызи-Абшерон» мощностью 240 МВт планируется совместно с саудовской компанией ACWA Power. 13 января 2022 года с участием Президента Азербайджанской Республики Ильхама Алиева состоялась церемония закладки фундамента станции. В 2022 году подготовлен и представлен документ «Оценка воздействия на окружающую среду» и «План взаимодействия с заинтересованными сторонами» проекта ветроэлектростанции «Хызи-Абшерон». Проект реализуется в районе Абшерон-Хызы вблизи Пирекашкуля и Ситалчая.

Начиная с марта 2020 года, в течение 2 лет были установлены 7 измерительно-наблюдательных станций на высоте 100 м, проведены топографические и предварительные геодезические работы, проведена оценка воздействия на окружающую среду в соответствии с международными стандартами.

В целях обеспечения реализации задач, поставленных Распоряжением Президента Азербайджанской Республики «Об ускорении реформ в энергетическом секторе Азербайджанской Республики» № 1209 от 29 мая 2019 года, в целях создания новых производственных мощностей в сфере возобновляемой энергетики в стране и привлечения частных, в том числе иностранных инвестиций в эту сферу. Мир Совместно с Международной финансовой корпорацией, входящей в состав Группы Банка. С этой целью был подписан «Меморандум о взаимопонимании по сотрудничеству в области использования морской ветровой энергии между Министерством энергетики Азербайджанской Республики и Группой Всемирного банка». Работы, предусмотренные Меморандумом о взаимопонимании, осуществляются в рамках «Программы развития морской ветроэнергетики» IFC.

«Дорожная карта развития использования морской ветровой энергии в Азербайджане» составление географических карт, определение зон, проведение анализа в экономических, финансовых, экологических и социальных аспектах, оценка воздействия, выдача разрешений и согласований, совершенствование нормативно-правовой базы, восстановление сети передачи, поставка охватывает такие вопросы, как изучение цепочки.

Согласно предварительному анализу, общий технический потенциал ветроэнергетики в принадлежащей Азербайджану части Каспийского моря оценивается в 157 ГВт (35 ГВт в мелководных бассейнах и 122 ГВт в глубоководных). В рамках проекта одновременно обеспечивается такая поддержка, как привлечение инвесторов, связанных с соответствующими проектами на море, определение партнерства с частным сектором, реализация вспомогательных инвестиций. Эффективное использование этого потенциала в море создаст новые рабочие места и возможности, которые повысят ценность экономики страны.

4 июня 2022 года в рамках специальной сессии «Бакинской энергетической недели», проходящей в Шуше, между Министерством энергетики и компанией ОАЭ «Масдар» «Оценка, разработка и внедрение в промышленных масштабах солнечных батарей мощностью 1 ГВт и 1

ГВт» Были подписаны «Соглашение о реализации» и «Исполнительное соглашение по оценке, разработке и реализации интегрированных проектов морской ветроэнергетики и зеленого водорода мощностью 2 ГВт на суше в Азербайджанской Республике».

15 декабря 2022 года Министерство энергетики и австралийская компания Fortescue Future Industries (FFI) подписали Рамочное соглашение о совместном сотрудничестве по изучению и разработке проектов возобновляемой энергетики и потенциала «зеленого водорода» в Азербайджане. Контракт предусматривает исследование и реализацию проектов общей мощностью до 12 ГВт по производству возобновляемой энергии и «зеленого водорода» в Азербайджане.

17 декабря 2022 года в Бухаресте было подписано «Соглашение о стратегическом партнерстве в области развития и передачи зеленой энергии между правительствами Азербайджанской Республики, Грузии, Румынии и Венгрии». В целях реализации соглашения проводятся регулярные встречи министров, начиная с 9-го заседания Консультативного совета министров Южного газового коридора и 1-го заседания Консультативного совета министров зеленой энергетики. Согласно соглашению, зеленая энергия, производимая на Каспии, будет экспортироваться в Европу.

В рамках пилотного проекта «Обмен знаниями и техническая поддержка развития плавучей системы солнечных панелей», реализуемого при поддержке Азиатского банка развития, осуществлен монтаж фотоэлектрической системы мощностью 100 кВт на озере Буюкшор, а также формирование бизнес-моделей с целью содействия участию частного сектора в установке солнечных установок, обучающих инструментов, предназначенных для укрепления национального потенциала. В дальнейшем в рамках соответствующего проекта проводятся исследования по реализации масштабных проектов на водных бассейнах.

22 февраля 2021 года Министерство энергетики Азербайджанской Республики и компания BP подписали Меморандум о взаимопонимании по сотрудничеству в оценке потенциала и условий, необходимых для крупномасштабных декарбонизированных и интегрированных энергетических и транспортных систем, включая проекты возобновляемых источников энергии в регионах и городах Азербайджана. Этот меморандум был подписан в контексте диверсификации экономики Азербайджана, создания конкурентного энергетического рынка, чистой окружающей

среды и «зеленого роста» страны, а компания ВР объявила о целях «чистых нулевых выбросов» в 2020 году. Согласно меморандуму, для реализации деятельности предусматривается создать «Руководящий комитет» и «Рабочую группу», а также подготовить «Генеральный план» декарбонизации для соответствующих регионов или городов Азербайджана. «Генеральный план» будет охватывать проекты чистой энергетики, низкоуглеродный транспорт, зеленые здания, утилизацию отходов, чистую промышленность, решения для естественного климата, интегрированное партнерство, а также развитие интегрированных и декарбонизированных энергетических и транспортных систем. Кроме того, 3 июня 2021 года между Министерством энергетики Азербайджанской Республики и компанией ВР было подписано Исполнительное соглашение об оценке и реализации проекта строительства солнечной электростанции мощностью 240 МВт в Джебраильском районе. В рамках Соглашения о реализации сотрудничество включает техническую и коммерческую оценку проекта солнечной энергетики, проектирование станции, предоставление финансирования и окончательное инвестиционное решение.

3 мая 2021 года Президент Азербайджанской Республики Ильхам Алиев подписал Указ «О мерах, связанных с созданием «Зоны зеленой энергии» на освобожденных территориях Азербайджанской Республики». Между Минэнерго и японской компанией «TEPCO» подписано соглашение с целью привлечения специализированной международной консалтинговой компании для реализации задач, вытекающих из заказа, а также для разработки Концепции создания «Зона зеленой энергии» на освобожденных территориях. За соответствующий период были реализованы предусмотренные в рамках контракта мероприятия, в результате чего подготовлен Концептуальный документ по созданию «Зеленой энергетической зоны». В целях обеспечения реализации части 3 Распоряжения Президента Азербайджанской Республики от 3 мая 2021 года № 2620 «О мерах, связанных с созданием зоны «зеленой энергетики» на освобожденных территориях Азербайджанской Республики». Постановлением Кабинета Министров Азербайджанской Республики от 21 июня 2022 года «План действий по созданию зоны «зеленой энергетики» на освобожденных территориях Азербайджанской Республики в 2022-2026 годах» был утвержден постановлением № 2022 Кабинета Министров Азербайджанской Республики. 357с. Распоряжением Кабинета Министров Азербайджанской Республики № 459с от 3 августа 2022 года создана

«Рабочая группа по координации и мониторингу применения зеленых технологий и требований энергоэффективности на освобожденных территориях Азербайджанской Республики» был установлен. В целях обсуждения обязательств в Плане действий по созданию зоны «зеленой энергии» на освобожденных территориях Азербайджанской Республики в 2022-2026 годах поставлены задачи по созданию зоны «зеленой энергии» на освобожденных территориях. территориях в составе Рабочей группы и внутри Рабочей группы регулярно проводятся заседания подгруппы. Согласно «Графику проведения мониторинга», утвержденному решением заседания Рабочей группы, в целях оценки проектов, реализуемых или планируемых на освобожденных от оккупации территориях по применению зеленых технологий и мероприятий по энергоэффективности, на территориях начат мониторинг освобожден от оккупации с июня 2023 года.

На освобожденных территориях формируется около 25% внутренних водных ресурсов Азербайджана, что составляет примерно 2,56 миллиарда м<sup>3</sup> в год. В частности, следует отметить, что на освобожденных территориях имеется благоприятный потенциал для реализации проектов солнечной энергетики. Таким образом, солнечная радиация, наблюдаемая в Зангилане, Джебраиле, Губадлы и Физули, является вторым наиболее благоприятным регионом в стране после солнечной радиации, наблюдаемой в Нахчыванской МР. Территория Джебраильского и Зангиланского районов была признана подходящей для реализации проектов солнечной энергетики на основании сравнительного анализа топографии, климатических условий, близости к сети, потенциала производства энергии, транспортной инфраструктуры и других технических факторов. На основе предварительных исследований установлено наличие благоприятного ветропотенциала на освобожденных территориях, особенно в горных частях Лачина и Кельбаджара. Соответствующие научные исследования были проведены в предыдущие годы о наличии геотермальных источников энергии на освобожденных территориях. Геотермальная энергия в основном используется для выработки электроэнергии (при наличии благоприятной температуры и расхода), теплоснабжения и туристско-бальнеологических целях. Предварительные анализы показывают, что в горной части Малого Кавказа имеются геотермальные источники (4000-5000 м<sup>3</sup>/сут (30-74°С)). По предварительным наблюдениям, этот потенциал целесообразнее использовать для отопительных и бальнеологических целей соответственно.



5.2.3. В соответствии с реализацией подраздела «Расширение возможностей использования биоэнергетики и геотермальной энергии» по направлению действия «Увеличение использования возобновляемых источников энергии» по обоим направлениям созданы Рабочие группы в составе представителей соответствующих учреждений. В результате деятельности вышеупомянутых рабочих групп была собрана и проанализирована информация по оценке биоэнергетического и геотермального энергетического потенциала, а также определены направления проекта, признанные эффективными.

5.2.5 указанного стратегического документа. В соответствии с реализацией подраздела «Подготовка Национального плана по электромобильности», указанного в направлении действий, начата работа по созданию Рабочей группы. Для подготовки данного документа было подготовлено техническое задание с привлечением международной консалтинговой компании.

22 декабря 2022 года Министерство энергетики и Европейский банк реконструкции и развития (ЕБРР) подписали Меморандум о взаимопонимании по технической поддержке развития электроэнергетического сектора Азербайджанской Республики. В рамках меморандума для достижения развития низкоуглеродной электроэнергетики в нашей стране предусматривается поддержка продвижения возобновляемой энергетики, совершенствование сети, повышение энергоэффективности, сокращение выбросов метана, а также сотрудничество по поэтапному исследованию и применению инновационных технологий, в том числе «зеленого водорода». В рамках этого сотрудничества проект «Техническая помощь по увеличению доли возобновляемых источников энергии в электроэнергетической системе Азербайджана» будет реализован консалтинговой компанией «CESI» при поддержке Всемирного банка. В этих рамках планируется подготовить дорожную карту, содержащую рекомендации по соответствующей политике и технологиям декарбонизации энергетического сектора.

3 февраля 2023 года в рамках 9-го заседания Консультативного совета министров Южного газового коридора и 1-го заседания Консультативного совета министров зеленой энергетики между Министерством энергетики и компанией ACWA Power Королевства Саудовская Аравия компании «До 1,5 ГВт морского ветропарка», «Исполнительное соглашение о реализации проекта», «Исполнительное соглашение о создании ветропарка мощностью 1 ГВт на суше» и

«Меморандум о взаимопонимании по развитию систем хранения энергии в Азербайджанская Республика».

С целью проведения исследований и подготовки предложений, связанных с производством и использованием водорода в Азербайджанской Республике, под со председательством Министерства энергетики была создана рабочая группа, состоящая из представителей соответствующих учреждений. Страновой отчет по «Исследованию рынка экономики низкоуглеродного водорода» международной консалтинговой компании при поддержке Европейского банка реконструкции и развития (ЕБРР) для оценки возможностей производства зеленого и голубого типов водорода в Азербайджане, их использования в отечественном секторе рынка, а также технической возможности и экономической эффективности их подготовленного экспорта. Итоги отчета были оглашены на 28-м Бакинском энергетическом форуме, состоявшемся 2 июня 2023 года. По результатам исследования рынка было высказано предположение, что производство зеленого водорода экономически эффективно, а также его экспорт на региональные энергетические рынки и области применения для внутреннего потребления. В отчете представлена информация о будущих шагах, областях, где зеленый водород может потребляться на внутреннем рынке, нормированной стоимости водородной энергии (LCOH), маршрутах экспорта и других вопросах.

31 мая 2023 года в рамках «Бакинской энергетической недели» между Министерством энергетики Азербайджанской Республики и компанией Maire Tecnimont был подписан Меморандум о взаимопонимании по сотрудничеству в области энергетического перехода. Целью меморандума является укрепление сотрудничества сторон по вопросам энергетики, в том числе возобновляемой энергетики, перехода к «зеленой энергетике» и энергоэффективности. Документ также предполагает изучение возможностей сотрудничества в таких областях, как низко углеродные технологии, производство энергии из отходов, «зеленый водород», биотопливо, а также сокращение выбросов метана.

1 июня 2023 года между Министерством энергетики и китайской компанией China Gezhouba Group Overseas Investment был подписан Меморандум о взаимопонимании по реализации проектов возобновляемой энергетики мощностью 2 ГВт в Азербайджане. Меморандум о взаимопонимании включает сотрудничество по оценке потенциала инвестиций в солнечную энергетику промышленного масштаба, наземную и морскую ветроэнергетику, накопление энергии и интегрированные

интеллектуальные энергетические системы, а также проекты по производству зеленого водорода в Азербайджане. Документ также предусматривает проведение компанией исследования сетевой связанности проекта, оценку воздействия на окружающую среду, а также геолого-топографические изыскания.

Согласно Детальному плану действий на 2023-2024 годы «Государственной программы социально-экономического развития Нахичеванской Автономной Республики на 2023-2027 годы» предусмотрено создание «Зоны зеленой энергетики» и подготовка Концепции и Плана действий. В связи с реализацией проектов возобновляемой энергетики в Нахичевани подписаны соглашения с компаниями «Nobel Energy Management», «TotalEnergies» и «A-Z Czech Engineering» о проектах зеленой энергетики общей мощностью более 1000 МВт.

### **Источники**

1. URL: <https://minenergy.gov.az/az/alternativ-ve-berpa-olunan-enerji/azerbaycanda-berpa-olunan-enerji-menbelerinden-istifade> (дата обращения: 20.10.2024).
2. URL: <https://report.az/energetika/azad-edilmis-erazilerde-enerji-siyaseti-tehlil/> (дата обращения: 23.10.2024).
3. URL: <https://minenergy.gov.az/az/xeberler-arxivi/isgaldan-azad-edilmis-erazilerde-berpa-olunan-enerji-uzre-deqiq-potensialin-hesablanmasi-sahesinde-gorulecek-isler-muzakire-edilib> (дата обращения: 23.10.2024).
4. URL: <https://azerbaijan.az/news/6557> (дата обращения: 23.10.2024).
5. URL: <http://regulator.gov.az/az/news/115> (дата обращения: 23.10.2024).

## ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПОВЕРКИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ РАСХОДА ЖИДКОСТИ

Глущенко Егор Иванович<sup>1</sup>, Мухаметшин Азат Ильдусович<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>eg\_glushk@mail.ru

В статье представлена измерительная система, предназначенная для поверки преобразователей расхода жидкости. Основное внимание уделяется теоретическим основам и методам, используемым для обеспечения точности и надежности измерений. Установлены требования к измерительной системе, включая ее конструкционные особенности, выбор компонентов и алгоритмы обработки данных.

**Ключевые слова:** система управления технологическими процессами, экономика, расходомеры, преобразователи, измерительная система

## MEASURING SYSTEM FOR CHECKING LIQUID FLOW TRANSDUCERS

Glushchenko Egor Ivanovich<sup>1</sup>, Mukhametshin Azat Ildusovich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
<sup>1</sup>eg\_glushk@mail.ru

The article presents a measuring system designed for checking liquid flow transducers. The main focus is on the theoretical foundations and methods used to ensure the accuracy and reliability of measurements. The requirements for the measuring system, including its design features, component selection and data processing algorithms, have been established.

**Keywords:** process control system, economics, flow meters, converters, measuring system

Преобразователи расхода жидкости являются важными элементами в различных отраслях промышленности, начиная от нефтегазового комплекса и заканчивая фармацевтикой. Они используются для точного измерения объема жидкости, проходящей через трубопровод. Поверка преобразователей расхода – это необходимая процедура для обеспечения их точности и соответствия установленным стандартам.

Измерительная система для поверки преобразователей расхода жидкости – это комплекс оборудования, предназначенный для проверки точности работы этих устройств и подтверждения их соответствия установленным стандартам.

Основные компоненты измерительной системы:

– Эталонный преобразователь расхода: Устройство, которое точно измеряет расход жидкости и используется как эталон для сравнения с поверяемым преобразователем.

– Система подачи и регулирования жидкости: Обеспечивает стабильный поток жидкости с заданным расходом, необходимым для проведения поверки.

– Измерительная система сбора данных: Оборудование, которое записывает показания как эталонного, так и поверяемого преобразователя расхода.

– Программное обеспечение: Обеспечивает управление измерительной системой, обработку полученных данных, сравнение результатов с эталонными значениями и формирование протокола поверки. На первом этапе необходимо определить параметры, которые оказывают влияние на результаты измерений. В математической модели эти параметры представляются в виде аргументов некоторой функции.[3]

На первом этапе необходимо определить параметры, которые оказывают влияние на результаты измерений. В математической модели эти параметры представляются в виде аргументов некоторой функции.

На втором этапе эта функция принимается за линейную зависимость между погрешностями и значениями измеряемой величины, что упрощает анализ.

Затем осуществляется определение диапазона влияющих параметров, среди которых выбирается один, наиболее поддающийся управлению с помощью электрического тока или напряжения.

В заключение, на последнем этапе в измерительную систему интегрируются пороговые устройства и реализуется отрицательная обратная связь. Это позволяет осуществлять автоматическое регулирование и коррекцию сигнала, улучшая точность измерений и повышая общую надежность системы. [2]

Создание спроектированной системы позволит эффективно учитывать влияющие параметры и минимизировать погрешности, что критически важно в различных отраслях, где точность расходомеров имеет решающее значение. Внедрение методов автоматической коррекции и регулирования значительно повысит качество измерений и стабильность работы системы.

## Источники

1. Кулагин В.А. Прогноз развития энергетики мира и России до 2050 года / Д.А. Грушевенко, А.А. Галкина // Современная мировая экономика. 2024. Т. 2. № 1 (5).
2. Григорьев Л.М. Экономический рост и спрос на энергию / Л.М. Григорьев, А.А. Курдин // Экономический журнал Высшей школы экономики. 2013. № 3. С. 390–406.
3. КипТехСервис / Расходомер. Виды расходомеров и принцип работы. [Электронный ресурс] URL: <https://dzen.ru/a/ZWhOtdm0LC5rZdPp> (дата обращения: 28.10.24).
4. «ИЗВУЗ. Проблемы энергетики» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.energyret.ru/jour> (дата обращения: 03.11.2024)

## АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРЫ С НИЗКООМНЫМ ПЛАТИНОВЫМ ТЕРМОМЕТРОМ СОПРОТИВЛЕНИЯ

Захаров Станислав Владиславович<sup>1</sup>, Малёв Николай Анатольевич<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>Staszakharov12@mail.ru

В данной статье рассматриваются термометры сопротивления и их принцип работы, а также приводится алгоритм расчета температуры с платиновыми термометрами сопротивления.

**Ключевые слова:** термометры сопротивления, RTD, сопротивление, температура, схемы подключения

## TEMPERATURE CALCULATION ALGORITHM WITH A LO IMPEDANCE PLATINUM RESISTANCE THERMOMETER

Stanislav Vladislavovich Zakharov<sup>1</sup>, Nikolay Anatolievich Malev<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
Staszakharov12@mail.ru

This paper discusses resistance thermometers and how they work, and provides an algorithm for calculating temperature with platinum resistance thermometers.

**Keywords:** resistance thermometers, RTD, resistance, temperature, wiring diagrams

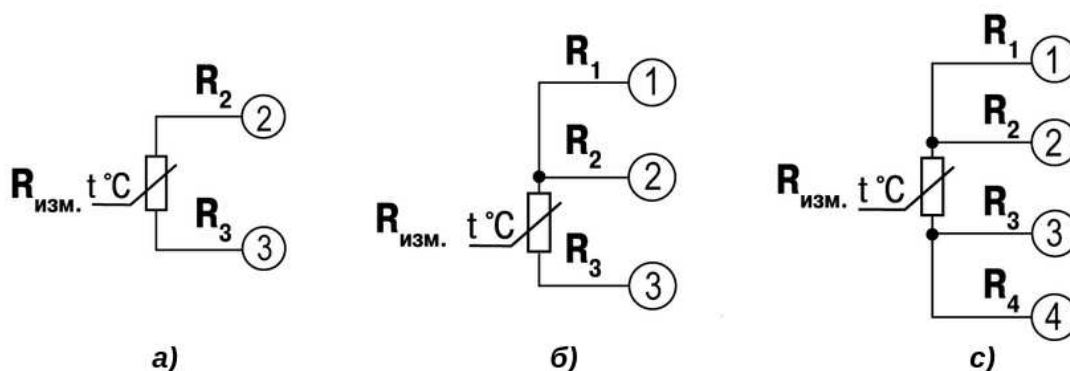
Термометры сопротивления (или с англ. *Resistance Temperature Detector* – RTD) являются важными инструментами для точного измерения температуры как в области науки, так и в промышленных отраслях. Принцип работы RTD основан на регистрации изменения электрического сопротивления проводника в зависимости от температуры [1]. Наиболее распространённым материалом для термометров сопротивления является платина, так как она имеет более стабильные электрические свойства и широкий температурный диапазон (от -260 до +1000 градусов по Цельсию), что позволяет использовать данные устройства в масштабном производстве [2].

Термометры сопротивления состоят из тонкого проводника, который намотан на изолирующую подложку или нанесён в виде пленки на керамическую основу. Конструкция может быть выполнена в различных формах в зависимости от области применения и назначения. Измерение температуры производится путем регистрации изменения электрического сопротивления проводника с изменением температуры: при повышении температуры сопротивление увеличивается, и наоборот. Это изменение сопротивления измеряется с помощью внешнего электрического тока, проходящего через термометр, и преобразуется в температурное значение с использованием заранее установленной характеристики зависимости сопротивления от температуры [2].

Рассмотрим алгоритм и ключевые аспекты расчета температуры с низкоомным платиновым термометром сопротивления. Расчет включает в себя следующие этапы:

1. Определение требований. Устанавливаем диапазон, в котором будет работать система контроля температуры, определяем необходимую точность измерений и рассчитываем, насколько быстро система отреагирует на изменения температуры.

2. Схема подключения. Обычно для подключения RTD используются двух-, трех- или четырёхпроводные схемы подключения. Каждая из них имеет свои особенности. Двухпроводная схема наиболее простая и надежная, но подвержена ошибкам из-за сопротивления проводов, трёхпроводная уменьшает влияние этих сопротивлений, и наиболее точной считается четырёхпроводная схема, так как она компенсирует сопротивление проводов, но имеет более низкую надежность из-за большого числа соединений [3]. Схемы подключений изображены на рисунке.



Схемы 2- (а), 3- (б) и 4-проводного (с) подключений соответственно

3. Для расчета сопротивления используются следующие параметры: сопротивление при текущей температуре, сопротивление при нулевом градусе Цельсия, температурный коэффициент для платиновых термометров и базовая температура, равна нулю по Цельсию. Сам расчет производится по следующей формуле

$$R_t = R_0(1 - \alpha(T - T_0)).$$

4. Выбор преобразователя для преобразования сопротивления в напряжение или ток [4].

5. Проектирование системы управления. Необходимо выбрать контроллер, который будет управлять системой на основе полученных данных и алгоритм управления (пропорциональный, интегральный или дифференциальный) [5].



Алгоритм расчета температуры с использованием низкоомного платинового термометра сопротивления находит широкое применение в различных сферах деятельности. Точность и надежность измерений делают RTD незаменимым инструментом для контроля температуры в производственных процессах, мониторинга состояния окружающей среды и обеспечения безопасности в различных технологических системах.

### Источники

1. Андрусевич А. Термометры сопротивления: от теории к практике / А. Андрусевич, А. Губа. — Текст: электронный. // Компоненты и технологии. — 2011. — № 7. — С. 61-66. [Электронный ресурс] URL: <http://surl.li/kwdozm> (дата обращения: 03.11.2024).

2. Грачева А.Д. Общий анализ, классификация и сферы применения термометров сопротивления в промышленности / А.Д. Грачева, А.И. Люситина, М.С. Микихина. — Текст: электронный. // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. — 2019. — С. 367-370. [Электронный ресурс] URL: <http://surl.li/rivgum> (дата обращения: 03.11.2024).

3. Приборы для автоматизации / 2-, 3- и 4- проводные схемы подключения измерителей НПТ и их различия. [Электронный ресурс] URL: <https://dzen.ru/a/YVRfy6njdhWD1S8h> (дата обращения: 04.11.2024).

4. Маликов А.А. Некоторые аспекты расчета преобразователя «Сопротивление-напряжение» для измерения и регистрации температуры в процессе шевингования-прикатывания цилиндрических зубчатых колес / А.А. Маликов, А.В. Сидоркин. — Текст: электронный. // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. — 2016. [Электронный ресурс] URL: <http://surl.li/ajcawt> (дата обращения: 04.11.2024).

5. Боярков Д.А., Компанеец Б.С. Методика оценки технического состояния электрических сетей на основе определения вероятности выхода их из строя Д.А. Боярков, Б.С. Компанеец. — Текст: электронный. // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. [Электронный ресурс] URL: <https://doi.org/10.30724/1998-9903-2024-26-5-31-43> (дата обращения: 04.11.2024).

## ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПЛАТИНОВЫХ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ТЕРМОМЕТРАХ СОПРОТИВЛЕНИЯ

Захаров Станислав Владиславович<sup>1</sup>, Малёв Николай Анатольевич<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>Staszakharov12@mail.ru

В работе рассматриваются конструкция, номинальные статические характеристики в аналитической форме представления, а также особенности применения платиновых термометров сопротивления при использовании компенсационных методов измерения температур в лабораторных и промышленных условиях.

**Ключевые слова:** платина, чувствительный элемент, термометр сопротивления, температура, компенсационный метод измерения.

## FEATURES OF PLATINUM APPLICATION SENSITIVE ELEMENTS IN THERMOMETERS RESISTANCE

Stanislav Vladislavovich Zakharov<sup>1</sup>, Nikolay Anatolievich Malev<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
Staszakharov12@mail.ru

The work discusses the design, nominal static characteristics in analytical form, as well as the features of the use of platinum resistance thermometers when using compensation methods for measuring temperatures in laboratory and industrial conditions.

**Keywords:** platinum, sensitive element, resistance thermometer, temperature, compensation measurement method.

Термометры, принцип действия которых основан на изменении электрического сопротивления при изменении температуры, находят широкое применение в промышленности [1, 2]. Платиновые термометры сопротивления (ПТС) представляют собой один из самых точных и надежных инструментов для измерения температуры, основанный на изменении электрического сопротивления платины под воздействием тепла. Платина, выбранная благодаря своим стабильным свойствам и большой температурной линейности, позволяет получать высококачественные измерения в широком диапазоне температур, от низких до высоких значений. Известно, что чувствительный элемент такого термометра, выполненный из чистого металла, при изменении температуры на 1 °С

меняет свое сопротивление на 0,4–0,6 % [3]. Платиновые термометры сопротивления (ПТС) имеют фиксированные номиналы сопротивлений при 0°C величиной 1, 5, 10, 50, 100, 500 Ом и соответствующие этим значениям обозначения номинальных статических характеристик [4]. В общем случае номинальные статические характеристики имеют нелинейный характер и описываются следующими выражениями:

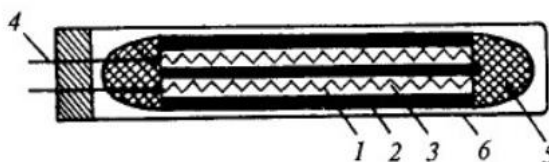
$$R_t = R_0 \left( 1 + At + Bt^2 \right) - \text{для диапазона измерений от } 0 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ до } 850 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$R_t = R_0 \left( 1 + At + Bt^2 + C(t - 100^\circ\text{C})t^3 \right) - \text{для диапазона измерений от } -200 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ до } 0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

где  $R_t$  – сопротивление ПТС, Ом, при температуре  $t$ , °C;  $R_0$  – сопротивление ПТС, Ом, при температуре 0 °C;  $A = 3,9690 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ;  $B = -5,841 \cdot 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-2}$ ;  $C = -4,330 \cdot 10^{-12} \text{ } ^\circ\text{C}^{-4}$ .

Платиновые термометры сопротивления предназначены для измерения температур в диапазоне  $-260 \dots 1100 \text{ } ^\circ\text{C}$ , причем низкоомные терморезисторы применяют для измерения высоких температур, а высокоомные – для измерения низких температур.

На рисунке показаны основные конструктивные элементы платинового терморезистора.



Чувствительный элемент платинового термометра сопротивления: 1 – платиновые спирали; 2 – керамический каркас; 3 – изоляционный порошок; 4 – выводы; 5 – глазурь; 6 – металлический кожух

Чувствительный элемент состоит из двух соединенных последовательно платиновых спиралей 1, расположенных в каналах керамического каркаса 2. Каналы каркаса со спиралями заполняются порошкообразным оксидом магния 3, который служит изолятором и улучшает тепловой контакт проволоки с каркасом. К концам спиралей припаяны короткие выводы 4 из платиновой или иридиевой проволоки с изолированными выводными проводниками. Торцы керамического каркаса герметизируются специальной глазурью 5. Каркас помещается в

тонкостенную металлическую оболочку 6, которая также заполняется порошком и закрывается пробкой, через которую пропущены выводы. Каркас может иметь четыре канала для размещения двух спиралей (двойные ПТС).

Рассмотренные чувствительные элементы в составе автоматических компенсационных приборов находят широкое применение для измерения низких температур. Измерительные схемы подобных приборов имеют более высокую чувствительность по сравнению с уравновешенными мостами, обеспечивая измерение низких температур в промышленных условиях с требуемой точностью, а применение четырехпроводной схемы подключения платинового термометра сопротивления позволяет полностью исключить влияние на результаты измерений импеданса соединительных проводов. Современные платиновые термометры часто используются в научных исследованиях, лабораториях и промышленных приложениях. Их высокая стабильность и надежность делают их незаменимыми инструментами в таких областях, как метрология, охрана окружающей среды и производство. ПТС также находят применение в высокотехнологичных отраслях, таких как медицина и аэрокосмическая индустрия, где точность измерений критически важна.

### **Источники**

1. Гордов А.Н., Жагулло О.М., Иванова А.Г. Основы температурных измерений. – М.: Энергоатомиздат, 1992.
2. Погодицкий О.В., Малёв Н.А. Проектирование мехатронных систем. В 2 ч. Ч. 1. Анализ и синтез: учебное пособие / О.В. Погодицкий, Н.А. Малёв. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2018. – 312 с.
3. N. A. Malev and O. V. Pogoditsky, "Synthesis of the measuring circuit regulator automatic compensator for the measurement of thermal electromotive force," 2016 13th International Scientific-Technical Conference on Actual Problems of Electronics Instrument Engineering (APEIE), Novosibirsk, Russia, 2016, pp. 1-1, doi: 10.1109/APEIE.2016.7806993.
4. Международный стандарт МЭК 60751/IEC 60751(2022). Промышленные платиновые термометры сопротивления и температурные датчики (Industrial platinum resistance thermometers and platinum temperature sensors). Дата принятия: 27.01.2022.

## УЧЕБНЫЕ СТЕНДЫ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ОСВОЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ ЧЕРЕЗ ПЛК

Иванов Александр Петрович<sup>1</sup>, Козелков Олег Владимирович<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

<sup>1</sup>sanchezz31@mail.ru

Статья посвящена роли учебных стендов в процессе освоения управления асинхронными двигателями через программируемые логические контроллеры (ПЛК). В современных автоматизированных системах управления электрическими машинами асинхронные двигатели занимают важное место благодаря своей надежности и эффективности. Статья рассматривает важность практического обучения для более глубокого понимания принципов работы таких систем, а также развития необходимых инженерных навыков, востребованных на рынке труда.

**Ключевые слова:** учебные стенды, асинхронный двигатель, автоматизация, электропривод, преобразователь частоты, управление двигателями.

## TRAINING STANDS FOR PRACTICAL MASTERY OF ASYNCHRONOUS MOTOR CONTROL USING PLC

Ivanov Alexander Petrovich<sup>1</sup>, Kozelkov Oleg Vladimirovich<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan

<sup>1</sup>sanchezz31@mail.ru

The article is dedicated to the role of training stands in the process of mastering the control of asynchronous motors through programmable logic controllers (PLCs). In modern automated electrical machine control systems, asynchronous motors play an important role due to their reliability and efficiency. The article discusses the importance of practical training for a deeper understanding of the principles behind such systems, as well as the development of essential engineering skills that are in demand in the labor market.

**Keywords:** training stands, asynchronous motor, automation, electric drive, frequency converter, motor control.

В современном мире автоматизированные системы управления электрическими машинами занимают ключевое место в промышленности, транспорте и многих других сферах. Асинхронные двигатели широко применяются в системах электропривода благодаря их надежности,

эффективности и простоте эксплуатации. Управление такими двигателями с использованием программируемых логических контроллеров (ПЛК) позволяет значительно расширить возможности автоматизации и обеспечить гибкость в работе сложных технологических процессов. Однако эффективное освоение этих технологий требует не только теоретических знаний, но и развития практических навыков.

Использование учебных стендов в образовательном процессе способствует более глубокому пониманию принципов работы асинхронных двигателей и ПЛК, повышает мотивацию учащихся и развивает у них ключевые инженерные навыки, востребованные на рынке трудах [1].

Основу стенда составляет **асинхронный двигатель**, который служит объектом управления. Двигатель оснащен датчиками для мониторинга рабочих параметров, таких как скорость вращения и потребляемая мощность, что позволяет собирать данные и проводить их анализ в ходе учебных экспериментов [5].

Важнейшим элементом системы управления является **программируемый логический контроллер (ПЛК)**, который выполняет функции обработки сигналов, управления двигателем и обеспечения обратной связи. ПЛК подключен к множеству устройств ввода-вывода, таких как кнопки управления, переключатели и светодиоды, что позволяет гибко изменять параметры системы и тестировать различные алгоритмы управления [4].

Для визуализации процессов управления и мониторинга параметров стенд оснащен **панелью оператора** или интерфейсом на компьютере. Это позволяет студентам наблюдать за состоянием системы, вносить изменения в программу ПЛК и анализировать поведение двигателя в режиме реального времени.

Система дополнительно оснащена **преобразователем частоты**, который регулирует скорость вращения двигателя, изменяя частоту питающего напряжения. Это устройство позволяет наглядно демонстрировать принципы работы частотного управления асинхронными двигателями, а также изучать их энергоэффективность [3].

Использование учебных стендов для практического освоения управления асинхронными двигателями через ПЛК является важным и эффективным инструментом в образовательном процессе. Такие стенды позволяют студентам на практике освоить теоретические знания о принципах работы электроприводов, алгоритмах управления и особенностях применения ПЛК в промышленной автоматике [2].

Преимущества использования стендов очевидны: они обеспечивают реалистичную модель работы промышленного оборудования, позволяя студентам безопасно и эффективно разрабатывать и тестировать системы управления. Этот подход значительно увеличивает степень вовлеченности учащихся в процесс обучения, стимулирует развитие критического мышления и технического творчества. **Перспективы развития учебных стендов** очевидны в контексте дальнейшего совершенствования образовательных технологий и оборудования. В будущем можно ожидать: **интеграцию с новыми технологиями, использование виртуализации и симуляторов, модульность и адаптивность [1].**

Таким образом, учебные стенды для практического освоения управления асинхронными двигателями через ПЛК продолжают развиваться, адаптируясь к новейшим технологическим и образовательным требованиям, что открывает новые возможности для подготовки высококвалифицированных специалистов в области автоматизации и электротехники [2].

### **Источники**

1. Зиновьев В.А., Соловьев А.А. Основы автоматизации электроприводов . М.: Издательство «Энергия», 2018. 312 с.
2. Гусев, И.А. Программируемые логические контроллеры: теория, практика и применение в промышленности. СПб.: Научно-издательский центр «Петербургское Восточное Издательство», 2017. 256 с.
3. Кузнецов, В.Н. Механизмы и системы управления в автоматике. М.: Издательство «Техносфера», 2019. — 432 с.
4. Рожков И.В., Смирнов А.В. Электропривод: Теория и практика. М.: Издательство «Академия», 2016. — 540 с.
5. Петров, Ю.М. Управление асинхронными двигателями с использованием ПЛК . М.: Наука, 2020. 224 с.

## СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ДЛЯ РОБОТИЗИРОВАННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА РОБОТА-СВАРЩИКА

Исаев Сергей Владимирович<sup>1</sup>, Мухаметгалеев Танир Хамитевич<sup>2</sup>,  
Хусаенов Дамир Радикович<sup>3</sup>

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>isaevl03@gmail.com, <sup>2</sup>banzay-13-13@mail.ru, <sup>3</sup>damir.khusaenov10@gmail.com

Статья посвящена разработке электрической схемы для роботизированного технологического комплекса (РТК) робота-сварщика. В статье рассматриваются ключевые компоненты системы управления, включая контроллер, датчики, исполнительные механизмы и системы связи. Автор предлагает концепцию построения схемы, которая учитывает требования к точности позиционирования робота, управлению сварочным процессом и безопасности работы. Статья предназначена для специалистов в области робототехники, автоматизации производства и сварочного дела, а также для студентов, изучающих эти дисциплины.

**Ключевые слова:** Роботизированный технологический комплекс, робот-сварщик, электрическая схема, управление, безопасность.

## CREATING AN ELECTRICAL SCHEMATIC FOR A ROBOTIC WELDING SYSTEM

Sergey Vladimirovich Isaev<sup>1</sup>, Tanir Khamitovich Mukhametgaleev<sup>2</sup>,  
Damir Radikovich Khusaenov<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
<sup>1</sup>isaevl03@gmail.com, <sup>2</sup>banzay-13-13@mail.ru, <sup>3</sup>damir.khusaenov10@gmail.com

This article focuses on the development of an electrical schematic for a robotic welding system (RWS). The article examines the key components of the control system, including the controller, sensors, actuators, and communication systems. The author proposes a schematic design concept that considers the requirements for robot positioning accuracy, welding process control, and operational safety. The article is intended for professionals in the fields of robotics, industrial automation, and welding, as well as for students studying these disciplines.

**Keywords:** Robotic welding system, welding robot, electrical schematic, control, safety.

Роботизированные технологические комплексы (РТК) находят все более широкое применение в различных отраслях промышленности, в том числе в сварочном производстве [1]. Применение роботов-сварщиков позволяет повысить качество и производительность сварочных работ, а также снизить риски для человека.



Разработка электрической схемы для РТК робота-сварщика является важным этапом проектирования, определяющим функциональность и надежность системы [2]. В данной статье мы рассмотрим основные принципы создания такой схемы.

Основные компоненты РТК робота-сварщика:

1. Контроллер: Ответственен за управление движением робота, настройку сварочных параметров, обработку данных от датчиков и взаимодействие с оператором.

2. Датчики: предоставляют информацию о положении робота в пространстве (датчики положения, энкодеры), состоянии сварочного процесса (датчики тока, напряжения, температуры) и окружающей среде (датчики расстояния, освещенности).

3. Исполнительные механизмы: обеспечивают движение робота (сервоприводы, шаговые двигатели), управление сварочным аппаратом (токовый источник, газовые клапаны) и выполнение других операций (зажимные механизмы, захватные устройства) [3].

4. Система связи: обеспечивает передачу данных между компонентами РТК, а также с оператором (проводная или беспроводная связь).

Электрическая схема РТК робота-сварщика должна быть разработана с учетом следующих требований: точность позиционирования, обеспечивающая точное размещение робота в пространстве для качественного выполнения сварки; управление сварочным процессом, позволяющее управлять сварочными параметрами, такими как сила тока, напряжение и скорость подачи проволоки, для достижения оптимального режима сварки; и безопасность работы, включающая системы безопасности, предотвращающие столкновения робота с препятствиями и защищающие оператора от поражения электрическим током [4].

Типичная электрическая схема РТК робота-сварщика состоит из четырёх основных блоков: блока управления, включающего контроллер, датчики, интерфейсы связи и блок питания; блока движения, содержащего сервоприводы, энкодеры и драйверы сервоприводов; блока сварки, включающего сварочный аппарат, датчики сварочного процесса и систему управления сварочными параметрами; и блока безопасности, оснащенного датчиками столкновений, аварийными выключателями и системой экстренного останова. [5]

## Источники

1. Intelligent System for Prognostication and Optimization of Power Expenses of Technological Processes at Robotized Productions / M. A. Gorkavyu, A. S. Gudim, A. Y. Efimov, D. B. Solovev // 2018 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2018, Vladivostok, 03–04 октября 2018 года. EN: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.

2. Improving the efficiency of automated precision robotics-enabled positioning and welding / A. Y. Efimov, M. A. Gorkavyu, A. I. Gorkavyu, D. B. Solovev // 2019 International Science and Technology Conference "EastConf", EastConf 2019, Vladivostok, 01–02 марта 2019 года. Vladivostok, 2019. P. 8725362. DOI 10.1109/Eastconf.2019.8725362.

3. Ефимов, А. Ю. Идентификация нелинейных зависимостей энергопотребления промышленного робота в задачах повышения эффективности управления автоматизированным технологическим процессом / А. Ю. Ефимов, М. А. Горькавый, В. А. Соловьев // Электротехнические системы и комплексы. 2020. № 2(47). С. 64-71. DOI 10.18503/2311-8318-2020-2(47)-64-71.

4. Algorithmization and Principles of Construction of Information Support of the Automated Module for Energy Outlays Optimization of Technological Processes at Robotized Productions / M. A. Gorkavyu, A. S. Gudim, A. Y. Efimov, D. B. Solovev // 2018 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2018, Vladivostok, 03–04 октября 2018 года. – EN: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.

: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2019. P. 8602433. DOI 10.1109/FarEastCon.2018.8602433.

5. Варков, А. А. Разработка и исследование системы управления манипуляционным промышленным роботом на базе контролера движения: специальность 05.09.03 "Электротехнические комплексы и системы": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Варков Артем Александрович. Иваново, 2015. 22 с.

## АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ГЛУБИННО-НАСОСНЫХ СТАНКОВ-КАЧАЛОК

Исмагилов Эльвир Азатович<sup>1</sup>, Малёв Николай Анатольевич<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

<sup>1</sup>elvir.ismagilov.2003@mail.ru, <sup>2</sup>maleev@mail.ru

Статья анализирует существующие конструкции глубинно-насосных станков качалки (ГНС), применяемых для добычи нефти и газа. Рассматриваются различные типы ГНС, их преимущества и недостатки, а также ключевые характеристики, такие как производительность, энергопотребление, надежность и стоимость. Статья подчеркивает важность повышения эффективности, снижения энергопотребления и повышения надежности ГНС, а также необходимость разработки новых типов станков для добычи трудноизвлекаемых запасов нефти.

**Ключевые слова:** Глубинно-насосные станции качалки, добыча нефти, конструкция, эффективность, надежность.

## ANALYSIS OF EXISTING DESIGNS OF BEAM PUMPING UNITS

Ismagilov Elvir Azatovich<sup>1</sup>, Malev Nikolai Anatolyevich<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan

<sup>1</sup>elvir.ismagilov.2003@mail.ru, <sup>2</sup>maleev@mail.ru

This article analyzes existing designs of beam pumping units (BPUs), used for oil and gas extraction. It examines different types of BPUs, their advantages and disadvantages, as well as key characteristics such as production rate, energy consumption, reliability, and cost. The article emphasizes the importance of increasing efficiency, reducing energy consumption, and enhancing reliability of BPUs, as well as the need to develop new types of units for extracting difficult-to-recover oil reserves.

**Keywords:** Beam Pumping Units, oil extraction, design, efficiency, reliability.

Глубинно-насосные станции качалки (ГНС) являются неотъемлемой частью добычи нефти и газа [1]. Их задача - поднять нефть или газ с глубины на поверхность. Существует множество различных конструкций ГНС, каждая из которых имеет свои преимущества и недостатки. Данная статья анализирует существующие конструкции ГНС качалки, рассматривая их основные характеристики, преимущества и недостатки, а также перспективы развития.

Основные типы ГНС качалки включают скважинные насосы, которые делятся на штанговые (традиционные, простые и надежные) и электродвигательные (для добычи нефти с небольшими дебитами), а также подземные насосы, такие как штанговые насосы с электроприводом (сочетающие преимущества штанговых насосов и электропривода) и многоступенчатые погружные насосы (для добычи нефти с большой глубины). К другим типам относятся устройства для добычи нефти с использованием сжатого воздуха, а также различные гибридные системы [2].

Характеристики ГНС качалки включают производительность (зависит от конструкции насоса, глубины скважины и свойств добываемой жидкости), энергопотребление (зависит от типа насоса и способа его привода), надежность (зависит от качества материалов и конструкции) и стоимость (зависит от типа насоса, мощности, глубины скважины и других факторов) [3].

Перспективы развития ГНС качалки включают увеличение эффективности (новые материалы, оптимизация конструкции, современные технологии управления), снижение энергопотребления (электроприводы с повышенным КПД, альтернативные источники энергии), повышение надежности (антикоррозионные материалы, автоматический мониторинг) и разработку новых типов ГНС (адаптация к добыче трудноизвлекаемых запасов, снижение экологического воздействия) [4].

Анализ существующих конструкций ГНС качалки показывает, что каждый тип имеет свои преимущества и недостатки. Выбор оптимальной конструкции зависит от конкретных условий эксплуатации. Перспективы развития ГНС связаны с повышением эффективности, снижением энергопотребления, увеличением надежности и разработкой новых типов, способных решать задачи добычи нефти в современных условиях [5].

## **Источники**

1. Каяшев, А. И. Анализ энергоэффективности систем автоматизации высоковольтного электропривода насосной станции / А. И. Каяшев, А. А. Емекеев, А. М. Зиатдинов // Газовая промышленность. 2013. № 12(699). С. 47–50.
2. Гиматудинов, Ш. К. Справочная книга по добыче нефти / Ш. К. Гиматудинов. М.: Издательство "Недра", 1974. 704 с.

3. Тагирова, К. Ф. Автоматизация управления технологическим процессом добычи нефти из малодебитных скважин на основе динамических моделей : специальность 05.13.06 "Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (по отраслям)" : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Тагирова Клара Фоатовна. Новокузнецк, 2008. 325 с.

4. Кожукаръ, Г. Н. Энергосберегающий частотнорегулируемый электропривод / Г. Н. Кожукаръ, З. Х. Ягубов, Б. А. Иванов // Газовая промышленность. 2012. № 10(681). С. 35-37.

5. Тиристорный преобразователь для плавного пуска высоковольтных асинхронных электродвигателей / В. Копырин, В. Кривовяз, А. Силуков, А. Ткачук // Силовая электроника. 2007. № 11. С. 54-57.

## **АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ КАК ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЭНЕРГОСИСТЕМ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ**

Карипов Рамис Мисхатович<sup>1</sup>, Гаврилов Вадим Александрович<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1,2</sup>2s19gavr@gmail.com

В данной работе рассмотрены автоматизированные системы управления технологическими процессами как техническое решение для отслеживания и контроля различных технологических процессов в режиме реального времени. Определены задачи, которые решаются при помощи использования данных систем. Выделены различные концепции таких систем.

**Ключевые слова:** система, управление, автоматизация, технологический процесс, реальное время.

## **AUTOMATED PROCESS CONTROL SYSTEMS AS A TOOL FOR REAL-TIME MONITORING OF POWER SYSTEMS**

Karipov Ramis Miskhatovich<sup>1</sup>, Gavrilov Vadim Alexandrovich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup> FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1,2</sup>2s19gavr@gmail.com

In this paper, automated process control systems are considered as a technical solution for tracking and monitoring various technological processes in real time. The tasks that are solved by using these systems are defined. Various concepts of such systems are highlighted.

**Keywords:** system, management, automation, technological process, real time.

В настоящее время достаточно большое внимание уделяется вопросам диспетчеризации и управления в электроэнергетике. Этот вопрос актуален в связи с тем, что в единой энергосистеме необходимо соблюдать баланс мощностей, а также поддерживать постоянную частоту в 50 Гц.

Именно по этим причинам вопрос диспетчеризации достаточно важен в электроэнергетике. За счёт использования систем постоянного отслеживания технологических процессов на каждом объекте электроэнергетики диспетчер может анализировать и своевременно выявлять проблемы в энергосистеме [1, с. 118].

Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) представляют собой иерархию сбора, передачи, обработки и отображения на диспетчерском щите актуальную информацию о непосредственном состоянии электроэнергетической системы, отдельных объектов электроэнергетики.

Определим задачи, которые должны решаться автоматизированными системами управления технологическими процессами в области электроэнергетики: обмен сигналами и данными с объектами электроэнергетики в режиме реального времени с использованием различных средств связи [2, с.33]; обработка поступающих телесигналов в реальном времени; корректное систематизированное отображение полученной информации в доступной форме в режиме реального времени; сохранение получаемых данных; обеспечение связи с взаимосвязанными приложениями (мониторинг токовой нагрузки, контроль перетоков в определённых сечениях).

Для того, чтобы более точно определить функциональность АСУ ТП необходимо выделить несколько концепций данных систем. Термин SCADA обычно обозначает централизованные системы контроля и управления, которые могут включать в себя несколько систем, работающих с участием человека. Большинство управляющих действий осуществляется автоматически с помощью ПЛК [3, с.28].

Процессом управления обычно занимается ПЛК, в то время как SCADA отвечает за управление режимами работы (рис. 1).

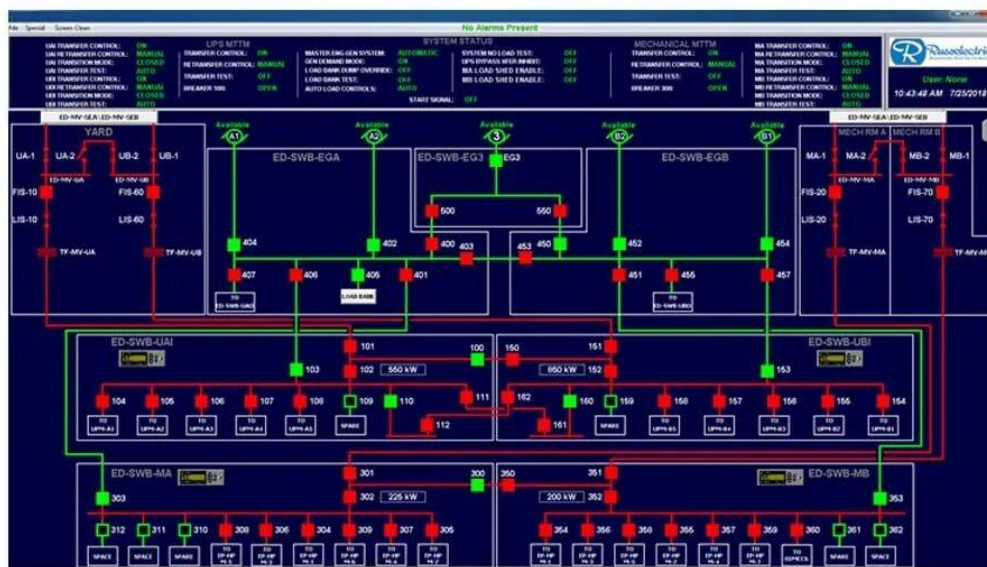


Рис.1. Иллюстрация системы SCADA

К примеру, ПЛК контролирует поток охлаждающей воды в определенной части производственного процесса, тогда как система SCADA предоставляет операторам возможность изменять уставки потока, менять положения выключателей, изменять режим работы электроэнергетической системы, а также отслеживать тревожные сообщения (алармы) [4, с.12].

Если говорить о сборе данных, то он начинается на уровне ПЛК и включает в себя показания измерительных приборов, передающихся посредством телесигналов [5, с.64]. Поступаемые данные обрабатываются и форматируются таким образом, чтобы диспетчер, с использованием оперативно-информационного комплекса, мог определять нарушение электроэнергетического режима, отключенное оборудование или снижение мощности на генерирующем предприятии. Это позволит принимать взвешенные решения.

Подводя итог, можно сказать, что автоматизированные системы управления технологическим процессом с использованием концепции SCADA позволяют повысить эффективность управления электроэнергетическим режимом в случаях технологических нарушений. Важно отметить, что ещё не до конца изучены функции и возможности АСУ ТП.

### **Источники**

1. Реймген, Ю.Э. Автоматизированные системы управления технологическими процессами. SCADA система / Ю. Э. Реймген // Научный вестник Московского государственного горного университета. 2012. № 12. С. 114-132.

2. Суриков В.Н., Малютин И.Б., Серебряков Н.П. Автоматизация технологических процессов и производств: учебно-методическое пособие/ СПбГТУРП. СПб., 2011. 62 с.

3. Герасименко А.А. Передача и распределение электрической энергии: учебное пособие / А.А. Герасименко, В.Т. Федин. Ростов н/Д.: Феникс; Красноярск: Издательские проекты, 2006. 720 с.

4. Shin S.J., Meilanitasari P. Developing a big data analytics platform for manufacturing systems: architecture, method, and implementation // International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2018. P.1-42.

5. Тарченков, В. Ф. Проектирование автоматизированных систем : конспект лекций / В. Ф. Тарченков ; Сиб. гос. технол. ун-т. Красноярск, 2010. 87 с.



## ИССЛЕДОВАНИЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ АНАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ПРИМЕНЕНИЙ

Кукаркина Аделина Яковлевна<sup>1</sup>, Козелков Олег Владимирович<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

<sup>1</sup>kukarkina.2003@gmail.com

В статье рассматривается исследование многофункциональных анализаторов, предназначенных для лабораторных применений. Обсуждаются их основные характеристики, принципы работы и преимущества, такие как высокая точность и скорость анализа. Анализируются различные модели анализаторов и их возможности в проведении химических, физико-химических и биологических тестов. Также рассматриваются перспективы развития технологий, включая автоматизацию и интеграцию с информационными системами. Результаты исследования подчеркивают значимость многофункциональных анализаторов для повышения эффективности лабораторных исследований и улучшения качества аналитических данных.

**Ключевые слова:** анализатор, исследование, кровь, химический состав.

## RESEARCH OF MULTIFUNCTIONAL BIOCHEMICAL ANALYZERS

Adelina Yakovlevna Kukarkina<sup>1</sup>, Kozelkov Oleg Vladimirovich<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan

<sup>1</sup>kukarkina.2003@gmail.com

The article examines the study of multifunctional analyzers designed for laboratory applications. Their main characteristics, operating principles, and advantages, such as high accuracy and speed of analysis, are discussed. Various analyzer models and their capabilities in conducting chemical, physicochemical, and biological tests are analyzed. Prospects for technology development, including automation and integration with information systems, are also considered. The results of the study emphasize the importance of multifunctional analyzers for increasing the efficiency of laboratory research and improving the quality of analytical data.

**Keywords:** analyzer, research, blood, chemical composition.

Лабораторные анализаторы используются для исследований крови, мочи и других материалов для выявления патологий в медицинских лабораториях. Анализаторы бывают автоматическими и полуавтоматическими. [1].

В зависимости от исследуемых веществ и показателей, измеряемых анализатором, эти приборы можно разделить на следующие категории:

Гематологические(позволяют измерить содержание определенных типов клеток крови);

Биохимический анализ (для определения концентрации ферментов, витаминов и других веществ в крови или других жидкостях организма);

-Иммуноферментный анализ(важен для диагностики инфекционных и эндокринных заболеваний);

-Газоанализаторы(измеряют уровень кислорода в крови, газовый состав и воздух во внешней среде).

-Определение показателей кислотно-основного равновесия (измеряет содержание кислоты и щелочив исследуемом веществе и позволяет определить его рН);

-Гемоглобиновые денситометры(для измерения концентрации гемоглобина в крови;)

-Влагомеры(для определения содержания влаги в исследуемом веществе;)

-Коагулометры(измеряют показатели системы свертывания крови;)

-Фотометры (измеряют светопропускание полупрозрачных и прозрачных материалов в жидкостях и твердых телах для определения химического состава образца;) [2].

Основные характеристики лабораторных анализаторов:

Тип анализа: Определяет, какие виды анализов может проводить анализатор (химические, биологические, физико-химические).

Точность и чувствительность: Уровень точности измерений и способность обнаруживать малые концентрации веществ.

Скорость анализа: Время, необходимое для выполнения анализа, что влияет на общую эффективность работы лаборатории.

Объем образца: Минимальный и максимальный объем образца, необходимый для анализа.

Автоматизация: Наличие автоматизированных функций, таких как подача образцов и обработка данных.

Многофункциональность: Способность выполнять несколько типов анализов с использованием одного устройства.

Интерфейс и программное обеспечение: Удобство использования и наличие программ для обработки и анализа данных.

Калибровка и валидация: Процессы, обеспечивающие точность и надежность результатов.

Условия эксплуатации: Температурные и влажностные диапазоны, в которых анализатор может работать.

Безопасность и эргономика: Меры безопасности для защиты пользователей и удобство в использовании. [3].

Перспективы развития технологий лабораторных анализаторов.

1. Автоматизация и роботизация: Внедрение автоматизированных систем и роботов для выполнения рутинных анализов позволит значительно повысить скорость и точность лабораторных исследований, а также снизить вероятность человеческой ошибки.

2. Интеграция с информационными технологиями: Развитие программного обеспечения для обработки и анализа данных, а также интеграция с системами управления лабораториями (LIMS) обеспечит более эффективное управление данными и улучшит доступность информации.

3. Миниатюризация и портативные устройства: Создание компактных и портативных анализаторов, которые могут использоваться в полевых условиях или в условиях ограниченного пространства, расширит возможности проведения анализов вне лабораторий.

4. Использование искусственного интеллекта и машинного обучения: Применение алгоритмов машинного обучения для анализа данных и интерпретации результатов позволит повысить точность диагностики и предсказания, а также оптимизировать процессы анализа.

5. Разработка новых методов анализа: Исследования в области новых аналитических методов, таких как нанотехнологии и микрофлюидика, откроют новые горизонты для более чувствительных и специфичных анализов [4].

Результаты исследований подтверждают, что многофункциональные лабораторные анализаторы значительно повышают эффективность и качество лабораторных исследований. Их внедрение в практику может привести к улучшению диагностики и мониторинга состояния здоровья, а также к более эффективному управлению ресурсами в лабораториях. [5].

## Источники

1. Медицинские лабораторные анализаторы – обзор, цены // Live Medical [Электронный ресурс] [https://www.livemedical.ru/tags/laboratornye\\_analizatory/](https://www.livemedical.ru/tags/laboratornye_analizatory/) (дата обращения: 23.10.2024).

2. Виды и типы лабораторных анализаторов – описание // Ламес. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.lames-ltd.ru/article/vidi-laboratornih-analizatorov> (дата обращения: 23.10.2024).

3. Костюков Г.А., Костюков В.И. Аналитическая химия. М., 2010. 400 с.

4. Обзор новейших технологий в области лабораторного оборудования. Техрадиус [Электронный ресурс]. URL: <https://www.techradius.com/company/news/obzor-noveyshikh-tekhnologiy-v-oblasti-laboratornogo-oborudovaniya.html> (дата обращения: 12.10.2024).

5. Об утверждении Правил проведения лабораторных исследований. [Электронный ресурс]. URL: [https://storage.consultant.ru/ondb/attachments/202103/09/lab\\_issled\\_FTe.pdf](https://storage.consultant.ru/ondb/attachments/202103/09/lab_issled_FTe.pdf) (дата обращения: 13.10.2024).

## ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ МОДАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ УПРУГИМИ МЕХАТРОННЫМИ СИСТЕМАМИ

Малёв Николай Анатольевич<sup>1</sup>, Ал-Фахри Фарес Файсал Ахмед Мабхот<sup>2</sup>,  
Новоселова Елизаветта Александровна<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань,  
<sup>1</sup>maleev@mail.ru

В работе сформулированы основные теоретические предпосылки относительно метода модального управления с применением тождества Кэли-Гамильтона и формулы Аккермана, показано решение задачи определения коэффициентов обратных связей по вектору состояния для случая скалярного управления.

**Ключевые слова:** модальное управление, анализ, мехатронная система, обратная связь.

## FORMALIZATION OF THE MODAL CONTROL PROBLEM ELASTIC MECHATRONIC SYSTEMS

Malev Nikolay Anatolievich<sup>1</sup>, Al-Fakhri Fares Faisal Ahmed Mabhot<sup>2</sup>,  
Novoselova Elizaveta Alexandrovna<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
<sup>1</sup>maleev@mail.ru

The paper formulates the main theoretical premises regarding the modal control method using the Cayley-Hamilton identity and the Ackerman formula, and shows the solution to the problem of determining feedback coefficients from the state vector for the case of scalar control.

**Keywords:** modal control, analysis, mechatronic system, feedback.

Модальное управление мехатронными системами представляет собой передовой подход, объединяющий принципы механики, электроники и информатики для достижения требуемого качества управления динамическими процессами. Важнейшим аспектом этого подхода является анализ нескорректированной упругой мехатронной системы и подбор соответствующего желаемого характеристического полинома, что позволяет оптимально конфигурировать управляющие воздействия и минимизировать нежелательные эффекты, такие как резонанс и вибрации.

Пусть объект управления представлен линейной стационарной системой и описывается системой дифференциальных уравнений [1, 2]

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{B}u, \quad \mathbf{x} \in \mathbb{R}^n, \quad u \in \mathbb{R}^1, \quad (1)$$

где  $\mathbf{x}$  – вектор переменных состояния;  $u$  – сигнал управления (скаляр);  $\mathbf{A}$  и  $\mathbf{B}$  – основная матрица системы размерностью  $n \times n$  и матрица входа размерностью  $n \times 1$  соответственно.

Необходимо найти такой закон управления

$$u = \mathbf{C}^T \mathbf{x} \quad (2)$$

при котором матрица  $\mathbf{F}$  системы, полученная путем замыкания системы (1) по вектору переменных состояния законом (2)

$$\dot{\mathbf{x}} = \left[ \mathbf{A} + \mathbf{B}\mathbf{C}^T \right] \mathbf{x} = \mathbf{F}\mathbf{x}, \quad (3)$$

была бы гурвицевой, т.е. имела бы корни, удовлетворяющие неравенствам

$$\operatorname{Re} \lambda_i < 0 \quad (i = \overline{1, n}).$$

Аналитическое решение задачи модального управления для случая скалярного управляющего воздействия было предложено Ю. Аккерманом [3, 4] на основании уравнения Кэли-Гамильтона, которому должна удовлетворять матрица  $\mathbf{F}$  замкнутой системы:

$$\mathbf{F}^n + \alpha_1 \mathbf{F}^{n-1} + \alpha_2 \mathbf{F}^{n-2} + \dots + \alpha_{n-1} \mathbf{F} + \alpha_n \mathbf{E}_n = \Theta_n, \quad (4)$$

где  $\alpha_i$  – коэффициенты характеристического полинома замкнутой системы;  $\mathbf{E}_n, \Theta_n$  – единичная и нулевая матрицы размерностью  $n \times n$  соответственно.

Аккерман предложил формулу

$$\mathbf{F}^i = \mathbf{A}^i + \sum_{j=1}^i \mathbf{A}^{i-j} \left[ \mathbf{B}\mathbf{C}^T \right] \mathbf{F}^{j-1}, \quad (5)$$

которая, с применением ганкелевой матрицы  $\mathbf{\Gamma}$ , позволяет записать тождество (4) в виде

$$\mathbf{W}\mathbf{\Gamma}\mathbf{V} = -f(\mathbf{A}), \quad (6)$$

где

$$\mathbf{W} = [\mathbf{B}, \mathbf{AB}, \dots, \mathbf{A}^{n-1}\mathbf{B}],$$

$$\mathbf{V} = \begin{bmatrix} \mathbf{C}^T \\ \mathbf{C}^T \mathbf{F} \\ \dots \\ \mathbf{C}^T \mathbf{F}^{n-2} \\ \mathbf{C}^T \mathbf{F}^{n-1} \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{\Gamma} = \begin{bmatrix} \alpha_{n-1} & \alpha_{n-2} & \alpha_{n-3} & \dots & \alpha_2 & \alpha_1 & 1 \\ \alpha_{n-2} & \alpha_{n-3} & \alpha_{n-4} & \dots & \alpha_1 & 1 & 0 \\ \alpha_{n-3} & \alpha_{n-4} & \alpha_{n-5} & \dots & 1 & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \alpha_2 & \alpha_1 & 1 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ \alpha_1 & 1 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix},$$

$$f(\mathbf{A}) = \mathbf{A}^n + \alpha_1 \mathbf{A}^{n-1} + \alpha_2 \mathbf{A}^{n-2} + \dots + \alpha_{n-1} \mathbf{A} + \alpha_n \mathbf{E}_n.$$

Если матрица управляемости  $\mathbf{W}$  и матрица  $\mathbf{\Gamma}$  невырождены, можно записать, что

$$\mathbf{V} = -\mathbf{\Gamma}^{-1} \mathbf{W}^{-1} f(\mathbf{A}), \quad (7)$$

тогда первая строка матрицы  $\mathbf{V}$  определит искомую матрицу параметров  $\mathbf{C}^T$  скалярного закона управления (2).

В перспективе интеграция искусственного интеллекта и машинного обучения в соответствующие микропроцессорные модули управления откроет новые горизонты в оптимизации мехатронных систем. Подобные технологии позволят обеспечить реализацию эффективных алгоритмов управления, что окажет позитивное влияние на производственные процессы и качество конечного продукта.

## Источники

1. Сю Д., Мейер А. Современная теория автоматического управления и ее применение / Перевод с английского; под редакцией доктора технических наук профессора Ю.И. Топчиева. М.: «Машиностроение», 1972. 544 с.
2. Погодицкий О.В., Малёв Н.А. Проектирование мехатронных систем. Часть 1. Анализ и синтез. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2017. 318 с.
3. Малев Н.А. Исследование и синтез двухмассовой электромеханической системы механизма подъёма крана / Н.А. Малев, О.В. Погодицкий // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2018. Т. 20, № 7-8. С. 99–106.
4. Малев Н.А. Исследование цифровых моделей чувствительности следящего электропривода // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2024. Т. 16, № 1 (61). С. 52–69.

## АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ УПРАВЛЯЕМЫХ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ

Малёв Николай Анатольевич<sup>1</sup>, Куликов Родион Васильевич<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>maleev@mail.ru

В работе приведены общие положения относительно асимптотической теории устойчивости мехатронных систем с применением матричного уравнения А.М. Ляпунова, сформулировано условие устойчивости и показан аналог критерия Гурвица на основании приведенного матричного тождества.

**Ключевые слова:** устойчивость, анализ, мехатронная система, матричные уравнения.

## STABILITY ANALYSIS OF CONTROLLED MECHATRONIC SYSTEMS

Malev Nikolay Anatolievich<sup>1</sup>, Kulikov Rodion Vasilievich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>maleev@mail.ru

The paper presents general provisions regarding the asymptotic theory of stability of mechatronic systems using the matrix equation of A.M. Lyapunov, the stability condition was formulated and an analogue of the Hurwitz criterion was shown based on the given matrix identity.

**Keywords:** stability, analysis, mechatronic system, matrix equations.

Анализ устойчивости мехатронных систем представляет собой ключевую задачу при проектировании и эксплуатации современных автоматизированных решений. Мехатронные системы, интегрирующие механические, электронные и программные компоненты, требуют глубокой оценки своих динамических характеристик для обеспечения надежности и эффективности в различных условиях эксплуатации с позиций наиболее общего подхода к вопросам устойчивости.

Пусть свободное движение мехатронной системы описывается системой дифференциальных уравнений в форме Коши:

$$\dot{x} = [P(v, t)]x, \quad x \in \mathbb{R}^n, \quad x(t_0) = x_0, \quad t \in [t_0, \infty). \quad (1)$$



Примем для системы (1) функцию Ляпунова в виде квадратичной формы [1, 2]

$$[V(v,t)] = x^T [A(v,t)]x.$$

Тогда необходимое и достаточное условие устойчивости решения (1) с равновесным состоянием в начале координат [3, 4] состоит в существовании симметричной положительно определенной матрицы  $[A(v,t)]$ , удовлетворяющей матричному уравнению Ляпунова

$$[\dot{A}(v,t)] + [A(v,t)P(v,t)] + [P^T(v,t)A(v,t)] = -[Q(v,t)] \quad (2)$$

при условии, что условие

$$[\dot{V}(v,t)] = -x^T [Q(v,t)]x < 0, \quad (3)$$

для

$$[Q(v,t)] = [Q_1(v,t)] \cdot [Q_1(v,t)]^T$$

выполняется, если

$$\text{rank} \begin{bmatrix} Q_1^T(v,t) \\ Q_1^T(v,t)N \\ \dots \\ Q_1^T(v,t)N^{k-1} \end{bmatrix} = n, \quad (4)$$

где  $k$  – индекс наблюдаемости (минимальное число, при котором матрица наблюдаемости (4) имеет полный ранг);

$$N = [P(v,t)] + (\cdot) \frac{d}{dt} E_n, \quad (5)$$

$E_n$  – единичная квадратная матрица;  $(\cdot)$  – символ левостороннего умножения.

Полагая, что  $[P(v,t)]$  в (1) имеет форму Фробениуса

$$[P(v,t)] = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \\ -\alpha_n(v,t) & -\alpha_{n-1}(v,t) & -\alpha_{n-2}(v,t) & \dots & -\alpha_1(v,t) \end{bmatrix},$$

а матрица

$$[Q(v,t)] = 2[R(v,t)R^T(v,t)],$$

где  $[R(v,t)]$  – вектор-строка  $n$ -й размерности, состоящий из нулей и нечетных полюсов нижней строки матрицы  $[P(v,t)]$

$$[R(v,t)] = \text{col}\{[\dots, \alpha_7, 0, \alpha_5, 0, \alpha_3, 0, \alpha_1](v,t)\},$$

можно считать, что условие (3) выполняется, а условия положительной определенности матрицы  $[A(v,t)]$  для линейных стационарных мехатронных систем совпадают с условиями Гурвица.

### Источники

1. Сю Д., Мейер А. Современная теория автоматического управления и ее применение. Перевод с английского. Под редакцией доктора технических наук профессора Ю.И. Топчиева. М.: Машиностроение, 1972. 544 с.

2. Погодицкий О.В., Малёв Н.А. Проектирование мехатронных систем. Часть 1. Анализ и синтез. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2017. 318 с.

3. Малёв Н.А., Хаметханова М.Р. Сравнительный анализ качества функционирования электропривода с градиентным алгоритмом робастного управления и последовательной коррекцией // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2024. Вып. 2. С. 365-370.

4. Малев Н.А. Исследование цифровых моделей чувствительности следящего электропривода // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2024. Т. 16, № 1(61). С. 52–69.

## **КРАТКИЙ ОБЗОР РАЗРАБОТКИ МЕТОДИК ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ И ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ В РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

Миннегулов Равиль Нафисович  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
ya.faniska97@yandex.ru

Статья посвящена разработке методик повышения энергоэффективности источников энергии и оптимизации энергопотребления в робототехнических системах.

В качестве основных методик повышения энергоэффективности используются следующие аспекты: оптимизация системы управления; энергоэффективные компоненты; рекуперация энергии. Оптимизация энергопотребления включает в себя: мониторинг и анализ; планирование маршрутов; состояния сна. Совершенствование методик повышения энергоэффективности и оптимизация энергопотребления в робототехнических системах – это важный шаг к созданию более автономных, эффективных и устойчивых решений. Это не только способствует экономии ресурсов, но и улучшает производительность и надежность роботизированных комплексов.

**Ключевые слова:** энергоэффективность, энергия, робот, энергопотребление, автономность.

## **BRIEF REVIEW OF THE DEVELOPMENT OF TECHNIQUES FOR IMPROVING ENERGY EFFICIENCY OF ENERGY SOURCES AND OPTIMIZATION OF ENERGY CONSUMPTION IN ROBOTIC SYSTEMS**

Minnegulov Ravil Nafisovich  
FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
ya.faniska97@yandex.ru

The article is devoted to the development of methods for improving the energy efficiency of energy sources and optimizing energy consumption in robotic systems.

The following aspects are used as the main techniques to improve energy efficiency: control system optimization; energy efficient components; energy recovery. Optimization of energy consumption includes: monitoring and analysis; route planning; sleep states. Improving energy efficiency techniques and optimizing energy consumption in robotic systems is an important step towards more autonomous, efficient and sustainable solutions. This not only helps to save resources, but also improves the performance and reliability of robotic systems.

**Keywords:** energy efficiency, energy, robot, energy consumption, autonomy.

Цель данной статьи направлена не только на информирование, но и на вдохновение исследователей и практиков на разработку и внедрение новых решений в области энергетической эффективности робототехнических систем.

Основные задачи включают в себя:

1. Исследовать и классифицировать текущие технологии и методы для повышения энергоэффективности в робототехнических системах.
2. Провести оценку энергопотребления различных типов роботов и выявить ключевые факторы, влияющие на эффективность использования энергии.
3. Разработать и предложить новые методы или усовершенствования существующих технологий, направленных на оптимизацию энергопотребления в роботах.
4. Провести эксперименты или расчеты, чтобы проверить предлагаемые методы на практике и оценить их эффективность и реалистичность.
5. Изучить возможности интеграции разработанных решений в существующие робототехнические системы и платформы.
6. Оценить финансовые аспекты внедрения новых технологий и методов, включая потенциальную экономию затрат на энергию и их влияние на общую стоимость владения роботами.

Энергоэффективность становится всё более актуальной в современном мире, особенно в области робототехники. Разработка методик повышения энергоэффективности источников энергии играет ключевую роль в снижении затрат и увеличении автономности робототехнических систем.

Наиболее распространенными источниками энергии для роботов являются аккумуляторы, топливные элементы и солнечные панели. Каждое решение имеет свои преимущества и недостатки, и выбор зависит от условий эксплуатации и требований к производительности.

Разработка методик повышения энергоэффективности может включать следующие аспекты:

1. Использование интеллектуальных алгоритмов для управления режимами работы робота, что позволяет уменьшить потребление энергии.
2. Интеграция компонентов, которые потребляют меньше энергии, таких как светодиоды, энергоэффективные двигатели и сенсоры.
3. Реализация технологий, позволяющих восстанавливать энергию, которая теряется при торможении или других процессах, например, использование генераторов при движении.

Оптимизация энергопотребления включает в себя:

1. Использование систем мониторинга для стратегического анализа потребления энергии и выявления неэффективных процессов.
2. Алгоритмы, которые помогают роботам планировать свои маршруты, минимизируя время работы и, соответственно, потребление энергии.

3. Внедрение режимов энергосбережения при неактивности, что позволяет значительно снизить общее потребление энергии.

Совершенствование методик повышения энергоэффективности и оптимизация энергопотребления в робототехнических системах – это важный шаг к созданию более автономных, эффективных и устойчивых решений. Это не только способствует экономии ресурсов, но и улучшает производительность и надежность роботизированных комплексов. Внедрение предложенных мер может существенно изменить подход к проектированию и эксплуатации робототехнических систем, что создаст условия для устойчивого и эффективного использования энергии в будущем.

### **Источники**

1. Елохин Е. Г., Метод моделирования энергии мобильного робота // Молодой ученый. 2020. № 20. С. 30-33

2. Конденсаторы: Справочник / И. И. Четвертков, М. Н. Дьяконов, В. И. Присняков и др.: Под ред. И. И. Четверткова, М. Н. Дьяконова. М.: Радио и связь. 1993. 392 с.

3. Шило В.Л. Популярные микросхемы КМОП. Справочник. М.: Изд-во «Ягуар», 1993. 64 с.

4. Химические источники тока: Справочник / Под ред. Н. В. Коровина и А. М. Скундина. М.: Издательство МЭИ, 2003. 740 с

5. Бухаров А. И. и др. Средства заряда аккумуляторов и аккумуляторных батарей: Справочник / А. И. Бухаров, И. А. Емельянов, В. П. Суднов. М.: Энергоатомиздат, 1988. 288 с

## СЛЕДЯЩАЯ МЕХАТРОННАЯ СИСТЕМА С ДВИГАТЕЛЕМ ПОСТОЯННОГО ТОКА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ

Мухамадияров Иззатжон Тохир угли<sup>1</sup>, Малёв Николай Анатольевич<sup>2</sup>  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>2</sup>maleev@mail.ru

В работе рассматриваются электрическая схема, принципы функционирования, достоинства, недостатки и область применения следящей мехатронной системы с двигателем постоянного тока последовательного возбуждения. В заключении тезисов формулируются возможности модернизации подобных систем.

**Ключевые слова:** следящая мехатронная система, двигатель последовательного возбуждения, коррекция, датчики положения.

## TRACKING MECHATRONIC SYSTEM WITH ENGINE DC SERIES EXCITATION

Izzatjon Tohir ugli Mukhamadiyarov<sup>1</sup>, Nikolay Anatolievich Malev<sup>2</sup>  
FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
<sup>2</sup>maleev@mail.ru

The paper discusses the electrical circuit, operating principles, advantages, disadvantages and scope of application of a mechatronic servo system with a series-excited DC motor. At the conclusion of the theses, the possibilities of modernizing such systems are formulated.

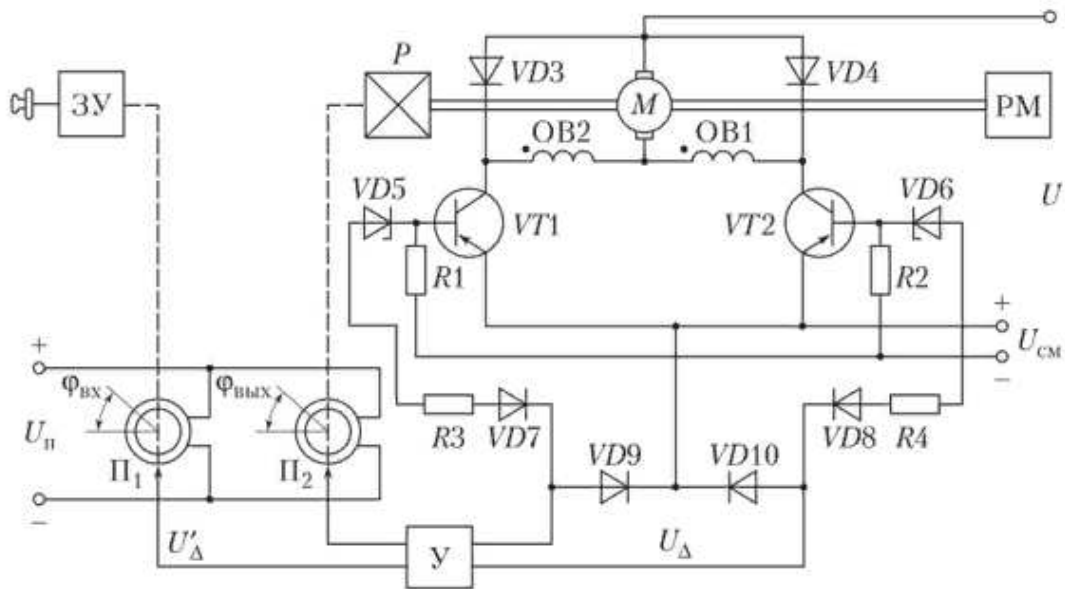
**Keywords:** tracking mechatronic system, series excitation motor, correction, position sensors.

Следящий электропривод в мехатронике представляет собой одну из ключевых компонент современных автоматизированных систем. Это высокотехнологичная система обеспечивает точное и быстрое реагирование на изменения внешней среды, позволяя объектам управления адаптироваться и осуществлять сложные задачи с высокой степенью точности [1, 2].

Современные следящие электроприводы используют интеллектуальные алгоритмы управления, которые анализируют данные с датчиков и принимают решения в реальном времени. Благодаря этому, они могут успешно применять в таких областях, как робототехника, автоматизация

производственных процессов и управление движением в сложных системах. Важный аспект функционирования следящего электропривода заключается в его способности к самокалибровке и самодиагностике, что значительно снижает затраты на техническое обслуживание. Кроме того, применение продвинутых материалов и технологий, таких как интеграция с системами искусственного интеллекта, делает эти устройства ещё более эффективными и надёжными [3].

В работе рассматривается следящая мехатронная система с двигателем постоянного тока последовательного возбуждения (см. рисунок).



Электрическая схема следящей мехатронной системы с двигателем постоянного тока последовательного возбуждения

Управление двигателем  $M$  осуществляется с помощью силовых биполярных транзисторов  $VT1$  и  $VT2$ , каждый из которых работает при определенной полярности сигнала рассогласования, обеспечивая требуемое направление вращения двигателя. Если открыт  $VT1$ , ток проходит по части обмотки возбуждения  $OB2$  и двигатель вращается в одном направлении, если же открыт  $VT2$ , то ток проходит по полуобмотке  $OB1$  и машина вращается в противоположном направлении. При этом знак тока якоря в обоих случаях не изменяется. Разрядные диоды  $VD3$  и  $VD4$  компенсируют перенапряжения, возникающие при отключении обмоток возбуждения и якоря.

В данной следящей мехатронной системе в качестве датчиков положения используются кольцевые потенциометры  $\Pi1$  и  $\Pi2$ , которые при необходимости могут быть заменены сельсинами, вращающимися трансформаторами или энкодерами [4, 5].

Движок задающего потенциометра П1 связан с выходным валом задающего устройства ЗУ. Движок потенциометра выходного потенциометра П2 связан с валом редуктора Р, расположенного на валу исполнительного двигателя и рабочей машины РМ. Сигнал рассогласования снимается с движков потенциометров П1 и П2. При их одинаковом угловом положении сигнал рассогласования равен нулю, на выходе усилителя У сигнал отсутствует, оба транзистора заперты и двигатель неподвижен.

При возникновении рассогласования между угловыми положениями движков потенциометров П1 и П2 появляется ненулевой сигнал рассогласования. В зависимости от полярности сигнала рассогласования, определяемой знаком угла ошибки  $\Delta\phi$ , сигнал  $U_{\Delta}$  подается на транзистор  $VT1$  по цепи  $VD10 - VD5 - R3 - VD7$  или на  $VT2$  по цепи  $VD9 - VD6 - R4 - VD8$ . Если этот сигнал превышает порог срабатывания стабилитронов  $VD5$  или  $VD6$ , то соответствующий транзистор откроется, подключая двигатель к источнику питания с напряжением  $U$ . Двигатель начнет вращаться, поворачивая вал рабочей машины РМ и ось движка потенциометра П2 в направлении, при котором возникшее рассогласование в системе будет уменьшаться и стремиться к нулю. Когда сигнал рассогласования станет меньше напряжения открывания стабилитронов, работающий транзистор закроется и отключит двигатель от источника питания.

Таким образом, следящий электропривод в данной схеме обрабатывает заданное перемещение с некоторой погрешностью, обусловленной нечувствительностью системы из-за порога срабатывания стабилитронов. Зону нечувствительности системы стараются делать возможно меньшей в пределах 2...3 градусов угла рассогласования. Однако снижение зоны нечувствительности может привести к возникновению нежелательного колебательного режима работы электропривода около положения равновесия. Эффективным средством устранения такого режима является введение в систему дополнительных сигналов по первой и второй производным сигнала рассогласования, а также использование электрического торможения после отключения двигателя.

К достоинствам следящих электроприводов подобного принципа действия можно отнести простоту, надежность и возможность получения с заданной точностью требуемых траекторий движения исполнительных органов рабочих машин, а недостатками являются склонность к колебаниям и наличие зоны нечувствительности при слежении, что можно устранить синтезом соответствующих звеньев коррекции.



## Источники

1. Назмутдинов, Б. А. Расчет и моделирование двигателя последовательного возбуждения при гиперболическом характере нагрузки / Б.А. Назмутдинов, Н. А. Малев // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: материалы IV Национальной научно-практической конференции. В 2-х томах, Казань, 06–07 декабря 2018 года / Редколегия: Э.Ю. Абдуллазянов [и др.]. Том 1. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2018. С. 188–193.

2. Погодицкий О.В., Малёв Н.А. Проектирование мехатронных систем. В 2 ч. Ч. 1. Анализ и синтез: учебное пособие / О.В. Погодицкий, Н.А. Малёв. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2018. 312 с.

3. Пчелинцев, А. С. Интеллектуальное управление в мехатронных системах / А. С. Пчелинцев, Н. А. Малев // Экономика и управление: проблемы, решения. 2024. Т. 5, № 7(148). С. 36-45.

4. Малев, Н. А. исследование цифровых моделей чувствительности следящего электропривода / Н. А. Малев // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2024. Т. 16, № 1(61). С. 52-69.

5. Мухмадияров, И. Т. у. Расчет и исследование позиционной мехатронной системы с электродвигателем последовательного возбуждения / И. Т. у. Мухмадияров, Н. А. Малев // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве : материалы IX Национальной научно-практической конференции, посвященной 55-летию КГЭУ, Казань, 07–08 декабря 2023 года. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2024. С. 75–76.

## **МОБИЛЬНАЯ РОБОТИЗИРОВАННАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КИСЛОРОДА В ВОДЕ**

Мухаметшин Самат Маратович<sup>1</sup>, Ломакин Игорь Владимирович<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

<sup>1</sup>81.ahonev@mail.ru

В современном мире развитие технологий находит широкое применение в производстве роботов. Наиболее получают распространение измерительные роботы измерения кислорода на производстве. Предпочтение получают мобильные роботы. Роботы становятся основой для автоматизации измеряемых процессов, выполняют различные задачи и обладают широким функционалом. Но при таком разнообразии возможностей актуальной проблемой является выбор мобильной базы.

Представленные на рынке и находящиеся в разработке роботизированные платформы являются цельным устройством, у которых отсутствует возможность смены конечным пользователем инструмента измерения, модернизации и комплектации. Использование роботов стороннего производителя для создания проектов влечет за собой возникновение проблем, связанных с себестоимостью техники, надёжностью изготавливаемых. Вследствие этого возникает необходимость построения собственных роботизированных платформ, а также их дальнейшее улучшение с применением микроконтроллеров, необходимых для замкнуто-обратной связи в работе роботизированных платформ.

**Ключевые слова:** кислоты, измерение кислорода, автоматизация, манипулятор, технологический процесс

## **MOBILE ROBOTIC PLATFORM FOR MEASURING OXYGEN IN WATER**

Mukhametshin Samat Maratovich<sup>1</sup>, Lomakin Igor Vladimirovich<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan

<sup>1</sup>81.ahonev@mail.ru

In the modern world, the development of technology is widely used in the production of robots. Oxygen measuring robots are most widely used in production. Mobile robots are preferred. Robots are becoming the main one for automating measured processes, performing various tasks and having a wide range of functionality. But with such a variety of possibilities, the actual problem is the choice of a mobile database.

The robotic platforms presented on the market and under development are a complete device that does not have the ability for the end user to change the measurement tool, upgrade and complete set. The use of robots from a third-party manufacturer to create projects entails problems related to the cost of equipment and the reliability of manufactured ones. As a result, there is a need to build our own robotic platforms, as well as their further improvement using microcontrollers necessary for closed-loop feedback in the operation of robotic platforms.

**Keywords:** acids, density measurement, automation, measurement algorithm, technological process.

### **Использование полярографического метода измерения в измерительном датчике кислорода**

Данный метод основан на поляризации погруженного в электролит индикаторного или вспомогательного электрода при подаче напряжения от внешнего или внутреннего источника.

Напряжение  $E$ , приложенное к цепи, распределяется в ней в соответствии с законом Ома. Применительно к полярографической ячейке это означает, что в каждый данный момент значение налагаемого на электроды поляризующего напряжения равно сумме скачков потенциала на аноде  $\varphi_a$  и катоде  $\varphi_k$ , а также падению напряжения в растворе электролита  $I_r$ :

$$E = \varphi_a - \varphi_k + Ir,$$

где  $I$  – ток, проходящий через полярографическую ячейку;  $r$  – сопротивление раствора электролита.

При малых значениях тока (примерно 10 А), протекающего через полярографическую ячейку, и сопротивлении раствора электролита, не превышающем несколько кОм, падение напряжения в растворе составит несколько милливольт. Поэтому практически можно считать, что поляризационное напряжение равно потенциалу поляризующего электрода.

### **Источники**

1. Ломакин И.В., Нифатов А.Н. Направление модернизации комплекта вентиляционного оборудования птичника // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2015. Т. 223, № 3. С. 109–112.

2. Моисеенко Л. Разведение рыбы и раков в искусственных условиях. Практическое руководство для фермеров. М.: Феникс, 2013.
3. Ефанов А.В., Ярош В.А. Теория автоматического управления. 2023.
4. Мухаметгалеев Т.Х., Бикбулатов Р.И., Пирогова А.М. Автоматизация расчета параметров греющего провода при зимнем бетонировании [Электронный ресурс] // Инженерный вестник Дона. 2022. № 12. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2022/8041](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2022/8041) (дата обращения: 12.10.2024).

## САМОБАЛАНСИРУЮЩИЙСЯ РОБОТ: ТЕХНОЛОГИИ И ПРИМЕНЕНИЕ

Набиуллин Тахир Талипович<sup>1</sup>, Козелков Олег Владимирович<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

<sup>1</sup>hbouhbk@mail.ru

Статья посвящена самобалансирующемуся роботу. В ней описаны его принцип работы, конструкция, применение, преимущества и недостатки. Самобалансирующиеся роботы представляют собой интересное и многогранное направление в технологии. Робототехника быстро развивается и создает много нового.

**Ключевые слова:** Робототехника, устройство, оптимизация, производство, эффективность.

## INTEGRATING ARTIFICIAL INTELLIGENCE INTO ROBOTICS TO OPTIMIZE MANUFACTURING PROCESSES

Nabiullin Takhir Talipovich<sup>1</sup>, Kozelkov Oleg Vladimirovich<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan

<sup>1</sup>hbouhbk@mail.ru,

The article is devoted to a self-balancing robot. It describes its operating principle, design, application, advantages and disadvantages. Self-balancing robots represent an interesting and multifaceted direction in technology. Robotics is developing rapidly and creating many new things.

**Keywords:** Robotics device, optimization, manufacturing, efficiency.

Самобалансирующиеся роботы — это уникальные устройства, способные сохранять равновесие в различных условиях. Они функционируют благодаря сочетанию сенсоров, управленческих алгоритмов и механических компонентов, что позволяет им стабилизироваться даже при изменении внешних факторов. Эти роботы находят широкое применение в самых разных областях, включая развлечения, логистику и образовательные инициативы.

### Принципы работы

Самобалансирующиеся роботы, как правило, используют два или три колеса и действуют на основе принципа гироскопа. Основные элементы их конструкции включают:

1. **Сенсоры:** Обычно это гироскопы и акселерометры, которые помогают установить угол наклона робота относительно вертикали. Эти сенсоры обеспечивают данные, нужные для корректировки движений.

2. **Микроконтроллеры:** Они анализируют информацию от сенсоров и управляют моторами для поддержания равновесия. Наиболее популярные микроконтроллеры в этой области — это Arduino и Raspberry Pi.

3. **Моторы:** Позволяют устройству перемещаться вперед и назад, а также регулировать скорость вращения в зависимости от необходимости поддержания равновесия.

4. **Алгоритмы управления:** Эти алгоритмы обрабатывают данные от сенсоров и принимают решения о том, как корректировать скорость и направление движения. Одними из самых распространенных являются PID-регуляторы, которые помогают минимизировать ошибки в стабилизации.

### **Конструкция**

Хотя самобалансирующиеся роботы могут иметь различные конструкции, в большинстве случаев они компактны и легковесны для более эффективного маневрирования и снижения инерции. Двухколесные и трехколесные модели являются наиболее популярными: - **Двухколесные роботы:** Наиболее распространенный тип, обладающий хорошей гибкостью в движении и способный легко балансировать благодаря центру тяжести, находящемуся между колесами. - **Трехколесные роботы:** Эти модели имеют дополнительное колесо, что обеспечивает большую стабильность и упрощает процесс поворотов, хотя они менее маневренные по сравнению с двухколесными.

### **Применение**

Самобалансирующиеся роботы используют в самых разных сферах:

1. **Образование:** Широко применяются в образовательных учреждениях для знакомства студентов с основами робототехники и алгоритмами управления.

2. **Развлечения:** На рынке представлены самобалансирующиеся игрушки и устройства, такие как самокаты и мини-роботы, которые привлекают интерес пользователей.

3. **Логистика:** Компании разрабатывают эти роботы для автоматизированной доставки товаров в складских помещениях.

4. **Научные исследования:** Они используются для изучения принципов управления и физики движения в различных условиях.

### **Преимущества и недостатки**

Как и любое технологическое решение, самобалансирующиеся роботы имеют свои плюсы и минусы: **Преимущества:**

1. Отличная маневренность и способность адаптироваться к различным условиям.
2. Возможности разработки и программирования на платформе, широко используемой в сообществе.
3. Применение в образовательных целях.

#### **Недостатки:**

1. Необходимость точной настройки алгоритмов для обеспечения стабильности.
2. Ограниченная устойчивость на неровных поверхностях или при сильных колебаниях.
3. Зависимость от качества сенсоров и мощности вычислительных ресурсов.

#### **Заключение**

Самобалансирующиеся роботы представляют собой увлекательное и разнообразное направление в области технологий. С каждым днем они становятся все более распространенными и находят новые применения в таких сферах, как образование и логистика.

#### **Источники**

1. Бендерский И.И. Основы робототехники: учебное пособие. М.: Горячая линия-Telecom, 2015. С. 53–64.
2. Дьяконов Ю.А. Системы управления движением роботов: учебное пособие. Санкт-Петербург, 2016. С. 177–180.
3. Фёдоров А.О. Проектирование робототехнических систем на основе Arduino. М.: БХВ-Петербург, 2017. № 3 (20). С. 50–57.
4. Коробкин В.А. Лекция о самобалансирующих роботах: Принципы работы и управление // Вестник МГТУ им. Баумана, 2019. Т. 13, № 1. С. 19–30.
5. Альберт Д.Л. Управление роботами: Основы теории и практики. М.: БКС Пресс, 2020. 224 с.
6. «Вестник КГЭУ» [Электронный ресурс]. URL: <https://vkgeu.ru/> (дата обращения: 23.10.2024).

## РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ПМР РЕЛАКСОМЕТРА К ИНТЕРНЕТУ ВЕЩЕЙ В РАМКАХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО НЕФТЕГАЗОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Нгуен Дык Ань<sup>1</sup>, Кашаев Рустем Султанхамитович<sup>2</sup>,  
Арсланов Амир Динарович<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>navypro1991@gmail.com, <sup>2</sup>kashaev2007@yandex.ru, <sup>3</sup>arslanovad97@gmail.com

Развитие технологии 4.0 значительно продвинуло процесс интеллектуализации во многих областях жизни и промышленности, в которых Интернет вещей (ИВ) является важным ключом к началу периода интеллектуализации транспортных средств, оборудования и процессов подготовки и добычи нефти на интеллектуальных месторождениях. В данной статье авторы представляют результаты разработки устройства для подключения ПМР-релаксометра к промышленному ИВ. На базе платформы ИВ можно удаленно отслеживать и контролировать параметры ПМР-релаксометров и ПМР-анализаторов в режиме реального времени.

**Ключевые слова:** интернет вещей, удаленный контроль, Lora, SCADA, ESP8266, ПМР, релаксометр, параметры.

## DEVELOPMENT OF A DEVICE FOR CONNECTING THE PMR RELAXOMETER TO THE INTERNET OF THINGS WITHIN THE FRAMEWORK OF AN INTELLIGENT OIL AND GAS FIELD

Nguyen Duc Anh<sup>1</sup>, Kashaev Rustem Sultankhamitovich<sup>2</sup>,  
Arslanov Amir Dinarovich<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>navypro1991@gmail.com, <sup>2</sup>kashaev2007@yandex.ru, <sup>3</sup>arslanovad97@gmail.com

The development of technology 4.0 has greatly advanced the process of intellectualization in many areas of life and industry, in which the Internet of Things is an important key to the beginning of the period of intellectualization of vehicles, equipment and processes for the preparation and production of oil in intelligent fields. In this article, the authors present the results of the development of a device for connecting a PMR relaxometer to the industrial Internet of Things. Based on the Internet of Things platform, it is possible to remotely monitor and control the parameters of PMR relaxometers and PMR analyzers in real time.

**Keywords:** Internet of Things, remote control, Lora, SCADA, ESP8266, PMR, relaxometer, parameters.



В настоящее время отечественная нефтегазовая промышленность отстает в области цифровой трансформации и интеллектуализации процессов добычи и подготовки нефти. Исследования показывают, что цифровые технологии могут повысить коэффициент извлечения углеводородов, обеспечить безопасность во всей экосистеме предприятия и улучшить надежность операций [1]. Их использование может увеличить добычу нефти на 10–25% и сократить энергетические потери на 8% [2, 3]. Кроме того, скважины часто расположены на значительном расстоянии друг от друга, а нефтяные месторождения обычно находятся в труднодоступных географических районах с недостаточной инфраструктурой. Поэтому поиск решений для удаленного мониторинга и управления параметрами месторождений является актуальной задачей. Особое внимание уделяется применению достижений технологий 4.0, таких как Большие данные и интернет вещей (ИВ).

Во многих опубликованных научных работах показано, что анализатор нефти на основе протонного магнитного резонанса (ПМР) [4, 5] является единственным устройством, способным быстро определять характеристики и состав нефти без необходимости контакта с образцом и его разрушения в одном анализаторе (ПМРА) [6]. Это устройство имеет большой потенциал для установки непосредственно в зоне добычи, чтобы предоставлять данные об изменении параметров нефти, особенно в условиях, когда многие месторождения вступают в стадию снижения добычи. Подключение анализатора на основе ПМР к интернету позволяет использовать приложения интернета вещей и больших данных для непрерывного мониторинга и контроля параметров нефти в режиме реального времени. Решение по подключению ПМР-релаксометра или ПМР-анализатора к сети интернета вещей представлено на рисунке 1.



Рис. 1. Решение для подключения ПМР- релаксометра или ПМР-анализатора к ИВ

Устройство, используемое для подключения ПМР-релаксометра к ИВ в исследовании, это модуль ESP8266 WEMOS D1 с основой на чипе ESP8266, способном подключаться к интернету. Это мощное устройство, которое значительно дешевле многих других продуктов, таких как Raspberry Pi+. ПМР-анализатор или ПМР-релаксометр отправляет данные на ноутбук, где специально разработанное программное обеспечение обрабатывает эти данные для формирования необходимых параметров контроля нефти. Эти параметры отправляются на передатчик ESP8266 для передачи на облачный сервер. Помимо возможности прямого подключения к интернету, передатчик оснащен дополнительным преобразователем RS485 и беспроводным приемо-передатчиком, использующим технологию LORA, что подходит для трех вариантов использования:

Вариант 1. Месторождение находится в зоне с интернетом. В этом случае передатчик ESP8266 отправляет пакет данных непосредственно на облачный сервер (ОС) с использованием протокола MQTT.

Вариант 2. Месторождение находится в зоне без интернета, но на расстоянии не более 1,2 км от зоны с интернетом. В этом случае, помимо передатчика ESP8266, необходимо установить приемную станцию ESP8266. Как и передатчик, приемная станция также оснащена преобразователем RS485 и беспроводным приемо-передатчиком с технологией LORA - современной технологией передачи данных на большие расстояния (до 10 км в обычных условиях) с низким энергопотреблением и узкой полосой пропускания. Передатчик отправляет пакет данных на приемную станцию через интерфейс Modbus RS485, которая передает пакет на ОС.

Вариант 3. Месторождение находится в удаленной географической зоне без интернета. В этом случае передача данных через Modbus невозможна и тогда передатчик отправляет пакеты через модуль LORA. Пакет данных шифруется и передается через беспроводную сеть LORA. На приемной станции модуль LORA принимает и расшифровывает пакет, после чего он отправляется на ОС через приемную станцию.

Данные отправляются и хранятся на ОС, и через IP-адрес места хранения и веб-браузер пользователь может получить доступ к данным и загрузить их на любое устройство, подключенное к интернету. Устройство для подключения ПМР релаксометра к ИВ показано на рис. 2.

Устройство было разработано для подключения ПМР-релаксометра к ИВ по дешевой цене с использованием множества интеллектуальных решений, которые широко применяются в современных проектах ИВ. С помощью этого устройства оператор аналитической системы может получать и обрабатывать данные в любом месте с помощью любого электронного устройства, подключенного к Интернету.



Рис. 2. Станция приемника/передатчика ESP8266 разработана

### Источники

1. Haouel, Chourouk & Nemeslaki, András. (2023). Digital Transformation in Oil and Gas Industry: Opportunities and Challenges. *Periodica Polytechnica Social and Management Sciences*. 32. 10.3311/PPso.20830.

2. Rosendahl T., Hepso V. Integrated operations in the oil and gas industry: sustainability and capability development // Imprint of IGI Global. 2013.

3. Тихомирнов Л. И. Цифровизация: ключевые факторы успеха // Нефтегаз. 2019. В. 1–2. С. 142–143.

4. Kashaev, R.; Anh, N.D.; Kozelkova, V.; et al. Online Multiphase Flow Measurement of Crude Oil Properties Using Nuclear (Proton) Magnetic Resonance Automated Measurement Complex for Energy Safety at Smart Oil Deposits. *Energies* 2023, 16(3), 1080.

5. Kashaev R.S., Nguyen D.A., Kozelkov O.V. Apparatus-program complex for on-line express- control of crude oils properties by proton magnetic resonance method. Practice Oriented Science: UAE - RUSSIA - INDIA. Proceedings of the International University Scientific Forum. UAE, 2023. Pp. 213-220.

6. Кашаев Р. С., Нгуен Дык Ань, Козелков О. В. Проточный экспресс-анализатор протонного магнитного резонанса в составе промышленного интернета вещей // Изв. вузов. Приборостроение. 2024. Т. 67, № 5.

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ И ОБРАБОТКА ДАННЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ РЕЛАКСОМЕТРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Овсеенко Галина Анатольевна<sup>1</sup>, Кашаев Рустам Султанхамитович<sup>2</sup>,  
Козелков Олег Владимирович<sup>3</sup>

<sup>1-3</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>galinka.ovseenko@mail.ru

В настоящее время обеспечение достоверности измерений и обработка данных становятся важными аспектами исследований в различных областях науки и технологий. В данной работе рассматриваются методы повышения точности измерений и аналитической обработки данных, получаемых с помощью релаксометра – устройства, используемого для измерения времени релаксации магнитных ядер в образцах.

**Ключевые слова:** достоверность, нейронная сеть, релаксометр, нефть, экспресс-контроль, ПМР-анализатора, цифровые месторождения.

## ENSURING THE RELIABILITY OF MEASUREMENTS AND DATA PROCESSING OF RELAXOMETER OPERATION MODES USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

Ovseenko Galina Anatolyevna<sup>1</sup>, Kashaev Rustam Sultanhamitovich<sup>2</sup>,  
Kozelkov Oleg Vladimirovich<sup>3</sup>

<sup>1-3</sup>FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
<sup>1</sup>galinka.ovseenko@mail.ru

Nowadays, ensuring the reliability of measurements and data processing are becoming important aspects of research in various fields of science and technology. This paper discusses methods for improving the accuracy of measurements and analytical processing of data obtained with a relaxometer, a device used to measure the relaxation time of magnetic nuclei in samples.

**Keywords:** reliability, neural network, relaxometer, oil, express control, PMR analyzer, digital deposits.

В последние годы в российской нефтегазовой отрасли наблюдается активное внедрение цифровых технологий, что свидетельствует о переходе к созданию цифровых месторождений (ЦМ). ЦМ представляет собой

комплексный подход, основанный на интеграции информационных технологий, автоматизации процессов и использовании искусственного интеллекта для повышения эффективности эксплуатации нефтяных месторождений. Анализ перспектив внедрения цифровых технологий в нефтедобычу, а также оценка возможностей применения многопараметрического контроля, который позволяет обрабатывать и анализировать большие массивы данных, получаемых с полевых объектов. Основное внимание уделяется вопросам удаленного управления технологическими процессами, что критически важно для повышения надежности и безопасности операций в нефтегазовой отрасли. Основой функционирования ЦМ является сбор большого объема данных по характеристикам сырья, который сейчас осуществляется анализаторами разных фирм. Метод ядерного (протонного) магнитного резонанса (ПМР) и Релаксометр на его основе. Метод и прибор являются практически единственными для решения поставленных задач, поскольку являются и неразрушающими, и позволяющими релаксометром в составе мехатронного комплекса – ПМР-анализатора (ПМРА) осуществлять многопараметрический мультифазный экспресс-контроль. На кафедре «Приборостроение и мехатроника» Казанском государственном энергетическом университете разработан мехатронный комплекс для проточного экспресс-контроля и управления процессами добычи и подготовки нефти ПМР-анализатор последнего поколения ПМРА-IV для характеристик скважинной жидкости (СКЖ) и нефти. Но проблема, связанная с применением релаксометра ПМР и ПМР-анализатора состоит в необходимости развития теории и методов контроля готовности, достоверности измерений и надежности каналов измерений при обработке больших объемов данных перед каждым измерением.

Цель работы заключается в разработке подхода, основанного на использовании искусственной нейронной сети (ИНС) [2] для обработки данных, получаемых в различных режимах работы релаксометра. ИНС позволяют эффективно выявлять сложные зависимости и закономерности в больших объемах данных, что требует традиционные методы обработки.

В релаксометр поступает как минимум 9 параметров ПМР от трех протонных фаз – это: времена спин-решеточной и спин-спиновой релаксации, амплитуды сигналов спин-эхо и населенности протонных фаз. Это позволяет верифицировать измерительно-аналитический процесс определения характеристик нефти и СКЖ по большому числу входных параметров при наличии установленных их корреляций с ПМР-параметрами [3]. Во всех случаях для обеспечения достоверности измерений и обработки данных необходим предварительный контроль

готовности режимов работы релаксометра по состояниям: «Норма», «Неисправность», как это принято делать в сложных мехатронных информационно-измерительных комплексах, например в ЯМР-томографах на рисунке 1 представлена структурная схема системы контроля куста скважин через ПМРА+ИНС.

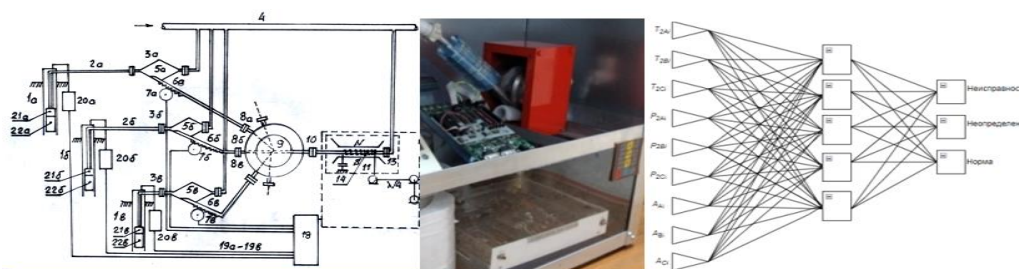


Рис. 1. Структурная схема системы контроля куста скважин через ПМРА+ИНС

Результаты показали, что использование искусственной нейронной сети для обработки данных релаксометра не только повышает достоверность измерений, но и открывает новые возможности для их анализа, позволяя проводить более глубокие исследования и делать обоснованные выводы. В связи с этим появляется интерес к цифровым методам повышения достоверности метрологических параметров поточного контроля и управления, через методы математической статистики, математическое моделирование, для получения точных спектров времен релаксации и искусственного интеллекта через нейронные сети для определения готовности анализатора [3] к новому циклу измерений.

### Источники

1. Кашаев Р.С., Темников А.Н., Тран Ван Тунг, Нгуен Чи Киен, Козелков О.В., «Релаксометр протонного магнитного резонанса», Приборы и техника эксперимента, №2, 2019, с.145-148.
2. Силкина О.Ю. Тенденции в развитии искусственного интеллекта / О.Ю. Силкина, Р.С. Зарипова // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2020. № 3(21). С. 63-65.
3. Козелков, О.В., Михайлов, А.Г., Козелкова, В.О., Овсенко, Г.А., Тран Ван Тунг, Нгуен Чи Киен, Кашаев, Р.С. Технологии экспресс-контроля и очистки нефти от примесей в мехатронной установке с управлением от приборно-программного комплекса на базе ПМР-релаксометрии / Журнал Химическая технология. – Москва: № 23(3) 2022. – 131-137 с.

## АНАЛИЗ ПОЛУЧЕНИЯ СТЕРЕОИЗОБРАЖЕНИЯ В БЕСПИЛОТНЫХ АВТОМОБИЛЯХ

Орозалиев Али-Акбар Кемельевич<sup>1</sup>, Мухаметшин Азат Ильдусович<sup>2</sup>  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>orozalievali3@gmail.com

В статье предложена часть алгоритма получения стереоизображения, а именно стереокалибровка, эпиполярная геометрия и сопоставление различий. Приводится введение в стереозрение.

**Ключевые слова:** зрение, БПЛА, беспилотные автомобили, стереозрение, компьютерное зрение, алгоритмы, эпиполярная геометрия, стереокалибровка.

## STEREO IMAGING ANALYSIS IN SELF-DRIVING CARS

Orozaliev Ali-Akbar Kemelevich<sup>1</sup>, Mukhametshin Azat Ildusovich<sup>2</sup>  
FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>orozalievali3@gmail.com

The article proposes a part of the algorithm for obtaining a stereo image, namely stereocalibration and epipolar geometry. An introduction to stereovision is given.

**Keywords:** vision, ACs, unmanned vehicles, stereo vision, computer vision, algorithms, epipolar geometry, stereo calibration.

Стереозрение – это процесс получения информации и геометрии 3D объекта от 2D фотографии с использованием стереокамер без нужды в устройствах по типу Лидара. В общих чертах, бинокулярная стереоскопия или стереозрение это способность получения информации о дистанции объекта основываясь исключительно на относительном положении объекта на изображениях, полученных с двух камер, которые имитируют глаза человека.

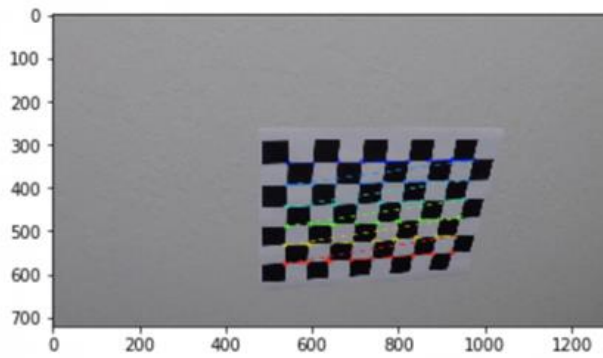
С помощью двух камер мы можем оценить глубину и определить расстояние до объекта. Это принцип триангуляции, и это основная геометрия стереозрения.

### 1. Стере калибровка:

Калибровка означает конвертация точки в 3D с координатами  $x$ ,  $y$ ,  $z$  в 2D пиксель с координатами  $x$ ,  $y$ . На примере рисунка 1 используя автоматические алгоритмы, эти алгоритмы соотносят точки на поле с пикселями на изображении. Обычно калибровка необходима для устранения искажений изображения.

### 2. Эпиполярная геометрия:

Две камеры в стереоустановке обычно находятся на  $y$  и  $z$  координатах, то есть одна та же высота и глубина. Поэтому, единственная разница заключается в координате  $x$ , расстояние между камерами



An example of an object point (top-left corner) and its corresponding image point  
 [ 0. 0. 0.]  
 [[ 545.32281494 343.05032349]]

Рис. 1. Стерео калибровка

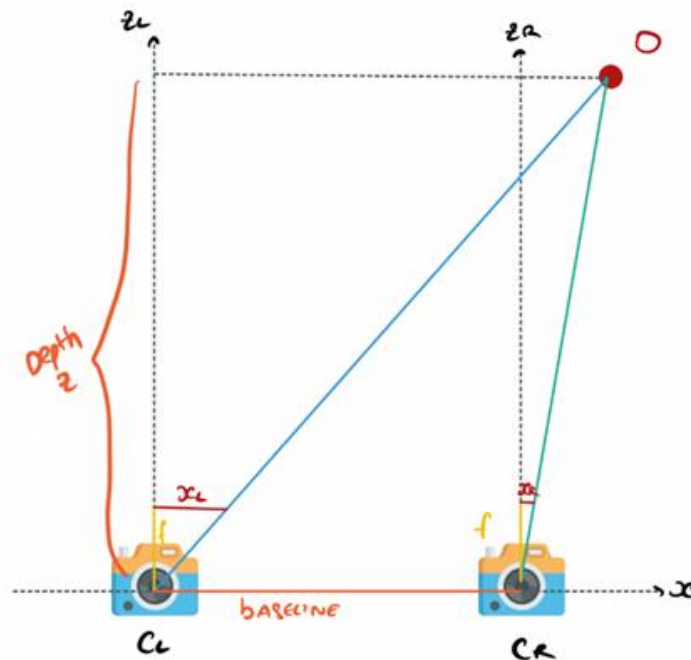


Рис. 2. Эпиполярная геометрия

Наша цель – оценить значение  $Z$ , расстояние до точки  $O$  (представляющей любой пиксель изображения). Здесь  $X$  – ось выравнивания,  $Y$  – высота, а  $Z$  – глубина:

$$Z = \frac{x \cdot f}{x_L} \text{ – левая камера (1)} \quad Z = \frac{(x - b) \cdot f}{x_R} \text{ – правая камера (2)}$$

$$Z = \frac{f \cdot b}{x_L - x_R} = \frac{f \cdot b}{d} \text{ (3)}$$



### 3. Сопоставление различий

Различия возникают при сопоставлении двух изображений от двух камер, различия в отдельных пикселях на изображениях. Поэтому, при нахождении различий во всех пикселях и в приблизительной оценки их расстояния, называется картой различий, показанной на рисунке 3 и 4.

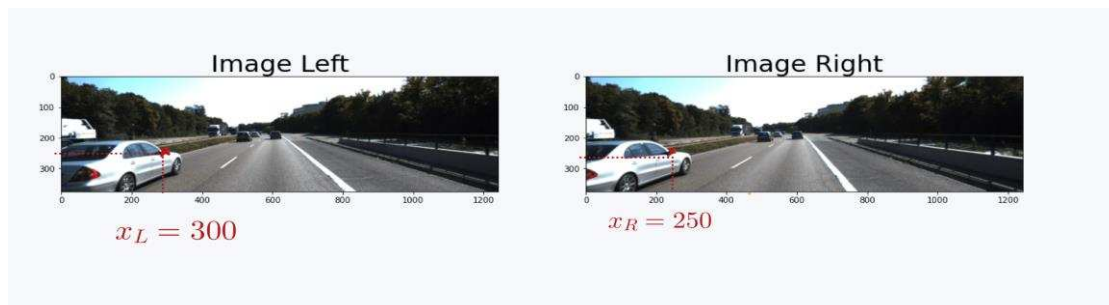


Рис. 3. Различия одной точки на двух изображениях



Рис. 4. Карта различий

### Источники

1. C. Cigla and A. A. Alatan // Efficient edge-preserving stereo matching // In ICCV 2001 Workshops, pages 696–699, 2011.
2. M. Mc Donnell // Box-filtering techniques. Computer Graphics and Image Processing, 17:65–70, 1981.
3. B. Tippetts, D. J. Lee, K. Lillywhite, and J. Archibald // Review of stereo vision algorithms and their suitability for resource-limited systems // Journal of Real-Time Image Processing, 2013.
4. Rhemann, A. Hosni, M. Bleyer, C., and M. Gelautz // Fastcost-volume filtering for visual correspondence and beyond // In CVPR 2011, pages 3017–3024, 2011.
5. Paul Theodosis, Lauren Wilson, SiQi Cheng Electrical Engineering // EE368 Final Project: Road Sign Detection and Distance Estimation in Autonomous Car Application // Stanford, CA.

## РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ РОБОТА ДЛЯ ПОИСКА УТЕЧЕК ИЗ ТРУБОПРОВОДОВ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Постников Елисей Владимирович<sup>1</sup>, Ломакин Игорь Владимирович<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

<sup>1</sup> postnikovelik@yandex.ru, <sup>2</sup>lomakin\_igor@mail.ru

В данной статье рассмотрены существующие методы обнаружения утечек природного газа из трубопроводов. Рассмотрен существующий аналог разрабатываемого робота. На основе анализа была предложена конструкция робота, которая повысила бы универсальность использования робота.

**Ключевые слова:** робот, природный газ, трубопровод, утечка, обнаружение утечки

## DEVELOPMENT OF A ROBOT DESIGN FOR SEARCHING FOR LEAKAGES FROM NATURAL GAS PIPELINES

Postnikov Elisei Vladimirovich<sup>1</sup>, Lomakin Igor Vladimirovich<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan

<sup>1</sup> postnikovelik@yandex.ru, <sup>2</sup>lomakin\_igor@mail.ru

This article discusses existing methods for detecting natural gas leaks from pipelines. An existing analogue of the robot being developed is considered. Based on the analysis, a robot design was proposed that would increase the versatility of the robot.

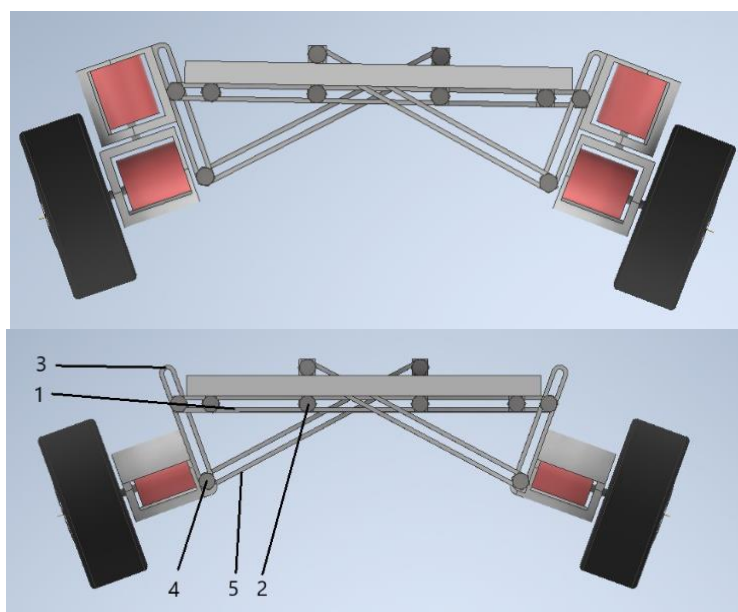
**Keywords:** robot, natural gas, pipeline, leak, leak detection

Существуют различные методы обнаружения утечек природного газа из трубопроводов, такие как: визуальный, инструментальный, анализ профиля давления, объемно-балансовый метод, анализ акустической эмиссии [1]. Все вышеперечисленные способы, позволяют обнаружить утечку газа, но не дают возможности определить конкретное место, где она произошла.

По вышеуказанной причине в настоящее время разрабатываются роботы диагностики состояния и поиска утечек из газовых трубопроводов. Рассмотрим один существующих роботов [2]. Данный робот представляет собой платформу, состоящую из двух соединенных звеньев, которые имеют движимые колеса. По своей форме звенья повторяют форму трубы.

Данный робот располагается на верхней части трубопровода и перемещается конкретно по нему. К недостаткам можно отнести то, что платформа дублирует форму трубопровода, то есть не является универсальной, и для трубопроводов различного диаметра необходима своя подходящая платформа.

На основе анализа данного робота были выявлены возможные изменения конструкции и новые решения, которые позволят расширить функциональные возможности разрабатываемого робота. Данные решения позволяют изменять ширину и высоту положения колес робота, а также угол их наклона по отношению к поверхности трубопровода. Возможность изменения данных параметров, предоставит возможность использовать робота на трубопроводах различных диаметров, что повысит его универсальность, в сравнении с рассмотренным аналогом.



Варианты конструкции робота.

Данное решение состоит двух звеньев, одно из которых обеспечивает регулировку по ширине, а второе по высоте и углу наклона колес к поверхности трубопровода.

На рисунке обозначены:

1 - направляющие отвечающие за регулировку ширины положения колес; 2 – болтовые соединения, которые крепят их к корпусу робота; 3 – направляющие отвечающие за регулировку высоты положения колес; 4 – болтовое соединение, позволяющее регулировать угол и высоту положения колес; 5 – дополнительные направляющие, обеспечивающие надежность конструкции.

Основным отличием двух вариантов является, отсутствие поворачивающих двигателей у второй конструкции. Отказ от их использования, уменьшит стоимость разработки, уменьшит вес робота, а также увеличит надежность, за счет уменьшения соединительных узлов. Робот будет осуществлять повороты, вращая колеса в разных направлениях, такая методика поворота используется в сельскохозяйственной, строительной и военной технике. Красным цветом обозначены электродвигатели, отвечающие за движение робота.

На верхней части робота будут расположены элементы управления: микроконтроллер Arduino Nano [3], драйверы электродвигателей, устройства связи, блок питания, датчик MQ-2 [4] и т.д.

Таким образом, анализ конструкции уже существующего робота позволил выявить существующие недостатки и разработать на его основе конструкцию нового робота, которая будет иметь необходимые изменения, которые расширят возможности использования робота.

### **Источники**

1. Чупин В.Р., Майзель Д.И. Обнаружение утечек газа из магистрального газопровода // Известия вузов: Инвестиции. Строительство. Недвижимость. Изд-во ИрГТУ, 2011. № 1 (1). С. 142–148.
2. Поезжаева Е.В., Федотов А.Г., Заглядов П.В. Разработка робота для контроля трубопроводов // Молодой ученый . 2015. № 16 (96). С. 218-222.
3. Technical data MQ-2 gas sensor [Электронный ресурс]. URL: <http://gas-sensor.ru/pdf/combustible-gas-sensor.pdf> (дата обращения: 07.10.2024).
4. Arduino Nano documentation [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.arduino.cc/hardware/nano> (дата обращения: 21.09.2024).

## **РОБОТИЗИРОВАННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО УКЛАДКЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ УПАКОВОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИЛОЧНОГО ЗАХВАТА**

Савельев Артур Дмитриевич<sup>1</sup>, Козелков Олег Владимирович<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

<sup>1</sup>Savelev.ad03@gmail.com, <sup>2</sup>ok.1972@mail.ru

Статья посвящена описанию роботизированного технологического комплекса для автоматизации укладки различных видов упаковок на поддоны с использованием вилочного захвата. Комплекс включает робота-манипулятора с вилочным захватом, системы видения, конвейер, систему управления и рабочую станцию. Он обеспечивает автоматическую загрузку и разгрузку, распознавание и позиционирование упаковок, укладку по заданному шаблону и контроль качества, что позволяет значительно повысить производительность, точность и безопасность процесса, а также снизить затраты на рабочую силу. В статье рассмотрены преимущества комплекса и его области применения, включая складскую логистику, производство и розничную торговлю.

**Ключевые слова:** Роботизация, автоматизация склада, укладка на поддоны, вилочный захват, системы видения.

## **ROBOTIC TECHNOLOGICAL COMPLEX FOR PALLETIZING DIFFERENT TYPES OF PACKAGES USING A FORK GRIP**

Savelyev Artur Dmitrievich<sup>1</sup>, Kozelkov Oleg Vladimirovich<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan

<sup>1</sup>Savelev.ad03@gmail.com, <sup>2</sup>ok.1972@mail.ru

This article describes a robotic technological complex for automating the palletizing of different types of packages using a fork grip. The complex includes a robot manipulator with a fork grip, vision systems, a conveyor, a control system, and a work station. It provides automatic loading and unloading, recognition and positioning of packages, palletizing according to a specified pattern, and quality control, which significantly increases the efficiency, accuracy, and safety of the process, as well as reducing labor costs. The article discusses the advantages of the complex and its areas of application, including warehouse logistics, manufacturing, and retail.

**Keywords:** Robotics, warehouse automation, palletizing, fork grip, vision systems.

В условиях постоянно растущего спроса на оптимизацию логистических процессов, автоматизация складских операций становится все более актуальной [1]. Одним из ключевых этапов складской работы является укладка упакованных товаров на поддоны, требующая высокой точности, скорости и эффективности. Данная статья посвящена описанию роботизированного технологического комплекса, предназначенного для автоматизации укладки различных видов упаковок с использованием вилочного захвата.

Комплекс состоит из следующих основных элементов:

1. Робот-манипулятор: оснащен вилочным захватом, обеспечивающим подъем, перемещение и укладку различных типов упаковок. Робот обладает 6-ю степенями свободы, позволяющими ему работать в ограниченном пространстве и манипулировать объектами под различными углами [2].

2. Системы видения: используются для распознавания и позиционирования упаковок. В качестве систем видения могут применяться как стандартные камеры, так и более продвинутые системы 3D-сканирования.

3. Конвейер: транспортирует упаковки к роботу. Конвейер, может быть, различных типов, от простых ленточных до более сложных, способных сортировать и группировать упаковки.

4. Система управления: координирует действия робота, конвейера и систем видения. Система управления может быть программируемой, что позволяет гибко адаптировать комплекс к различным типам упаковки и конфигурациям [3].

5. Рабочая станция: место для укладки упаковок. Рабочая станция может быть оснащена различными элементами, например, поддонами, роликовыми дорожками, системами фиксации упаковок.

Функции комплекса:

1. Автоматическая загрузка и разгрузка: робот способен автоматически загружать упаковки с конвейера или поддонов и разгружать их на рабочую станцию.

2. Распознавание и позиционирование: системы видения распознают тип упаковки, ее ориентацию и положение в пространстве, что позволяет роботу выполнять точную укладку [4].

3. Укладка различных видов упаковок: робот может работать с различными типами упаковок, от небольших коробок до больших ящиков и мешков.

4. Укладка по заданному шаблону: робот может укладывать упаковки по заданному шаблону, что позволяет оптимизировать использование пространства на поддоне.

5. Контроль качества: система управления отслеживает процесс укладки и может предупредить оператора о любых ошибках, например, неправильной ориентации упаковки.

Роботизированный технологический комплекс для укладки различных видов упаковок с использованием вилочного захвата является перспективным решением для автоматизации складских операций. Он обладает высокой производительностью, точностью, гибкостью и безопасностью, что делает его отличным выбором для широкого круга предприятий, стремящихся повысить эффективность своей работы и снизить затраты [5].

### **Источники**

1. Хомченко, В. Г. Мехатронные и робототехнические системы / В. Г. Хомченко ; Омский государственный технический университет. – Омск : федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Омский государственный технический университет", 2008. 160 с.

2. Курышкин, Н. П. Основы робототехники : учебное пособие / Н. П. Курышкин. – Кемерово : Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, 2012. 166 с.

3. Валетов, В. А. Интеллектуальные технологии производства приборов и систем / В. А. Валетов, А. А. Орлова, С. Д. Третьяков. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2008. 134 с.

4. Москвин, В. К. Приводы роботов технологического назначения / В. К. Москвин // Технология машиностроения. 2013. № 4. С. 50–54.

5. Гаврилова, Т. А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т. А. Гаврилова, В. Ф. Хорошевский. Санкт-Петербург: Питер, 2000. 384 с.

## СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ ARDUINO UNO

Саид Ахмед Фараг<sup>1</sup>, Мухаметгалеев Танир Хамитевич<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

<sup>1</sup>fox99top@gmail.com

В Система управления движением на базе платформы Arduino Uno – это удобный и доступный способ создания механизмов для автоматизации и робототехники, которые способны управлять движением объектов. Arduino Uno представляет собой микроконтроллер, который обладает достаточной вычислительной мощностью для управления простыми системами, такими как моторы, датчики и приводы, что делает его идеальным решением для создания небольших, но функциональных систем управления движением. Рассмотрим более детально, как работает такая система и как её можно реализовать.

**Ключевые слова:** Arduino Uno, система управления движением, автоматизация, робототехника, датчики, исполнительные механизмы, драйверы двигателей, акселерометр, гироскоп, ультразвуковой датчик, сервомотор, шаговый двигатель, DC-мотор.

## MOTION CONTROL SYSTEM USING ARDUINO UNO

Said Ahmed Farag<sup>1</sup>, Mukhametgaleev Tanir Khamitevich<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan

<sup>1</sup>fox99top@gmail.com

The motion control system based on the Arduino Uno platform is a convenient and affordable way to create mechanisms for automation and robotics that can control the movement of objects. The Arduino Uno is a microcontroller that has sufficient computing power to control simple systems such as motors, sensors and actuators, making it an ideal solution for creating small but functional motion control systems. Let's take a closer look at how such a system works and how it can be implemented.

**Keywords:** Arduino Uno, motion control system, automation, robotics, sensors, actuators, motor drivers, accelerometer, gyroscope, ultrasonic sensor, servo motor, stepper motor, DC motor.

**Основные компоненты системы управления движением с Arduino Uno** Для создания системы управления движением с Arduino Uno вам понадобятся следующие основные компоненты:



1. **Arduino Uno** Это основная плата микропроцессора, которая управляет всеми подключенными устройствами, обрабатывает данные и выполняет программный код. Arduino Uno получает и обрабатывает сигналы от датчиков и отправляет команды двигателям или исполнительным механизмам для управления движением.

2. **Датчики** Датчики позволяют системе отслеживать и измерять различные параметры движения. К обычно используемым датчикам относятся: о Акселерометры (например, модули MPU-6050) — измеряют ускорение по осям X, Y и Z и могут регистрировать изменения скорости. о Гироскопы — помогают измерять угловую скорость и вращение, а также полезны для отслеживания положения в пространстве. о Ультразвуковые датчики — измеряют расстояние до объектов и используются для обхода препятствий или измерения расстояния до цели.

3. **Исполнительные механизмы и двигатели** Двигатели необходимы для выполнения движения. В зависимости от задачи можно использовать: о Серводвигатели — хороши для точного позиционирования и контролируемого движения под определенным углом. о Шаговые двигатели — используются для более точного позиционирования при шаговом движении. о Двигатели постоянного тока — используются для непрерывного вращения, например, в колесных роботах.

4. **Драйверы двигателей Arduino Uno** не может управлять двигателями напрямую, поэтому вам нужен специальный драйвер, такой как L298N или L293D, который может управлять питанием двигателя и, следовательно, скоростью и направлением вращения.

5. **Источник питания** Как Arduino Uno, так и двигатели и другие компоненты системы требуют питания. Источником питания может быть батарея, аккумулятор или адаптер, который обеспечивает правильное напряжение и ток для всех устройств.

6. **Подключите компоненты** (провода, резисторы и т. д.) Для сборки системы вам понадобятся различные соединительные провода, резисторы и, возможно, транзисторы, чтобы гарантировать, что все компоненты правильно подключены к Arduino. Сочетание этих компонентов позволяет Arduino Uno собирать и обрабатывать информацию о движении, а также корректировать движение, управляя двигателями и приводами на основе получаемых данных.

**Преимущества использования Arduino Uno для управления движением**

1. Доступная и простая в использовании Arduino Uno — это доступная и широко поддерживаемая платформа с полной документацией и множеством учебных пособий. Программирование и подключение устройств с помощью Arduino относительно просты, что делает ее идеальной для новичков и любителей.

2. Гибкая и расширяемая Arduino Uno поддерживает широкий спектр модулей и датчиков, что позволяет легко модифицировать систему для адаптации к вашим конкретным потребностям. Это гибкое решение, которое можно использовать для самых разных проектов, от простого управления двигателем до более сложных устройств автоматизации.

3. Большое сообщество и обширная документация За эти годы Arduino сформировала большое сообщество разработчиков, которые делятся своими проектами и решениями. Это означает, что существует множество готовых примеров кода, библиотек и схем для создания систем управления движением, что значительно упрощает разработку.

#### **Недостатки использования Arduino Uno для управления движением:**

1. Ограниченная вычислительная мощность Arduino Uno имеет процессор всего 16 МГц и ограниченную память. Это означает, что управление сложными системами со множеством датчиков и высокоточной логикой может быть затруднено, так как ресурсы быстро исчерпываются.

2. Ограниченное хранилище Arduino Uno имеет всего 2 КБ ОЗУ, что ограничивает его возможности при создании сложных алгоритмов или подключении множества устройств. Например, вы не сможете использовать сложные фильтры или алгоритмы из-за нехватки памяти.

3. Ограниченные возможности для высокоточных задач Arduino Uno не подходит для приложений, требующих сверхточного управления, высокоскоростной обработки данных или поддержки множества датчиков, работающих одновременно. В таких случаях вам часто требуется более мощный микроконтроллер или миникомпьютер, такой как Raspberry Pi или STM32.

**Заключение:** Система управления движением Arduino Uno — функциональное и экономически эффективное решение, особенно для новичков и энтузиастов робототехники. Она позволяет управлять многими типами движения, обеспечивая как автоматическое отслеживание объектов, так и взаимодействие с внешней средой. Системы на базе Arduino Uno широко используются для прототипирования робототехнических устройств, автоматизации процессов, обучения и многих других задач, требующих простого и надежного управления.

## Источники

1. Официальный сайт Arduino [Электронный ресурс]. URL: <https://www.arduino.cc/> (дата обращения: 01.11.2024).
2. Онлайн-инструмент моделирования проектов IoT [Электронный ресурс]. URL: <https://wokwi.com/> (дата обращения: 01.11.2024).
3. Управление шаговым двигателем с помощью драйвера A4988 и Arduino [Электронный ресурс]. URL: <https://www.makerguides.com/a4988-stepper-motor-driver-arduino-tutorial/> (дата обращения: 01.11.2024).
4. Статья об использовании сдвигового регистра и Arduino [Электронный ресурс]. URL: <https://www.instructables.com/Arduino-16-LEDs-using-two-74HC595-shift-registers-/> (дата обращения: 01.11.2024).
5. Статья о принципах работы сдвигового регистра [Электронный ресурс]. URL: [https://lastminuteengineers.com/74hc595-shift-register-arduino-tutorial/#google\\_vignette](https://lastminuteengineers.com/74hc595-shift-register-arduino-tutorial/#google_vignette) (дата обращения: 01.11.2024).
6. Статья о настройке среды разработки Arduino IDE [Электронный ресурс]. URL: [https://deepbluembedded.com/arduino-getting-started-beginners-guide/#google\\_vignette](https://deepbluembedded.com/arduino-getting-started-beginners-guide/#google_vignette) (дата обращения: 01.11.2024).
7. Статья о компиляторе AVR-gcc [Электронный ресурс]. URL: <https://www.instructables.com/AVR-Programming-with-Arduino-AVRdude-and-AVR-gcc/> (дата обращения: 01.11.2024).
8. Сравнительный анализ наиболее известных плат Arduino [Электронный ресурс]. URL: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/what-is-an-arduino/all> (дата обращения: 01.11.2024).
9. Микроконтроллеры семейства AVR [Электронный ресурс]. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/AVR\\_microcontrollers](https://en.wikipedia.org/wiki/AVR_microcontrollers) (дата обращения: 01.11.2024).
10. Эволюция платформы Arduino [Электронный ресурс]. URL: <https://www.unitingdigital.com/articles/2018/10/26/the-history-and-evolution-of-arduino> (дата доступа: 05.11.2024).

## ДУБЛИРУЮЩАЯ ПРИБОРНАЯ ПАНЕЛЬ

Сайфуллин Айдар Талгатович<sup>1</sup>, Мухаметшин Азат Ильдусович<sup>2</sup>  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>00aydar00@gmail.com

Статья посвящена разработке дублирующей приборной панели для самоходного каротажного подъемника, использующего шасси КамАЗ. Панель подключается к системе управления двигателя через CAN-шину и отображает ключевые параметры работы двигателя, включая обороты, напряжение, давление масла и температуру. В статье рассмотрены технические характеристики панели, алгоритмы обработки данных и пороговые значения для срабатывания визуальной сигнализации.

**Ключевые слова:** дублирующая приборная панель, каротажное оборудование, CAN-шина, геофизические исследования, автоматизация, безопасность

## DUPLICATE DASHBOARD

Sayfullin Aidar Talgatovich<sup>1</sup>, Mukhametshin Azat Ildusovich<sup>2</sup>  
FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>00aydar00@gmail.com

The article is devoted to the development of a duplicate dashboard for a self-propelled logging lift using a KAMAZ chassis. The panel is connected to the engine control system via a CAN bus and displays key engine operating parameters, including RPM, voltage, oil pressure and temperature. The article discusses the technical characteristics of the panel, data processing algorithms and thresholds for triggering visual alarms.

**Keywords:** backup dashboard, logging equipment, CAN bus, geophysical research, automation, safety

Для проведения геофизических исследований, таких как каротаж, используют специальные самоходные подъемники, оснащенные точнейшим каротажным оборудованием. Эти машины опускают чувствительные измерительные приборы на значительные глубины в скважинах и обеспечивают передачу данных на поверхность. В их конструкции — сложенный механизм, и одним из основных элементов, поддерживающих эту работу, является двигатель транспортного средства, задействованный в полном объеме для приведения в действие оборудования, закрепленного в кузове машины [1].

Часто в качестве базового шасси для подъемников выбирают КамАЗ. Двигатель этой мощной машины служит не только для движения, но и для питания каротажного оборудования, установленного в кузове. Важнейший аспект работы оператора — полный контроль над параметрами двигателя, ведь от стабильности и точности показаний зависят безопасность и продуктивность исследований. Для этого рядом с оператором в кузове размещают дублирующую приборную панель, отображающую данные об основных параметрах двигателя [2].

Автомобильная шина CAN (Controller Area Network) – это основа для надежного обмена данными между всеми электронными блоками современных автомобилей, включая грузовики и специальную технику, такую как подъемники КамАЗ. Этот стандарт стал настоящим "языком" для различных систем управления и диагностики, позволяя им работать в согласованности и повышая эффективность и безопасность всей машины [3].

Использование CAN-шины делает возможным подключение дублирующей приборной панели к контроллеру двигателя подъемника, позволяя оператору получать и анализировать параметры двигателя непосредственно в процессе работы. Через цифровой канал, обеспечивающий высокую точность и минимальные задержки, передаются такие важные данные, как:

Обороты двигателя — это ключевой показатель, отражающий интенсивность работы двигателя. Панель отображает данные в диапазоне от 0 до 3000 об/мин, позволяя оператору вовремя заметить возможные отклонения и перегрузки.

Напряжение бортовой сети — критичный параметр для контроля работоспособности электрооборудования, показывающий состояние питания от 0 до 36 В. Этот диапазон помогает отслеживать стабильность подачи электроэнергии на приборы.

Давление масла — важнейший показатель, обеспечивающий бесперебойную работу смазочной системы двигателя. Панель фиксирует давление в пределах от 0 до 8 бар, что позволяет быстро реагировать на снижение уровня давления и предотвращать возможные поломки [4].

Температура двигателя — параметр, способный предупредить о перегреве и критических состояниях. Диапазон от -40 до +150 °С помогает своевременно выявить опасное повышение температуры и предотвратить перегрев оборудования.

Для обеспечения безопасности эксплуатации дублирующая панель оснащена системой визуальной сигнализации, которая мгновенно привлекает внимание оператора в критических ситуациях, требующих

немедленного вмешательства [5]. Эта сигнализация активируется при достижении опасных значений параметров двигателя, помогая предотвратить возможные поломки и обеспечить стабильность работы каротажного оборудования:

Напряжение питания — если напряжение в бортовой сети падает ниже 20 В. Низкое напряжение может привести к отключению критически важных функций и внезапному отказу оборудования.

Давление масла — падение давления масла ниже 1 бара. Такое снижение указывает на недостаточную смазку двигателя, что грозит перегревом, ускоренным износом деталей и даже аварийной остановкой [6].

Температура двигателя — если температура превышает 98 °С, это указывает на возможное перегревание, что представляет опасность для двигателя и его компонентов.

Дублирующая приборная панель для подъемника каротажного самоходного на базе двигателя КамАЗ позволяет оператору безопасно контролировать параметры двигателя. В будущем панель можно дополнить функцией удаленного мониторинга, что повысит удобство и безопасность эксплуатации каротажного оборудования в сложных условиях.

### **Источники**

1. Кривко Н.Н. Аппаратура для геофизических исследований скважин, 1991. 383 с.
2. Автоматика и автоматизация систем / А.А. Калмаков, Ю.Я. Кувшинов, С.С. Романова, С.А. Щелкунов. М.: Стройиздат, 1986. 318 с.
3. Ковалев И.П. Аппаратура и оборудование для геофизических исследований скважин / И.П. Ковалев. М.: Недра, 1987. 362 с.
4. Приборы для измерения расхода и количества жидкости, газа, пара и учета тепловой энергии. М.: ООО Издательство "Научтехлитиздат", 2004. 123 с.
5. Приборы для измерения давления, перепада давления и разряжения. М.: ООО Издательство "Научтехлитиздат", 2004. 169 с.
6. Приборы и средства автоматизации. М.: Издательство "Научтехлитиздат", 2004. 54 с.

## **РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТРУКТУРЫ ОБРАЗЦОВ ПРИ АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ОДНООСНОМ СЖАТИИ**

Спиридонова Ксения Олеговна  
ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань  
severys2002@mail.ru

В данной работе описывается разработка устройства одноосного сжатия внутри компьютерного томографа и его система управления. Установка применяется для исследования изменений нерегулярной внутренней структуры образцов под действием внешней нагрузки при помощи компьютерной томографии. В работе приводится решение следующих задач: автоматизация процесса нагружения, разработка системы управления, создание графического интерфейса пользователя, проведение экспериментов.

**Ключевые слова:** компьютерная томография, одноосное сжатие, автоматизация процесса.

## **DEVELOPMENT OF A DEVICE FOR DETERMINING THE STRUCTURE OF SAMPLES UNDER AUTOMATED UNIAXIAL**

Spiridonova Ksenia Olegovna  
FGAOU VO “Kazan (Volga Region) Federal University”, Kazan  
severys2002@mail.ru

This paper describes the development of a uniaxial compression device inside a CT scanner and its control system. The device is used to study changes in the irregular internal structure of samples under the action of external load by means of computed tomography. The paper provides the solution of the following problems: automation of the loading process, development of the control system, creation of a graphical user interface, and conducting experiments.

**Keywords:** computed tomography, uniaxial compression, process automation.

Современное производство невозможно без внедрения новейших технологий. Аддитивные технологии являются ярким примером таких инноваций, однако это затрудняет получение необходимых физико-механических свойств. [1]. На сегодняшний день наиболее распространенным методом получения информации о внутренней структуре без разрушения образцов является компьютерная томография. Для реализации этого метода ранее использовалась ручное нагружающее устройство, нагружение с которым имело ряд недостатков: ограниченное по силе воздействие, возможность ошибки оператора и большие затраты по времени [2].

Было решено создать оснастку с автоматическим нагружением, которая может решить выявленные недостатки [3]. Для выполнения поставленной задачи были предприняты следующие действия: была заменена силовая часть нагружающего устройства, для монтажа электропривода спроектированы и изготовлены крепежные детали, спроектирована аппаратная часть, написана программа управления и программа для интерфейса, проведены натурные испытания.

Заменой механической части станет электропривод, состоящий из шагового двигателя и планетарного редуктора. Передача осевого усилия центровочной шайбе будет происходить за счет передачи винт-гайка [4]. Усилия будут считываться электронным динамометром, расположенным на нижней крышке оснастки. После подбора комплектующих были спроектированы и изготовлены крепежные изделия: фланец с направляющими, упорная шайба, фиксирующий фланец, переходник.

Управление устройством осуществляется за счет написанной программы для микроконтроллера Arduino Uno [5]. Для записи данных во время проведения эксперимента был подключен SD-модуль. Усилия считываются при помощи динамометра с максимальной нагрузкой 10кН. Для задания характера движения шагового двигателя используется драйвер. Графический интерфейс был разработан в среде разработки Processing.

Для проверки работы устройства было проведено тестовое испытание, в качестве образца был использован распечатанный на 3D-принтере кубик с длиной стороны 20 мм. Данные, записанные во время нагружения, были сверены с показаниями стационарного испытательного устройства УТС 110М-100. Полученный коэффициент детерминации составил 0.997.

Таким образом, в результате выполненной работы было усовершенствовано устройство механического одноосного нагружения путем замены механической части уже существующей оснастки на автоматическую. Преимуществами использования автоматического нагружения являются: обеспечение равномерного давления на исследуемый образец, возможность отслеживания разрушения образца в реальном времени, минимизация возможности ошибки оператора.

### **Источники**

1. Брагин Д.М., Мустафин Р.М., Попов А.И., Зинина С.А., Еремин А.В. Исследование аэродинамических процессов в пористых материалах на основе трижды периодических минимальных поверхностей // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2024. Т. 266 № 5. С. 66–78.



2. Саченков О.А., Большаков П.В., Герасимов О.В., Стаценко Е.О., Акифьев К.Н. Устройство для определения структуры материала или образцов при одноосном сжатии и способ его использования // Патент на изобретение 2755098 С1, 13.09.2021. Заявка № 2021103527 от 12.02.2021.

3. Саченков О.А., Большаков П.В., Харин Н.В., Акифьев К.Н., Спиридонова К.О., Смирнова В.В. Устройство для определения структуры образцов при автоматизированном одноосном сжатии и способ его использования // Патент на изобретение 2813454, 12.02.2024. Заявка № 2023126459 от 16.10.2023.

4. Большунов А.В., Кузькин А.Ю. Прикладная механика. Винтовое устройство. Расчет и проектирование: Методические указания к самостоятельной работе. СПб. : Санкт-Петербургский горный университет, 2019. 44 с.

5. Валединский В.Д., Корнев А.А. Методы программирования в задачах и примерах на C/C++: учебное пособие. Москва: Издательство Московского университета, 2023. 413 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА НЕСТАЦИОНАРНЫЕ ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ В ОГРАЖДЕНИЯХ

Тарасов Владимир Александрович<sup>1</sup>, Афанасьев Владимир Васильевич<sup>2</sup>,  
Ковалев Владимир Геннадьевич<sup>3</sup>, Тарасова Валентина Владимировна<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup>ФГБОУ ВО «ЧГУ им. И.Н.Ульянова»,

г. Чебоксары, Республика Чувашия

<sup>4</sup>ГБУК «МДТ им. М.Н. Ермоловой», г. Москва, Россия

<sup>1</sup>volodtar@yandex.ru, <sup>2</sup>avvteo@mail.ru, <sup>3</sup>kovenergy@mail.ru<sup>1</sup>, <sup>4</sup>charming\_cerl@rambler.ru

Методами математического моделирования проведены исследования влияния температуры наружного воздуха на нестационарные тепловые процессы в окружающих конструкциях. Полученные результаты позволяют создавать цифровые двойники систем отопления и разрабатывать алгоритмы погодозависимого управления отоплением.

**Ключевые слова:** математическое моделирование, нестационарные тепловые процессы, цифровые двойники, погодозависимое управление отоплением

## STUDY OF THE INFLUENCE OF WEATHER CONDITIONS ON TRANSIENT THERMAL PROCESSES IN ENCLOSES

Tarasov Vladimir Aleksandrovich<sup>1</sup>, Afanasyev Vladimir Vasilievich<sup>2</sup>, Kovalev Vladimir  
Gennadievich<sup>3</sup>, Tarasova Valentina Vladimirovna<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup>Chuvash State University, Cheboksary, Chuvash Republic

<sup>4</sup>Yermolova Theatre, Moscow, Russia

<sup>1</sup>volodtar@yandex.ru, <sup>2</sup>avvteo@mail.ru, <sup>3</sup>kovenergy@mail.ru, <sup>4</sup>charming\_cerl@rambler.ru

The influence of outside air temperature on transient thermal processes in surrounding structures was studied using mathematical modeling methods. The obtained results allow creating digital twins of heating systems and developing algorithms for weather-dependent heating control.

**Keywords:** mathematical modeling, non-stationary thermal processes, digital twins, weather-dependent heating control

Для обеспечения комфортных условий внутри отапливаемых помещений система отопления должна компенсировать тепловые потери в окружающую среду, которые зависят от погодных условий и теплофизических параметров ограждения [1]. Температура наружного воздуха меняется во времени случайным образом, вследствие этого меняется температура наружных поверхностей, в толще ограждений непрерывно протекают тепловые нестационарные процессы, которые необходимо учитывать при погодозависимом управлении отоплением [2].

Значения температуры наружного воздуха в течение каждых суток меняются от минимальных до максимальных значений, определенная периодичность наблюдается и в изменении среднесуточной температуры в

течение нескольких дней. Методы быстрого преобразования Фурье позволяют представить зависимость от времени температуры наружного воздуха и температуры внутри ограждений для различных периодов в виде суммы гармонических составляющих с разными частотами. Для исследования температурных волн в ограждениях можно применить используемый в электротехнике символический метод и решать уравнение нестационарной теплопроводности для комплексной температуры  $\dot{T}$  [3].

По аналогии с электротехникой расстояние от наружной поверхности, на котором амплитуда волны затухает в  $e$  раз, можно назвать глубиной проникновения тепловой волны  $\Delta$ . Глубина проникновения зависит от круговой частоты изменения температуры наружного воздуха  $\omega = \frac{2\pi}{3600\tau}$  и от теплофизических характеристик ограждения, обобщенным параметром которых является коэффициент температуропроводности  $a = \frac{\lambda}{c\rho}$

$$\Delta = \sqrt{2a / \omega},$$

где  $\tau$  – период, час

Из приведенных на рисунке 1 расчетных зависимостей видно, что с увеличением коэффициента температуропроводности и периода гармонической составляющей глубина проникновения возрастает.

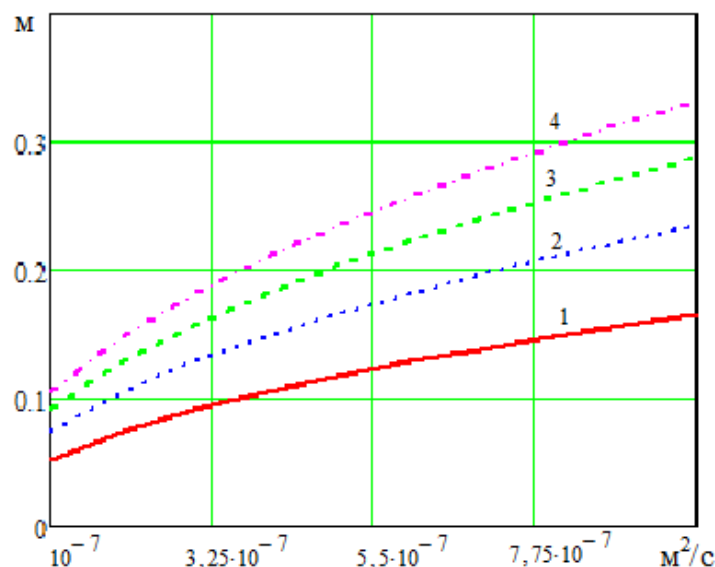


Рис. 1. Зависимость глубины проникновения  $\Delta$  от коэффициента температуропроводности  $a$  при различных периодах гармонических составляющих тепловой волны:  
 кривая 1 – период 24 часа, кривая 2 – период 48 часов, кривая 3 – период 72 часа,  
 кривая 4 – период 96 часов

Теплофизические характеристики материалов оказывают значительное влияние на нестационарное температурное поле и

инерционность ограждений, что необходимо учитывать при создании алгоритмов погодозависимого управления отоплением [4, 5].

На рисунке 2 приведен спектр разложения температуры наружного воздуха за февраль 2024 года, полученный при использовании быстрого преобразования Фурье *CFFT*.

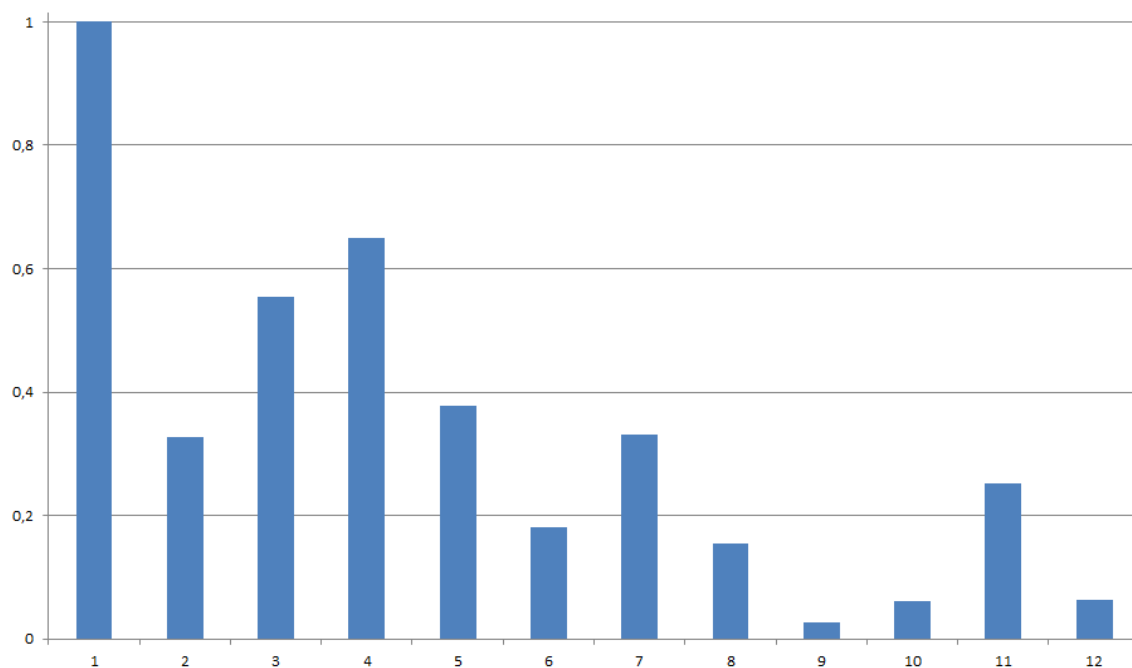


Рис. 2

Вследствие неравномерного затухания высших гармоник амплитуда колебаний температуры в глубине стенки существенно меньше, чем на поверхности [3].

### Источники

1. Панферов В.И., Анисимова Е.Ю., Нагорная А.Н. К теории математического моделирования теплового режима зданий // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Челябинск. 2006. № 14. С. 128–133.

2. Tarasov V. A., Tarasova V.V., Afanasyev V. V., Kovalev V. G., Orlov V.N. Mathematical modeling of the forecast and standby heating modes (Математическое моделирование режимов прогнозного и дежурного отопления)//Power engineering: research, equipment, technology. 2019; 21(5-6):С.77-87. (In Russ). DOI:10.30724/1998-9903-2019-21-5-6-77-87.

3. Тарасов В.А., Афанасьев В.В., Ковалев В.Г., Тарасова В.В. Применение цифровых двойников систем отопления // Приборостроение и

автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве. Материалы VII Национальной науч.-практической конф. Казань, 2022. С. 106–109.

4. Тарасова В.В. Адаптивное управление режимом теплоснабжения здания с помощью автоматизированного теплового пункта/ В.В. Тарасова, В.В. Афанасьев, В.Г. Ковалев, В.А. Тарасов, А.Г. Калинин // Вестник Чувашского ун-та. 2016. № 3. С.117–123.

5. Тарасова В.В. Математическое моделирование нестационарных процессов теплопередачи // Региональная энергетика: проблемы и решения: сб. науч. тр. Вып.9. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2013. С.127-144.

## **ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ОКРУЖЕНИЕМ: РАСПОЗНАВАНИЕ ОБЪЕКТОВ, МАНИПУЛИРОВАНИЕ, ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ЛЮДЬМИ**

Уразбахтин Макарий Зельфатович<sup>1</sup>, Мухаметгалеев Танир Хамитевич<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>makariy.upazbakhtin@mail.ru

Современные робототехнические системы становятся неотъемлемой частью нашей жизни, активно внедряясь в различные сферы, от промышленности до медицины. Важнейшей задачей для таких систем является эффективное взаимодействие с окружающим миром, которое включает распознавание объектов, манипулирование с ними и взаимодействие с людьми. Развитие технологий в области компьютерного зрения, машинного обучения и сенсорных технологий позволяет роботам адекватно воспринимать свою среду, идентифицировать объекты и взаимодействовать с ними в реальном времени. Эта статья посвящена анализу современных методов и подходов к распознаванию объектов, манипуляции с ними, а также особенностей взаимодействия роботов с людьми.

**Ключевые слова:** Робототехнические системы, распознавание объектов, машинное зрение, манипулирование, взаимодействие с людьми

## **INTERACTION OF ROBOTIC SYSTEMS WITH THE ENVIRONMENT: OBJECT RECOGNITION, MANIPULATION, INTERACTION WITH PEOPLE.**

Urazbakhtin Makariy Zelfatovich<sup>1</sup>, Mukhametgaleev Tanir Khamitevich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO «Kazan State Power Engineering University», Kazan  
<sup>1</sup>makariy.upazbakhtin@mail.ru

Modern robotic systems are becoming an integral part of our lives, actively introducing themselves into various fields, from industry to medicine. The most important task for such systems is effective interaction with the outside world, which includes recognizing objects, manipulating them and interacting with people. The development of technologies in the field of computer vision, machine learning and sensor technologies allows robots to adequately perceive their environment, identify objects and interact with them in real time. This article is devoted to the analysis of modern methods and approaches to object recognition, manipulation, as well as the features of robot interaction with humans.

**Keywords:** Robotic systems, object recognition, machine vision, manipulation, interaction with people.

Первый этап эффективного взаимодействия робота с окружающей средой — это распознавание объектов, находящихся в его поле зрения. Для выполнения этой задачи используются различные технологии, включая машинное зрение, нейронные сети и методы обработки данных.

Например, для классификации объектов на конвейере на производственных линиях роботы часто используют камеры высокого разрешения и алгоритмы машинного обучения. Такие алгоритмы позволяют роботу различать различные типы объектов по их форме, цвету и размеру.

В промышленности применяется система автоматического сортировщика, способного распознавать и сортировать упаковки различных цветов и форм. Алгоритмы нейронных сетей, такие как свёрточные нейронные сети (CNN), обучаются на тысячах изображений и позволяют роботу достоверно определять, к какой категории принадлежит объект, с точностью более 90%.

После распознавания объектов важным этапом становится манипулирование ими. Робот должен безопасно и точно взять объект, переместить его в нужное место и, при необходимости, выполнить определенные операции, например, сборку или сортировку. Для этого важны как механическая конструкция робота (его манипуляторы), так и алгоритмы управления.

На современных складских комплексах применяются роботы-манипуляторы, которые могут поднимать и перемещать объекты различной формы и веса. Эти роботы используют алгоритмы обратной кинематики и сенсоры, которые помогают им аккуратно брать хрупкие предметы. Один из известных примеров — робот компании Amazon Robotics, который собирает заказы на складах, поднимая нужные товары и аккуратно укладывая их в контейнеры.

Некоторые новые разработки используют принципы мягкой робототехники, где вместо жестких манипуляторов применяются гибкие материалы. Такие манипуляторы могут адаптироваться к форме предметов, что особенно полезно при работе с нестандартными или хрупкими объектами.

Важным направлением развития робототехники является способность роботов безопасно взаимодействовать с людьми. Этот аспект особенно актуален для роботов, работающих в медицинских учреждениях, дома или в общественных местах. В таких случаях роботы должны не только выполнять свои задачи, но и обеспечивать безопасность и комфорт окружающих людей.

Для этого используют технологии распознавания человеческих движений и жестов, распознавания речи, а также системы прогнозирования возможных действий человека. Эти технологии помогают роботу «понимать» намерения человека и соответствующим образом адаптировать свое поведение.

В медицинских учреждениях активно применяются роботы, способные помогать медицинскому персоналу, например, робот Da Vinci, который ассистирует хирургам во время сложных операций. Роботические системы с высокоточными манипуляторами и сенсорами в режиме реального времени реагируют на команды хирурга, позволяя выполнять деликатные манипуляции. Другой пример — роботы, выполняющие задачи доставки медикаментов и инструментов в больницах, что позволяет сократить время на перемещения персонала и минимизировать контакт с заражёнными поверхностями.

### **Источники**

1. Манюкова Н.В. Компьютерное зрение как средство извлечения информации из видеоряда
2. Пронина Е.Е. Новые алгоритмы взаимодействия робототехнических комплексов и человека. Ростов-на-Дону, 2020.
3. Харузин С.В., Шмаков О.А. Основные тенденции и перспективные решения в области разработки задающих манипуляционных систем // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. Санкт-Петербург, 2017.
4. Вазаев А.В., Носков В.П. Распознавание объектов и типов опорной поверхности по данным комплексированной системы технического зрения.
5. Овсяницкая Л.Р. Мехатроника и робототехника как инновационное звено в развитии инженерного и медицинского образования.



## ОПТИЧЕСКОЕ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ И РАСПОЗНАВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИИ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Фахерлегаянов Рустем Расихович<sup>1</sup>, Фетисов Леонид Валерьевич<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>f.rustam2001@yandex.ru, <sup>2</sup>leonidfetisov@mail.ru

Данная статья посвящена анализу оптического позиционирования и распознавания объектов, как важнейших методов, применяемых в дополненной реальности (AR) и других областях для точной привязки цифровых объектов к реальному миру. Рассмотрены основные методы, включая визуальные маркеры, SLAM (одновременная локализация и картирование), методы компьютерного зрения, а также алгоритмы машинного обучения, используемые для повышения точности и устойчивости позиционирования. Проанализированы принципы работы и области применения оптического позиционирования, особенности интеграции инерциальных данных с визуальными сенсорами, а также перспективы использования данной технологии в автоматизации, медицине и других сферах.

**Ключевые слова:** оптическое позиционирование, дополненная реальность, SLAM, компьютерное зрение, визуальные маркеры.

## OPTICAL POSITIONING AND OBJECT RECOGNITION FOR AUGMENTED REALITY TECHNOLOGY

Fakherlegayanov Rustem Rasikhovich<sup>1</sup>, Fetisov Leonid Valeryevich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>f.rustam2001@yandex.ru, <sup>2</sup>leonidfetisov@mail.ru

This article analyzes optical positioning and object recognition as essential methods used in augmented reality (AR) and other fields to accurately align digital objects with the real world. The primary methods discussed include visual markers, SLAM (Simultaneous Localization and Mapping), computer vision techniques, and machine learning algorithms utilized to enhance positioning accuracy and stability. The article examines the principles and applications of optical positioning, features of integrating inertial data with visual sensors, and the potential for applying this technology in automation, healthcare, and other industries.

**Keywords:** optical positioning, augmented reality, SLAM, computer vision, object recognition, machine learning, visual markers, sensor integration.

Оптическое позиционирование и распознавание объектов являются одними из наиболее эффективных методов обеспечения точного позиционирования цифровых элементов в дополненной реальности (AR) и в различных областях инженерии и науки. Основное назначение этих

методов — это точная привязка виртуальных объектов к реальной среде с учетом контекста и условий. Применение оптического позиционирования актуально в таких сферах, как автоматизация производств, медицина, робототехника, а также в системах управления и контроля сложных объектов [1].

Методы оптического позиционирования основаны на использовании изображений, получаемых с помощью камер или других оптических сенсоров, для определения координат и ориентации объектов в пространстве. Одним из ключевых аспектов оптического позиционирования является использование методов компьютерного зрения, которые позволяют анализировать и интерпретировать изображения. Для обработки данных от оптических сенсоров применяются алгоритмы, такие как идентификация ключевых точек, сопоставление образов, SLAM (Simultaneous Localization and Mapping), а также методы глубокого обучения, направленные на повышение точности и устойчивости в изменяющихся условиях [2].

Принцип работы системы оптического позиционирования заключается в идентификации ключевых особенностей на изображениях, получаемых с камеры, и сопоставлении их с эталонной картой или ранее полученными изображениями. Например, технологии Vuforia и ARKit используют визуальные маркеры и ключевые точки, такие как углы, грани и текстуры, которые позволяют устройству идентифицировать положение объекта и его ориентацию в пространстве. Применение визуальных маркеров является одним из самых простых и распространенных методов оптического позиционирования. Визуальные маркеры представляют собой заранее заданные шаблоны (обычно это QR-коды или другие геометрические фигуры), которые легко распознаются камерами, а благодаря уникальным паттернам они позволяют точно определить координаты объекта [3].

SLAM является неотъемлемой частью современных систем оптического позиционирования и представляет собой комплекс методов, позволяющий устройствам строить карту окружающей среды и одновременно локализоваться в ней. Оптические системы SLAM основаны на анализе изображений и инерциальных данных, что позволяет создавать точные трехмерные модели окружения и привязывать виртуальные объекты к реальным координатам. Благодаря SLAM устройство способно адаптироваться к изменениям в окружающей среде, корректируя позицию объекта в реальном времени. Это особенно полезно для задач автоматизации и в ситуациях, когда объекты могут перемещаться или изменяться.

Таким образом, оптическое позиционирование и распознавание объектов представляют собой ключевые технологии в обеспечении точного позиционирования цифровых объектов в реальной среде. Применение методов компьютерного зрения, SLAM позволяет достичь высокой точности и устойчивости в различных условиях, что открывает новые возможности для внедрения дополненной реальности. В будущем, дальнейшее развитие алгоритмов и увеличение производительности аппаратных средств приведет к ещё большей точности и универсальности систем оптического позиционирования, что окажет значительное влияние на такие области, как промышленность, энергетика, медицина и робототехника [4],[5].

### **Источники**

1. Захаров, И.В. Введение в дополненную реальность. Теория и приложения. М.: Наука, 2019. 352 с.
2. Петров, А.Н. Основы SLAM: локализация и картирование для автономных систем. М.: Бином, 2020. 416 с.
3. OpenCV Documentation [Электронный ресурс]: <https://opencv.org/> (дата обращения: 27.10.2024).
4. «ИЗВУЗ. Проблемы энергетики» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.energyret.ru/jour> (дата обращения: 24.10.2024).
5. «Вестник КГЭУ» [Электронный ресурс]. URL: <https://vkgeu.ru/> (дата обращения: 24.10.2024).

## РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИВОДОВ ДЛЯ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ: ДВИГАТЕЛИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Фомеконг Ив Делорд<sup>1</sup>, Козелков Олег Владимирович<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

<sup>1</sup>delorsfomekong@gmail.com, <sup>2</sup>ok.1972@mail.ru

В данной работе предлагается метод оптимизации с использованием генетических алгоритмов для определения схемы потерь мощности в двигателе постоянного тока с отдельным возбуждением, который позволяет рассчитать эти потери с большей точностью. рассчитать эти потери с большей точностью.

**Ключевые слова:** постоянный ток, потеря мощности, электромеханическое устройство.

## DEVELOPMENT AND RESEARCH OF DRIVES FOR MECHATRONIC SYSTEMS: DC MOTORS

Fomekong Yves Delord<sup>1</sup>, Kozelkov Oleg Vladimirovich<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan

<sup>1</sup>delorsfomekong@gmail.com, <sup>2</sup>ok.1972@mail.ru

This paper proposes an optimization method using genetic algorithms to determine the power loss pattern in a DC motor with separate excitation, which allows these losses to be calculated with greater accuracy. calculate these losses with greater accuracy.

**Keywords:** DC, power loss, electromechanical device.

Электрические машины предназначены для преобразования энергии из одной формы в другую. Это преобразование всегда сопровождается определенной потерей мощности. Эти потери происходят в самой машине, приводят к нагреву различных частей машины и снижают ее эффективность. Эта проблема потерь волнует инженеров во всех областях электротехники: потери энергии в линиях, трансформаторах и вращающихся электрических машинах. Проблема потерь волнует инженеров во всех областях электротехники: потери энергии в линиях, трансформаторах и вращающихся электрических машинах. Эта озабоченность обусловлена тем, что изучение этих потерь показывает, как их можно уменьшить для экономии энергии. В настоящее время электроприводы на основе двигателей постоянного тока широко используются во многих областях, таких как тяга, подъемные механизмы,

подводные движители, станки и другие отрасли. Значительное количество энергии может быть сэкономлено за счет минимизации потерь в этих двигателях. потерь в этих двигателях.

Двигатели постоянного тока – это машины, которые преобразуют получаемую ими электрическую энергию в механическую. Конструкция двигателей идентична конструкции генераторов, поэтому машину постоянного тока можно использовать либо в качестве двигателя, либо в качестве генератора. Использование двигателей постоянного тока довольно ограничено, поскольку распределение осуществляется на переменный ток. Однако для некоторых применений иногда выгодно использовать двигатели постоянного тока, питаемые от преобразователей, преобразующих переменный ток в постоянный. Превосходство этих двигателей заключается в том, что они легко поддаются гибкому, непрерывному и почти мгновенному контролю их скорости. В этой главе будут представлены общие сведения о машине постоянного тока, в частности о ее работе в качестве электродвигателя.

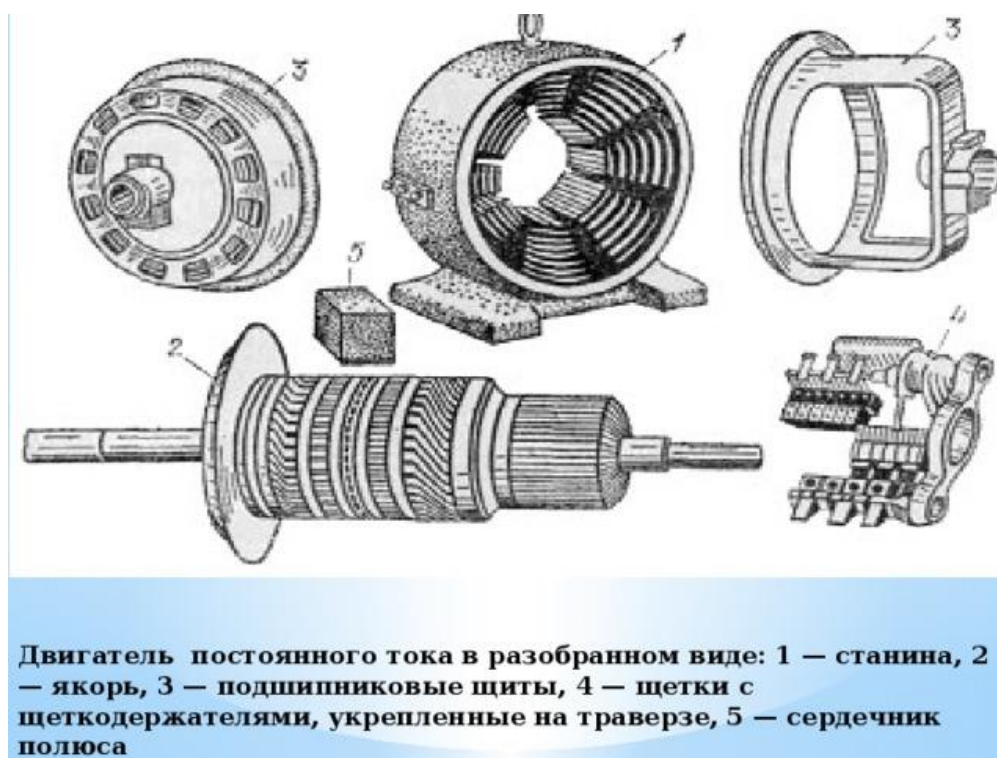


Рис. 1. Двигатель постоянного тока в разобранном виде

В нашей работе мы предлагаем метод оптимизации с использованием генетических алгоритмов для определения схемы потерь мощности в двигателе постоянного тока с раздельным возбуждением, который позволяет рассчитать эти потери с большей точностью. рассчитать эти

потери с большей точностью. Наша работа состоит из трех глав. В первой главе представлена общая информация о двигателях постоянного тока. Вторая глава будет посвящена исследованию потерь в двигателе постоянного тока с целью получения модели и определения характеристик потерь в двигателе.

В третьей главе мы представим применение метода оптимизации с использованием генетических алгоритмов для определения параметров используемой модели. В конце работы мы сделаем общее заключение, в котором подведем итоги проделанной работы и полученных результатов.

Сформирована совокупность условий управления мехатронным модулем на основе трехфазного БДПТ при соединении секций обмотки в А. Получено математическое описание условий управления в виде логических переменных, в рамках которого получена математическая модель сигналов, поступающих с ДПР, позволяющая описать с единой методологической позиции условия управления ММ на основе многофазного БДПТ при замкнутой, лучевой и раздельной схемах соединения секций обмотки и при любых углах коммутации

### **Источники**

1. Конев Ю.И. Проектирование силовых преобразователей бесконтактных двигателей постоянного тока: учебное пособие / Ю.И. Конев, Ю.Н. Розно, Я.Г. Владимиров. М.: МАИ, 1987.

2. Вевюрко И.А. Двигатель постоянного тока без скользящих контактов / И.А. Вевюрко, Ю.В. Разумовский, А.И. Селивахин // Вестник электропромышленности. 1962. № 3.

3. Бут Д.А. Бесконтактные электрические машины / Д.А. Бут. М.: Высшая школа, 1985.

4. Микеров А.Г. Управляемые вентильные двигатели малой мощности / А.Г. Микеров. Спб.: ТЭТУ, 1997. 64 с.

5. Беленький Ю.М. Опыт разработки и применения бесконтактных моментных приводов / Ю.М. Беленький, Г.С. Зелеков, А.Г. Микеров. Л.: ЛДНТП, 1987. 28

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА КАК ПУТЬ ИНТЕГРАЦИИ И СИНТЕЗА НОВЫХ УЗЛОВ

Хамидуллин Адель Ильсурович<sup>1</sup>, Кашаев Рустем Султанхамитович<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

<sup>1</sup>khamidullin23444@gmail.com, <sup>2</sup>79047158012@yandex.ru

В статье предложена идея о необходимости совершенствования аппаратных характеристик разрабатываемого программно-аппаратного комплекса, который включает в себя мобильного робота, ПМРА-IV анализатора экспресс-контроля скважинной жидкости и 6-ти осевого робота-манипулятора. Представлены аргументы в пользу перехода на новую аппаратно-программную платформу с целью увеличения возможностей оборудования и интеграции узлов между собой.

**Ключевые слова:** микрокомпьютер, мобильный робот, робот-манипулятор, микроконтроллер, анализатор экспресс-контроля.

## IMPROVING THE CHARACTERISTICS OF THE HARDWARE COMPLEX AS A WAY TO INTEGRATE AND SYNTHESIZE NEW NODES

Khamidullin Adel Ilurovish<sup>1</sup>, Kashaev Rustem Sultankhamitovich<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan

<sup>1</sup>khamidullin23444@gmail.com, <sup>2</sup>79047158012@yandex.ru

The article suggests the idea of the need for hardware characteristics of the software and hardware complex being developed, which includes a mobile robot, a PMRA-IV analyzer for express control of downhole fluid and a 6-axis robot manipulator. Arguments are presented in favor of switching to a new hardware and software platform in order to increase the capabilities of the equipment and integrate nodes with each other.

**Keywords:** microcomputer, mobile robot, robot-manipulator, microcontroller, express control analyzer.

Ежедневно все самые актуальные технологии развиваются, а некоторые моментально устаревают. На место устаревших оснасток и производственного цикла приходят новейшие как технические, так и технологические решения.

Ранее разработанный д.т.н., профессором кафедры «Приборостроение и мехатроника» Кашаевым Р.С. ПМРА-IV анализатор экспресс-контроля скважинной жидкости во время испытаний по установке и подключению в общий узел управления программно-аппаратным комплексом на базе микроконтроллера Arduino оказался более технологичным и потребовал больше ресурсов как в аппаратной, так и в программной составляющих. Выявлены проблемы с нехваткой требуемого питания для обслуживания анализатора и невозможностью прямого подключения к контроллеру робота для управления [1-2]. Микроконтроллер Arduino Uno не способен обработать информацию с USB-устройства, поскольку интерфейс USB используется для обновления программного обеспечения микроконтроллера.

Также предлагается установить 6-осевой робот-манипулятор для управления и подключения шланга подачи скважинной жидкости из пробки для проверочного отбора. Интеграция данного устройства потребует параллельного управления как колесным роботом, так и роботом-манипулятором. Микроконтроллер Arduino Uno имеет ограниченные возможности по параллельным вычислениям, что является проблемой при взаимодействии устройств [5].

Текущие технические характеристики управляющих звеньев были описаны в 3 главе магистерской диссертации, которые включали в себя следующие пункты [3]:

1. Микроконтроллер Arduino Uno для управления движением робота как в ручном, так и автоматическом режимах.
2. Блок управления двигателями Amperka Motor Shield для управления силовыми шаговыми двигателями.
3. Беспроводной модуль Wi-Fi ESP-01 для передачи информации на сервер системы управления и диспетчеризации мобильным роботом.

В ходе изучения публикаций других авторов, которые также исследуют интеграцию различных робототехнических изделий в единую систему, было установлено, что главный акцент разработки аппаратной платформы уходит в модернизацию технических характеристик. Авторы предлагают переход главного устройства от микроконтроллеров к микрокомпьютерам на базе процессоров ARM.

Такой подход позволяет использовать многоядерную архитектуру центрального процессора и параллельно подключать различные устройства одновременно. Примерами таких решений являются открытые аппаратные платформы-микрокомпьютеры серий Raspberry Pi и Orange Pi, построенные на похожей архитектуре, однако представленные решения имеют ряд отличий, преимуществ и недостатков.



Микрокомпьютеры Raspberry Pi базируются на «системах на чипе» (System of chip, далее SoC) компании Broadcom. Они обладают всеми основными инструкциями для обработки сигналов с периферийных устройств таких, как мышь, клавиатура, внешние накопители. Для вывода изображений с помощью HDMI-порта используют видеоядро VideoCore 5 версии в младших моделях и 7 в старших. Процессор имеет от 2 до 4 ядер типа ARM Cortex-A72. Количество оперативной памяти варьируется от 2 до 8 Гб. Внешняя постоянная память может быть установлена либо с помощью накопителя формата SD, либо с помощью флеш-накопителя с интерфейсом USB.

Решения на базе микрокомпьютеров Orange Pi используют SoC компании Rockchip. Они также обладают всеми основными характеристиками, а также имеют ряд преимуществ и отличий от Raspberry Pi: встроенное ядро для использования нейронных сетей (NPU) в дальнейшей перспективе позволит задействовать в программно-аппаратном комплексе нейронные сети и эффективно обрабатывать сигналы и обучать их по мере использования в практических целях [4].

Микрокомпьютеры, базируясь на процессорах с архитектурой ARM, позволяют запускать операционные системы на базе ядра GNU/Linux, Windows (начиная с версии 10 и выше). Данное обстоятельство указывает на то, что данные микрокомпьютеры могут запускать большое количество программ для управления. К примеру, встроенный интерфейс управления GPIO может принимать различные сигналы и подключать различные исполнительные устройства. Такими устройствами могут быть внешние колеса робота, система полива участка, роботы-манипуляторы и многие другие. Устройства могут быть подключены одновременно, а параллельное управление достигается средствами операционной системы.

В качестве основного управляющего устройства был выбран микрокомпьютер Orange Pi 3B, который обладает современными характеристиками для подключения множества дополнительных устройств таких, как гусеничная платформа, робот-манипулятор, а в ближайшем будущем и видеокамеру для отслеживания траектории движения и обнаружения объектов, используя нейросетевой модуль процессора и нейронные сети.

Таким образом, модернизация аппаратных характеристик позволит разрабатываемому программно-аппаратному комплексу увеличить мощность и возможности по интеграции различных аппаратных систем. Указанные решения обладают большими вычислительными мощностями и ресурсами для управления аппаратными частями в связке с программным обеспечением.

## Источники

1. Патент РФ №150614 Автоматический пробоотборник. Немиров М.С., Силантьев С.И., Савинов Е. В., Нурмухаметов Р.Р. 27.07.2010, Бюл. №21.
2. Kashaev R.S., Ahn Nguen Duc, Kozelkova V.O., Kozelkov O.V., Dudkin V.V. Online Multiphase Flow Measurement of Crude Oil Properties Using Nuclear(Proton) Magnetic Re-sonance Automated Measurement Complex for Energy Safety at Smart Oil Deposits. *Energies*. 2023; 16(3). DOI: <https://doi.org/10.3390/en16031080>. С. 1603–1080
3. Хамидуллин А.И. Интеллектуальная система управления мобильным колесным роботом: магистерская диссертация / Хамидуллин Адель Ильсурович ; науч. рук. П. А. Лазарева ; КНИТУ-КАИ. Казань, 2023. 83 с.
4. Пат. EP3525992B1 Нидерланды, МПК В 25 J 9/16. Мобильный робот и роботизированная система на базе сервера и робота / С. Ю. Парк ; заявитель и правообладатель Samsung Electronics Ltd. № 20160153535 ; заявл. 17.11.2016 ; опубл. 21.08.2019, Бюл. № 3 4.
5. Налесная, Я. А., Виторович, В. В. Разработка промышленного робота манипулятора для специальных целей [Текст] / Я. А. Налесная, В. В. Виторович // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2017. № 4-3. С. 57–73.

## РАЗРАБОТКА МЕХАТРОННОГО БЛОКА СИСТЕМЫ ТЕЛЕПРИСУТСТВИЯ МОБИЛЬНОГО РОБОТА

Ханду Роберто Баггио<sup>1</sup>, Малёв Николай Анатольевич<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>handourobortobaggio@gmail.com, <sup>2</sup>maleev@mail.ru

В статье рассматривается разработка мехатронного блока системы телеприсутствия мобильного робота. Целью исследования является создание надёжной и высокоточной системы, способной обеспечивать точное воспроизведение движений пользователя в реальном времени.

**Ключевые слова:** робототехника, телеприсутствие, эффективная система, аудио-видео.

## DEVELOPMENT OF A MECHATRONIC UNIT OF A MOBILE ROBOT TELEPRESENCE SYSTEM

Handu Roberto Baggio<sup>1</sup>, Nikolai Anatolyevich Malev<sup>2</sup>

FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>handourobortobaggio@gmail.com, <sup>2</sup>maleev@mail.ru

The article discusses the development of a mechatronic unit of the telepresence system of a mobile robot. The aim of the study is to create a reliable and high-precision system capable of providing accurate reproduction of the user's movements in real time.

**Keywords:** Robotics, Telepresence, Efficient System, Audio-Video.

Системы телеприсутствия в робототехнике предоставляют возможности удаленного управления, позволяя пользователям взаимодействовать с окружающей средой на расстоянии, зачастую через мобильных роботов [1]. Такие системы находят применение в здравоохранении, удаленном осмотре и образовании [2], позволяя пользователям перемещаться и взаимодействовать в режиме реального времени. Цель данной работы – изучение мехатронного модуля, включающего стабилизацию камеры, управление и передачу аудио-видео данных в режиме реального времени для мобильного робота с функцией телеприсутствия [3].

Роль мехатроники в телеприсутствии критически важна, так как она объединяет сенсоры и технологии управления для создания единой системы. Оперативная обратная связь с элементами управления обеспечивает точное взаимодействие и управление [4]. Рассматриваемый модуль должен обеспечивать высокий уровень стабильности, отзывчивости и адаптивности, что расширяет его применение в реальных задачах.

Требования к системе. Эффективная система телеприсутствия требует стабилизации видео, плавного передвижения и низкой задержки связи. Модуль должен быть компактным и энергоэффективным, поскольку мобильные роботы часто работают автономно и длительное время. Баланс энергоэффективности и производительности системы остается сложной задачей, особенно если требуются высокие мощности для обработки видео и обеспечения взаимодействия.

Задачи в реальном времени связи. Связь в реальном времени представляет серьезные проблемы для телеприсутствия. Минимизация задержек критически важна для поддержания отзывчивости, так как задержка мешает взаимодействию пользователя. Передача видео в высоком разрешении и данных сенсоров требует значительной пропускной способности; для этого подходят Wi-Fi или 5G, но требуется тестирование надежности в различных условиях.

Мобильность и возможности манипуляции. Мобильный робот должен уметь перемещаться по различным покрытиям и выполнять манипуляции с объектами. Бесщеточные двигатели являются оптимальным выбором, обеспечивая как эффективность, так и [5]бесшумность работы, в то время как гусеничные системы повышают стабильность на неровных поверхностях. Роботизированная рука добавляет возможность взаимодействия, требуя, чтобы модуль сочетал тонкий контроль с высокой силой для адаптивности.

Системы управления стабилизируют робота, корректируя его положение в реальном времени в зависимости от условий окружающей среды. Это требует использования контуров обратной связи с сенсорами для ориентации и силы. Постоянный поток данных позволяет стабилизировать передвижение и манипуляции, поддерживая плавное и точное управление.

Интеграция программного обеспечения критически важна для эффективной работы модуля. Алгоритмы планирования траектории и слияния данных сенсоров помогают роботу автономно ориентироваться, в то время как обработка изображений улучшает визуальные данные для лучшего восприятия объектов и препятствий. Искусственный интеллект может повысить адаптивность системы, позволяя ей обучаться в процессе и уменьшать рабочую нагрузку оператора, особенно при повторяющихся задачах.

Протоколы связи. Высокие требования к передаче данных делают выбор протоколов связи важной составляющей. Wi-Fi, Bluetooth и 5G имеют свои преимущества. Например, 5G идеально подходит для низкой

задержки и высокой пропускной способности, но может быть неприменим в удаленных районах, поэтому может понадобиться комбинация протоколов. Полевые тесты помогут обеспечить стабильную и связь в разных условиях.

Процесс прототипирования объединяет механические, сенсорные и программные элементы. Инструменты моделирования позволяют тестировать двигатели, сенсоры и активаторы до сборки для оптимизации размеров, энергопотребления и функциональности. Внимательный выбор компонентов и предварительное тестирование помогают каждому элементу поддерживать требования к мобильности и телеприсутствию робота, такие как стабилизация видео и четкость звука.

Рассматриваемый модуль для телеприсутствия сочетает оперативную обратную связь, стабильную связь и универсальную мобильность, удовлетворяя основные требования телеприсутствия. Это позволяет эффективно взаимодействовать и перемещаться, внося значительное улучшение в управление мобильными роботами на расстоянии. Перспективы применения модуля обширны и охватывают такие области, как здравоохранение, исследование опасных сред и дистанционное образование. Развитие технологий телеприсутствия позволяет создавать новые формы удаленного взаимодействия.

### **Источники**

1. Корк П. (2017). *Robotics, Vision and Control: Fundamental Algorithms in MATLAB*. Springer.
2. Сицилиано Б., Сиавикко Л., Вилани Л., Ориоло Г. (2010). *Robotics: Modelling, Planning, and Control*. Springer.
3. Моуфорт Е., Шариатмадари, Х. (2020). A Review of 5G in Industrial Automation // *Journal of Industrial Electronics*.
4. Гиллеспи Т.Д. (1992). *Fundamentals of Vehicle Dynamics*. SAE International.
5. Огата К. (2009). *Modern Control Engineering*. Pearson.

## ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ДАТЧИКА BME280 ДЛЯ РАБОТЫ ЦИФРОВОЙ МЕТЕОСТАНЦИИ

Харисова Алия Ильмировна<sup>1</sup>, Козелков Олег Владимирович<sup>2</sup>  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>alياهوarisoва2003@gmail.com

Актуальность работы заключается в использовании датчика BME280, который представляет собой интегрированное решение для измерения температуры, влажности и атмосферного давления. Это делает его незаменимым инструментом в различных областях, таких как метеорология, экология, сельское хозяйство. Комплексность данных: BME280 позволяет одновременно получать три ключевых метеорологических параметра, что значительно упрощает процесс сбора данных и их последующий анализ.

**Ключевые слова:** BME280, датчик, температура, влажность, атмосферное давление, метеостанция.

## JUSTIFICATION FOR CHOOSING THE BME280 SENSOR FOR A DIGITAL WEATHER STATION

Kharisova Aliya Ilmirovna<sup>1</sup>, Kozelkov Oleg Vladimirovich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
<sup>1</sup>alياهوarisoва2003@gmail.com

The relevance of this work lies in the use of the BME280 sensor, which is an integrated solution for measuring temperature, humidity, and atmospheric pressure. This makes it an indispensable tool in various fields such as meteorology, ecology, and agriculture. Data Complexity: The BME280 allows for the simultaneous acquisition of three key meteorological parameters, which significantly simplifies the data collection process and subsequent analysis.

**Keywords:** BME280, sensor, temperature, humidity, atmospheric pressure, weather station.

BME280 — это высокоточный цифровой датчик, разработанный компанией Bosch Sensortec, который может одновременно измерять три основных параметра: температуру, влажность и атмосферное давление. Он является преемником датчиков BMP180 и BME180 и обладает улучшенными характеристиками.

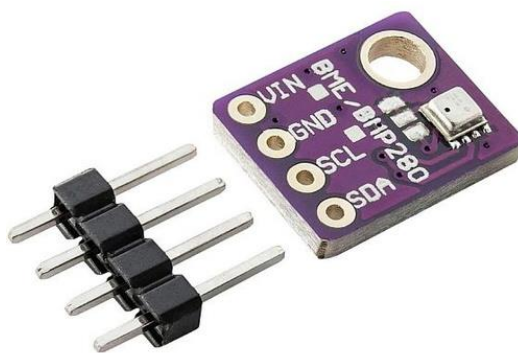


Рис. 1. Датчик BME280

#### Характеристики BME280:

- температура: диапазон измерений от  $-40$  до  $+85$  °C с точностью  $\pm 1$  °C;
- влажность: диапазон от 0 до 100% с точностью  $\pm 3\%$  (в пределах 20–80 %);
- атмосферное давление: диапазон от 300 до 1100 гПа с точностью  $\pm 1$  гПа;
- интерфейс связи: поддерживает как I2C, так и SPI, что делает его совместимым с большинством микроконтроллеров;
- низкое энергопотребление: подходит для беспроводных метеостанций и устройств с ограниченным источником питания.

Преимущества выбора BME280: комплексность измерений; высокая точность и надежность; широкий диапазон рабочих условий; простота интеграции; энергоэффективность.

#### Источники

1. Все о датчиках давления. Что такое датчик давления [Электронный ресурс]. URL: <https://www.owenkomplekt.ru/chto-takoe-datchik-davleniya.html> (дата обращения: 24.10.2024).
2. Проектирование и технология радиоэлектронных средств: разработка конструкции изделий РЭС: учеб. пособие / И.А. Бейнар, В.А. Муратов, Л.С. Очнева, А.А. Соболев. Воронеж: ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет", 2006. Ч. 1. 147 с.
3. Катцен С. PIC-микроконтроллеры. Всё, что вам необходимо знать / С. Катцен; пер. с англ. Евстифеева А.В. М.: Додэка-XXI, 2008. 656 с.
4. Основы конструирования и технологии радиоэлектронных средств: учебное пособие для студентов высших учебных заведений / Баканов Г.Ф. [и др.]. М.: Издательский центр "Академия", 2007. 368 с.
5. 3DiY // Датчики атмосферного давления, влажности и температуры [Электронный ресурс]. URL: <https://3d-diy.ru/wiki/arduino-datchiki/datchik-bme280/> (дата обращения: 24.10.2024).

## РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ЗАЩИТНОГО ШЛЕМА С ФУНКЦИЕЙ ЗВУКОВОГО ОПОВЕЩЕНИЯ О ПРИБЛИЖЕНИИ ОПАСНОГО ОБЪЕКТА

Хатинова Линиза Фаниловна<sup>1</sup>, Львова Татьяна Николаевна<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» г. Казань  
<sup>1</sup>scorpion.lk@mail.ru, <sup>2</sup>tn.lvova@yandex.ru

В данной статье рассматриваются риски нанесения вреда здоровью сотрудников сфер деятельности, работающих в условиях ограниченной видимости, отмечается важность использования средств индивидуальной защиты, основной частью которых является защитный шлем. Также в статье предложено усовершенствование шлема путем внедрения в него дальномеров и звукового оповещателя, представлена обобщенная функциональная модель предлагаемого устройства.

**Ключевые слова:** условия ограниченной видимости, датчики определения расстояния, дальномер, звуковой оповещатель, лазерный дальномер, безопасность

## DEVELOPMENT OF A MODEL OF A PROTECTIVE HELMET WITH THE FUNCTION OF SOUND WARNING ABOUT THE APPROACH OF A HAZARDOUS OBJECT

Khatipova Liniza Fanilovna<sup>1</sup>, Lvova Tatiana Nikolaevna<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>scorpion.lk@mail.ru, <sup>2</sup>tn.lvova@yandex.ru

This article considers the risks of harm to the health of employees of spheres of activity working in conditions of limited visibility, the importance of using personal protective equipment, the main part of which is a protective helmet, is noted. The article also proposes to improve the helmet by introducing a rangefinder and sounder, and presents a generalized functional model of the proposed device.

**Keywords:** limited visibility conditions, distance sensors, rangefinder, sounder, laser rangefinder, security

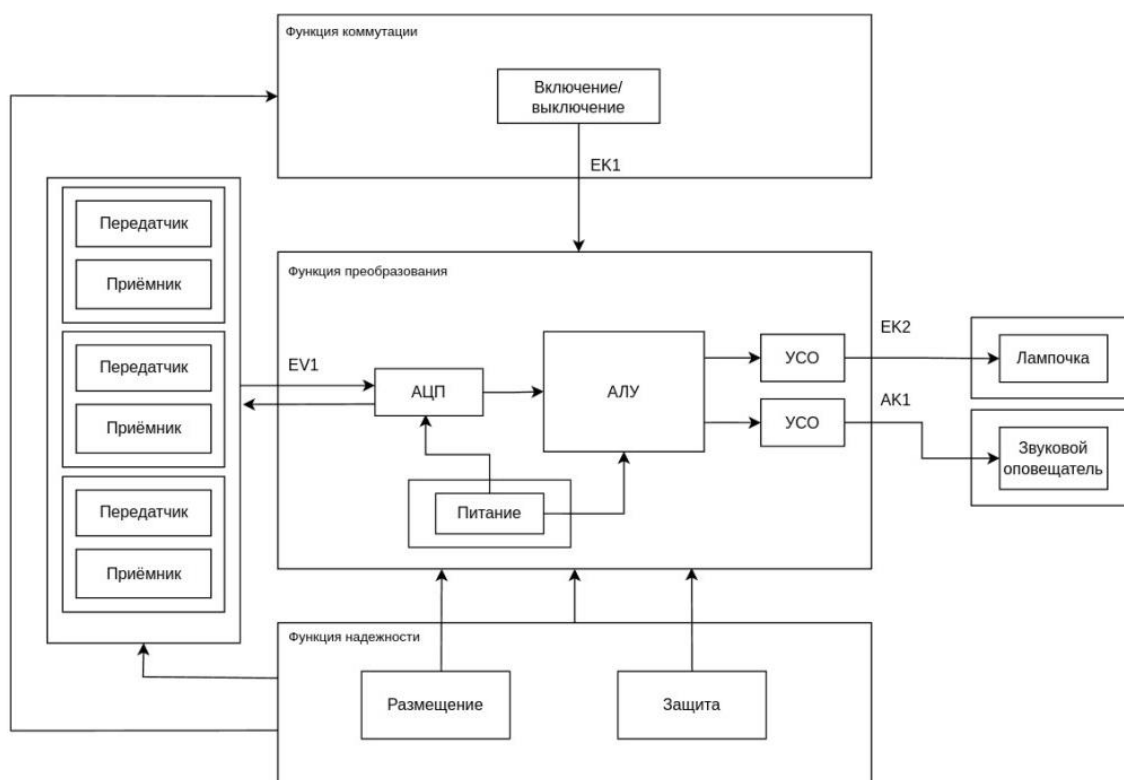
Сотрудники сфер деятельности, связанных с работой в условиях ограниченной видимости таких, как горнодобывающая промышленность, служба спасения и пожаротушения [1], сталкиваются с серьезной угрозой для здоровья, которые могут быть вызваны обрушением природных ископаемых, камней или различных частей сооружений [2]. В подобных условиях использование средств индивидуальной защиты (СИЗ) является жизненно важным.

Одним из ключевых и необходимых компонентов СИЗ является шлем, обеспечивающий безопасность головы [3]. На сегодняшний день существуют различные виды защитных шлемов, отличающиеся как ударостойкостью материала, так и конструктивными особенностями, однако все они выполняют свое функциональное назначение только в



случае прямого взаимодействия с тем или иным объектом, что является большим недостатком, так как в подобной ситуации, несмотря на защитные свойства шлема, всё же может нанеситься ущерб здоровью человека.

Альтернативным решением вышеописанной проблемы является внедрение в защитный шлем датчиков определения расстояния [4] и звукового оповещателя. Назначение разрабатываемого устройства — обеспечение безопасности рабочих в условиях ограниченной видимости путем предупреждения их об опасности с помощью звукового сигнала, срабатывающего в случае, если какой-либо объект будет находиться на критическом расстоянии от человека. Обобщенная модель функциональной структуры усовершенствованного защитного шлема представлен на рисунке.



Обобщенная модель функциональной структуры

Наиболее эффективным инструментом для определения расстояния в условиях плохой видимости является лазерный дальномер, так как имеет высокую точность и возможность измерения на больших дистанциях. Устройство регистрирует время, прошедшее с момента отправки импульса до его получения. На основе скорости света и зафиксированного времени датчик вычисляет расстояние до объекта [4].

Внедрение современных технологий в средства индивидуальной защиты представляет собой эффективный подход к повышению безопасности сотрудников, работающих в условиях ограниченной видимости [5]. Своевременное оповещение работников об опасности способствует не только снижению риска нанесения вреда здоровью, но и комплексному улучшению условий труда.

### Источники

1. Gassmann B., Dey S., Alvarez I., Oboril F. and Scholl K.-U. Application of Responsibility-Sensitive Safety in Areas with Limited Visibility: Occlusions in RSS // 2023 IEEE 26th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), Bilbao, Spain, 2023. Pp. 5976–5981. [Электронный ресурс] URL: <http://surl.li/bmavzr> (дата обращения: 08.11.2024).

2. Костеренко В.Н. Анализ причин обрушений с целью повышения эффективности системы управления безопасностью труда угледобывающих предприятий / В.Н. Костеренко, О.В. Воробьева // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2017. № 6. С. 74–90. [Электронный ресурс]. URL: <http://surl.li/rspzvc> (дата обращения: 08.11.2024).

3. Кныш В.П. Методики испытаний шлемов защитных / В.П. Кныш, И.И. Лебедь, П.Д. Панов // Вопросы по оборонной технике. Технические средства противодействия терроризму. 2019. № 9 (10). С. 126–129. [Электронный ресурс]. URL: <http://surl.li/volkqd> (дата обращения: 08.11.2024).

4. Михеев И.А. Разработка и исследование лазерного дальномера / И.А. Михеев, Н.Н. Доставалов // Журнал Интерэкспо Гео-Сибирь. 2022. С. 69–71. [Электронный ресурс]. URL: <http://surl.li/dqtpnc> (дата обращения: 08.11.2024).

5. Смиловенко О.О. Повышение безопасности труда пожарного-спасателя / О.О. Смиловенко О.О., И.Г. Курлович // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. 2017. Т. 1, № 4. С. 459–466. [Электронный ресурс]. URL: <http://surl.li/htypjk> (дата обращения: 08.11.2024).

## МОДЕРНИЗАЦИЯ ПУЛЬСОМЕТРА ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ ДАТЧИКА ВИБРАЦИИ

Якимова Дарья Алексеевна<sup>1</sup>, Львова Татьяна Николаевна<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>dashenka.yakimova@inbox.ru, <sup>2</sup>tn.lvova@yandex.ru

В данной статье рассматриваются современные пульсометры, их преимущества и недостатки. Предлагается возможность модернизации путем внедрения датчика вибрации.

**Ключевые слова:** пульсометр, сердечные сокращения, физические нагрузки, модернизация, датчик вибрации.

## UPGRADE OF HEART RATE METER BY IMPLEMENTING A VIBRATION SENSOR

Yakimova Darya Alekseevna<sup>1</sup>, Lvova Tatiana Nikolaevna<sup>2</sup>  
FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>dashenka.yakimova@inbox.ru, <sup>2</sup>tn.lvova@yandex.ru

This article discusses modern heart rate monitors, their advantages and disadvantages. It is possible to upgrade by introducing a vibration sensor.

**Keywords:** heart rate monitor, heart rate, physical activity, modernization, vibration sensor.

Нагрудный пульсометр представляет собой устройство, принцип работы которого основывается на оценивании количества отраженного света: чем сильнее импульс, тем частота сердцебиения ниже, и наоборот [1]. В отличие от наручных пульсометров, нагрудные устройства обычно считаются более точными, так как они фиксируют сердечные сокращения непосредственно с грудной клетки, что уменьшает влияние движения и других факторов на результаты.

Существует большое количество разнообразных пульсометров, среди которых наиболее популярным является Polar. Он включает электродные сенсоры, обеспечивающие высокую точность измерений [2]. Также в качестве преимуществ можно отметить следующее: низкий уровень шума, долговечность, надёжность и комфорт [3]. Однако, несмотря на большое количество положительных характеристик, существует критерий, суть которого заключается в отсутствии передачи информации о сердечных сокращениях непосредственно пользователю. Существующие на данный момент модели передают информацию в

специализированную программу [4], но отсутствие определенного типа оповещения может неблагоприятно сказаться на здоровье человека, который испытывает высокую физическую нагрузку. Поэтому существует необходимость в модернизации данного устройства [5].

В данной статье для решения вышесказанной проблемы предлагается внедрить в существующее устройство датчик вибрации, который будет осуществлять подачу вибрационных импульсов с определенным интервалом, для того чтобы информировать пользователя о риске его здоровью. Данное усовершенствование добавит следующие преимущества:

1. Незаметность: вибрационные сигналы являются менее навязчивыми по сравнению с звуковыми оповещениями и могут быть использованы в любых ситуациях.

2. Доступность: подобные уведомления могут быть полезны для людей с нарушениями слуха.

3. Мгновенная реакция: пользователи смогут незамедлительно реагировать на предупреждения, что может сократить время реакции в критических ситуациях.

Внедрение датчика вибрации в современные пульсометры — это шаг к улучшению здоровья и безопасности пользователей. Системы оповещения на основе вибрации могут не только предупредить о возможных рисках, но и повысить общую осведомленность о состоянии их здоровья.

## Источники

1. SUUNTO // Как сделать показания наручного пульсометра более точными [Электронный ресурс] URL: <http://surl.li/qcqwqiz> (дата обращения: 07.11.2024).

2. Яндекс Дзен // Нагрудный пульсометр Polar H10 или оптический датчик Polar OH1. Что лучше? [Электронный ресурс] URL: <https://dzen.ru/a/YQpjVteogWLPmZCe> (дата обращения: 07.11.2024).

3. SPORT365 // ПУЛЬСОМЕТР: ЧТО, ЗАЧЕМ И ПОЧЕМУ [Электронный ресурс] URL: <http://surl.li/ipaphj> (дата обращения: 07.11.2024).

4. POLAR // ФУНКЦИИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ [Электронный ресурс] URL: <https://shoppolar.ru/product/polar-h10/#combo> (дата обращения: 07.11.2024).

5. VELOCITY // Вся правда о пульсометре [Электронный ресурс] URL: <https://www.velocityk.ru/pokupatelyam/stati/vsya-pravda-o-pulsometre/> (дата обращения: 07.11.2024).

## РАСЧЕТ И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАТРОННОЙ СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ УГЛОВОЙ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Яппаров Тимур Радикович<sup>1</sup>, Малёв Николай Анатольевич<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>yapparowa.tim@gmail.com

В данной статье рассматриваются методы разработки и оптимизации мехатронной системы для стабилизации угловой скорости вращения космических аппаратов, включая выбор компонентов системы, методы управления и интеграцию с сенсорными системами.

**Ключевые слова:** мехатронная система, стабилизация, угловая скорость, космический аппарат, сенсорные системы.

## CALCULATION AND RESEARCHING OF A MECHATRONIC SYSTEM FOR ANGULAR VELOCITY STABILIZATION OF SPACECRAFT

Yapparov Timur Radikovich<sup>1</sup>, Malev Nikolay Anatolievich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>yapparowa.tim@gmail.com

This article discusses the development and optimization of a mechatronic system for angular velocity stabilization of spacecraft, including component selection, control methods, and integration with sensory systems.

**Keywords:** mechatronic system, stabilization, angular velocity, spacecraft, sensory systems.

Разработка системы стабилизации угловой скорости вращения космических аппаратов представляет собой важное направление в области космической техники. Такие системы необходимы для точного управления ориентацией аппаратов в условиях космоса, что критически важно для выполнения научных задач, маневрирования и обеспечения связи [1, 2]. Реализация эффективной стабилизационной системы требует комплексного подхода, включающего расчеты механических, электронных и программных компонентов. Проблемы традиционных методов [3, 4]:

1. Ограниченная точность стабилизации.
2. Высокая энергоемкость.
3. Ограниченная способность адаптации к внешним возмущениям.

Для повышения эффективности стабилизации применяются современные технологии и алгоритмы, позволяющие улучшить устойчивость и точность системы. Основные направления оптимизации системы включают [5]:

#### 1. Выбор компонентов системы

Система стабилизации угловой скорости должна использовать высокоточные гироскопы и инерциальные датчики для измерения угловых скоростей и внешних возмущений.

Применение электромеханических гироскопов и магнито-моментов повышает точность измерений и управление моментом вращения.

Легкие, но прочные материалы, такие как алюминиевые и углепластиковые сплавы, помогают снизить массу конструкции, сохраняя прочность системы.

#### 2. Методы управления

Управление угловой скоростью стабилизации может базироваться на различных подходах, включая пропорционально-дифференциальное регулирование и адаптивные алгоритмы. Пропорционально-дифференциальное регулирование позволяет обеспечить базовый контроль, в то время как адаптивные алгоритмы, основанные на машинном обучении, позволяют системе адаптироваться к изменениям внешней среды и уменьшать влияние возмущающих факторов.

#### 3. Интеграция с сенсорными системами

Для точного и безопасного контроля угловой скорости система стабилизации должна быть оснащена сенсорами, предоставляющими обратную связь. Использование высокочувствительных инерциальных датчиков и гироскопов позволяет системе своевременно реагировать на изменения скорости и ориентации аппарата.

#### 4. Программное обеспечение

Разработка программного обеспечения для управления стабилизацией угловой скорости включает создание интерфейсов для мониторинга и диагностики системы, а также интеграцию с системой управления космического аппарата. Графические интерфейсы позволяют операторам контролировать и корректировать работу системы стабилизации в реальном времени.

### **Заключение**

Создание системы стабилизации угловой скорости для космических аппаратов требует комплексного подхода, объединяющего современные технологии и алгоритмы. Применение таких решений позволит значительно улучшить управляемость и устойчивость космических аппаратов, что открывает новые возможности в исследовании космоса и эксплуатации спутников.

## Источники

1. Седельников А.В. Проблемы обработки данных магнитного поля земли средствами измерений научной аппаратуры «МАГКОМ» / А.В. Седельников, А.С. Филиппов, А.С. Горожанкина // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2017. № 7. С. 33–40.
2. Белоусов А.И. Анализ вращательного движения малых космических аппаратов серии «Аист» / А.И. Белоусов, Н.Д. Сёмкин, А.В. Седельников, К.Е. Воронов, А.В. Пияков, А.С. Филиппов, Ю.Я. Пузин // Авиакосмическое приборостроение. 2017. № 8. С. 3 – 10.
3. Седельников А.В. Тест проверки корректности работы магнитометров на лётном образце МКА «Аист» / А.В. Седельников, Ю.Я. Пузин, А.С. Филиппов [и др.] // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2018. № 2. С. 34–39.
4. Филиппов А.С. Разработка эффективной методики наземных испытаний датчиков магнитометров научной аппаратуры «МАГКОМ» на малых космических аппаратах типа «Аист» / А.С. Филиппов // Авиакосмическое приборостроение. 2018. № 3. С. 37–47.
5. Седельников А.В. Программно-аппаратное средство контроля параметров вращательного движения малого космического аппарата / А.В. Седельников, А.С. Филиппов, Ю.Я. Пузин, К.Е. Воронов, А.В. Пияков // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2018. № 10. С. 1–9.

## **Направление 2. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД В ТЭК И ЖКХ**

УДК 621-313.3

### **КОНТРОЛЬ И ДИАГНОСТИКА ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ В КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЯХ**

Вазетдинов Булат Ильгизарович  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
Smirniy209@gmail.com

В данной работе рассматриваются методы контроля и диагностики частичных разрядов (ЧР) в кабельных линиях, которые являются важным аспектом обеспечения надежности энергетических систем. Частичные разряды могут приводить к серьезным повреждениям изоляции и, как следствие, к авариям в электроэнергетических сетях. Описаны современные техники диагностики, включая методы акустической эмиссии, высокочастотного мониторинга и электромагнитных измерений. Также рассматриваются примеры практического применения этих методов на различных типах кабельных систем. Исследование направлено на развитие эффективных решений для раннего выявления и локализации ЧР, что способствует повышению безопасности и эффективности эксплуатации кабельных линий.

**Ключевые слова:** частичные разряды, диагностика, кабельные линии, контроль, изоляция, электроэнергетические системы, акустическая эмиссия, высокочастотный мониторинг.

### **CONTROL AND DIAGNOSTICS OF PARTIAL DISCHARGES IN CABLE LINES**

Vazetdinov Bulat Ilgizarovich  
FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
Smirniy209@gmail.com

This paper discusses methods for controlling and diagnosing partial discharges (PD) in cable lines, which are crucial for ensuring the reliability of power systems. Partial discharges can lead to severe insulation damage and, consequently, to failures in electrical networks. Modern diagnostic techniques are described, including acoustic emission, high-frequency monitoring, and electromagnetic measurements. The paper also presents practical examples of these methods applied to various types of cable systems. The research aims to develop effective solutions for the early detection and localization of PDs, thereby enhancing the safety and efficiency of cable line operations.

**Keywords:** partial discharges, diagnostics, cable lines, control, insulation, power systems, acoustic emission, high-frequency monitoring.



В современном энергетическом секторе надежность и безопасность работы кабельных линий имеет первостепенное значение. Частичные разряды (ЧР), возникающие в изоляционных материалах, могут привести к серьезным авариям и экономическим потерям. Поэтому контроль и диагностика ЧР становится важной задачей для энергетиков.

Пример применения метода акустической эмиссии:

Одним из популярных методов диагностики частичных разрядов является акустическая эмиссия (АЭ). Этот метод основан на регистрации звуковых волн, возникающих в результате разрядов в изоляции кабеля. Акустические сигналы, эмитируемые при ЧР, имеют характерные частоты и временные характеристики, что позволяет осуществлять их анализ и локализацию.

В одном из крупных энергетических предприятий был проведен эксперимент с использованием метода АЭ для диагностики кабельной линии напряжением 110 кВ. Для этого были установлены специальные датчики акустической эмиссии, которые фиксировали звуковые волны, возникающие в процессе эксплуатации.

Этапы проведения диагностики:

1. Монтаж датчиков: Датчики АЭ были размещены в ключевых точках вдоль кабельной линии. Это обеспечивало надежный мониторинг состояния кабеля на протяжении всего его срока службы.

2. Сбор данных: В течение нескольких месяцев проводился постоянный мониторинг, собирались данные о звуковых сигналах. Все данные записывались и обрабатывались с использованием специализированного программного обеспечения, что позволило создать базу данных акустической активности.

3. Анализ данных: После завершения сбора данных проводился анализ полученных сигналов. Выявлялись аномальные шумы, которые могли свидетельствовать о наличии частичных разрядов. Используя методы спектрального анализа, удалось определить частоту и интенсивность сигналов, связанных с ЧР.

4. Локализация разрядов: На основе анализа звуковых сигналов была проведена локализация источников частичных разрядов. В результате было установлено, что основной источник ЧР находился в одном из участков, где изоляция кабеля была повреждена в результате механических воздействий.

5. Принятие мер: В соответствии с результатами диагностики была проведена плановая замена поврежденного участка кабеля, что предотвратило потенциальные аварии в будущем.

Метод акустической эмиссии доказал свою эффективность в мониторинге и диагностике частичных разрядов в кабельных линиях. Он позволяет не только выявить наличие проблем, но и точно локализовать их источники, что является важным фактором для обеспечения безопасности и надежности энергетических систем. Применение такого подхода в практической деятельности способствует снижению рисков и минимизации экономических потерь от возможных аварий.

### **Источники**

1. Литовченко С.В. Контроль и диагностика частичных разрядов в изоляции кабелей.
2. Петрашов С.Н. Частичные разряды в кабельной изоляции: методы диагностики и контроля // Электрические системы и комплексы. 2019.
3. Соловьёв В.В. Методы измерения и анализа частичных разрядов в кабельных изоляциях // Электрические станции. 2020. № 6.
4. Гребенников В.Н., Шадрин В.Н. Диагностика изоляции кабелей.
5. Киселёв А.А. Исследование методов контроля частичных разрядов в кабельных линиях // Вопросы электротехники и электроэнергетики. 2021.
6. International Electrotechnical Commission (IEC). «IEC 60270: Measurement of Partial Discharges».

## КОНТРОЛЬ И ДИАГНОСТИКА ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Вазетдинов Булат Ильгизарович<sup>1</sup>, Мифтахова Наиля Камилевна<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>smirniy209@gmail.com

Контроль и диагностика частичных разрядов (ЧР) в трансформаторах имеют решающее значение для обеспечения надежности и долгосрочной эксплуатации электрооборудования. Появление и накопление частичных разрядов сигнализирует о деградации изоляционных материалов, что может привести к авариям и значительным экономическим потерям. Современные методы диагностики, включая акустическую эмиссию, электрические импульсные тесты и методы термографии, позволяют эффективно выявлять и анализировать наличие ЧР, а также предсказывать их развитие. Регулярный мониторинг состояния трансформаторов с использованием высокоточных датчиков и компьютерного анализа дает возможность предотвратить потенциальные неисправности и обеспечить безопасность электрических систем.

**Ключевые слова:** частичные разряды, трансформаторы, контроль, диагностика, электрооборудование, надежность, долговечность.

## CONTROL AND DIAGNOSTICS OF PARTIAL DISCHARGES IN TRANSFORMERS

Vazetdinov Bulat Ilgizarovich<sup>1</sup>, Miftakhova Nailya Kamilevna<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>smirniy209@gmail.com

Control and diagnostics of partial discharges (PD) in transformers are crucial to ensure the reliability and long-term operation of electrical equipment. The occurrence and accumulation of partial discharges indicate the degradation of insulating materials, which can lead to accidents and significant economic losses. Modern diagnostic methods, including acoustic emission, electrical impulse tests and thermography methods, allow for the effective detection and analysis of PD, as well as the prediction of their development. Regular monitoring of the condition of transformers using high-precision sensors and computer analysis makes it possible to prevent potential malfunctions and ensure the safety of electrical systems.

**Key words:** partial discharges, transformers, control, diagnostics, electrical equipment, reliability, durability.

Частичные разряды (ЧР) в трансформаторах – это один из ключевых индикаторов состояния изоляции, который позволяет предсказать вероятность отказа оборудования. Трансформаторы играют ключевую роль в распределении электроэнергии, обеспечивая ее преобразование и передачу на большие расстояния. Однако в процессе эксплуатации они могут быть подвержены различным видам повреждений, особенно

частичным разрядам, которые могут привести к серьезным последствиям: от снижения эффективности до полного выхода из строя. Таким образом, контроль и диагностика частичных разрядов имеют первостепенное значение.

#### **Причины возникновения частичных разрядов:**

1. Качество изоляции: Износ или дефекты изоляционных материалов, используемых в трансформаторе.

2. Влияние внешней среды: Например, высокие уровни влажности или загрязнение.

3. Электрические перегрузки: Работа трансформатора в условиях повышенных токов или напряжений.

4. Температурные колебания: Изменения температуры могут влиять на свойства изоляции.

#### **Методы контроля и диагностики**

Существует несколько методов, позволяющих осуществлять контроль и диагностику частичных разрядов в трансформаторах.

1. Электрические методы:

Измерения токов и напряжений позволяют определять наличие и величину частичных разрядов. Используются анализаторы ЧР, которые фиксируют параметры разряда и составляют их спектры.

2. Акустические методы:

Ультразвуковые устройства фиксируют звуковые сигналы, возникающие в результате ЧР. Эти методы позволяют локализовать место возникновения разряда и оценить его размеры.

3. Оптические методы:

Инфракрасная термография помогает выявлять тепловые аномалии, связанные с высокими температурами в местах разрядов, что может сигнализировать о повреждениях изоляции.

4. Методы потерь в изоляции:

Применяются для определения состояния изоляционных материалов путем измерения потерь и диэлектрической проницаемости.

#### **Пример эксперимента по диагностике частичных разрядов**

В качестве примера можно рассмотреть эксперимент, проведенный для оценки состояния изоляции трансформатора мощностью 100 МВА. Целью эксперимента было измерение активности частичных разрядов и анализ их характеристик.

#### **Описание эксперимента:**

1. Оборудование: Установлено оборудование для измерения частичных разрядов, включая высоковольтный источник питания, датчики и анализатор сигналов.

2. Подготовка: Трансформатор был предварительно подготовлен к тестированию, отключен от сети и проведены визуальные инспекции.

3. Процедура тестирования:

– Трансформатор был подключен к высоковольтному источнику, который создавал напряжение, приближающееся к рабочему уровню.

– Во время обеспечения высоковольтного напряжения, системы мониторинга фиксировали и анализировали данные о частичных разрядах.

– Основные параметры, которые фиксировались, включали амплитуду, частоту и распределение энергии ЧР.

4. Анализ данных: Данные, полученные в процессе тестирования, были проанализированы с использованием специализированного программного обеспечения. Основное внимание уделялось выявлению закономерностей в частотах и амплитудах зарегистрированных разрядов.

5. Результаты: На основании проведенного анализа было выявлено, что активность частичных разрядов находилась на допустимом уровне. Однако несколько сигналов указывали на возможные проблемы в зоне изоляции.

6. Заключение: Эксперимент показал, что регулярный контроль и диагностика частичных разрядов являются эффективными средствами для оценки состояния трансформаторов. Полученные данные позволили разработать план для проведения профилактических мероприятий с целью предотвращения потенциальных отказов.

Таким образом, контроль и диагностика частичных разрядов являются важными инструментами для поддержания надежности трансформаторов. Регулярное проведение тестов позволяет своевременно выявлять и устранять проблемы, что в конечном итоге способствует увеличению срока службы трансформаторов и снижению рисков аварийных ситуаций

## Источники

1. Грибунов, А.В., Овсянников, Б.В. Технологии и материалы для изоляции проводов. Москва: Энергоатомиздат, 2020. 320 с.

2. Петров, И.И. Современные изоляционные материалы для электропроводки. Санкт-Петербург: Политехника, 2021. 258 с.

3. Иванов, С.Д. Исследование диэлектрических свойств полимерных изоляций. Журнал электротехники, 2022. Т. 98, № 4. С. 45-52.

4. Мельников, В.Ф. Новые полимеры в изоляции электрических проводов. Москва: Наука, 2021. 210 с.

5. Смирнов, К.А. Устойчивость изоляционных материалов к термическим воздействиям // Изоляционные технологии: Теория и практика. 2023. № 5. С. 15-20.

6. Фролов, Н.Р. Безопасность электрических систем: материалы и технологии. Омск: Сибирское издательство, 2022. 400 с.

7. Зайцева, Т.Ю. Химические и физические свойства новых изоляционных материалов // Журнал химии и технологии, 2023. Т. 12, № 1. С. 60-65.

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОНТРОЛЬ СИЛОВЫХ МАСЛЯНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ 35/6(10)

Галяутдинова Алсу Ренатовна<sup>1</sup>, Сафиуллин Альберт Хатнурович<sup>2</sup>,  
Фоменко Виктор Владимирович<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

<sup>3</sup>ООО «Газпром инвест», г. Санкт-Петербург

<sup>1</sup>Alsu296@yandex.ru, <sup>2</sup>ahsaf@mail.ru

В статье описывается важность разработки автоматизированного контроля и оценки технического состояния силовых масляных трансформаторов 35/6(10) кВ. Реализация данного контроля позволит перейти к системе предиктивного технического обслуживания и ремонта трансформатора.

**Ключевые слова:** автоматизированный контроль, техническое состояние, силовые трансформаторы, распределительные сети, ресурс, цифровизация, онлайн-мониторинг.

## AUTOMATED CONTROL OF POWER OIL TRANSFORMERS 35/6(10)

Galyautdinova Alsu Renatovna<sup>1</sup>, Safiullin Albert Khatnurovich<sup>2</sup>,  
Fomenko Viktor Vladimirovich<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan

<sup>3</sup>Gazprom Invest, Saint Petersburg

<sup>1</sup>Alsu296@ya.ru, <sup>2</sup>ahsaf@mail.ru

The article describes the importance of developing a system for assessing the technical condition of power oil-filled transformers of distribution networks, as the main element of the electric power system. The implementation of this system will allow more efficient operation of power equipment at minimal operating costs.

**Key words:** technical condition, power oil-filled transformers, distribution networks, reliability, digitalization, high wear and tear of equipment, control.

В настоящее время цифровая трансформация электроэнергетики в России представляет собой одно из приоритетных направлений развития отрасли[1]. «Цифровизация» – результат цифровой трансформации электроэнергетики за счет применения новых технологий сбора и обработки данных, к ним относятся: технологии искусственного интеллекта, промышленный интернет вещей, интеграция киберфизических систем, блокчейн, промышленные беспроводные технологии, технологии обработки интеллектуального анализа больших данных [2].

Распределительные электрические сети являются наиболее протяженными сетями в России. В работе рассматриваются распределительные сети 35/6(10) кВ, где в эксплуатации преобладают силовые трансфор-

маторы масляного типа. Согласно данным предприятий, 60% масляных трансформаторов в России эксплуатируются с превышением ресурса, определённого нормативно-технической документацией (25 лет). Разработка автоматизированного контроля и оценки технического состояния и своевременное принятие мер по восстановлению работоспособности трансформатора является актуальной задачей. Решение данной задачи позволит перейти к системе предиктивного технического обслуживания или ремонта трансформаторов.

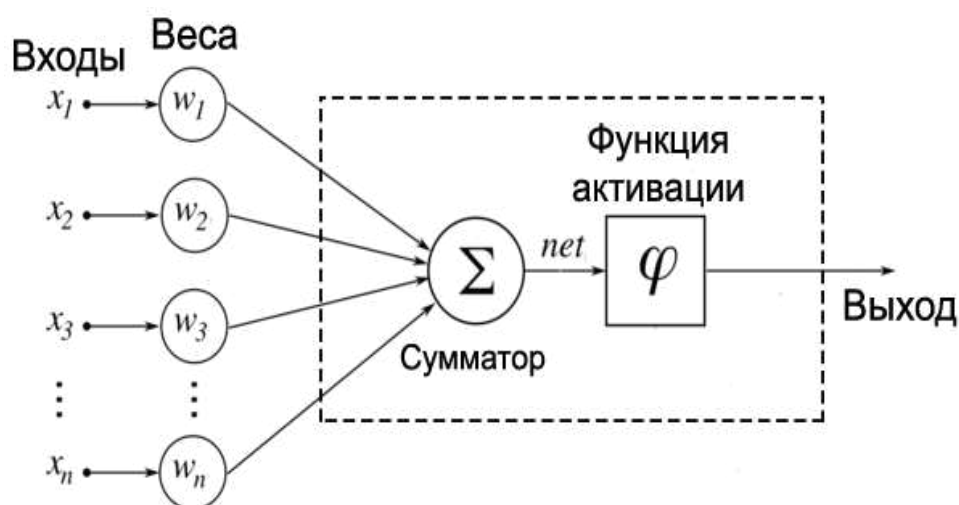
Техническое состояние силового трансформатора характеризует его способность выполнять свои функции по преобразованию электрической энергии с параметрами, установленными нормативно-технической документацией по данному виду трансформатора в заданных условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортировки. Для непрерывного контроля его технического состояния применяется онлайн-мониторинг.

В настоящее время с каждым годом объем данных увеличивается [3]. Эксплуатирующие организации начали оснащать информационными системами, позволяющими собирать большие данные, важные объекты электроэнергетики. Для обработки больших данных математические методы анализа затруднительно использовать, так как при контроле всех параметров и функциональных узлов масляного трансформатора требуется решать многокритериальную задачу принятия решений о дальнейшей его эксплуатации на основе собранной информации. Для решения данной задачи можно применить методы машинного обучения.

Машинное обучение – это раздел искусственного интеллекта, позволяющий системе обучаться на основе данных. Это эффективный инструмент обработки данных, который тесно связан с данными и алгоритмами. Для обработки данных, у которых зависимости имеют нелинейный характер, применяется искусственная нейронная сеть. Это метод, основанный на системном взаимодействии узлов (нейронов), где каждый нейрон вычисляет взвешенную сумму входных сигналов. Структура однослойной нейронной сети представлена на рисунке.

Увеличение объема анализируемой информации о состоянии силовых трансформаторов ведет к значительным изменениям в методах работы и требует не только автоматизации процессов обработки и анализа данных, но и их интеллектуализации. Интеллектуализация связана как с необходимостью использования эксплуатационного опыта, так и получения объективных оценок состояния трансформатора по результатам онлайн-мониторинга. Существующая система технического обслуживания и ремонта силовых трансформаторов не всегда своевременно может

определить его техническое состояние, так как проводится по графику и в определенные временные интервалы, что может привести к выходу его из строя и ведет к безадресному распределению затрат.



Структура однослойной нейронной сети

Таким образом, разработка автоматизированного контроля и оценки технического состояния позволит увеличить эксплуатационный ресурс трансформатора, уменьшить эксплуатационные затраты и перейти к системе предиктивного технического обслуживания и ремонта.

### Источники

1. Распоряжение Правительства РФ от 12.03.2024 №581-р «Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации топливно-энергетического комплекса до 2030 года».

2. Хоботова Л.В., Непринцева Е.В., Шубин С.А. / Стратегия цифровой трансформации: оценка цифровой зрелости электроэнергетической отрасли России. Стратегические решения и риск-менеджмент 2022, 13(3): 234–244.

3. Галяутдинова А.Р., Ившин И.В., Соловьев С.А. Система оценки и прогнозирования технического состояния силового маслонаполненного трансформаторного оборудования распределительных сетей с применением машинного обучения // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2024. Т. 26. № 2. С. 32-45.



## МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ЭТАЛОННОЙ ПОВЕРОЧНОЙ УСТАНОВКИ (ЭПУ)

Гарипов Раиф Азатович<sup>1</sup>, Мухаметгалеев Танир Хамитевич<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ «КНИТУ-КХТИ»,

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

<sup>1</sup>garipov\_raif\_a@mail.ru, <sup>2</sup>banzay-13-13@yandex.ru

В статье рассмотрены вопросы модернизация электропривода эталонной поверочной установки с добавлением преобразователя частоты, чтобы увеличить его энергоэффективность и точность. Предложен метод для модернизации электропривода эталонной поверочной установки

**Ключевые слова:** асинхронный электродвигатель, расходомер, преобразователь частоты, энергоэффективность.

## MODERNIZATION OF THE ELECTRIC POWER TRAIN OF THE REFERENCE VERIFICATION FACILITY (RVF)

Garipov Raif Azatovich<sup>1</sup>, Mukhametgaleev Tanir Khamitevich<sup>2</sup>

<sup>1</sup>KNRTU,

<sup>2</sup> FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan

<sup>1</sup>garipov\_raif\_a@mail.ru, <sup>2</sup>banzay-13-13@yandex.ru

The article considers the issues of upgrading the electric drive of the reference verification unit with the addition of a frequency converter to increase its energy efficiency and accuracy. A method for upgrading the electric drive of the reference verification unit is proposed.

**Keywords:** asynchronous electric motor, flow meter, frequency converter, energy efficiency, circulation pump.

В технологических процессах необходим учет расхода жидкости, так как это влияет на экономическую составляющую производства. Для того чтобы производить этот учет, нужно использовать объемные или массовые расходомеры. Расходомер представляет собой прибор, который измеряет количество рабочего тела, пройденного через сечение трубопровода в единицу времени. Российская федерация занимает пятое место по запасам нефти и первое место по запасам природного газа. Учет нефтепродуктов и природного газа является очень актуальным для производств в России. Необходимо, чтобы расходомеры показывали расход рабочего тела с предельно допустимой точностью, чтобы не было перерасхода ресурсов. Для этого расходомеры поверяются на специальных эталонных поверочных установках.

Эталонная поверочная установка (ЭПУ) представляет собой совокупность приборов и устройств, предназначенных для поверки массовых и объемных расходомеров весовым методом и методом сличения. ЭПУ состоит:

- Циркуляционный насос
- Испытательный стол-стенд
- Блок эталонных расходомеров
- Устройство с весовыми баками и платформенными весами
- Дренажный бак
- Бак хранилище

Одним из основных устройств эталонной поверочной установки является циркуляционный насос. Чтобы регулировать необходимый напор и расход в данной ЭПУ используется метод дросселирования. При модернизации предлагается установить для электрического двигателя циркуляционного насоса преобразователь частоты (ПЧ). Преобразователь частоты позволит:

- С высокой точностью регулировать напор и расход рабочего тела
- Увеличить энергоэффективность технологического процесса

Для того чтобы внедрить преобразователь частоты в данную установку необходимо произвести мощность электрического двигателя насоса, выбрать силовой канал электропривода, выбрать защитную и вспомогательную аппаратуру, синтезировать замкнутую систему управления для данного электропривода с двумя контурами управления по скорости и току.

Таблица 1 – Технические характеристики эталонной поверочной установки ЭПУ

Спецификация	Эталонная поверочная установка
Необходимый напор	26 м
Мощность	75000 Вт
Температура рабочего тела	От -15 до +110 °С
Давление	12 бар
Питание	АС 230/400 В, 3 фазы, 50/60 Гц
Место установки	Внутри

Внедрение преобразователя частоты в электропривод эталонной поверочной установки приведет к повышению эффективности, снижению энергопотребления и увеличению точности расхода и напора.

### **Источники**

1. Кириллов А.В., Степанюк Д.П., Яснев Н.Д. Электрический привод. Екатеринбург, 2016.
2. Савин И.Ф., Сафонов П.В. Основы гидравлики и гидропривод. Москва, 1978.
3. Голощапов С.С., Носиков М.В. Приборы для измерения расхода. Челябинск, 2022

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ С УЧЕТОМ НЕЛИНЕЙНОСТИ КРИВОЙ НАМАГНИЧИВАНИЯ

Гуськов Владимир Олегович<sup>1</sup>, Самосейко Вениамин Францевич<sup>2</sup>,  
Саушев Александр Васильевич<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова», Санкт-Петербург

<sup>1</sup>vladimir\_guskov@inbox.ru, <sup>2</sup>samoseyko@mail.ru, <sup>3</sup>saushev@bk.ru

В статье рассмотрено математическое описание асинхронного электродвигателя, учитывающее нелинейный характер кривой намагничивания. Такое уточнение позволило заметно повысить адекватность математической модели. Математическое моделирование подтвердило целесообразность такого подхода.

**Ключевые слова:** асинхронный электродвигатель, математическая модель, моделирование, кривая намагничивания

## MATHEMATICAL DESCRIPTION AND MODELING OF AN ASYNCHRONOUS ELECTRIC MOTOR TAKING INTO ACCOUNT THE NONLINEARITY OF THE MAGNETIZATION CURVE

Guskov Vladimir Olegovich, Samoseiko Veniamin Frantsevich  
Saushev Alexander Vasilyevich

Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, St. Petersburg

<sup>1</sup>vladimir\_guskov@inbox.ru, <sup>2</sup>samoseyko@mail.ru, <sup>3</sup>saushev@bk.ru

In article considers a mathematical description of an asynchronous electric motor, taking into account the nonlinear nature of the magnetization curve. This refinement made it possible to significantly increase the adequacy of the mathematical model. Mathematical modeling has confirmed the feasibility of this approach.

**Keywords:** asynchronous electric motor, mathematical model, simulation, magnetization curve

Асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором (АД) продолжает оставаться самой востребованной электрической машиной. Наиболее широкое применение он находит в составе автоматизированных электроприводов (АЭП). Для управления АЭП в последние годы, как правило, используются частотные методы, основанные на принципах векторного управления. Эти методы непрерывно совершенствуются. Для повышения качества управления предлагаются методы оптимального управления по энергетическим критериям [1]. В настоящее время

наблюдается повышенный интерес к методам оптимального управления АД с учетом свойств магнитной системы электрической машины. Для оценки адекватности предлагаемых алгоритмов управления появляется необходимость разработки математических моделей АД с учетом магнитного насыщения магнитопровода и потерь мощности в нем.

В относительных единицах и комплексной форме записи уравнения электрического равновесия АД могут быть представлены в виде [2]:

$$\begin{aligned} \dot{U}_1^* &= R_1^* \cdot \dot{I}_1^* + j \cdot \omega_1^* \cdot L_{01}^* \cdot \dot{I}_1^* + L_{01}^* \cdot p \dot{I}_1^* + j \cdot \omega_1^* \cdot L_0^* \\ 0 &= R_2^* \cdot \dot{I}_2^* + j \cdot \omega_2^* \cdot L_{02}^* \cdot \dot{I}_2^* + L_{02}^* \cdot p \dot{I}_2^* + j \cdot \omega_2^* \cdot L_0^* \end{aligned}$$

где  $\dot{U}_1^*$  – комплекс фазного напряжения обмотки статора;  $\dot{I}_1^*$  и  $\dot{I}_2^*$  – соответственно комплексы токов обмоток статора и ротора;  $R_1^*$  и  $R_2^*$  – соответственно сопротивление обмотки статора и ротора, приведенное к обмотке статора;  $L_{01}^*$ ,  $L_{02}^*$  – полные индуктивности обмоток статора и ротора;  $L_0^*$  – основная индуктивность;  $\omega_1^*$  и  $\omega_2^*$  – соответственно скорость вращения магнитного поля статора и ротора.

Намагничивание АД осуществляется как вектором тока статора, так током ротора [3, 4].

Учитывая, что кривая намагничивания магнитопровода машины в общем случае является нелинейной, причем в отдельных режимах работа АД возможна на нелинейной ее части, необходима более точная аппроксимация этой зависимости. Это особенно актуально для мощных АЭП, например, для гребных установок судов, включая ледоколы [5].

В работе получена зависимость, которая достаточно точно описывает кривую намагничивания АД. Эта зависимость имеет вид:

$$\Psi_0^* = \Psi_0^* \cdot \left( \frac{\Psi_s + 1}{\Psi_s + |\Psi_0^*|^s} \right)^{1/s},$$

где  $\Psi_0^* = L_0^* \cdot \dot{I}_0^*$  – комплекс основного (относительного) потокосцепления машины;  $\dot{I}_0^* = \dot{I}_1^* + \dot{I}_2^*$  – комплекс тока намагничивания;  $\Psi_0^* = L_{0н}^* \cdot \dot{I}_0^*$  – линейная функция кривой намагничивания;  $L_{0н}^*$  – основная статическая индуктивность в относительных единицах, определенная для номинального режима работы;  $s \approx 1,6 \dots 4$  – параметр формы кривой намагничивания;  $\Psi_s \approx 0,8 \dots 1,2$  – параметр масштаба, характеризующий начало насыщения, стали магнитопровода.

В докладе рассматриваются вопросы моделирования различных режимов работы АД на основе полученной математической модели.

Анализ показал, что предложенная уточненная модель АД позволяет синтезировать оптимальные алгоритмы управления [3, 5] по критериям: энергоэффективности, максимального значения электромагнитного момента и другим энергетическим критериям.

### **Источники**

1. Самосейко В.Ф., Белоусов И.В., Гельвер Ф.А., Хомяк В.А. Алгоритмы управления электрическими машинами. Том 1. Алгоритмы управления асинхронной электрической машиной. СПб.: ФГУП «Крыловский государственный научный центр», 2020. 116 с.

2. Самосейко В.Ф. Теоретические основы управления электроприводом. СПб.: Элмор. 2007. 464 с.

3. Самосейко В.Ф., Гуськов В.О. Оптимальное управление асинхронным двигателем по критерию потерь энергии // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2020. №4. С. 775–788.

4. Гуськов В.О., Саушев А.В., Самосейко В.Ф., Лавин А.В. Максимизация момента асинхронного двигателя с учетом потерь мощности при ограничении со стороны преобразователя энергии // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2024. № 3. С. 91–97.

5. Гельвер Ф.А., Белоусов И.В., Самосейко В.Ф., Саушев А.В. Гребной электропривод на основе реактивной электрической машины для судов ледового класса // Российская Арктика. 2024. Т. 6. № 3. С. 15–25.

## МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТАЛИ СТТ 1061

Евстюнин Илья Владимирович<sup>1</sup>, Мухаметгалеев Танир Хамитевич<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ «КНИТУ-КХТИ»,

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

<sup>1</sup>evstyunin03@mail.ru, <sup>2</sup>banzay-13-13@yandex.ru

В статье рассмотрены вопросы модернизации электропривода электрической тали с добавлением преобразователя частоты, для обеспечения более плавного подъема и спуска, а также обеспечить более рациональное энергопотребление. Был рассчитан и выбран электродвигатель, преобразователь частоты, а также новая элементная база для пуска и защиты электропривода.

**Ключевые слова:** асинхронный электродвигатель, электрическая таль, преобразователь частоты, энергоэффективность.

## MODERNIZATION OF THE ELECTRIC DRIVE OF THE STT 1061 ELECTRIC LINE

Evstyunin Ilya Vladimirovich<sup>1</sup>, Mukhametgaleev Tanir Khamitevich<sup>2</sup>

<sup>1</sup>KNRTU, <sup>2</sup>FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan

<sup>1</sup>evstyunin03@mail.ru, <sup>2</sup>banzay-13-13@yandex.ru

The article discusses the issues of upgrading the electric drive of an electric hoist with the addition of a frequency converter to ensure a smoother ascent and descent, as well as to ensure more rational energy consumption. An electric motor, a frequency converter, as well as a new element base for starting and protecting the electric drive were calculated and selected.

**Keywords:** asynchronous electric motor, electric hoist, frequency converter, energy efficiency.

В нынешнее время промышленный мир не может представить себе, как бы он существовал без подъемных механизмов. Одним из таких подъемных механизмов является электрическая таль, которая есть практически на каждом предприятии, в котором требуется перемещение груза.

Основная задача электрической тали СТТ 1061 (см. рис. 1) – представляет собой грузоподъемный механизм, который применяется для подъема и перемещения груза по производственным цехам. Электрическая таль отличается от моделей с ручным приводом, так как не требует от оператора применение физической силы. Управление электрической тали происходит при помощи пульта.

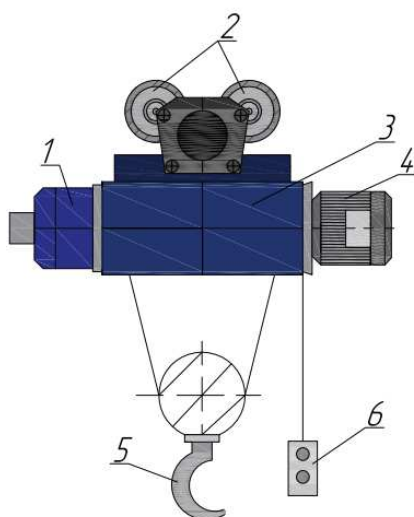


Рис. 1. Общий вид электрической тали: 1 –редуктор; 2 – колеса; 3 – барабан; 4 – электродвигатель; 5 – крюк; 6 – кнопочный пост управления

Электрическая таль состоит из ряда компонентов, каждый из которых выполняет свою функцию в процессе ее работы:

- Электродвигатель, который при получении электрической энергии, преобразовывает ее в механическое вращение.
- Механизмы перемещения и подъема, реализуются при помощи зубчатых колес, барабана и ремня. Они преобразуют вращательное движение, которое получают от электродвигателя, в вертикальное или горизонтальное передвижение груза.
- Подвес с крюком, который предназначен для фиксации грузов.
- Редуктор, который редуцирует высокие обороты электродвигателя до оборотов барабана.
- Система управления, которая представляет возможность оператору регулировать и контролировать подъем и перемещение груза.

Технические характеристики электрической тали СТТ 1061 показаны в таб. 1.

Таблица 1 – Технические характеристики электрической тали СТТ 1061

Спецификация	Электрическая таль
Тип	Канатная передвижная
Грузоподъёмность нетто, т	5,0
Высота подъёма, м	6,0
Кратность полиспаста, м	2/1
Способ управления	С пола
Скорость (м/мин)	8,0
Питание	Переменный ток, 3 фазы, 50Гц
Место установки	Снаружи/внутри

Согласно ГОСТ Р 52776-2007 «Машины электрические вращающиеся», то электрическая таль предполагает повторно кратковременный режим работы (S4).

Для данной модернизации путём внедрения преобразователя частоты (ПЧ) будут решаться следующие цели:

- 1) более плавный подъем и спуск;
- 2) увеличение срока службы установки;
- 3) снижение энергопотребление за счёт регулирования скорости движения;
- 4) точное и надежное управление скоростью электрической тали, что способствует безопасной эксплуатации и снижению риска аварийных ситуаций.

Внедрение преобразователя частоты в электропривод электрической тали на производстве приведет к повышению эффективности, снижению энергопотребления и увеличению срока службы. Этот шаг способствует улучшению надежности и безопасности работы электрической тали.

### **Источники**

1. Руководство по монтажу и эксплуатации [Электронный ресурс] <https://www.craneinfo.ru/2022/12/ctt.html>.
2. Конструкция электрической тали [Электронный ресурс] <https://gortorgsnab.ru/articles/konstrukciya-elektricheskoiy-tali/>.
3. ГОСТ Р 52776-2007 «Машины электрические вращающиеся».
4. Паспорт «Таль электрическая канатная» (СТТ 1061).



## АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТ ПОВРЕЖДЕНИЯ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

Зафаров Марат Иршатович<sup>1</sup>, Гаврилов Вадим Александрович<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
mr.majke@mail.ru

В работе рассмотрены методы определения мест повреждений кабельных линий с применением различных технических средств. Наиболее углублённо анализируется определение места повреждения кабелей при помощи индукционного метода. Определены возможные причины изменения сигнала приемника.

**Ключевые слова:** кабель, индукционный метод, место повреждения, трассопоиск, кабельные линии, сигнал, ток.

## ANALYSIS OF METHODS FOR DETERMINING DAMAGE LOCATIONS CABLE LINES

Zafarov Marat Irshatovich, Gavrilov Vadim Alexandrovich  
FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
mr.majke@mail.ru

The paper considers methods for determining the locations of damage to cable lines using various technical means. The most in-depth analysis is carried out to determine the location of cable damage using the induction method. Possible causes of receiver signal changes have been determined.

**Keywords:** cable, induction method, location of damage, traceroute, cable lines, signal, current.

Активность электрификации в последнее десятилетие обусловлена быстрыми и эффективными способами прокладки кабельных линий (КЛ), такими как: воздушная и подземная. Подземные способы прокладки коммуникаций используются в селитебных зонах и выполняются либо в траншее, либо бестраншейными способами: метод прокола, плужный метод, горизонтальное направленное бурение, продавливание грунта и др. В связи с обширным использованием бестраншейных методов в городской среде становится всё сложнее выявлять трассу с проложенными силовыми кабелями.

Каждый из способов прокладки оказывает влияние на срок эксплуатации кабеля. Наиболее удобный и экономически выгодный способ: горизонтально-наклонное бурение и продавливание не требуют много пространства для проведения работ, обладает меньшим эффектом влияния на существующую инфраструктуру, а также предусматривает

прокладку специальной трубы. Она выполняет защитную роль и облегчает протяжку кабеля без повреждений его оболочки. Однако повреждения кабеля встречаются внутри труб вследствие накопления влаги и воды в ее нижней точке. Ликвидация повреждений внутри труб является актуальной задачей, с которой сталкиваются ремонтные бригады.

Выбор метода контроля параметров прокладки трассы в задачах обнаружения места повреждения кабеля зависит от характера повреждения, места прокладки и переходного сопротивления в месте неисправности. Акустический, петлевой, ёмкостный, импульсный методы, а также метод колебательного разряда не подразумевают трассировки, так как используются для поиска пробоя линии [1, 4, 5].

Индукционный метод позволяет свести количество используемого оборудования к минимуму: трассопоисковый комплект и генератор звуковых частот. Трассопоисковые комплекты для реализации индукционного метода основаны на генерации в КЛ электрического тока 15-20 А с частотой 800-1100 Гц. Пример трассопоискового комплекта – ТехноАС Успех КБИ-406Н.

Определим суть индукционного метода: на один конец кабеля подключается генератор звуковых частот с переменным напряжением 50 Гц, с другого конца кабель заземляется. Переменный ток проходит по жиле и создаёт магнитное поле, при помощи трассопоискового комплекта с антенной можно зафиксировать целостность или повреждение. Дойдя до источника повреждения сигнал резко возрастает, а по мере удаления падает, иногда вообще пропадает.

Пропуская переменный однофазный ток по кабелю, образуется электромагнитное поле, напряжённость которого зависит от значения тока. Для кабелей 10 кВ длиной до 200 метров оптимальным током для поиска линии будет около 20 ампер. Если в поле кабельной линии внести антенну в виде катушки, то изменяющееся поле будет наводить в катушке электродвижущую силу (ЭДС) [2,3]. При замыкании контура в катушке антенны возникнет ток и наблюдается звучание на всей неповрежденной трассе кабеля, за местом повреждения звук в приборе, который подключён к антенне, пропадает. Чем выше частота тока, тем отчетливее звук, как правило, чтобы не наблюдать лишние «шумы» ток в среднем частотой 1024 Гц.

Необходимо сохранять стабильность выходного тока генератора для выявления основных влияющих факторов на изменение сигнала приемника. При выполнении этого условия на сигнал приёмника основное влияние оказывают факторы, указанные в таблице 1.

## Факторы влияния на принимаемые сигналы кабелеискателем

Влияющий фактор	Характер влияния на принимаемый сигнал
Отклонение датчика от трассы КЛ	При расположении датчика не строго над кабелем, а с некоторым отклонением по горизонтали уровень сигнала меньше максимально возможного
Глубина залегания КЛ	С увеличением глубины залегания КЛ уровень сигнала уменьшается
Способ прокладки КЛ	Проницаемость сигнала через трубу ниже, чем через грунт. Если КЛ проложена в трубе, то уровень сигнала над ней меньше

Подводя итоги, можно сказать, что индукционный метод применим в определении мест повреждений кабельных линий. Самое главное, что он является методом неразрушающего контроля, что позволяет не усугублять дефект при определении места повреждения.

## Источники

1. Claus Leth Bak, F. Faria da Silva, High Voltage AC underground cable systems for power transmission – A review of the Danish experience: Part 2 // Electric Power Systems Research. Volume 140. 2016. Pp. 995-1004.
2. Ljubivoje M. Popović, Inductive influence of HV cable lines in urban and suburban areas // Electric Power Systems Research. Volume 176. 2019. 105944.
3. Илюхин Н.Н. Анализ методов определения мест повреждения изоляции кабеля / Н.Н. Илюхин, К.В. Авдеева // Advances in Science and Technology : сборник статей XLIV международной научно-практической конференции, Москва, 30 апреля 2022 года. Москва: Научно-издательский центр «Актуальность.РФ», 2022. С. 52–54.
4. Sanja Duvnjak Žarković, Ebrahim Shayesteh, Patrik Hilber, Integrated reliability centered distribution system planning — Cable routing and switch placement // Energy Reports. Volume 7. 2021. Pp. 3099-3115.
5. Жетписбаева А.Т. Определение места и характера повреждения оптического кабеля / А.Т. Жетписбаева, И.О. Косяков, Н.А. Оспанова // Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева. 2014. № 3(88). С. 202-206.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО СЕКЦИОНИРОВАНИЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Зафаров Марат Иршатович<sup>1</sup>, Гаврилов Вадим Александрович<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>mr.majke@mail.ru

В работе рассмотрены мероприятия, способствующие локализации повреждения и восстановления электроснабжения у потребителей.

**Ключевые слова:** секционирование, электрические сети, распределители, линии электропередач.

## TECHNICAL MEASURES FOR THE PARTITIONING OF ELECTRICAL NETWORKS

Zafarov Marat Irshatovich<sup>1</sup>, Gavrilov Vadim Alexandrovich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>mr.majke@mail.ru

The paper considers measures that contribute to the localization of damage and restoration of power supply to consumers.

**Keywords:** partitioning, electrical networks, distribution networks, power lines.

Для повышения надежности электроснабжения используется секционирование линий электропередачи с помощью дополнительных коммутационных устройств. Обычно пункты секционирования основаны на комплектных распределительных устройствах низкого напряжения (КРУН), которые включают в себя микропроцессорную или электромеханическую релейную защиту. Минимальная ступень селективности для электромеханических защит составляет не менее 0,5 секунды, а для микропроцессорных – 0,3 секунды. Поскольку время срабатывания достаточно велико, такие системы сложно применять на магистральных участках сети или в сетях с двухсторонним питанием.

Ручное повторное включение реализуемо на тех участках сети, где есть воздушные линии. Для секционирования поврежденной части сети устанавливаются линейные разъединители. В этом процессе применяются пункты секционирования, основанные на ячейках КРУН. При повреждении отключается защитный аппарат на отходящем фидере, и поэтому все потребители отключаются.

Для выявления места повреждения на фидере выезжает оперативная бригада, которая вручную переключает разъединители, чтобы выделить повреждённый участок (см. рис. 1). К сожалению, этот метод требует значительных временных затрат и привлечения большого количества персонала.

Ручной дистанционный подход всё чаще используется для управления аварийными ситуациями с применением телеуправляемых разъединителей и секционных пунктов с дистанционным управлением.

Разберём процесс восстановления электроснабжения в распределительных сетях:

1. Момент «отключение-диспетчер» – это период, в течение которого диспетчер получает информацию о повреждении на воздушной линии (ВЛ);

2. Поиск повреждения осуществляется с помощью двухступенчатого автоматического повторного включения (АПВ). Если это не приводит к успеху, выезжает бригада для работы на линии. Бригада вручную повторно включает питание на всей линии, последовательно выполняя повторное включение и переключение разъединителей до тех пор, пока не будет найдено повреждение;

3. Локализация повреждения включает в себя включение разъединителей между поврежденным участком и сетевым резервом (см. рис. 2);

4. Включение неповрежденной линии – это ввод сетевого резерва;

5. Обход поврежденного участка – это процесс поиска конкретного места неисправности;

6. Ремонт повреждения на линии электропередач [3].

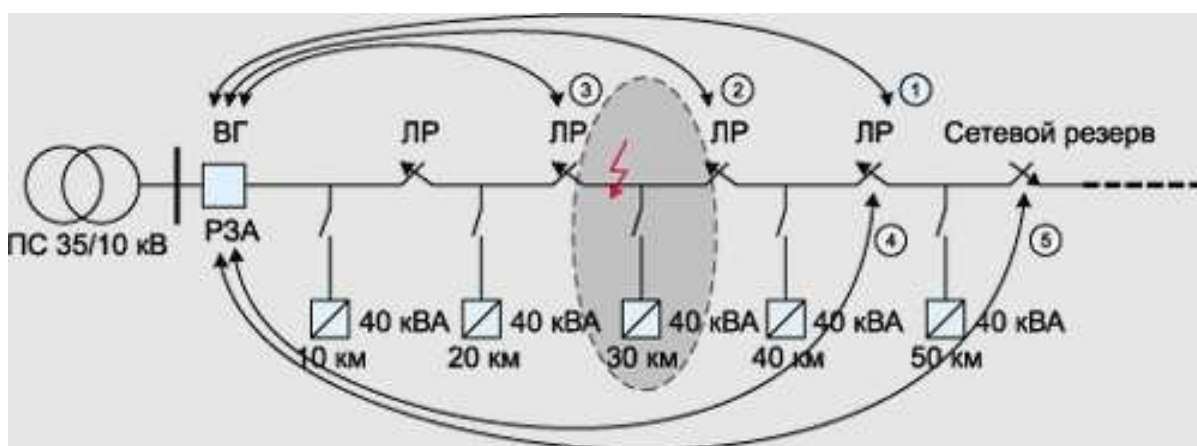


Рис. 1. Восстановление электроснабжения в электрической сети.

1 и 5 – переезды бригад; 1–3 – поиск повреждения линии;  
4 – включение неповреждённого участка; 5 – подача питания с резерва

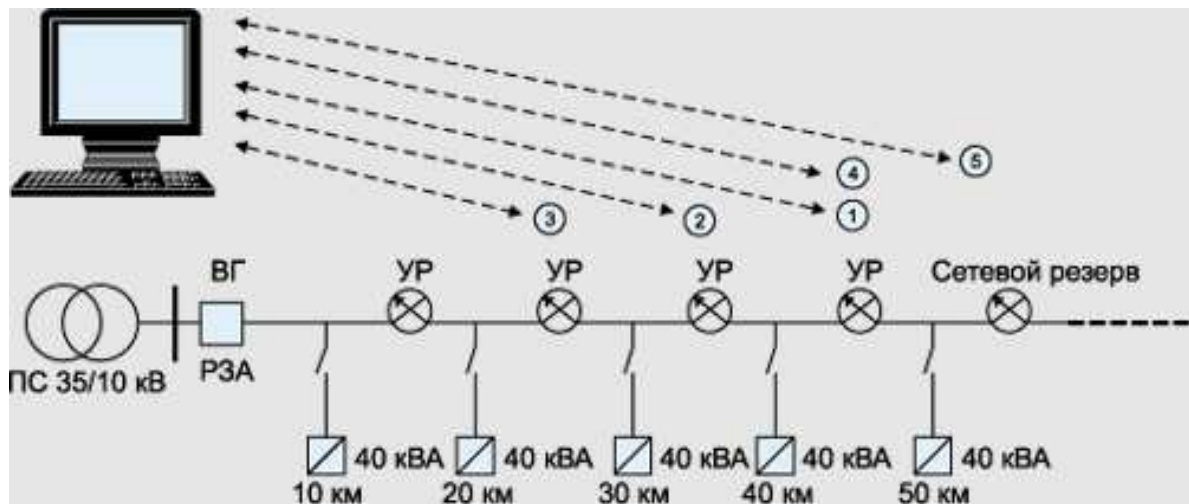


Рис. 2. Централизованное управление аварийными режимами работы сети.  
 1–5 – этапы поиска и локализации повреждения: 1–3 – поиск повреждения;  
 4 – неповреждённого участка; 5 – подача питания с резерва

Подводя итоги, можно сказать, что централизованное управление позволит сократить затраты на выезд персонала к месту повреждения и ускорить поиск повреждения. Для реализации необходимо только иметь надёжную связь с каждым элементом сети посредством передачи телеизмерений в центр управления сетями.

### Источники

1. Абрамович, Б.Н. Проблемы проектирования подстанций, систем контроля качества электроэнергии и учета электропотребления для предприятий горной промышленности / Абрамович Б.Н., Грин А.В., Виноградов И.В., Сергеев А.М., Лозовский С.Е. - Санкт-Петербург: Сборник научных трудов СПГГИ, 1996.

2. Воротницкий В.В. Распределительные сети 6(10) кВ – модернизация или автоматизация? / В.В. Воротницкий, Е.М. Кваша, Д.А. Луковкин, Н.Н. Чернега (Компания "Таврида Электрик") // Автоматизация IT в энергетике № 1, 2012. – с. 4–9.

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СВЕТОДИОДНЫМ ОСВЕЩЕНИЕМ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Зиннатуллин Динар Ильнарлович<sup>1</sup>, Шакурова Зумейра Мунировна<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>dinarzin03@mail.ru, <sup>2</sup>shzumeyra@mail.ru

В данной статье рассматриваются особенности внедрения интеллектуальной системы управления светодиодным освещением на промышленных предприятиях с использованием технологий интернета вещей. Автор подчеркивает, что освещение является значительной частью общего потребления энергии в промышленности. К сожалению, большинство действующих систем освещения устарели и страдают от низкой энергоэффективности. В связи с этим представляется целесообразным внедрение современных интеллектуальных систем управления светодиодным освещением.

**Ключевые слова:** проводные, беспроводные, светодиодные, освещение, системы.

## INTELLIGENT LED LIGHTING CONTROL SYSTEM AT THE ENTERPRISE

Zinnatullin Dinar Ilnarovich<sup>1</sup>, Shakurova Zumeira Munirovna<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>dinarzin03@mail.ru, <sup>2</sup>shzumeyra@mail.ru

This article discusses the features of implementing an intelligent LED lighting control system at industrial enterprises using Internet of Things technologies. The author emphasizes that lighting is a significant part of the overall energy consumption in industry. Unfortunately, most existing lighting systems are outdated and suffer from low energy efficiency. In this regard, it seems appropriate to implement modern intelligent LED lighting control systems.

**Keywords:** wired, wireless, LED, lighting, systems.

Системы управления освещением созданы для оптимизации энергозатрат в зависимости от требований конкретного промышленного здания [5]. Применение светодиодов обеспечивает снижение потребляемой мощности, увеличивает срок службы осветительных приборов и оказывает позитивное влияние на экологию, а также сокращает общие энергозатраты [4]. Учитывая аспекты энергосбережения, охраны окружающей среды и экономической эффективности, светодиоды, вероятнее всего, заменят классическое освещение. По сравнению с традиционными осветительными средствами, светодиоды оказываются значительно более эффективными в плане потребления электроэнергии: они потребляют лишь половину энергии по сравнению с люминесцентными лампами и около одной восьмой части от ламп накаливания [5].

За последние годы разработаны разнообразные системы управления освещением, которые делятся на проводные и беспроводные. Проводные системы используют несколько датчиков для мониторинга естественного и искусственного света, что позволяет регулировать яркость и, соответственно, уменьшать потребление энергии. Однако их высокая стоимость, включая установку и обслуживание, связана с необходимостью прокладывать кабели [1].

К решениям на базе беспроводных сенсорных сетей, был представлен модуль, основанный на микропроцессоре и нескольких датчиках, для автоматического управления внутренним освещением. Этот модуль способен определять присутствие человека и адаптировать уровень освещения в зависимости от условий окружающей среды.

Одна группа авторов представила инновационную методику, использующую встроенную камеру смартфона для управления цветом освещения в рамках умных домов. Этот подход обеспечивает возможность многоканального смешивания различных цветов и белого света с высоким индексом цветопередачи при заданной температуре коррелированного цвета. Проведенные эксперименты продемонстрировали, что данный метод экономичен и приятен в использовании, поскольку он не требует дополнительных датчиков и может быть реализован на совместимых светодиодных источниках света с помощью устройств на базе Android [2].

Кроме того, в больших помещениях данная система позволяет напрямую настраивать параметры светодиодов через модули Wi-Fi 2,4 ГГц, что обеспечивает единообразную настройку каждого светильника в масштабном проекте. Благодаря этому она подходит как для небольших административных офисов, так и для производственных и складских помещений, где люди и транспорт проходят мимо в течение короткого времени. Общее уличное освещение также может эффективно использовать предложенную систему [3].

Предлагаемая система позволяет сохранить оригинальный патрон лампы без проводки и настройки сервера. Параметры светодиодных светильников можно настроить напрямую через Интернет вещей, а собранные данные также можно загрузить в облако. Предлагаемая система имеет высокий показатель энергосбережения: если предлагаемую систему установить в помещениях с низкой посещаемостью людей, показатель энергосбережения составит до 90%. В том случае, когда каждый час мимо проходят 12 человек, уровень энергосбережения составляет 81%.

Поэтому указанная система освещения может найти успешное применение на промышленных предприятиях благодаря своей высокой энергоэффективности.



## Источники

1. Perkasa, R.; Vakhyuni, R.; Melyanti, R.; Iravan, Y. Lighting control using human body temperature based on Arduino Uno and PIR sensor (Passive Infrared receiver). *J. Robot. Control* 2021, 2, 307-310.

2. Mohammed, R; Mohammed, Massachusetts; Azmi, K.; Rao, E.; Hashim, V. Intelligent control of indoor lighting by human detection. *International J. Adv. Calculating trends. Scientific English* 2020, 9, 566-570.

Chu, H.-M.; Li, K.-T.; Chen, L.-B.; Li, Yu-Yu. Expandable modular power expander for temperature control based on the Internet of Things (IoT). *Electronics* 2021, 10, 565.

4. Адиатуллина М. Светодиодное освещение и технологии - будущее России // Экспозиция Нефть Газ. 2012. №7 (25).

5. Харитонов М.С., Решетников Г.А. Результаты исследований особенностей применения светодиодного освещения на промышленном предприятии // Вестник молодежной науки. 2016. № 3 (5).

## ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД В ТЭК И ЖКХ

Кажихин Артём Константинович<sup>1</sup>, Микаева Светлана Анатольевна<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «РТУ МИРЭА», г. Москва

<sup>1</sup>akazhin@mail.ru, <sup>2</sup>mikaeva\_s@mirea.ru

В статье рассматривается интеграция возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в существующие электрические сети, ее преимущества и технические вызовы. Описывается история развития электросетей от традиционных моделей к современным решениям, включающим ВИЭ. Особое внимание уделяется новым технологиям, таким как умные сети (Smart Grids), системы хранения энергии и инверторы, которые помогают обеспечить стабильность и эффективность распределения энергии. Также обсуждаются перспективы дальнейшей интеграции ВИЭ, включая экономические и регуляторные аспекты, такие как тарифные системы и стандарты. В статье подчеркивается важность перехода к устойчивым источникам энергии для снижения зависимости от ископаемых ресурсов и уменьшения углеродного следа.

**Ключевые слова:** возобновляемые источники энергии, интеграция, электрические сети, умные сети, системы хранения энергии, микрогриды, гибридные системы, тарифные системы, стандарты и нормативные акты.

## ELECTRICAL POWER ENGINEERING, ELECTRICAL ENGINEERING AND AUTOMATED ELECTRIC DRIVES IN THE FUEL AND ENERGY COMPLEX AND HOUSING AND COMMUNAL SERVICES

Kazhikhin Artem Konstantinovich<sup>1</sup>, Mikaeva Svetlana Anatolievna<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>FGBOU VO "RTU MIREA", Moscow

<sup>1</sup>akazhin@mail.ru, <sup>2</sup>mikaeva\_s@mirea.ru

This article discusses the integration of renewable energy sources (RES) into existing power grids, its benefits and technical challenges. It describes the history of the development of power grids from traditional models to modern solutions that include RES. Particular attention is paid to new technologies such as Smart Grids, energy storage systems and inverters that help ensure the stability and efficiency of energy distribution. It also discusses the prospects for further integration of RES, including economic and regulatory aspects such as tariff systems and standards. The article emphasizes the importance of the transition to sustainable energy sources to reduce dependence on fossil resources and reduce the carbon footprint.

**Keywords:** renewable energy, integration, power grids, smart grids, energy storage systems, microgrids, hybrid systems, tariff systems, standards and regulations.

## 1. Преимущества интеграции ВИЭ в электросети

Снижение выбросов углекислого газа: ВИЭ, такие как солнечная и ветровая энергия, не создают углеродных выбросов, в следствии чего сокращается углеродный след и уменьшается глобальное потепление.

Уменьшение зависимости от ископаемых источников: Возобновляемые источники позволяют сократить потребление угля, нефти и газа, тем самым способствуя энергонезависимости стран и регионов.

Экономические выгоды: Долгосрочные инвестиции в ВИЭ могут привести к снижению затрат на энергию, так как многие ВИЭ (например, солнечные панели) после установки имеют минимальные эксплуатационные расходы.

## 2. Технические вызовы интеграции ВИЭ в существующие сети

Нестабильность выработки энергии: Поскольку энергия от солнечных и ветровых установок зависит от погодных условий, ее производство может быть непостоянным, что вызывает трудности в балансировке сети.

Нагрузки и сетевые колебания: ВИЭ могут вносить нестабильности и колебания в сеть, что требует модернизации инфраструктуры для поддержания стабильности.

Необходимость модернизации сети: В некоторых регионах существующие сети не были рассчитаны на такие большие объемы распределенной генерации, и их приходится адаптировать для приемки и распределения энергии от ВИЭ.

## 3. Технологии и решения для интеграции ВИЭ

Умные сети (Smart Grids): Эти сети оснащены датчиками и интеллектуальными системами управления, которые могут адаптироваться к изменениям в реальном времени. Они позволяют управлять распределением и хранением энергии, компенсируя колебания в ее производстве.

Системы хранения энергии: Для компенсации нестабильности ВИЭ используют аккумуляторные системы, такие как литийионные батареи, а также новые решения вроде водородных хранилищ и накопителей на основе сжатого воздуха.

Инверторы и преобразователи: Чтобы интегрировать энергию от солнечных и ветровых установок в электрические сети, часто используются инверторы и преобразователи, обеспечивающие соответствие параметров вырабатываемой энергии сетевым требованиям.

## 4. Модели распределенной генерации

Микрогриды (Microgrids): Микросети позволяют объединять несколько источников генерации, включая солнечные, ветровые и

дизельные генераторы, в локальные системы с возможностью автономной работы. Это особенно эффективно для удаленных регионов и изолированных сообществ.

Гибридные системы: Такие системы комбинируют традиционные и возобновляемые источники энергии, что позволяет более гибко управлять потреблением и снижать зависимость от ископаемых источников.

#### 5. Экономические и регуляторные аспекты

Тарифные системы и субсидии: Введение стимулирующих тарифов и субсидий для ВИЭ делает инвестиции в них более привлекательными. Это позволяет компенсировать начальные затраты на установку и развитие инфраструктуры.

Стандарты и нормативные акты: Чтобы поддерживать безопасность и надежность сети, необходимо введение нормативных актов, которые регулируют подключение и использование ВИЭ.

Рынок электроэнергии: Интеграция ВИЭ требует пересмотра традиционной модели рынка электроэнергии, чтобы адаптироваться к распределенной генерации, создать возможности для гибкого ценообразования и поддержки зеленой энергии.

#### 6. Примеры успешной интеграции ВИЭ в электрические сети

Германия: Страна занимает лидирующие позиции в области ВИЭ, активно развивая солнечную и ветровую энергетику и при этом решая проблемы стабильности за счет модернизации сетей и внедрения гибких тарифов.

Дания: Почти 50% энергии в стране вырабатывается за счет ветровой энергетики, а сеть успешно справляется с интеграцией за счет умных технологий и обширных исследований в области накопителей.

Калифорния, США: Активно развиваются солнечные фермы и микрогриды с поддержкой накопительных систем, что позволяет регионам быть независимыми от центральных электросетей и быстрее восстанавливаться после отключений.

#### 7. Будущее интеграции ВИЭ в сети

Децентрализация энергосистем: С расширением ВИЭ энергосистемы станут более распределенными, а потребители смогут выступать в роли производителей (например, устанавливая солнечные панели на крышах домов).

Новые способы хранения энергии: Учитывая ключевую роль накопителей, ожидается, что технологии в этой области будут активно развиваться, позволяя накапливать и использовать энергию в периоды, когда ВИЭ недоступны.

Развитие водородной энергетики: Использование водорода как способа хранения и транспортировки энергии — одно из перспективных направлений, особенно в масштабных системах.

Интеграция возобновляемых источников энергии в существующие электрические сети — это не только важный шаг к экологически устойчивому будущему, но и сложный процесс, требующий учета множества технических, экономических и социальных факторов. Развитие технологий и умных сетей делает возможным их стабильную работу, обеспечивая эффективное распределение ресурсов и минимизацию воздействий на окружающую среду.

### **Источники**

1. Международное энергетическое агентство (МЭА) (2022). Глобальный энергетический обзор: роль возобновляемых источников энергии в устойчивом развитии. Доступно по ссылке: [<https://www.iea.org/reports/globalenergyreview>]

2. IEEE Xplore (2021). Технологические вызовы интеграции ВИЭ в электрические сети. Доступно по ссылке: [<https://ieeexplore.ieee.org>]

3. Министерство энергетики США (2020). Программы устойчивой энергетики и переход к чистой энергии. Доступно по ссылке: [<https://www.energy.gov/eere>]

4. Национальная лаборатория возобновляемой энергии (NREL) (2021). Микрогриды и распределенные системы: решения для устойчивой энергетики. Доступно по ссылке: [<https://www.nrel.gov>]

5. Межправительственная группа экспертов по изменению климата (IPCC) (2021). Роль ВИЭ в сокращении выбросов и достижении устойчивого будущего. Доступно по ссылке: [<https://www.ipcc.ch>]

## **ПРИМЕНЕНИЕ СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА ОБРАЩЕННОЙ КОНСТРУКЦИИ С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ ДЛЯ БПЛА ПРОМЫШЛЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Морозов Дмитрий Сергеевич  
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет  
им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань  
morozov-d97@mail.ru

В статье показаны перспективы применения синхронного генератора обращенной конструкции с постоянными магнитами для беспилотного летательного аппарата промышленного назначения. Приведены основные преимущества синхронного генератора с постоянными магнитами, описаны основные положения и направления для дальнейшего развития электротехнического комплекса БПЛА.

**Ключевые слова:** синхронный генератор с постоянными магнитами, беспилотный летательный аппарат, электротехнический комплекс.

## **APPLICATION OF SYNCHRONOUS GENERATOR OF REVERSED DESIGN WITH PERMANENT MAGNETS FOR INDUSTRIAL UAVS**

Morozov Dmitry Sergeevich  
FGBOU VO " Kazan National Research Technical University  
named after A.N. Tupolev - KAI", Kazan  
morozov-d97@mail.ru

The article shows the prospects for using a synchronous generator of inverted design with permanent magnets for an unmanned aerial vehicle for industrial purposes. There are the main advantages of a synchronous generator with permanent magnets are given, the main provisions and directions for further development of the UAV electrical complex are described.

**Keywords:** permanent magnet synchronous generator, unmanned aerial vehicle, electrical engineering complex.

С развитием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для промышленных целей, таких как мониторинг, разведка, геодезические исследования, возрастает потребность в эффективных источниках электропитания. Одной из ключевых составляющих таких систем является электрогенерация, которая должна обеспечивать надежную и долговечную работу всех бортовых систем при минимизации массы и габаритов. В данной статье рассматривается перспектива применения синхронных генераторов обращенной конструкции с постоянными магнитами для мониторинга состояния воздушных линий электропередач. На участках

ЛЭП, находящихся в труднодоступных местах, обследование наземными методами может затянуться на несколько дней или даже недель, а благодаря использованию БПЛА, сокращается до нескольких часов. Учитывая значительную протяженность ЛЭП, важнейшей задачей является создание мощного электротехнического комплекса, способного обеспечить электроэнергией БПЛА для совершения длительных полетов с максимальной полезной внешней нагрузкой, например, с камерой или тепловизором для фото- и видеосъемок, с целью выявления аварийных ситуаций на ЛЭП, перегревов электрических компонентов и соединений.

Синхронный генератор с постоянными магнитами (СГПМ) обращенной конструкции представляет собой устройство, в котором в качестве магнитного поля используются постоянные магниты, а не электромагниты. В таком генераторе обмотки находятся на статоре, а ротор, в свою очередь, содержит магниты, которые создают магнитное поле [2].

Основные преимущества СГПМ: 1) Высокий КПД. Постоянные магниты позволяют избежать потерь на возбуждение, что делает генератор более эффективным, чем традиционные электрические машины с электромагнитами. 2) Компактность и легкость. Благодаря использованию постоянных магнитов, такие генераторы обычно имеют меньшие размеры и массу по сравнению с традиционными синхронными генераторами. 3) Надежность и долговечность. Отсутствие контактных коллекторов и щеток снижает вероятность механических повреждений и необходимости обслуживания.

Важнейшей задачей для БПЛА является подзарядка аккумуляторов в процессе полета. Использование СГПМ позволяет преобразовывать механическую энергию, получаемую от вращения винтов, в электрическую. Это позволяет подзарядать аккумуляторы беспилотника во время полета, увеличивая его продолжительность и дальность. В таких системах важнейшую роль играет высокая эффективность генерации электроэнергии, так как даже небольшие потери могут существенно снизить производительность БПЛА.

Электротехнический комплекс БПЛА включает в себя множество различных подсистем, работающих от энергии, производимой генератором [1, с. 78]. СГПМ обращенной конструкции играет в этом контексте несколько важных ролей.

1. Питание бортовых систем. Генератор обеспечивает электрическое питание для всех бортовых устройств БПЛА, включая системы навигации, сенсоры, системы связи, системы управления и двигатели [3]. Это особенно важно для долгосрочных полетных заданий, когда эффективность работы генератора непосредственно влияет на успешность выполнения задач.

2. Оптимизация энергозатрат. С помощью генератора можно оптимизировать энергозатраты, эффективно распределяя мощность между различными бортовыми системами, что является востребованным для полетных заданий с ограниченным временем полета или при высоких требованиях к автономности аппарата.

3. Работа в условиях динамических нагрузок. Во время полета БПЛА подвергается различным динамическим нагрузкам (изменениям скорости, высоты, маневров и т.д.). СГПМ обращенной конструкции способен поддерживать стабильную работу в этих условиях, обеспечивая бесперебойное питание для всех систем аппарата, несмотря на колебания нагрузки.

Современные тенденции в области энергетических технологий и разработки беспилотников предполагают дальнейшее совершенствование СГПМ [4, с. 343]. В частности, возможны следующие направления.

1. Усовершенствование материалов. Использование новых высокоэффективных магнитных материалов, таких как редкоземельные магниты (неодимовые магниты), позволит улучшить характеристики генераторов, повысить их мощность и снизить массу [5].

2. Интеграция с альтернативными источниками энергии. Внедрение солнечных панелей и других альтернативных источников энергии на БПЛА может привести к оптимизации работы генераторов и продлению времени полета беспилотников.

3. Уменьшение затрат на производство. С развитием технологий производства и уменьшением стоимости компонентов синхронные генераторы обращенной конструкции могут стать более доступными для массового использования, что сделает их привлекательными для широкого спектра беспилотных систем.

### **Источники**

1. Федоров Е.Ю., Хайруллина Г.С., Шакирзянова Н.Ш. Специализированное программное обеспечение для автоматизированного проектирования электротехнических комплексов летательных аппаратов // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2016. Т. 72. № 2. С. 78-84.

2. Placing the elements and structural assemblies of electrical equipment of an uav. Nizamov R.A., Fedorov E.Y., Ferenets A.V. В сборнике: 2018 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2018. 2018. С. 8602736.



3. Layout of items and structural assemblies of electrical equipment of uav. Nizamov R.A., Fedorov E.Y. В сборнике: Proceedings - 2018 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2018. 2018. С. 8728596.

4. Fedorov E., Mingazov A., Ferenets A. Features and limitations in the design of a light aircraft generation system // В сборнике: Proceeding – ICOECS 2021: 2021 International Conference on Electrotechnical Complexes and Systems. 2021. С. 343-346.

5. Optimization tasks in computer-aided design o the onboard cable network of aircraft. Nizamov R., Fedorov E., Ferenets A. В сборнике: 2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2020. С. 9271429.

## СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ИНВАЛИДНОЙ КОЛЯСКОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕРФЕЙСА МОЗГОВОГО КОМПЬЮТЕРА

Морси Хосам Абделхамед Мохамед<sup>1</sup>, Мухаметгалеев Танир Хамитевич<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>Hossammorsi@gmail.com

Кресло-каталка с интерфейсом Brain computer interface специально разработано для парализованных людей и инвалидов, которые не способны управлять обычным креслом-каталкой. Это кресло-каталка основано на технологии (BCI) Интерфейс Brain computer позволяет управлять креслом-каталкой с помощью нейронов головного мозга с помощью BCI. Интерфейс Brain computer interface (BCI) - это компьютерная система, которая получает сигналы мозга, которые могут контролироваться датчиком Neurosky, который представляет собой электрофизиологический процесс архивирования электрической активности мозга. Система BCI распознает пользователей, чтобы подтвердить их определение с помощью изучайте сигналы их мозга. Эта технология очень полезна для парализованных и инвалидов, они могут легко перемещать инвалидное кресло в любом направлении.

**Ключевые слова:** Интерфейс мозг-компьютер (BCI), электроэнцефалография (EEG), двигательные образы, управляемая инвалидная коляска, Neurosk.

## WHEELCHAIR CONTROL SYSTEM USING BRAIN-COMPUTER INTERFACE

Morsi Hossam Abdelhamed Mohamed<sup>1</sup>, Mukhametgaleev Tanir Khamitevich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>Hossammorsi@gmail.com

Brain computer interface wheel chair specially designed for paralyzed and disabled person who are not capable to operate normal wheel chair. This wheel chair is based on (BCI) Brain computer interface, it can control the wheel chair from brain neurons by the help of BCI. Brain computer interface (BCI) is a computer-based system that obtain brain signal that can be controlled by Neurosky Sensor which is an electrophysiological process to archive the electrical activity of the brain. A BCI system recognize users to grant their determination by study their brain signals. This technology is very helpful for paralyzed and disabled person they can easily moves wheel chair in any direction.

**Keywords :** Keywords: Brain computer interface (BCI), Electroencephalography (EEG), motor imagery, controlled wheelchair, Neurosky.

### 1. Введение

Это кресло-каталка с интерфейсом Мозг-компьютер, специально разработанное для парализованных и инвалидов, которые не способны управлять обычным креслом-каталкой. Это кресло-каталка основано на интерфейсе мозг-компьютер (BCI), оно может управлять креслом-

каталкой с помощью нейронов головного мозга с помощью системы BCI [1]. BCI- это компьютерная система, которая получает сигналы мозга, которые можно контролировать с помощью EEG “электроэнцефалография” -электрофизиологический процесс, позволяющий регистрировать электрическую активность мозга. Система BCI распознает пользователей и подтверждает их решение, изучая сигналы мозга [2]. Эта технология очень полезна для парализованных людей и инвалидов: они могут легко перемещать инвалидное кресло в любом направлении. Основная цель использования этого датчика поскольку этот датчик является портативным и простым в использовании, датчики EEG старого типа не являются портативными и требуют больше времени для запуска для получения данных, но датчик Neurosky более выгоден, чем датчик EEG старого типа [4]. В этом прототипном проекте рассматривается взаимодействие между мозгом и инвалидной коляской с помощью сенсора Neurosky или технологии EEG.

## 2. Интерфейс Мозг-компьютер

Система интерфейса мозг-компьютер (BCI) содержит сигналы мозга, которые после анализа и преобразования посылаются на ретранслируемые устройства вывода для выполнения желаемого действия. Интерфейс мозговой компьютер interface (BCI) оценивает сигнал, который обрабатывается центральной нервной системой (CNS)[3]. Мозг создает систему сбора сигналов, которая подключена к цифровому блоку обработки сигналов, который отдает команду с помощью датчика Neurosky.

3. Датчик Neurosky. Этот датчик работает в системе электроэнцефалографии (EEG), он вычисляет Электрическая активность нейронов головного мозга [5].

4. EEG Работает. Миллиарды клеток в вашем головном мозге генерируют небольшие электрические сигналы, которые формируют непрямолинейные сигналы, называемые мозговыми волнами. EEG-аппарат количественно определяет электрическую активность в коре головного мозга, внешнем слое мозга, во время EEG-теста. EEG-датчики устанавливаются на голову испытуемого, и в этот момент катоды незаметно распознают мозговые волны, исходящие от испытуемого [6]. EEG-датчики могут регистрировать до нескольких изображений электрического воздействия, производимого в головном мозге, в течение одной секунды. Записанные мозговые волны передаются с усилителей на компьютер или в облако для обработки информации. Усиленные сигналы, которые выглядят как волнистые линии, могут быть записаны на компьютер, мобильный телефон или на облачную информационную базу [7].

## 5. Вывод

Этот прототип инвалидной коляски перемещается с помощью датчика Невроский, который собирает электрические данные из мозга. Этот датчик также используется в системе мониторинга здоровья для регистрации уровня медитации и внимания. В этом прототипном проекте рассматривается взаимодействие между мозгом и инвалидной коляской с помощью сенсора Невроский или технологии EEG. В будущем эта технология очень пригодится в системах искусственного интеллекта и GPS для поиска на картах дорожных больниц и зданий.

## Источники

1. Хонгтао Ван, Юаньцин Ли, Цзиньби Лун, Тяньёу Ю и Чжэнхуэй Гу, 2014, Асинхронное управление инвалидной коляской с помощью гибридного интерфейса мозг-компьютер, *Cognitive Neurodynamics*, 8, страницы 399–409.
2. Цзиньби Лун, Юаньцин Ли, Хонгтао Ван, Тяньёу Ю, Цзяхуй Пан и Фэн Ли, 2012, Гибридный интерфейс мозг-компьютер для управления направлением и скоростью симулированной или реальной инвалидной коляски, *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 20, 720 – 729.
3. Дандан Хуан, Кай Цянь, Дин-Юй Фей, Вэньчуань Цзя, Сюэдун Чен и Оу Бай, 2012, Интерфейс мозг-компьютер на основе электроэнцефалографии (ЭЭГ): 2-D виртуальная инвалидная коляска, *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 3, 379 - 388.
4. Дж.К. Чапин, К.А. Моксон, Р.С. Марковиц и М.А.Л. Николис, 1999, Управление роботизированной рукой в реальном времени с использованием одновременно записанных нейронов в моторной коре, *Nature Neuroscience*, 2, 664 – 670.
5. Том Карлсон и Хосе Дель Р. Миллан, 2013, Инвалидные коляски с управлением через мозг: роботизированная архитектура, *IEEE Robotics and Automation Magazine*, 1, 65 - 73.
6. Батт, А. и Станачевич, 2014, Реализация робота с управлением через разум, *IEEE Long Island Systems, Applications and Technology (LISAT)*, 2, 978-1-4799-3850-6.
7. Б. Ребсамен, С. Гуан, Х. Чжан, С. Ванг, С. Тео и М. Анг, 2010, Инвалидная коляска с управлением через мозг для навигации в знакомых средах, *IEEE Trans. Neural Systems and Rehabilitation Engineering* 18, 590-598.

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РАБОТОЙ МАНИПУЛЯТОРА ДЛЯ ПРИСОЕДИНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ АВТОМОБИЛЕЙ

Мохамед Ахмед Адел<sup>1</sup>, Мухаметгалеев Танир хамитевич<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>aaaaa01143364180@gmail.com, <sup>2</sup>fio@mail.ru

В Современное производство автомобилей активно использует роботизированные системы для выполнения сложных и точных операций, требующих высокой скорости и постоянного качества. Одной из таких систем является манипулятор для присоединения деталей, который автоматизирует процесс сборки и снижает участие человека. Это способствует повышению производительности, снижению ошибок и увеличению гибкости производственной линии. Разработка системы управления для таких манипуляторов требует комплексного подхода, включающего проектирование, программирование и тестирование для достижения точности, надежности и адаптируемости.

**Ключевые слова:** Управление манипулятором, Присоединение деталей, Роботизированные системы, Автоматизация производства автомобилей, Промышленная робототехника, Контроллер манипулятора

## DEVELOPMENT OF A MANIPULATOR OPERATION CONTROL SYSTEM FOR ATTACHING PARTS IN CAR MANUFACTURING

Mohame Ahmed Adel<sup>1</sup>, Mukhametgaleev Tanir Khamitevich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>aaaaa01143364180@gmail.com, <sup>2</sup>fio@mail.ru

Modern automobile manufacturing actively uses robotic systems to perform complex and precise operations that require high speed and constant quality. One such system is a manipulator for attaching parts, which automates the assembly process and reduces human involvement. This helps to increase productivity, reduce errors and increase the flexibility of the production line. The development of a control system for such manipulators requires an integrated approach, including design, programming and testing to achieve accuracy, reliability and adaptability.

**Keywords:** Manipulator control, Connection of parts, Robotic systems, Automation of automobile production, Industrial robotics, Manipulator controller.

### Компоненты системы управления 1. Контроллер

Контроллер – это ключевой компонент управления манипулятором, который выполняет функции "мозга" системы. Контроллер обрабатывает сигналы от датчиков и передаёт команды к исполнительным элементам,

такими как сервомоторы и актуаторы, чтобы контролировать точность и последовательность движений. В промышленности для таких задач применяются программируемые логические контроллеры (ПЛК) или специализированные промышленные компьютеры, обеспечивающие высокую надёжность и скорость работы.

Контроллеры обычно оснащены интерфейсами для подключения к другим производственным системам и обмена данными в режиме реального времени. Они поддерживают протоколы обмена данными (Modbus, Profinet и др.), что позволяет контроллеру взаимодействовать с другими элементами производственной линии, такими как конвейеры или другие манипуляторы. В результате обеспечивается точная координация движений, особенно в условиях потокового производства. Современные контроллеры могут также поддерживать технологии кибербезопасности, предотвращая сбои и обеспечивая безопасность сети управления.

## **2. Датчики и системы захвата**

Для точного и безопасного управления движениями манипулятора система оснащается набором датчиков и захватов различных типов.

**Позиционные датчики** фиксируют и отслеживают положение руки манипулятора, что позволяет точно задавать положение для выполнения операций по захвату и установке деталей. Эти датчики играют важную роль в контроле последовательности действий манипулятора.

**Датчики силы и давления** обеспечивают контроль усилий, чтобы избежать излишнего давления или деформации детали при захвате. Эти датчики помогают повысить точность захвата, адаптируя силу захвата к конкретным материалам и формам деталей, тем самым снижая вероятность повреждений. **Оптические и камерные системы** предназначены для распознавания и позиционирования деталей, что особенно важно для сложных задач сборки, требующих высокой точности ориентации. Камеры позволяют манипулятору определять форму, размеры и положение деталей, что делает систему более гибкой.

Захваты могут быть пневматическими, вакуумными или механическими и обеспечивают надёжное удержание деталей различной формы и материала. Тип захвата выбирается в зависимости от веса, формы и хрупкости обрабатываемых деталей, что помогает повысить надёжность всей системы.

**3. Программное обеспечение** Программное обеспечение (ПО) для управления манипулятором – это ядро системы, позволяющее планировать и контролировать его движение. Основные функции включают: **Алгоритмы планирования траектории** позволяют оптимизировать путь манипулятора с учётом пространственных и временных ограничений, что

уменьшает затраты времени на каждый цикл и снижает вероятность столкновений. **Программирование траекторий** обеспечивает создание и настройку последовательностей движений для выполнения операций с определённой точностью. Программирование может включать в себя заранее заданные шаблоны движений, а также функции для адаптации траектории в режиме реального времени. **Система контроля и адаптации** следит за изменениями в рабочей среде и параметрах манипулятора, что позволяет корректировать действия на основе данных от датчиков. Например, при отклонении положения детали система корректирует траекторию манипулятора, чтобы сохранить точность выполнения задачи. **Человеко-машинный интерфейс (НМИ)** обеспечивает оператору доступ к управлению и диагностике системы. Интерфейс должен быть интуитивно понятным, поддерживать визуализацию данных и состояния манипулятора в реальном времени, а также давать возможность быстро настраивать параметры и отслеживать текущие процессы.

### **Источники**

1. Дорофеев В.И. Роботизированные технологии в автомобильной промышленности: учебное пособие. М.: Машиностроение, 2019. 248 с.
2. Симонов А.В., Лапшин В.П. Промышленные роботы и манипуляторы: основы проектирования и применения. СПб: Политехника, 2021. 312 с.
3. Денисов А.Н., Зайцев Е.С. Моделирование и управление движением манипуляторов на производственных линиях. // Вестник МГТУ "Станкин", 2020, № 4. С. 45-52.
4. Гусев И.П. Системы управления робототехникой: основные принципы и методы. М.: Техносфера, 2018. 280 с.
5. Белоусов М.П., Кравцов А.В. Применение машинного обучения в управлении роботизированными системами. // Автоматизация и современные технологии, 2021, № 6. С. 33-41.

## МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА БЕТОНОСМЕСИТЕЛЯ СБ-146А

Мустафин Алмаз Ильфатович<sup>1</sup>, МухаметгалеевТанирХамитевич<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>ФГБОУ «КНИТУ-КХТИ», <sup>2</sup>ФГБОУВО «КГЭУ», г. Казань  
<sup>1</sup>mustafin.a.28@mail.ru, <sup>2</sup>banzay-13-13@yandex.ru

В статье рассмотрены вопросы модернизации электропривода бетоносмесительной машины с добавлением преобразователя частоты, для обеспечения более плавного пуска, возможности регулирования скорости вращения, а также для уменьшения энергопотребления. Был рассчитан и выбран электродвигатель, преобразователь частоты, а также новая элементная база для пуска и защиты электропривода.

**Ключевые слова:** асинхронный электродвигатель, бетоносмеситель, преобразователь частоты.

## MODERNIZATION OF THE ELECTRIC DRIVE OF THE SB-146A CONCRETE MIXER

Mustafin Almaz Ilfatovich<sup>1</sup>, MukhametgaleevTanir Khamitevich<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>KNRTU, Kazan  
<sup>2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>mustafin.a.28@mail.ru, <sup>2</sup>banzay-13-13@yandex.ru

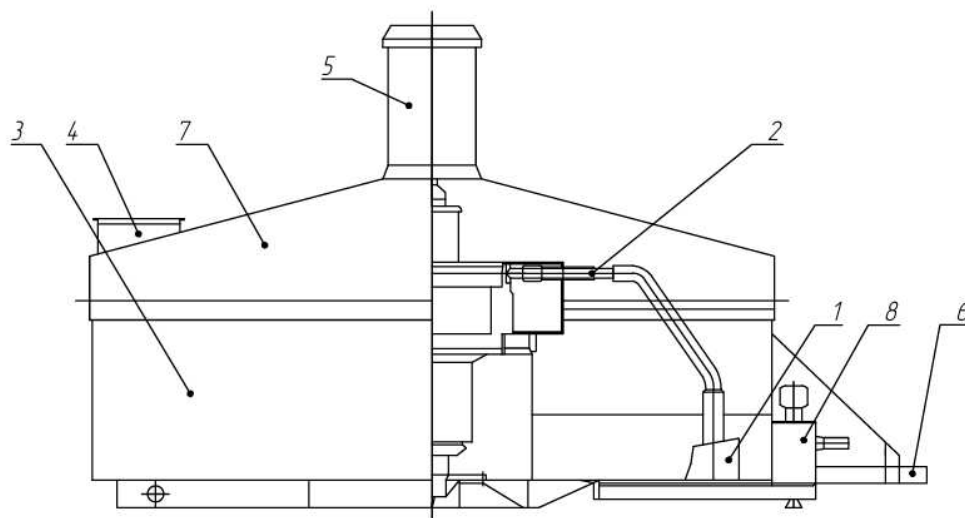
The article discusses the issues of upgrading the electric drive of a concrete mixing machine with the addition of a frequency converter to ensure a smoother start, the possibility of regulating the rotation speed, as well as to reduce energy consumption. An electric motor, a frequency converter, as well as a new element base for starting and protecting the electric drive were calculated and selected.

**Keywords:** asynchronous electric motor, concrete mixer, frequency converter.

Одними из наиболее востребованных видов строительного оборудования являются бетоносмесители, потому что редко где можно встретить изготовление строительных растворов и бетона вручную.

Для того чтобы приготовить бетонную смесь или строительный раствор необходимо, механически перемешав различные компоненты, получить однородную массу с равномерно распределенными зернами, которые «окутаны» вяжущим веществом. Равномерное распределение компонентов между собой во всем объеме смеси и точная их дозировка определяют качество смеси. Перемешивание элементов в однородную массу – это сложный технологический процесс, зависящий от таких факторов как состав смеси, ее физико-механические свойства, конструкция смешивающей машины и время смешивания. Приготовление растворов и бетонных смесей в основном возлагают на смесительные агрегаты.





1 - лопасть; 2 - торсионная подвеска; 3 - корпус-чаша;  
 4 - загрузочный патрубок; 5 - электродвигатель;  
 6 - путевые выключатели; 7 - крышка; 8 - разгрузочный затвор.

Рис. 1. Общий вид бетоносмесителя СБ-146А

Основные элементы конструкции бетоносмесителя СБ-146А циклического действия с принудительным перемешиванием компонентов показаны на рисунке 1.

Таблица 1 – Технические характеристики бетоносмесителя СБ-146А

Спецификация	Приготовление бетонной смеси
Мощность	18500 Вт
Крупность заполнителя	до 70 мм
Объем загрузочного бункера	750 л
Частота вращения ротора	22,7 об/мин
Питание	380 В; 50 Гц

К положительным показателям бетоносмесителя СБ-146А стоит отнести относительно небольшую стоимость, простоту конструктивного исполнения и легкий доступ к рабочим узлам, в частности, к основным.

Среди отрицательных показателей следует выделить: немалое потребление электрической энергии, низкую равномерность перемешивания различных марок бетонных смесей и недостаточную однородность смесей в микрообъемах.

Благодаря модернизации внедрением преобразователя частоты в электропривод данной бетоносмесительной машины будут решаться такие задачи, как:

- 1) возможность плавного пуска;

2) осуществление регулирования скорости вращения, что в свою очередь позволяет регулировать технологический процесс перемешивания бетонной смеси;

3) снижение энергопотребления благодаря регулированию скорости вращения.

### **Источники**

1. Автоматизированные бетоносмесительные установки и заводы: учебное пособие/ Тихонов А. Ф., Королев К. М. М.: Высш. шк., 1990. 191 с.

2. Бетоносмесители: Методические указания к лабораторным занятиям / В.А. Дремук, Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Горки, 2005. 32 с.

3. Бетонрастворосмеситель СБ-146А [Электронный ресурс]. URL: <https://www.stankomasch.ru/catalog/product/276/> (дата обращения: 12.10.2024).

4. «ИЗВУЗ. Проблемы энергетики» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.energyret.ru/jour> (дата обращения: 12.10.2024).

5. «Вестник КГЭУ» [Электронный ресурс]. URL: <https://vkgeu.ru/> (дата обращения: 12.10.2024).

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МОЩНЫХ ТИРИСТОРНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ НА КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПРИ НАЛИЧИИ РЕЗОНАНСНЫХ ЯВЛЕНИЙ В ПИТАЮЩЕЙ СЕТИ

Николаев Александр Аркадьевич<sup>1</sup>, Буланов Михаил Викторович<sup>2</sup>,  
Светлаков Максим Сергеевич<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет  
им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск

<sup>1</sup>aa.nikolaev@magtu.ru, <sup>2</sup>bulanovv.m.v@gmail.com, <sup>3</sup>svetl.m.s19@gmail.com

В статье представлены основные результаты экспериментальных исследований качества электрической энергии в сети 10 кВ при работе мощных электроприводов тиристорных преобразователей. Исследования показывают влияние резонансных явлений, возникающих при взаимодействии реактивных элементов системы электроснабжения, на искажение напряжения при наличии источника высших гармоник.

**Ключевые слова:** высшие гармоники, тиристорный преобразователь, резонанс токов, электромагнитная совместимость.

## INVESTIGATION OF THE IMPACT OF HIGH-POWER THYRISTOR CONVERTERS ON THE QUALITY OF ELECTRICAL ENERGY IN THE PRESENCE OF RESONANT PHENOMENA IN THE POWER SUPPLY NETWORK

Nikolayev Alexander Arkadyevich<sup>1</sup>, Bulanov Mikhail Viktorovich<sup>2</sup>,  
Svetlakov Maxim Sergeevich<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>FGBOU VO "Nosov Magnitogorsk Techical State University", Magnitogorsk

<sup>1</sup>aa.nikolaev@magtu.ru, <sup>2</sup>bulanovv.m.v@gmail.com, <sup>3</sup>svetl.m.s19@gmail.com

The article presents the main results of experimental studies of the quality of electrical energy in a 10 kV network during the operation of powerful electric drives of thyristor converters. The studies show the influence of resonance phenomena arising during the interaction of reactive elements of the power supply system on voltage distortion in the presence of a source of higher harmonics.

**Keywords:** higher harmonics, thyristor converter, current resonance, electromagnetic compatibility.

Экспериментальные исследования влияния мощных тиристорных преобразователей на качество электрической энергии проводились на одном из металлургических предприятий Российской Федерации. Исследования заключались в записи сигналов мгновенных значений токов и напряжений в

ячейках РУ-10 кВ РП-11, питающих главные электроприводы прокатного стана 1700, и их последующем спектральном анализе. На рис. 1 представлены мгновенные значения токов и напряжений, полученные при работы электроприводов с нагрузкой, близкой к номинальной. Запись мгновенных значений осуществлялась с помощью регистратора электрических сигналов с частотой дискретизации 50 кГц.

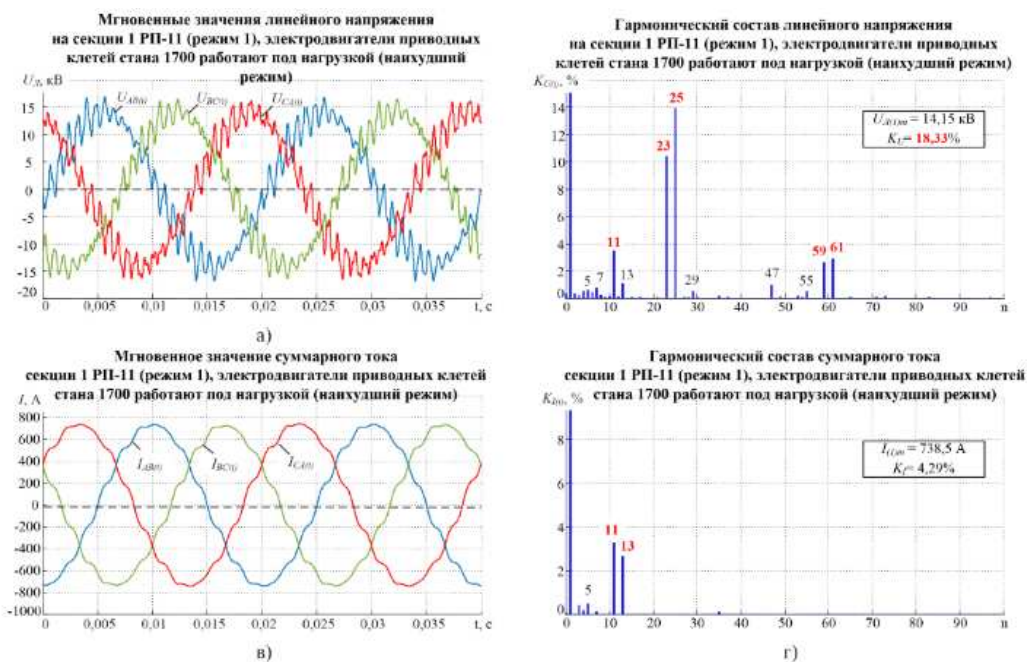


Рис. 1. Мгновенные значения линейного напряжения (а) и суммарных фазных токов (в) на секции 1,4 РП-11, а также их спектральный анализ (б, г), при работе двигателей клетей стана 1700 под нагрузкой и холостом ходу

Появление гармоник напряжения с номерами 59, 61 связано с наличием в питающей сети 10 кВ резонансных явлений, вызванных взаимодействием индуктивностей сетевого трансформатора 110/10 кВ, а также токоограничивающих реакторов в ячейках РП-11, с емкостью протяженных кабельных линий 10 кВ. Частотная характеристика сети 10 кВ района РУ-10 кВ РП-11, полученная с помощью математического пакета MATLAB на основе экспериментальных данных, представлена на рис. 2. Экстремум основного резонанса обуславливает значительное падение напряжения при протекании даже незначительного по амплитуде тока высших гармоник. Следует отметить, что данных искажения напряжения возникают только при работе электроприводов стана 1700 под нагрузкой.

Наличие резонансных явлений в сети способно усиливать негативное воздействие небольших по амплитуде высших гармонических составляющих тока тиристорных преобразователей, вызывая значительные величины падения напряжения на соответствующей частоте в точке общего присоединения электроприёмников.

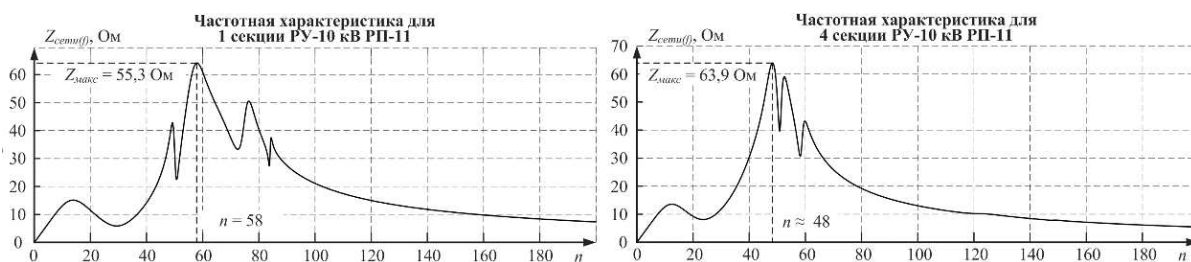


Рис. 2. Частотные характеристики для секций РУ-10 кВ РП-11

## Источники

1. Буланов М.В., Гилемов И.Г., Афанасьев М.Ю. [и др.] Исследование резонансных явлений во внутривоздушной распределительной сети с мощными электроприводами постоянного тока // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования : Тезисы докладов 82-й международной научно-технической конференции, Магнитогорск, 22–26 апреля 2024 года. Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2024. С. 26.

2. Шевырев Ю.В. Повышение качества электрической энергии в сетях с полупроводниковыми преобразователями / Ю. В. Шевырев // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2011. № S4. С. 234-241.

3. Шевырев Ю.В. Способы повышения электроэнергетических показателей электротехнических комплексов буровых установок с тиристорным электроприводом постоянного тока / Ю. В. Шевырев // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2004. № 6. С. 64-69.

4. Nikolaev A.A., Maklakov A.S., Bulanov M.V. [et al.] Current Electromagnetic Compatibility Problems of High-Power Industrial Electric Drives with Active Front-End Rectifiers Connected to a 6–35 kV Power Grid: A Comprehensive Overview // Energies. 2023. Vol. 16, No. 1. P. 293. DOI: 10.3390/en16010293.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА И АНАЛИЗА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ В ЖИЛЫХ И КОММЕРЧЕСКИХ ЗДАНИЯХ

Павлов Андрей Евгеньевич<sup>1</sup>, Микаева Светлана Анатольевна<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «РТУ МИРЭА», г. Москва  
<sup>1</sup>andrey.pavlov.79.03@gmail.com, <sup>2</sup>mikaeva\_s@mirea.ru

В данной статье описывается применение систем мониторинга и анализа энергопотребления в жилых и коммерческих зданиях. Изложены основные принципы работы таких систем, их потенциальные преимущества для повышения энергоэффективности и снижения энергозатрат. Приводятся примеры использования систем мониторинга, обсуждаются новейшие технологии и перспективы дальнейшего развития.

**Ключевые слова:** энергоэффективность, системы мониторинга, энергосбережение, жилые и коммерческие здания, искусственный интеллект, оптимизация HVAC, умные здания, автоматизация.

## USE OF MONITORING AND ANALYSIS SYSTEMS TO REDUCE ENERGY CONSUMPTION IN RESIDENTIAL AND COMMERCIAL BUILDINGS

Pavlov Andrey Evgenievich<sup>1</sup>, Mikaeva Svetlana Anatolievna<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "RTU MIREA", Moscow, Russia  
<sup>1</sup> andrey.pavlov.79.03@gmail.com, <sup>2</sup>mikaeva\_s@mirea.ru

This article describes the application of energy consumption monitoring and analysis systems in residential and commercial buildings. It outlines the basic principles of operation of such systems, their potential advantages for improving energy efficiency and reducing energy costs. Examples of the use of monitoring systems are also given, the latest technologies and prospects for further development are discussed.

**Keywords:** energy efficiency, monitoring systems, energy conservation, residential and commercial buildings, artificial intelligence, HVAC optimization, smart buildings, automation.

В условиях роста цен на энергоносители и повышения экологических требований повышение энергоэффективности зданий становится все более важным вопросом. Для оптимизации энергопотребления активно внедряются системы мониторинга и анализа данных, позволяющие контролировать расход ресурсов, выявлять области не эффективности и принимать меры по их устранению. Такие системы стали важным инструментом для повышения экологичности и комфорта жилых и коммерческих зданий [1-4].

Современные системы энергомониторинга состоят из трех основных этапов работы: Сбор данных. Умные датчики и счетчики устанавливаются в инфраструктуре здания для сбора данных о потреблении энергии в режиме реального времени; Обработка данных. Собранные данные передаются в центр обработки, где применяются алгоритмы машинного обучения и искусственного интеллекта для анализа и выявления закономерностей потребления; Принятие решений. По результатам анализа система предлагает меры по снижению энергопотребления или автоматически настраивает освещение, температуру и другое оборудование [5].

Системы мониторинга обеспечивают ряд полезных функций, таких как: Оптимизация кондиционирования и освещения. Снижение интенсивности освещения при достаточном дневном свете и регулировка температуры в зависимости от времени суток; Балансировка нагрузки. Система анализирует время пикового потребления и перенаправляет нагрузку на менее загруженное время; Обнаружение аномалий. Мониторинг быстро обнаруживает утечки и неисправности, минимизируя дополнительные расходы и снижая риск выхода оборудования из строя [6].

Используемые технологии: Интернет вещей (IoT), где датчики IoT обеспечивают взаимосвязь всех устройств здания, включая освещение, систему отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, бытовую технику и другие элементы; Искусственный интеллект и машинное обучение. Эти технологии помогают анализировать и прогнозировать энергопотребление и предоставляют возможности оптимизации; Системы управления зданием (BMS), которые объединяют данные от всех систем здания для комплексного мониторинга и управления энергопотреблением.

В крупных многоквартирных комплексах системы мониторинга позволяют снизить затраты на электроэнергию за счет автоматизации мест общего пользования (лифты, коридоры). Это может сократить счета за электроэнергию на 25%. В офисах система мониторинга управляет кондиционированием и освещением, автоматически адаптируясь к занятости и времени суток, что позволяет сократить потребление энергии на 30%.

Несмотря на то что системы мониторинга имеют множество преимуществ, они также сопряжены с определенными трудностями: высокие затраты на установку и обслуживание; высокие затраты на установку и обслуживание. Необходимость регулярной модернизации оборудования для обеспечения правильной работы. Однако по мере развития технологий и снижения стоимости оборудования внедрение систем мониторинга становится все более привлекательным [6].

Системы мониторинга и анализа энергопотребления играют важную роль в повышении энергоэффективности зданий и снижении затрат. С их помощью можно добиться устойчивого управления энергопотреблением, соответствующего экологическим стандартам и снижающего затраты. Технологии анализа данных и автоматизации будут и дальше совершенствоваться и открывать новые возможности для оптимизации энергопотребления.

### **Источники**

1. Балашов А.В. Энергосбережение и повышение энергоэффективности в строительстве и ЖКХ. Москва: Энергосбережение, 2020. 256 с.
2. Иванов В.Г., Смирнов А.А. Умные технологии в энергоснабжении зданий. // Современные проблемы энергосбережения и экологии. 2021. Т. 17, № 2. С. 56–62.
3. Максимов К.И., Поляков Д.В. Системы управления и мониторинга энергопотребления на базе IoT. Москва: Наука, 2022. 312 с.
4. Карась Л.П., Овчинников П.С. Интеллектуальные системы управления зданиями: применение и перспективы // Вестник инженерных исследований. 2020. Т. 13, № 4. С. 15–22.
5. Грушевский Н.В. Современные технологии повышения энергоэффективности в здании. // Энергетика и технологии будущего. 2019. Т. 11, № 3. С. 44–51.
6. Микаева С.А., Микаева А.С. Промышленная электроника. Экономическая безопасность в приборостроении. Москва, 2024, 240 с.



## ИНФОРМАЦИОННАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМЫ СБОРА ДАННЫХ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ АВТОМАТИЧЕСКИХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ

Папин Денис Игоревич<sup>1</sup>, Долومانюк Леонид Владимирович<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
den.papin@mail.ru

В работе предлагается концепция системы сбора данных для испытаний автоматических выключателей. Определяется состав системы и приводятся технические решения для реализации данной системы.

**Ключевые слова:** автоматический выключатель, система, сбор, данных, техническое решение, концепция.

## INFORMATION COMPONENT OF THE DATA COLLECTION SYSTEM FOR TESTING CIRCUIT BREAKERS

Papin Denis Igorevich<sup>1</sup>, Dolomanyuk Leonid Vladimirovich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
den.papin@mail.ru

The paper proposes the concept of a data collection system for testing circuit breakers. The composition of the system is determined and technical solutions for the implementation of this system are provided.

**Keywords:** circuit breaker, system, data collection, technical solution, concept.

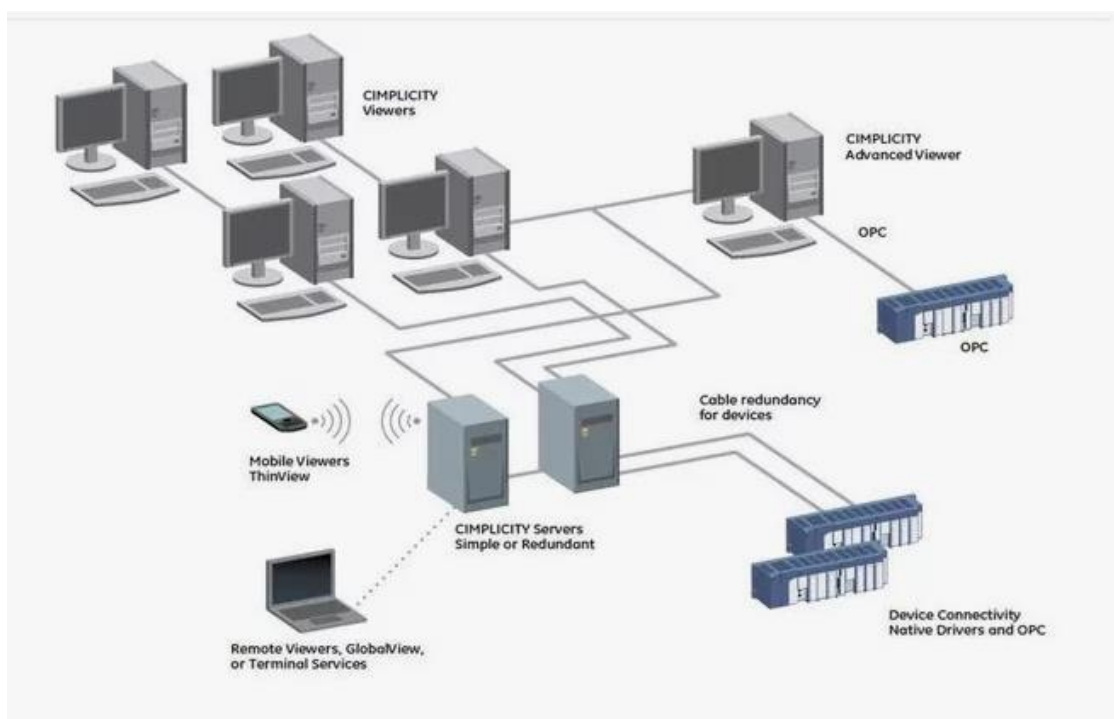
В настоящее время активно развиваются базы данных, благодаря которым можно активно использовать уже накопленные знания и генерировать другие.

В сфере электроэнергетики данный вопрос очень актуален, так как разработка и формирование систем сбора данных позволяет наиболее точно выявлять дефекты электрооборудования и планировать ремонтные работы для конкретного вида оборудования.

Для того, чтобы реализуемая система сбора данных функционировала исправно, необходимо выделить следующие компоненты: для функционирования обмена и хранения данных необходимо использовать сервер. Как правило, подобные концепции реализуются за счёт использования системы SCADA, которая работает за счёт общего пространства данных, выход в которое возможно с разных компьютеров [1-3].

Это значит, что данная система может работать теоретически в двух режимах:

– онлайн – с подключением к SCADA (см. рисунок) посредством проводного соединения. Данные передаются по проводу с использованием интерфейсов RS-485 или Ethernet сразу на сервер, где производится обработка полученных данных. Рекомендуемое подключение во избежание утери полученных данных – проводное. Для выхода в SCADA используется специализированное программное обеспечение (ПО) с возможностью добавления пользователей по IP-адресу или имени компьютера. Под специализированным ПО подразумевается некий программный продукт, способный обрабатывать, анализировать и аккумулировать данные с различных носителей;



Пример системы SCADA, которая функционирует с использованием серверов – офлайн-устройство, с предустановленным программным обеспечением осуществляет сбор полученных результатов. При подключении устройства (ноутбука или др.) к SCADA все данные выгружаются на сервер, где непосредственно обрабатываются.

Данная концепция реализуется на многих предприятиях электроэнергетики, где осуществляется обработка и трансляция телемеханизированных измерений.

Если говорить о функционировании данной системы, то смысл концепции и идеи заключается в следующем: приборы, проводящие испытания и измерения должны обладать аналого-цифровым

преобразователем с возможностью цифрового подключения к устройствам – явный пример подобных устройств оборудование марки Sonel, где реализована функция передачи данных с записью. Это позволяет передавать информацию в специализированное ПО, которое производит предварительную обработку получаемых данных перед отправкой в SCADA.

После получения определённых показателей и характеристик, рассмотренных в предыдущих исследованиях, производится анализ и обработка данных в общем формате. Общий формат получаемых данных подразумевает универсальный файл/архив, который содержит в себе обобщённые и детализированные результаты.

Важно отметить, что специализированное ПО, которое предполагается к разработке для данной системы сбора данных должно обладать вариативностью: возможностью использовать однотипные данные для построения графиков, диаграмм и выстраивания фильтров. С использованием данных возможностей ПО и вариативностью получаемых данных можно составлять базу «надёжности» различных коммутационных аппаратов и другого электротехнического оборудования. Помимо этого, можно формировать различные модели с актуальными или устаревшими данными. Это позволяет проводить анализ уточнения данных.

Данная предлагаемая концепция жизнеспособна, т.к. она построена на надёжной системе с использованием серверов.

### **Источники**

1. Акимцев А.В. адаптивные централизованные системы управления с использованием SCADA-систем / А.В. Акимцев, В.Н. Астапов // Международный студенческий научный вестник. 2022. № 1. С. 107.

2. Рындина А.С. SCADA-системы как средства автоматизирования систем управления / А.С. Рындина // Современные тенденции развития науки и технологий. 2016. № 7-1. С. 120-124.

3. Мусина З.Р. Автоматизированные системы контроля учета электроэнергии и SCADA-системы в электроэнергетике / З.Р. Мусина, К.Х. Гильфанов // Тенденции развития науки и образования. 2024. № 108-11. С. 86-88.

## ОЦЕНКА ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РАДИАЛЬНЫХ СЕТЯХ ВНУТРИЗАВОДСКОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Петров Алмаз Радикович<sup>1</sup>, Сапожков Владимир Валерьевич<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

<sup>1</sup>petroval13@mail.ru

В предлагаемой статье представлено исследование основных факторов, определяющих величину эквивалентного сопротивления схемы радиального участка схемы внутризаводского электроснабжения. Целью работы является определение эквивалентного сопротивления цеховой сети с учетом влияния основных параметров электрооборудования, таких как: загрузка линий, температура окружающей среды, температура нагрева проводников и сопротивлений коммутационных аппаратов.

**Ключевые слова:** контактные соединения аппаратов, потери электроэнергии, нагрев проводников, загрузка линий.

## ASSESSMENT OF POWER LOSSES IN RADIAL NETWORKS OF IN-PLANT POWER SUPPLY

Petrov Almaz Radikovich<sup>1</sup>, Sapozhkov Vladimir Valerievich<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan

<sup>1</sup>petroval13@mail.ru

The proposed paper presents a study of the main factors determining the value of the equivalent circuit resistance of the radial section of the in-plant power supply scheme. The purpose of the work is to determine the equivalent resistance of the shop network taking into account the influence of the main parameters of electrical equipment, such as line loading, ambient temperature, heating temperature of conductors and resistance of switching devices.

**Key words:** contact connections of apparatuses, power losses, conductor heating, line loading.

Величина потерь мощности или электроэнергии в электрической сети определяется произведением квадрата среднеквадратичного тока головного участка сети и эквивалентного сопротивления схемы [1]. При этом, погрешность определения эквивалентного сопротивления может быть сопоставима с погрешностью определения величины среднеквадратичного тока [2].

В таблице 1 приведены значения основных параметров электрооборудования участка цеховой сети.

На рисунке показана схема участка цеховой сети для определения эквивалентного сопротивления радиального участка сети.

## Основные параметры электрооборудования участка цеховой сети

№ линии	Тип КЛ	$l$ , м	$K_z$	Электро-двигатель	$P_n$ , кВт	Тип АВ	Тип ПМ	Тип К
7	АВВГ 3x25	18	0,5	АИР200М2	37	ВА57-31		КМ-48012
8	АВВГ 3x10	15	0,75	АИР160М2	18,5	ВА57-31		ПМ12-040150
9	АВВГ 3x25	12	0,65	АИР180М2	30	ВА57-31	ПМЛ-4100	
10	АВВГ 3x16	23	0,85	АИР180S2	22	ВА57-31		КМ-35012
11	АВВГ 3x10	15	0,75	АИР160М2	18,5	ВА57-31	ПМЛ-3100	

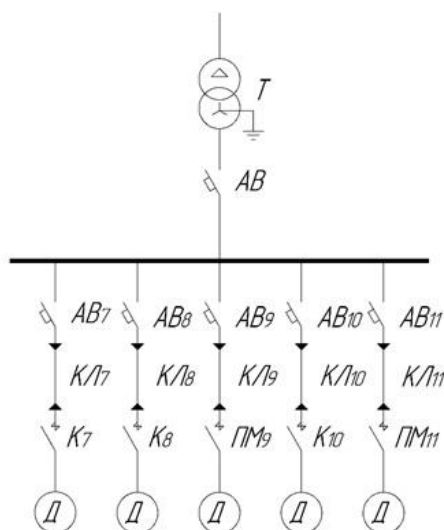


Схема электроснабжения участка цеховой сети

Для повышения достоверности величины потерь электроэнергии в сетях 0,4 кВ необходимо определять потери в низковольтных коммутационных аппаратах [3].

Эквивалентное сопротивление радиального участка сети определяется выражением

$$R_{ekvr} = (r_{e20} \cdot l \cdot [1 + 0,004(t - 20)] + R_{nka}) \cdot \frac{1}{n} \quad (1)$$

Эквивалентная температура нагрева проводника  $t$  определяется среднеквадратическим значением его коэффициента загрузки

$$t = K_z^2 \cdot (t_{kl} - t_{os}) + t_{os} \quad (2)$$

Результаты расчетов представлены в таблице 2, где показаны возможные погрешности при определении эквивалентного сопротивления.

Таблица 2

Возможные погрешности при определении эквивалентного сопротивления

Параметры схемы	Эквивалентное сопротивление, мОм	Погрешность, %
С учетом всех параметров	24,02	–
Неучёт сопротивлений аппаратов	6,70	72,1
Неучёт температуры нагрева КЛ	22,92	4,6
Неучёт температуры окружающей среды	24,51	2,04
Неучёт коэффициента загрузки линий	23,41	2,54

Данные результатов вычислений в таблице 2 показывают, что наибольшая погрешность, равная 72,1 %, при определении эквивалентного сопротивления зависит от учета сопротивлений аппаратов, установленных на линии. Наименьшая погрешность для данного участка схемы составила 2,04 % и определяется фактором учета температуры окружающей среды.

Суммарную погрешность при вычислении эквивалентного сопротивления с учетом рассмотренных выше составляющих составила  $\pm 36,16\%$ .

### Источники

1. Грачева Е.И., Горлов А.Н., Алимова А.Н., Муханова П.П. Определение законов изменения сопротивления контактных групп электрических аппаратов низкого напряжения // Вестник МГТУ. 2021. Т. 24, № 4. С. 350–360.
2. Петров А.Р., Грачева Е.И. Моделирование потерь мощности в контактных системах низковольтных коммутационных аппаратов // Омский научный вестник. 2023. № 2 (186). С. 126–133.
3. Абдуллазянов Э.Ю., Грачева Е.И., Горлов А.Н., Шакурова З.М. [и др.]. Влияние низковольтных электрических аппаратов и параметров электрооборудования на потери электроэнергии в цеховых сетях // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23. № 3. С. 3–13.

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ С ПОМОЩЬЮ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПРИСОЕДИНЕНИЙ

Петрова Рената Маратовна<sup>1</sup>, Мифтахова Наиля Камильевна<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>1998renata@mail.ru, <sup>2</sup>nailya\_miftahovna@mail.ru

В статье рассмотрена методика определения вероятности безотказной работы схемы электроснабжения с помощью введения понятия коэффициентов присоединений. Данная методика заключается в оценке технического состояния и прогнозировании показателей надежности схемы. Показаны графики изменения значений коэффициентов присоединений во времени. Предлагаемая методика может быть рекомендована для оценки технического состояния и прогнозирования параметров надежности систем внутривзаводского электроснабжения.

**Ключевые слова:** надежность, схема электроснабжения, методика определения, вероятность времени безотказной работы, коэффициент присоединения.

## METHODOLOGY FOR DETERMINING RELIABILITY USING CONNECTION COEFFICIENTS

Renata Maratovna Petrova<sup>1</sup>, Nailya Kamilievna Miftakhova<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>1998renata@mail.ru, <sup>2</sup>nailya\_miftahovna@mail.ru

The paper considers the methodology of determining the probability of failure-free operation of the power supply scheme by introducing the concept of connection coefficients. This technique consists in estimation of technical condition and forecasting of reliability indicators of the scheme. Graphs of change of values of connection coefficients in time are shown. The proposed methodology can be recommended for estimation of technical condition and forecasting of reliability parameters of in-plant power supply systems.

**Keywords:** reliability, power supply scheme, determination methodology, probability of failure-free operation time, connection coefficient.

Предлагаемая статья посвящена усовершенствованию имеющихся методов определения вероятности безотказной работы схемы электроснабжения с помощью коэффициентов присоединений [1, 2].

Предложенный метод содержит практическую значимость, состоящую в упрощении прогнозирования параметров надежности и оценки технического состояния наиболее ответственных узлов системы электроснабжения [3].

На рис. 1, а представлена схема электроснабжения 10/0,4 кВ. Определим изменение вероятности времени безотказной работы  $P(t)$  для ветви ПРС (рис. 1, б) в зависимости от числа присоединений (от 1 до 5 присоединений).

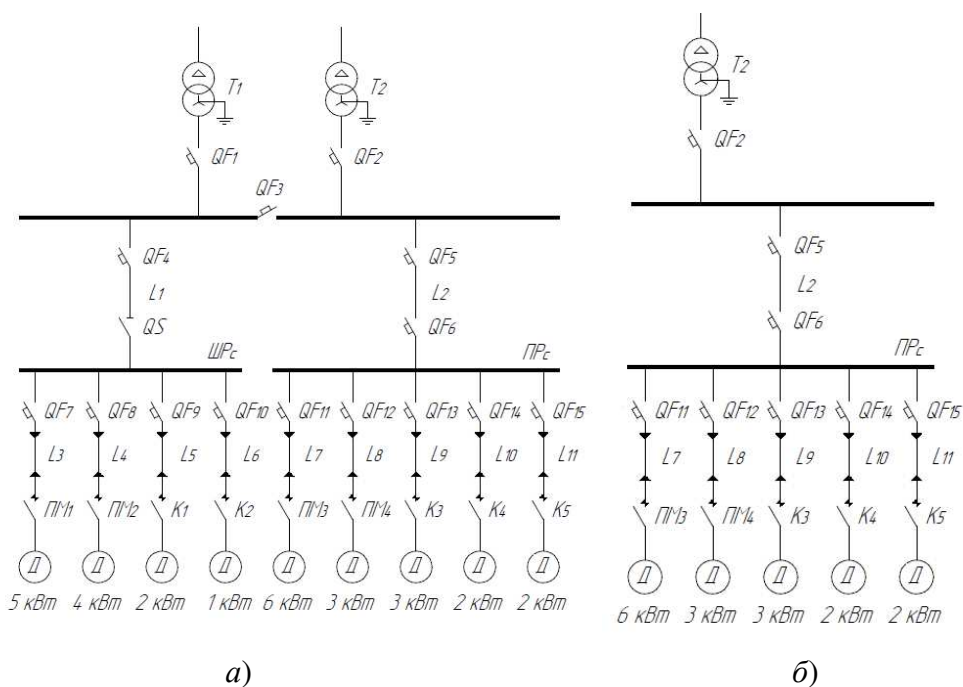


Рис. 1. а) расчетная схема электроснабжения,  
 б) расчетная схема распределительного пункта ПРС схемы электроснабжения

В таблице 1 приведены исходные данные для расчетной схемы (рис. 1, а).

Таблица 1

Исходные данные для схемы электроснабжения

Элемент схемы	Марка	Завод-изготовитель, город
T <sub>1</sub> , T <sub>2</sub>	ТМ-1600/10/0,4	ЭЛТЕХКОМ, г. Нижний Новгород
QF <sub>1</sub> , QF <sub>2</sub> , QF <sub>3</sub> , QF <sub>4</sub> , QF <sub>5</sub> , QF <sub>6</sub>	ВА51-39	«Курский электроаппаратный завод» (КЭАЗ), г. Курск
L <sub>1</sub> , L <sub>2</sub>	АВВГ-0,4 кВ сечением S = 16 мм <sup>2</sup> , длина L=10 м	ЭКСПЕРТ-КАБЕЛЬ, г. Орел, Москва, Екатеринбург
QS	РЕ19-37	КЭАЗ
ШРС	ШРС-1	АБСОЛЮТЭНЕРГО, г. Пермь
ПРС	ПР-11	АБСОЛЮТЭНЕРГО
QF <sub>7</sub> , QF <sub>8</sub> , QF <sub>9</sub> , QF <sub>10</sub> , QF <sub>11</sub> , QF <sub>12</sub> , QF <sub>13</sub> , QF <sub>14</sub> , QF <sub>15</sub>	ВА51-35	КЭАЗ
L <sub>3</sub> , L <sub>4</sub> , L <sub>5</sub> , L <sub>6</sub> , L <sub>7</sub> , L <sub>8</sub> , L <sub>9</sub> , L <sub>10</sub> , L <sub>11</sub>	АВВГ-0,4 кВ сечением S = 4 мм <sup>2</sup> , длина L=1,5 м	ЭКСПЕРТ-КАБЕЛЬ
ПМ <sub>1</sub> , ПМ <sub>2</sub> , ПМ <sub>3</sub> , ПМ <sub>4</sub>	ПМЛ-1100	КЭАЗ
K <sub>1</sub> , K <sub>2</sub> , K <sub>3</sub> , K <sub>4</sub> , K <sub>5</sub>	КТ-6000	КЭАЗ



Так как линии цеховой сети в типовых схемах, как правило, имеют одинаковый набор элементов электрооборудования, введем понятие показателя «коэффициент присоединения», который позволяет определить присвоенное значение  $R_{\text{ПРc2}}(t)$ ,  $R_{\text{ПРc3}}(t)$ ,  $R_{\text{ПРc4}}(t)$  и  $R_{\text{ПРc5}}(t)$ , используя значение исходной переменной  $R_{\text{ПРc1}}(t)$ .

Построим графики изменения значений коэффициентов присоединений  $K_{\text{пр1}}$ ,  $K_{\text{пр2}}$ ,  $K_{\text{пр3}}$  и  $K_{\text{пр4}}$  и смоделированного значения  $K_{\text{пр5}}$  во времени  $t$  (рис. 2).

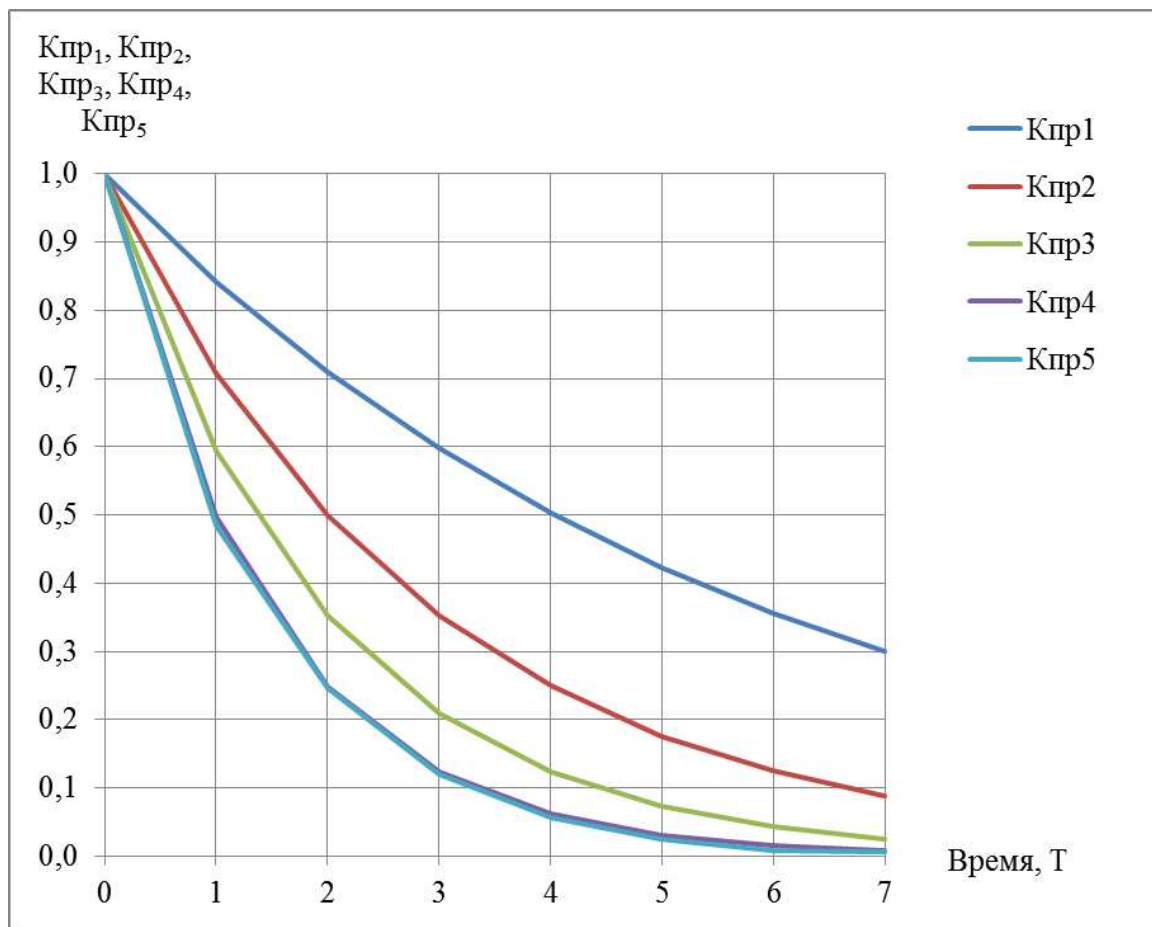


Рис. 2. Графические зависимости изменения значений коэффициентов присоединений  $K_{\text{пр1}}$ ,  $K_{\text{пр2}}$ ,  $K_{\text{пр3}}$  и  $K_{\text{пр4}}$  и смоделированного значения  $K_{\text{пр5}}$  во времени  $t$

Смоделированные зависимости (рис. 2) позволяют определять  $P(t)$  схем электроснабжения. Смоделированные значения коэффициентов присоединений  $K_{\text{пр}}$  могут быть использованы в технико-экономических расчетах, а также при уточнении сроков обслуживания электрооборудования, проведения планово-предупредительных ремонтов и замены оборудования на новое.

## Источники

1. Петрова Р.М, Абдуллазянов Э.Ю., Грачева Е.И., Valtchev S., Yousef Ibragim. Исследование вероятностных характеристик надежности электрооборудования внутрицеховых систем электроснабжения // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2023. Т. 15. № 1 (57). С. 93-105.

2. Petrova R. M., Gracheva E. I. Algorithms for estimating the main reliability parameters of low-voltage equipment of shop-floor network schemes // Omsk Scientific Bulletin. 2024. № 1 (189). P. 93–102. DOI: 10.25206/1813-8225-2024-189-93-102.

3. R. M. Petrova, E. Gracheva, A. Shpiganovich, A. Shpiganovich and K. Meshkov Evaluation of Fault Tolerance of Power Supply Systems of Industrial Enterprises. II International Scientific Forum on Sustainable Development and Innovation (WFSDI 2023): LLC Institute of Digital Economics and Law [ООО «Institut tsifrovoy ekonomiki i prava»], 2024. P. 2240-2244.

## О ТРУДНОСТЯХ ВЫБОРА ЕМКОСТИ СИНУС-ФИЛЬТРА

Пустоветов Михаил Юрьевич

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону  
mgsn2006@yandex.ru

В статье показано, что выбор параметров синус-фильтра сопряжен с неизбежной неизбирательностью его действия в полосе усиления: некоторые гармоники напряжения усиливаются, хотя это и нежелательно.

**Ключевые слова:** полупроводниковый преобразователь частоты, синус-фильтр, резонансная частота.

## ON THE DIFFICULTIES OF CHOOSING THE CAPACITANCE OF A SINE-WAVE FILTER

Pustovetov Mikhail Yurievich

Don State Technical University, Rostov-on-Don  
mgsn2006@yandex.ru

The article shows that the choice of parameters of a sine filter is associated with the inevitable non-selectivity of its action in the gain band: some voltage harmonics are amplified, although this is undesirable.

**Keywords:** semiconductor frequency converter, sine-wave filter, resonant frequency.

Имеется преобразователь частоты (ПЧ) с номинальной мощностью  $S_{2\text{ном}} = 1$  МВА. Особенностью конструкции данного ПЧ является то, что он составлен из двух одинаковых преобразователей (мощность каждого  $S_{1\text{ном}} = 500$  кВА), выходное напряжение которых точно синхронизировано. Действующее значение номинального линейного напряжения ПЧ составляет  $U_{\text{Lin}} = 690$  В. Такое же значение максимально можно получить на выходе ПЧ:  $U_{\text{Lout}} = 690$  В. Частота основной гармоники напряжения на выходе ПЧ может регулироваться до  $f_1 = 200$  Гц. Использование ПЧ предполагается при частотах на выходе от 50 Гц до 200 Гц. Предустановленная несущая частота ШИМ составляет  $f_{\text{ШИМ}} = 2000$  Гц [1].

Подключенный на выходе ПЧ синус-фильтр (СФ) [2, 3] также является составным. К выходу каждой из половинок ПЧ подключена половина СФ, содержащая в продольной ветви каждой фазы дроссель индуктивностью  $L_{1L} = 0,2$  мГн (все фазы дросселя выполнены на едином магнитопроводе), а поперечная ветвь представлена параллельным соединением двух конденсаторов по 60 мкФ, что дает емкость

$C_{1\Delta} = 120$  мкФ. Емкости по 120 мкФ включены по схеме «треугольник», то есть между соседними фазами. Такое соединение эквивалентно включению по схеме «звезда» емкостей по  $C_{1Y} = 3C_{1\Delta} = 120 \cdot 3 = 360$  мкФ. Выходы одноименных фаз половинок СФ соединены между собой. То есть, половинки СФ соединены параллельно друг другу, что для полного СФ дает в результате параметры:  $L_{2L} = L_{2L} / 2 = 0,2 / 2 = 0,1$  мГн;  $C_{2\Delta} = C_{1\Delta} \cdot 2 = 120 \cdot 2 = 240$  мкФ;  $C_{2Y} = C_{2\Delta} = 240 \cdot 3 = 720$  мкФ. Также на выходе каждой половины ПЧ последовательно индуктивностям СФ включены дополнительные дроссели с индуктивностью 0,032 мГн на фазу.

Резонансная частота полного СФ вычисляется по формуле

$$f_{2\text{рез}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{2L} \cdot C_{2Y}}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{0,1 \cdot 10^{-3} \cdot 720 \cdot 10^{-6}}} = 593,136 \text{ Гц},$$

а для половинки СФ:

$$f_{1\text{рез}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{1L} \cdot C_{1Y}}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{0,2 \cdot 10^{-3} \cdot 360 \cdot 10^{-6}}} = 593,136 \text{ Гц}.$$

Случай 1. При построении АЧХ с учетом наличия на выходе ПЧ дополнительных дросселей получим  $f_{\text{рез}} = 549,541$  Гц. При  $f_1 = 50$  Гц коэффициент усиления выходного напряжения СФ относительно входного  $K_y = 1$ . Имеем  $K_y = 1,3$  на границах полосы усиления 272 ... 733 Гц. В полосу усиления попадают: 350 Гц - 7-я гармоника при  $f_1 = 50$  Гц; 550 Гц - 11-я гармоника при  $f_1 = 50$  Гц (точно совпала с резонансной частотой).

Рассмотрим случай 2, когда  $C_{1Y} = 120$  мкФ. Резонансная частота СФ с такой емкостью составит 1027,341 Гц. При построении АЧХ с учетом наличия на выходе ПЧ дополнительных дросселей получим  $f_{\text{рез}} = 954,993$  Гц. При  $f_1 = 50$  Гц коэффициент усиления  $K_y = 0,994$ . Имеем  $K_y = 1,3$  на границах полосы усиления 463 ... 1270 Гц. В полосу усиления попадают: 550 Гц - 11-я гармоника при  $f_1 = 50$  Гц; 650 Гц - 13-я гармоника при  $f_1 = 50$  Гц; 850 Гц - 17-я гармоника при  $f_1 = 50$  Гц; 950 Гц - 19-я гармоника при  $f_1 = 50$  Гц (почти точно совпадает с резонансной частотой); 1150 Гц - 23-я гармоника при  $f_1 = 50$  Гц; 1250 Гц - 25-я гармоника при  $f_1 = 50$  Гц. Недостатком этого варианта является усиление сразу семи гармоник. Достоинством то, что эти гармоники достаточно высокочастотные.

Рассмотрим случай 3, когда  $C_{1\Delta} = 1200$  мкФ. При оснащении каждой половины ПЧ такой емкостью СФ может быть скомпенсирована реактивная мощность индуктивной нагрузки 1,137 МВАр, что представляется избыточным. В результате построения АЧХ получили  $f_{рез} = 173,78$  Гц. При  $f_1 = 50$  Гц коэффициент усиления  $K_y = 1,08$ . Имеем  $K_y = 1,3$  на границах полосы усиления 86 ... 232 Гц. В полосу усиления попадают: 150 Гц - 3-я гармоника при основной частоте 50 Гц (если используется при формировании ШИМ). В случае основной частоты 57,93 Гц резонансная частота такого СФ точно совпадет с 3-й гармоникой. Последний рассмотренный случай хорош тем, что практически все высшие гармоники подавляются во всем интересующем нас диапазоне 50 ... 200 Гц основной частоты ПЧ. Но недостатком является то, что при  $f_1 > 88$  Гц будем сталкиваться уже со значительным усилением основной гармоники напряжения. Кроме того, реактивная мощность конденсаторов СФ избыточна для компенсации реактивной мощности индуктивностей нагрузки, что может приводить к перегрузке по току ключей ПЧ.

Вывод: ни один вариант рассмотренных параметров СФ не позволяет избежать усиления той или иной высшей гармоники (в большинстве случаев – нескольких гармоник) или даже первой гармоники на верхнем конце диапазона регулирования частоты напряжения. Поэтому, не следует прибегать к излишнему завышению емкости конденсаторов СФ (случай 3), а выбрать вариант, при котором искажение формы напряжения на выходе СФ будет минимальным в требуемом диапазоне изменения основной частоты ПЧ (вероятно, случай 1). Отдельный вопрос – удовлетворит ли качество выходного напряжения СФ требованиям нагрузки [1].

## Источники

1. Пустоветов М.Ю. THD% выходного напряжения синус-фильтра в зависимости от коэффициента модуляции ШИМ-напряжения преобразователя частоты // Энергетика и энергосбережение: теория и практика: сборник материалов VI Всероссийской научно-практической конференции памяти доктора технических наук, профессора В.Г. Каширских. Кемерово, 2022. С. 429-1-429-5. [Электронный ресурс]. <https://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/energ/2021/energ/pages/Articles/429.pdf> (дата обращения: 08.07.24).

2. Пустоветов М.Ю. Компьютерное моделирование системы электроснабжения автономного объекта: составные части модели, результаты // Наука, техника и инженерное образование в цифровую

эпоху: идеи и решения: материалы 62-й Международной сетевой научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов, магистрантов и студентов. Часть I. Бишкек, Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, 2020. С. 126–134. [Электронный ресурс]. [https://kstu.kg/fileadmin/user\\_upload/materialy\\_62\\_stud\\_konf\\_chast\\_1.pdf](https://kstu.kg/fileadmin/user_upload/materialy_62_stud_konf_chast_1.pdf) (дата обращения: 08.07.24).

3. Ившин И.В., Сафин А.Р., Гибадуллин Р.Р., Петров Т.И., Цветков А.Н., Низамиев М.Ф., Конюхова Е.А. Расчет надежности блоков станции управления штанговых скважинных насосных установок // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2019. Т. 11. № 4 (44). С. 3-12.

## ОБСЛУЖИВАНИЕ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ НА ПРЕДПРИЯТИИ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ СОСТОЯНИЮ

Рахимов Адель Ильсурович<sup>1</sup>, Гаврилов Вадим Александрович<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>rakhimov.adel@yandex.ru

В работе рассмотрено два способа диагностики кабельных линий, позволяющие выявить место повреждения для проведения последующего ремонта. Определены показатели, которые свидетельствуют о состоянии кабельной линии.

**Ключевые слова:** тангенс дельта, кабельная линия, дефект, частичный разряд, метод контроля.

## CABLE MAINTENANCE MAINTENANCE OF CABLE LINES AT THE ENTERPRISE ACCORDING TO TECHNICAL CONDITION

Rakhimov Adel Ilurovich<sup>1</sup>, Gavrillov Vadim Alexandrovich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup> FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>rakhimov.adel@yandex.ru

The paper considers two methods of diagnostics of cable lines, which allow to identify the place of damage for subsequent repair. Indices that indicate the condition of the cable line are determined.

**Keywords:** delta tangent, cable line, defect, partial discharge, control method.

На данный момент наблюдается постепенный переход с воздушных линий на кабельные или кабельно-воздушные линии. Это заставляет многие электросетевые организации тратить большое количество средств на их диагностику и испытания. К сожалению, на многих предприятиях наблюдается проблема со своевременным выявлением требующих обслуживания.

Именно по этой причине необходимо своевременно диагностировать кабельные линии, рассмотрим некоторые диагностические процедуры:

– измерение тангенса дельта. Данный метод позволяет выявить дефекты у изношенных кабелей, на которые стоит обратить внимание. Испытания проводятся на разных частотах и данный параметр играет важную роль при работе с переменным напряжением.

Если в изоляции токоведущей жилы возникает ионизация и возрастает электрическое поле, то образуется емкость, изолирующая способность которой характеризуется диэлектрическими потерями в ней, а также тангенсом угла диэлектрических потерь. При наличии местного дефекта на первоначальной стадии развития на КЛ, величина  $\text{tg } \delta$

изменится незначительно. Изменение  $\tan \delta$  наблюдается при наличии дефекта в зависимости от приложенного напряжения. По этим характеристикам изменения величин можно судить о состоянии кабеля и вынести первую оценку состояния изоляции, определить остаточный ресурс, после чего применить более точный метод по определению типа дефектов [1].

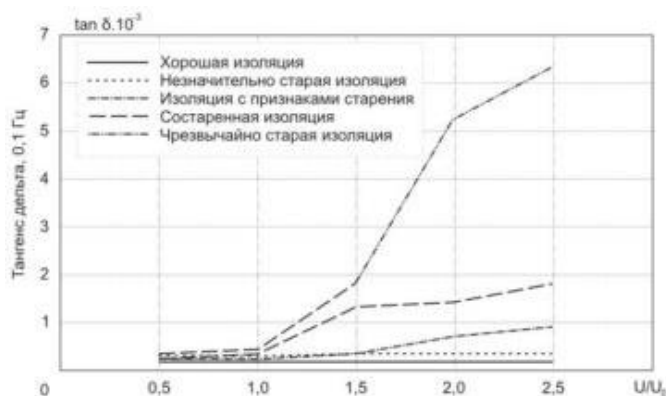


Рис. 1. Показатели качества изоляции с использованием тангенса дельта

Важно отметить, что в идеальном диэлектрике без потерь угол дельта будет равен нулю. Если в изоляции кабеля наблюдается увеличение данного показателя, то можно судить о старении или дефектах оболочки кабельной линии.

Данный метод позволяет определить наличие и факт развития дефекта в изоляционном слое;

- измерение и локализация частичных разрядов (ЧР): данный метод позволяет на основании проведения измерений с определением величины, интенсивности, напряжения возникновения и гашения частичных разрядов определить с достаточно высокой точностью место возникновения дефектов в кабельной линии.

Среди недостатков данного метода можно выделить необходимость анализа и выделения необходимой полезной информации на фоне электромагнитных помех, возникающих от других источников, но для этого необходимо запланировать вывод из работы [2].

Наиболее понятными для восприятия и обработки информации являются методы радиометрического измерения ЧР. Работают за счёт обнаружения и измерения излучаемого УВЧ-сигнала, который идёт от источника ЧР. Рисунок 2 отображает несколько спектров – настоящий частичный разряд (синий) и базовую составляющую (черный). По результатам данного графика можно заметить, что наблюдается значительное отклонение от базовых параметров, следовательно, существует



износ оборудования. Частота сигнала зависит от резонансной структуры дефекта, это приводит к узкополосному отклику. Среда распространения эффективно фильтрует низкие частоты в этом диапазоне частот до 50–800 МГц, из-за этого наблюдается незначительное отклонение от базового значения.

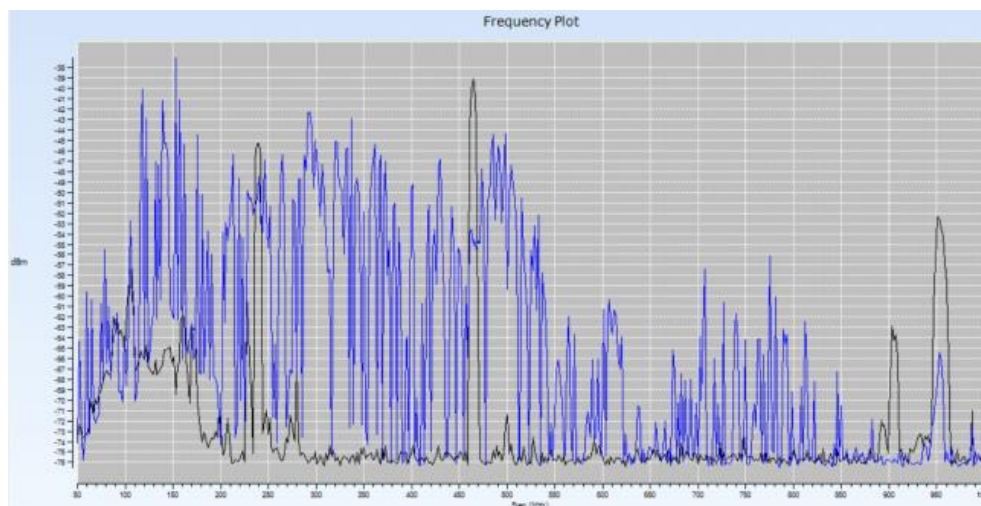


Рис. 2. Результаты замеров радиометрического измерения ЧР на кабельных линиях

Для оценки технического состояния КЛ в совокупности с методом измерения ЧР весьма эффективно использование метода измерения и анализа возвратного напряжения, позволяющего оценивать общее состояние и степень увлажнения и старения изоляции КЛ. Особенно важно для КЛ с внушительными сроками работы, которые приближаются к нормативному сроку службы.

Подводя итоги, можно сказать, что существует достаточно большое количество способов диагностики и испытаний кабельных линий, которые являются необходимыми этапами обслуживания кабельных линий для перехода к последующему ремонту в случае необходимости.

### Источники

1. Пантелеев Е.Г. Монтаж и ремонт кабельных линий / Е.Г. Пантелеев. М.: Энергоатомиздат, 1990. 288 с.
2. Боев М.А. Эксплуатация силовых кабелей: учебное пособие / М. А. Боев и др. Часть 2. Диагностика силовых кабелей и определение остаточного ресурса в условиях эксплуатации. СПб.: ФГАОУ ДПО «ПЭИПК», 2001. 76 с.

## АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ

Рахимов Адель Ильсурович<sup>1</sup>, Гаврилов Вадим Александрович<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1,2</sup>2s19gavr@gmail.com

В данной работе проводится анализ функциональной структуры автоматизированных систем управления технологическим процессом. Определяются функции данных систем. На примере автоматизации парового котла приводятся основные функции, исполняемые данным видом систем.

**Ключевые слова:** технологический процесс, управление, система, автоматизация.

## ANALYSIS OF THE FUNCTIONAL STRUCTURE OF AUTOMATED PROCESS CONTROL SYSTEMS

Rakhimov Adel Ilurovich<sup>1</sup>, Gavrillov Vadim Alexandrovich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup> FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1,2</sup>2s19gavr@gmail.com

This paper analyzes the functional structure of automated process control systems. The functions of these systems are determined. Using the example of steam boiler automation, the main functions performed by this type of system are given.

**Keywords:** technological process, management, system, automation.

В настоящее время достаточно активно развивается внедрение автоматизированных систем управления технологическим процессом (АСУ или АСУ ТП). Согласно ГОСТ 24.104-85 сформулированы основные требования к АСУ ТП, приведём эти разделы: общие требования к АСУ; требования к функционалу; требования к персоналу; требования к видам обеспечения; требования к документации; требования к безопасности; порядок опробования и ввода в работу АСУ ТП; комплектация АСУ.

Для того, чтобы перейти к анализу функциональной структуры, необходимо выделить следующие основания для установки или совершенствования АСУ ТП. Прежде всего, многие предприятия, объекты электроэнергетики или теплоэнергетики внедряют АСУ ТП с целью замены старых измерительных приборов, а также установки централизованного узла сбора информации. Также автоматизированные

системы управления технологическим процессом имеют достаточно широкий функционал, что позволяет измерять в различных вариациях множество параметров. Помимо этого, такие системы не только могут собирать и обрабатывать информацию, но и осуществлять коммерческий учёт энергоресурсов, отдаваемых потребителю [1, с.329].

В рамках технологического процесса можно определить три фазы:

- 1) получение и обработка первичной информации (телеизмерения, расход);
- 2) анализ полученной информации и принятие решений на основе получаемых исходов;
- 3) реализация заложенных алгоритмов в зависимости от принятого решения.

Для современных АСУ ТП характерно совмещение всех трёх фаз управления и сведение к минимуму участие оператора или технолога в управлении процессом, возложив на него задачу контроля за процессом и работой автоматизированной системы в случае её отказа.

У АСУ ТП есть несколько функций:

– управляющая функция – функция, результатом которой является выработка и реализация управляющих воздействий на технологический процесс [2, с.78].

– вспомогательные функции – это функции, обеспечивающие решение внутренних задач. Вспомогательные функции системы предназначены, прежде всего, для обеспечения собственного функционирования АСУТП (обеспечение заданного алгоритма функционирования технических средств системы, контроль их состояния, хранение информации и т.п.) [3, с. 19].

Разберём на примере автоматизации работы парового котла следующие функции:

– контроль параметров, используемых в технологических процессах, в том числе состояний: механизм регуляторов, положения клапанов, режим работы. Вся информация поступает диспетчеру, начальнику смены и руководству предприятия в доступном формате визуализации [4, с. 44];

– визуальная сигнализация и текстовое сообщение оператору, а также мигающая световая сигнализация с одновременной подачей звукового сигнала об отклонениях оперативных технологических параметров котла от их нормальных значений, а также неисправностях в системе управления [5, с. 36].

Подводя итог, можно сказать, что автоматизированные системы управления технологическими процессами имеют достаточно широкий функционал, который имеет достаточно высокий инженерный потенциал.

## Источники

1. Герасименко А.А. Передача и распределение электрической энергии: учебное пособие / А.А. Герасименко, В.Т. Федин. Ростов н/Д.: Феникс; Красноярск: Издательские проекты, 2006. 720 с.
2. Ключев А.С., Таланов В.Д., Демин А.М. Проектирование систем автоматизации / под ред. А.С. Ключева М.: «Испо-Сервис», 2002. 148 с.
3. Shin S.J., Meilanitasari P. Developing a big data analytics platform for manufacturing systems: architecture, method, and implementation // International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2018. P.1-42.
4. Тарченков В.Ф. Проектирование автоматизированных систем : конспект лекций / В.Ф. Тарченков; Сиб. гос. технол. ун-т. Красноярск, 2010. 87 с.
5. Суриков В.Н., Малютин И.Б., Серебряков Н.П. Автоматизация технологических процессов и производств: учебно-методическое пособие. СПб., 2011. 62 с.

## СПОСОБ ЗАЩИТЫ НЕРАБОТОСПОСОБНОГО ГЕНЕРАТОРНОГО АГРЕГАТА ОТ РАБОТЫ В ДВИГАТЕЛЬНОМ РЕЖИМЕ

Саушев Александр Васильевич<sup>1</sup>, Широков Николай Викторович<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова», Санкт-Петербург  
<sup>1</sup>saushev@bk.ru, <sup>2</sup>shirokovn@inbox.ru

Предложен способ защиты автономной электроэнергетической системы от возможного перехода одного или нескольких генераторных агрегатов в двигательный режим. Рассмотрен диагностический признак, позволяющий идентифицировать неисправность и оперативно отключить отказавший генераторный агрегат. Предложенный подход может быть успешно реализован на современной схемотехнической элементной базе.

**Ключевые слова:** генераторный агрегат, обратная мощность, автономная электроэнергетическая система, диагностический признак.

## A METHOD FOR PROTECTING AN INOPERABLE GENERATOR SET FROM OPERATING IN MOTOR MODE

Saushev Alexander Vasilyevich<sup>1</sup>, Shirokov Nikolai Viktorovich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>Admiral S.O. Makarov GUMRF, St. Petersburg  
<sup>1</sup>saushev@bk.ru, <sup>2</sup>shirokovn@inbox.ru

A method is proposed to protect an autonomous electric power system from the possible transition of one or more generator sets to a motor mode. A diagnostic feature is considered that allows to identify a malfunction and promptly turn off a failed generator set. The proposed approach can be successfully implemented on a modern circuit engineering element base.

**Keywords:** generator set, reverse power, autonomous electric power system, diagnostic feature.

При неисправностях, связанных с нарушением подачи топлива в дизель, в автономных электроэнергетических системах (АЭЭС) возможна ситуация, при которой один из генераторных агрегатов (ГА) теряет нагрузку и из генераторного режима работы переходит в двигательный режим. При этом остальные ГА, вырабатывающие электрическую энергию, будут дополнительно нагружены. Такую дополнительную нагрузку называют обратной мощностью. Рассматриваемый режим работы АЭЭС является аварийным со всеми вытекающими из этого последствиями. Необходим скорейший вывод из режима эксплуатации аварийного ГА.

Целью статьи является описание способа отключения неработоспособного ГА в момент его перехода в двигательный режим, что предотвратит появление обратной мощности.

Для достижения поставленной цели необходимо разработать способ, который позволил бы оценить техническое состояние ГА в момент его разгрузки. При этом основной задачей является не восстановление работоспособного состояния АЭС, а перевод системы в частично неработоспособное состояние путем скорейшего отключения неисправного ГА и, при необходимости, второстепенных потребителей электрической энергии. Это позволит обеспечить живучесть электроэнергетической системы, которая будет продолжать снабжать электроэнергией наиболее ответственные потребители.

Для сокращения времени работы ГА в двигательном режиме необходимо [1] минимизировать сумму  $t_{\text{опнд}} + t_{\text{отк}}$ , где  $t_{\text{опнд}}$  — оперативная продолжительность поиска дефекта;  $t_{\text{отк}}$  — время отключения ГА от сети. В докладе анализируются возможные диагностические параметры, которые способны распознать потерю работоспособности  $i$ -го ГА.

На основании работы [2] можно написать:

$$F_i = (N_{\text{обр}i} > N_{\text{обр}i \text{ доп}}) \wedge (t_{\text{обр}i} > t_{\text{обр}i \text{ доп}}), \quad (1)$$

где  $F_i$  — признак, который определяет событие, связанное с выводом аварийного  $i$ -го ГА из эксплуатации;  $N_{\text{обр}i}$  — значение обратной мощности  $i$ -го ГА;  $N_{\text{обр}i \text{ доп}}$  — допустимое значение обратной мощности, принятое для  $i$ -го ГА;  $t_{\text{обр}i}$  — время, в течение которого  $i$ -ый ГА работает с обратной мощностью и при этом выполняется условие:  $N_{\text{обр}i} > N_{\text{обр}i \text{ доп}}$ ;  $t_{\text{обр}i \text{ доп}}$  — максимально допустимое время, в течении которого данный  $i$ -ый ГА может работать в двигательном режиме при выполнении условия  $N_{\text{обр}i} > N_{\text{обр}i \text{ доп}}$ .

В выражении (1) наличие величин  $N_{\text{обр}i \text{ доп}}$  и  $t_{\text{обр}i \text{ доп}}$  объясняется тем, что нельзя исключать режим работы, при котором один из работающих ГА также перейдет в двигательный режим работы [3].

Введем в рассмотрение переменные состояния  $x_1, x_2, x_3, x_4$ , которые идентифицируют соответственно каждое из рассмотренных неравенств.

В докладе показано, что штатная система защиты при данной аварийной ситуации сработает с большим опозданием, которое может превышать 10 с. Рассмотрены возможные алгоритмы решения этой задачи, которые основываются на работах авторов [3, 4]. Показано, что условие отключения  $i$ -го ГА от сети можно представить в виде:

$$F_i = (N_{обр i} < 0) \wedge (\overline{x_1} \wedge \overline{x_2} \wedge \overline{x_3} \wedge \overline{x_4}). \quad (2)$$

Поскольку на основании предложенных алгоритмов принципиально возможно с высокой точностью и идентифицировать момент перехода ГА в двигательный режим работы и, как следствие, наступление аварийного режима работы АЭЭС [5], то техническая реализация логической функции (2) способна обеспечить без задержек времени отключение отказавшего ГА и не допустить его переход в двигательный режим.

### Источники

1. Saushev A., Shirokov N, Butsanets A. Rapid identification of the technical condition of a marine electric power system // Journal-of-Physics-Conference-Series-1742–6596.

2. Саушев А.В., Широков Н.В. Превентивная защита автономных электроэнергетических систем от обратной мощности на основе предупредительного управления // Электротехника. 2023. №2. С. 34–40.

3. Саушев А.В., Широков Н.В. Методы, модели и алгоритмы предупредительного управления состоянием автономных электроэнергетических систем: монография // СПб.: ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова. 2023. 212с.

4. Саушев А.В., Широков Н.В. Оперативная идентификация технического состояния судовой электростанции для решения задач предупредительного управления // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. 2022. Т. 14. № 2. С. 306–318.

5. Samami M., Azary M. N. Novel fast secure approach for revers power protection in synchronous generators / M. Samami, Azary // IET Electric Power Applications. 2019. Vol. 13. Is. 12. Pp. 2128–2138.

## ОЦЕНКА ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ ПРИ СТАТИЧЕСКОЙ БЕСПРОВОДНОЙ ЗАРЯДКЕ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА

Сафонов Александр Шамилевич<sup>1</sup>, Шакурова Зумейра Мунировна<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>sashauchastkin@gmail.com, <sup>2</sup>shzumeyra@mail.ru

В тезисе оцениваются потери мощности в связующих обмотках при беспроводной зарядке электромобилей. Величина потерь в обмотках будет зависеть от используемой в системе зарядки частоты.

**Ключевые слова:** статическая беспроводная зарядка, электромобили, приемная катушка, MATLAB, ферритовый сердечник, высокочастотный трансформатор, индуктивная зарядка, потери в сердечнике.

## THE ESTIMATION OF POWER LOSSES DURING STATIC WIRELESS CHARGING OF ELECTRIC VEHICLES

Safonov Aleksandr Shamilevich<sup>1</sup>, Shakurova Zumeira Munirovna<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>sashauchastkin@gmail.com, <sup>2</sup>shzumeyra@mail.ru

The thesis describes the power loss in the binding windings during wireless charging of electric vehicles. The amount of losses in the windings will depend on the frequency used in the charging system.

**Keywords:** static wireless charging, electric vehicles, receiving coil, MATLAB, ferrite core, high frequency transformer, inductive charging, core losses.

Из-за таких ограничений автомобильных аккумуляторов как низкая скорость заряда и низкая энергоемкость, электромобили требуют больше циклов зарядки, чем аналоги с ДВС. Чтобы увеличить скорость зарядки и удобство для водителей электромобилей, создаются беспроводные системы зарядки на парковочных местах и на автомобильных дорогах [1, С. 5].

Наиболее распространенная технология зарядки – классическая проводная. Однако, уличная проводная зарядка может представлять большую опасность для человека при влажных условиях среды. Поэтому в качестве альтернативы используется беспроводная зарядка [2, С. 3].

Главной частью беспроводной системы зарядки является магнитно-связанные обмотки. По сути, они представляют собой трансформатор с перемещающимися обмотками. Рабочая частота в системы варьируется от 10 до 100 кГц. Наличие обмоток ограничивается общую эффективность системы зарядки [3, С. 1].



КПД системы зарядки зависит от распределения магнитных полей в приемной и передающей обмотках [4, С. 2]. Величина магнитного потока в межобмоточном расстоянии в значительной мере зависит от электрических и геометрических параметров системы зарядки.

Для анализа потерь мощности в исследовании использовались обмотки типа «сдвоенный квадрат». Распределение потерь мощности в обмотках системы показано на рисунке 1.

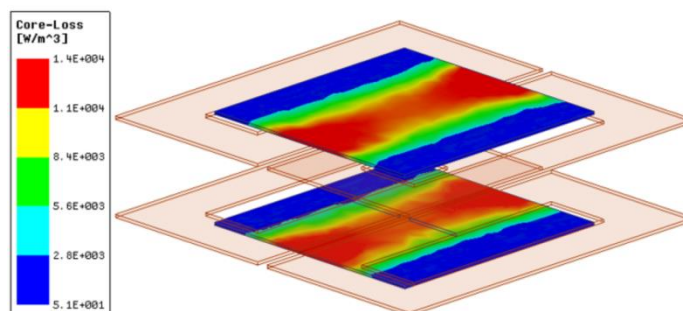


Рис. 1. Распределение потерь мощности в обмотках типа «сдвоенный квадрат»

Для исследования использовалась рабочая частота 85 кГц, мощность системы составляла 3 кВт. Плотность магнитного потока в любой точке обмотки будет зависеть от протекающего по обмотке тока, количества витков, геометрии и толщины сердечника [5, С. 6].

Для обмоток «сдвоенный квадрат» характерно то, что плотность магнитного потока достаточно неравномерна и концентрируется в центре сердечника. Поэтому сами потери мощности наиболее велики в этой же зоне.

Для достижения более равномерного распределения магнитного потока можно использовать два способа: увеличить общую протяженность обмоток или толщину сердечника. По большей части, наиболее экономичным в практике оказывается увеличение толщины сердечника и изменения его формы [6, С. 2].

При создании сложной геометрии сердечника с постепенным изменением толщины можно снизить потери в межобмоточном расстоянии на 55 %. Однако, недостатком такой оптимизации будет являться повышенная нелинейность сопротивления при изменении тока в обмотке.

## Источники

1. Сафин А.Р., Ившин И.В., Цветков А.Н., Петров Т.И., Басенко В.Р., Манахов В.А. Развитие технологии мобильных зарядных станций для электромобилей. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021;23(5):100-114. DOI: <https://doi.org/10.30724/1998-9903-2021-23-5-100-114>.

2. Сафин А.Р., Басенко В.Р., Низамиев М.Ф., Цветков А.Н., Петров Т.И. Анализ технического уровня разработок в области мобильных зарядных установок для электротранспорта. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2023;25(3):55-64. DOI: <https://doi.org/10.30724/1998-9903-2023-25-3-55-64>

3. S. Wang and D. G. Dorrell. Loss Analysis of Circular Wireless EV Charging Coupler // IEEE Transactions on Magnetics, vol. 50, no. 11, pp. 1-4, Nov. 2014, Art no. 8402104, doi: 10.1109/TMAG.2014.2334895.

4. K. Aditya and S. S. Williamson. Design considerations for loosely coupled inductive power transfer (IPT) system for electric vehicle battery charging - A comprehensive review // 2014 IEEE Transportation Electrification Conference and Expo (ITEC), Dearborn, MI, USA, 2014, pp. 1-6, DOI: 10.1109/ITEC.2014.6861764.

5. M. Mohammad and S. Choi. Optimization of ferrite core to reduce the core loss in double-D pad of wireless charging system for electric vehicles // 2018 IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), San Antonio, TX, USA, 2018, pp. 1350-1356, DOI: 10.1109/APEC.2018.8341192.

6. B. Bao, W. Sun, J. Zhang and X. Yuan. Analysis of the Distance between adjacent Transmitting Coils in Segmented Dynamic Wireless Charging // 2021 IEEE 4th International Electrical and Energy Conference (CIEEC), Wuhan, China, 2021, pp. 1-5, doi: 10.1109/CIEEC50170.2021.9510674.

## СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Тимерханова Лиана Ильнаровна<sup>1</sup>, Сандаков Виталий Дмитриевич<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>gimranova\_diana03@mail.ru

В этой статье автор рассматривает существующие на сегодняшний день способы получения электроэнергии.

**Ключевые слова:** электроэнергия, ГЭС, ТЭС, возобновляемые источники энергии, атомная энергетика.

## MODERN WAYS OF OBTAINING ELECTRICITY

Timerhanova Liana Ilnarovna<sup>1</sup>, Vitaly Dmitrievich Sandakov<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup> FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
<sup>1</sup>gimranova\_diana03@mail.ru

In this article, the author considers the existing methods of obtaining electricity.

**Keywords:** electricity, hydroelectric power plants, thermal power plants, renewable energy sources, nuclear energy.

Современные способы получения электрической энергии представляют собой разнообразный спектр технологий, каждая из которых имеет свои особенности, преимущества и недостатки. В эпоху растущей потребности в энергии и усиливающейся обеспокоенности по поводу экологического воздействия, индустрия электроэнергетики активно развивает и оптимизирует различные методы генерации электроэнергии.

Тепловые электростанции (ТЭС) остаются одним из основных способов производства электроэнергии. В 2021 году они обеспечили около 62% мировой электроэнергии, работая на органическом топливе таком как природный газ, уголь, мазут, торф [1]. Принцип работы ТЭС основан на преобразовании тепловой энергии в механическую, а затем в электрическую. Нагретая в котле вода превращается в пар, который подается в паровую турбину, вращающую электрогенератор. Хотя ТЭС имеют относительно небольшие затраты на строительство и обслуживание, они сильно загрязняют окружающую среду, выбрасывая большие объемы углекислого газа и других вредных веществ. Гидроэлектростанции (ГЭС) используют кинетическую энергию водного потока для производства электроэнергии. ГЭС являются одними из крупнейших источников возобновляемой энергии, обеспечивая около одной шестой всей мировой электроэнергии. Большая часть мировой гидроэнергии производится в странах с значительным гидропотенциалом, таких как Бразилия, США, Китай, Канада и Россия [2]. Атомные электростанции (АЭС) используют

ядерную реакцию для производства тепловой энергии, которая затем преобразуется в электрическую. Принцип работы АЭС аналогичен ТЭС, но вместо сжигания органического топлива, тепловая энергия выделяется в результате ядерной реакции в ядерном реакторе. АЭС сосредоточены в основном в Европе, Северной Америке и Азиатско-Тихоокеанском регионе, и они обеспечивают значительную часть электроэнергии в этих регионах [3]. АЭС характеризуются высокой эффективностью и относительной экологичностью, но они также сопряжены с рисками утилизации радиоактивных отходов и потенциальными катастрофическими последствиями при авариях. Солнечная энергетика является одним из самых перспективных направлений в области возобновляемой энергии. Солнечные батареи преобразуют солнечный свет непосредственно в электричество через фотоэлектрический эффект. Хотя солнечная энергия бесплатна и имеется в изобилии, крупномасштабное производство электроэнергии на солнечных электростанциях пока обходится дороже, чем традиционные методы, из-за высокой стоимости солнечных батарей. Однако, стоимость солнечных батарей постоянно снижается, и современные коммерческие батареи достигают КПД преобразования почти 30% [4]. Кроме традиционных солнечных батарей, существуют и более инновационные методы, такие как концентрирующие солнечные электростанции (СЭС), которые используют зеркала для концентрирования солнечных лучей на приемнике, нагревающего рабочую жидкость и производящего пар для вращения турбины. Ветроэнергетика является одним из наиболее освоенных способов получения электроэнергии из возобновляемых источников. Ветряные турбины используют кинетическую энергию ветра для вращения ротора, который приводит в движение электрогенератор. Современные ветряные мельницы могут самостоятельно подстраиваться под условия для достижения максимальной эффективности. Хотя ветроэнергетика имеет свои ограничения, связанные с переменчивостью ветра, она стала значительным вкладчиком в мировой энергетический баланс.

Энергия приливов и отливов представляет собой еще один перспективный источник возобновляемой энергии. Эта технология использует энергию морских приливов и отливов для вращения турбин, которые производят электричество. Хотя этот метод пока не широко распространен из-за высоких затрат и сложностей внедрения, он имеет потенциал стать более значимым в будущем. Океаническая тепловая энергетика (ОТЭС) использует разницу температур между поверхностными и глубинными слоями океана для производства электроэнергии. В системах открытого цикла, прогретая солнцем океаническая вода превращается в пар в камере с низким давлением, который затем запускает турбину. В системах закрытого цикла, теплая вода испаряет рабочую

жидкость, циркулирующую по замкнутой системе трубок. ОТЭС особенно перспективны для тропических регионов, но также планируется их использование в Арктике, где они будут работать за счет разницы температур подледного слоя воды и воздуха.

Помимо традиционных и альтернативных методов, существуют и более инновационные и необычные способы получения электроэнергии. Например, солнечные паруса, которые используют солнечную энергию для нагрева воздуха, который затем выдувается через турбину, производя электричество. Другой пример — минигенераторы из древесины, которые преобразуют химическую энергию древесины в электрическую через процесс горения и последующее преобразование тепла в электричество [5].

Современная электроэнергетика характеризуется стремлением к увеличению эффективности и снижению воздействия на окружающую среду. Устойчивое развитие и переход к возобновляемым источникам энергии становятся все более важными направлениями. В России, например, продолжается эксплуатация и развитие атомных электростанций, а также оптимизация существующих производств, хотя частные предприятия и лица уже начали использовать альтернативные методы, такие как солнечные батареи. В заключение, современные способы получения электрической энергии представляют собой сложный и разнообразный ландшафт, включающий как традиционные, так и альтернативные методы. Понимание преимуществ и недостатков каждого метода позволяет нам двигаться вперед в направлении более устойчивого и эффективного энергетического будущего.

## Источники

1. Отчет о функционировании ЕЭС в 2020 году. URL: [https://www.so-ups.ru/fileadmin/files/company/reports/disclosure/2021/ups\\_reppdf](https://www.so-ups.ru/fileadmin/files/company/reports/disclosure/2021/ups_reppdf) (дата обращения: 08.11.2024).
2. Статистический ежегодник мировой энергетики 2020. URL: <https://yearbook.enerdata.ru/renewables/renewable-in-electricity-production-share.html> (дата обращения: 08.11.2024).
3. Панкратьева, С.Г., Резак, Е.В. Проблемы развития возобновляемых источников энергии в энергетической системе регионов России (на материалах Хабаровского края) // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. 2021. № 3.
4. Новая энергетическая политика России / под общ. ред. Ю.К. Шафраника. М.: Энергоатомиздат, 2022. С. 112.
5. Возобновляемая энергетика и рабочие места. Ежегодный обзор за 2020 // Отчет IRENA. URL: [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Sep/Key\\_Findings\\_Jobs\\_Review\\_2020\\_RU.pdf?la=en&hash=DB49345C378E61214D197BA5FED1729AD36633F7](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Sep/Key_Findings_Jobs_Review_2020_RU.pdf?la=en&hash=DB49345C378E61214D197BA5FED1729AD36633F7) (дата обращения: 08.11.2024).

## ПОКАЗАТЕЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПОРТАЛЬНЫХ КРАНОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ СЕБЕСТОИМОСТИ ГРУЗОВЫХ ОПЕРАЦИЙ

Толокнова Ольга Михайловна<sup>1</sup>, Саушев Александр Васильевич<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова», г. Санкт-Петербург  
<sup>1</sup>olga\_toloknova@mail.ru,<sup>2</sup>saushev@bk.ru

В статье рассмотрены вопросы оценки эффективности работы порталных кранов. Предложены энергетические показатели для оценки и прогнозирования электропотребления порталными кранами, причалом и порта в целом. Показано, что среднечасовая нагрузка крана, составляющая шестьдесят процентов от максимальной нагрузки, является наиболее подходящей для оценки оптимизации перегрузочного процесса.

**Ключевые слова:** порталный кран, технико-экономический расчёт, электрические нагрузки, энергоэффективность, грузовые операции.

## ELECTRICAL LOAD INDICATORS FOR EVALUATING THE EFFICIENCY OF GANTRY CRANES AND DETERMINING THE COST OF CARGO OPERATIONS

Toloknova Olga Mikhailovna<sup>1</sup>, Saushev Alexander Vasilyevich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, St. Petersburg  
<sup>1</sup>olga\_toloknova@mail.ru,<sup>2</sup>saushev@bk.ru

The article discusses the issues of evaluating the efficiency of portal cranes. Energy indicators are proposed for the assessment and forecasting of power consumption by gantry cranes, the berth and the port as a whole. It is shown that the average hourly load of the crane, which is sixty percent of the maximum load, is the most suitable for evaluating the optimization of the reloading process.

**Key words:** portal crane, technical and economic calculation, electrical loads, energy efficiency, cargo operations.

Обоснование эффективности принимаемых решений требует проведения технико-экономических расчётов. В проектной практике такие расчёты обычно проводятся для выбора варианта с наилучшими экономическими показателями, а в действующих портах – для получения кредита на реконструкцию или модернизацию. Искомые величинами указанных расчётов являются суммы капитальных вложений и эксплуатационных расходов. Обе эти величины при рассмотрении систем электроснабжения требуют знания электрических нагрузок проектного и перспективного уровня [1, С. 210].

Так, при расчёте капитальных вложений, необходимо определять пиковое значение тока, полную и реактивную мощности – для выбора сечений сети и мощности трансформаторов и компенсирующих устройств, а для расчёта эксплуатационных расходов (обычно потерь энергии в элементах системы) – эквивалентное значение потребляемого тока и другие нагрузки в зависимости от метода расчёта потерь электроэнергии. Эти расчётные нагрузки должны быть скорректированы с учётом перспективного роста энерговооруженности портов.

При расчёте экономических показателей работы крана, причала, порта в целом требуется определение энергетических показателей, определяющих их эффективность работы и себестоимость грузовых операций. Важность этих энергетических показателей вытекает из того фактора, что, например, для крана грузоподъёмностью 5 тонн затраты на электроэнергию составляют 17,1 % от общих эксплуатационных расходов на содержание крана, а при грузоподъёмности крана 25 тонн – 33,6 % [2, С. 336]. Поэтому в процессе расчёта нагрузок необходимо определять не только нагрузки для выбора элементов системы электроснабжения и обоснования экономичности принимаемых технических решений, но и нагрузки для проведения различного рода экономических расчётов, имеющих целью оптимизацию перегрузочного процесса [3, 4, С. 57]. Наиболее подходящей для этих расчётов, как показано в работе [5, С. 3], является среднечасовая нагрузка крана  $P_{60}$ . При необходимости определения нагрузок данной длительности для групп кранов их мощности  $P_{60}$  суммируются. В зависимости от целей расчётов может потребоваться знание и других нагрузок. Однако, анализ энергетической эффективности различных портов и подъёмно-транспортных машин показывает, что в большинстве случаев представляется справедливым заключение, что список рассмотренных выше нагрузок сможет удовлетворить запросы самых различных энергетических объектов.

### Источники

1. Белов Б.А., Электрооборудование и электроснабжение береговых установок речного транспорта/ Б. А. Белов, В. С. Орлов // Учебник для вузов водного транспорта. М.: Транспорт, 1991. – 352с.
2. Толкнова О.М. Особенности проектирования сетей низшего напряжения морских и речных портов / О.М. Толкнова, А.В. Саушев, В.А. Шошмин // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве : материалы IV Национальной научно-практической

конференции, Казань, 06–07 декабря 2018 года / Казанский государственный энергетический университет. Том 2. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2019. С. 336–338.

3. Толокнова О.М. Проблема энергоэффективности в морских и речных портах / О.М. Толокнова // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: Материалы VII Национальной научно-практической конференции, Казань, 09–10 декабря 2021 года. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2022. С. 605–607.

4. Толокнова О.М. Методы расчета электрических нагрузок для оптимизации процесса электроснабжения морских и речных портов / О.М. Толокнова, А.В. Саушев, В.А. Шошмин // Труды международного симпозиума "Надежность и качество". 2019. Т. 2. С. 57–60.

5. Шошмин В.А. Некоторые пути экономии электроэнергии в портах / В.А. Шошмин// Проблемы развития транспортной инфраструктуры Европейского Севера России: Материалы межрегиональной научно-практической конференции, Котлас, 26–27 марта 2010 года / Ответственный редактор: С. А. Гладких. Том Выпуск 4. Котлас: ФГОУ ВПО «СПГУВК», 2010. С. 3–7.



## МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦЕЛЕЙ СОВМЕСТНОГО УПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ СИСТЕМЫ «ЧЕЛОВЕК-МАШИНА»

Тырва Владимир Оскарович<sup>1</sup>, Саушев Александр Васильевич<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова», Санкт-Петербург  
<sup>1</sup>v.tyrva@mail.ru, <sup>2</sup>saushev@bk.ru

В статье рассмотрена процедура формирования целеуказания для верхнего уровня совместного управления электроприводом человеко-машинной системы, базирующаяся на множестве неполных представлений элементарных движений для фрагмента эксплуатации системы на её жизненном цикле.

**Ключевые слова:** система «человек-машина», электропривод, управление, цель, моделирование.

## MODELING THE PURPOSES OF JOINT CONTROL OF AN AUTOMATED ELECTRIC DRIVE HUMAN-MACHINE SYSTEMS

Tyrva Vladimir Oskarovich<sup>1</sup>, Saushev Alexander Vasilyevich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>Admiral S.O. Makarov GUMRF, St. Petersburg  
<sup>1</sup>v.tyrva@mail.ru, <sup>2</sup>saushev@bk.ru

The article discusses the procedure for the formation of target designation for the upper level of joint control of the electric drive of a human-machine system. The procedure is based on a set of incomplete representations of elementary movements for a fragment of the operation of the system during its life cycle.

**Keywords:** man-machine system, electric drive, control, purpose, simulation.

Реализация совместного управления электроприводом в системе «человек-машина» (СЧМ) на уровнях целеуказания, планирования и исполнения [1] основана на использовании математической модели управляемых процессов в форме множества неполных представлений элементарных движений, в которых учитываются перемещения органов управления человеко-машинного интерфейса и динамика электропривода [2]. В работах [2, 3] приведено содержание этапов математического конструирования целеуказания на основе теории оптимального управления и мнений экспертов по реализации антропоморфного управления движением судна. В настоящей статье изложен подход к моделированию целеуказания при взаимодействии человека-оператора и управляющего автомата в совместном управлении электроприводом эргатической системы «человек-машина».

Элементарные движения органов управления и рабочего органа моделируются в едином для элементарных движений пространстве состояний в виде нормальных систем обыкновенных дифференциальных уравнений, которые представим в векторно-матричной форме

$$\frac{dX(t)}{dt} = F^r(X(t)), r = 1, 2, \dots, R, \quad (1)$$

где  $X(t)$  – матрица-столбец фазовых координат  $x_1, x_2, \dots, x_N$  пространства состояний  $\{t \times x_1 \times x_2 \times \dots \times x_N\}$ , числовые значения которых зависят от времени  $t$ ;  $R$  – количество неполных представлений элементарных движений: для индивидуального электропривода  $R=3$ , для двухдвигательного электропривода  $R=9$ , для трехдвигательного электропривода  $R=27$ . Пусть, например, для индивидуального электропривода цели элементарных движений: «ускорить», при  $r=1$ ; «замедлить» при  $r=2$ ; «не ускорять И не замедлять» (связка логической операцией И) при  $r=3$ .

Целедостижение рассматривается на фрагменте этапа эксплуатации электропривода в составе СЧМ на жизненном цикле. Поэтому принимаем, что каждому целеуказанию непосредственно предшествует достижение предыдущей цели управления, что выражается в существовании априорной информации о точке в пространстве состояний, определяющей конечное состояние СЧМ на предыдущем целедостижении и начальное состояние для последующего целеуказания. Такое условие должно выполняться для каждого фрагмента этапа эксплуатации электропривода СЧМ с заданной целью, если следовать гипотезе полной определенности Н. Н. Моисеева [4] при планировании траектории движения изображающей точки в пространстве состояний. Следовательно, помимо цели на некотором планируемом интервале времени  $[t_p, t_q]$  управления необходимо при планировании в пространстве состояний использовать априорную информацию о элементарных движениях непосредственно до момента  $t_p$  и непосредственно после момента  $t_q$ .

Каждую цель управления [5] на интервале времени  $(t_p - \Delta t, t_q + \Delta t)$  при достаточно малом  $\Delta t > 0$  представим формально в следующем виде:

$$C_{s \rightarrow f} = \left\{ \left[ t_s, X(t_s), \frac{dX(t)}{dt} = F^r(X(t)) \right] \rightarrow \left[ t_f, X(t_f), \frac{dX(t)}{dt} = F^k(X(t)) \right] \right\}, \quad (2)$$

где стрелкой обозначен переход от неполного представления элементарного движения (1) с номером  $r$  к представлению (1) с номером  $k$ . При  $t_f = t_s$  имеем элементарную цель  $C_s$ , для которой в (2)  $k \neq r$ . Она достигается реакцией электропривода на сигнал дискретного управления, называемого для совместного управления в СЧМ антропоморфным управлением [2]. При  $t_f > t_s$  на интервал  $(t_s, t_f)$  попадает одно или несколько элементарных движений (и элементарных целей) и, соответственно, сигналов антропоморфного управления. Конечная цель при условии  $s=p$  и  $f=q$  на фрагменте  $[t_p, t_q]$  и входящие в нее «внутренние» цели, включая цели элементарных движений, образуют иерархическую систему целей для целеуказания.

Например, полной системе целей перемещения электроприводом рабочего органа механизма из одного неподвижного положения в другое неподвижное положение при компромиссном решении оптимизационных задач максимального быстрогодействия и максимальной терминальной точности соответствует следующая последовательность номеров неполных представлений элементарных движений:  $\{3, 1, 3, 2, 3, 2, 3\}$  на интервале  $(t_p - \Delta t, t_q + \Delta t)$ . Управляющий автомат СЧМ при реализации технологий экспертных систем и нечеткой логики искусственного интеллекта идентифицирует упорядоченную во времени последовательность элементарных целей нулевого уровня иерархии полной системы целей: «ускорить» перемещение из состояния неподвижности до большой скорости; «не ускорить И не замедлить» перемещение; «замедлить» перемещение до малой скорости; «не ускорить И не замедлить» перемещение; «замедлить» перемещение до состояния неподвижности.

## Источники

1. Ющенко А.С. Человек и робот – совместимость и взаимодействие / А. С. Ющенко // Робототехника и техническая кибернетика № 1 (2). СПб.: Изд-во ЦНИИРТК, 2014. С. 4–9.
2. Тырва В.О. О теоретических основаниях автоматизации процессов управления в системе «человек-машина» // Автоматизация в промышленности. 2023. № 1. С. 47–53.
3. Тырва В.О., Саушев А.В. Целеуказание совместного управления в системе «человек-машина» // Мехатроника, автоматизация, управление. Том 24. 2023. № 2. С. 67–73.
4. Моисеев Н.Н. Элементы теории оптимальных систем. М.: Наука. 1974. 526 с.
5. Тырва В.О., Саушев А.В. О реализации совмещаемых управляющих воздействий на объект в системах «человек-машина» // Мехатроника, автоматизация, управление. 2020. № 21 (5). С. 274–281.

## ПОСЛЕАВАРИЙНОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Фатхуллина Ильвина Фархадовна<sup>1</sup>, Куракина Ольга Евгеньевна<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>Fathullinai@mail.ru, <sup>2</sup>esis.kgeu@mail.ru

Данная статья посвящена актуальной по сей день проблеме послеаварийного восстановления электроснабжения. В работе рассматриваются современные методы и технологии, обеспечивающие быстрое и эффективное восстановление энергосистемы после аварийных ситуаций, минимизирующие экономические потери и повышающие надёжность электроснабжения.

**Ключевые слова:** Аварийные ситуации, восстановление электроснабжение, современные методы.

## POST-EMERGENCY RESTORATION OF POWER SUPPLY

Fatkullina Ilvina Farhadovna<sup>1</sup>, Kurakina Olga Evgenievna<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
<sup>1</sup>Fathullinai@mail.ru, <sup>2</sup>esis.kgeu@mail.ru

This article is devoted to the problem of emergency restoration of power supply, which is still relevant today. The paper considers modern methods and technologies that ensure the rapid and efficient restoration of the power system after emergencies, minimizing economic losses and increasing the reliability of power supply.

**Keywords:** Emergency situations, restoration of power supply, modern methods.

Внезапное отключение электричества – событие, способное парализовать работу целых городов, остановить производственные процессы и нарушить повседневную жизнь миллионов людей. Послеаварийное восстановление электроснабжения – это не просто техническая задача, а сложный комплекс мероприятий, требующий оперативности, профессионализма и применения передовых технологий. От скорости и эффективности действий аварийных бригад зависит не только экономический ущерб, но и безопасность населения. [1]

Настоящие причины возникновения аварий в электроустановках разнообразны и могут быть классифицированы по различным признакам. В целом, их можно разделить на несколько основных групп [4]:

1. Повреждения оборудования: износ изоляции, дефекты производства, неисправности коммутационной аппаратуры.
2. Внешние воздействия: стихийные бедствия, попадание посторонних предметов, действие животных.

3. Нарушения в работе персонала: нарушение правил техники безопасности, ошибки в проектировании и монтаже, недостаточная квалификация персонала.

4. Прочие причины: перегрузка сети, перенапряжение. [4]

Существующие традиционные методы послеаварийного восстановления электроснабжения, хотя и эффективны, часто требуют значительных затрат времени и ресурсов. Стремительное развитие технологий диктует необходимость перехода к более современным и эффективным подходам. Ниже мы рассмотрим инновационные решения, которые существенно ускоряют процесс восстановления, повышают надежность электросетей и минимизируют экономический ущерб от аварийных ситуаций [2].

- Интеллектуальные системы управления (SCADA, АСУ ТП): Эти системы позволяют оперативно мониторить состояние электросети, автоматически выявлять повреждения и переключать нагрузку на резервные источники. Они предоставляют операторам полную картину ситуации и помогают принимать обоснованные решения о методах восстановления. Применение предиктивной аналитики позволяет прогнозировать вероятность аварий и проводить профилактическое обслуживание.

- Распределенные генераторы (микро-ТЭЦ, солнечные батареи): Развитие распределенной генерации позволяет снизить зависимость от централизованных источников электроэнергии. В случае аварии на основной сети, распределенные генераторы обеспечивают локальное электроснабжение критически важных объектов.

- Бесконтактные технологии: Использование дронов для обследования линий электропередач позволяет быстро оценить масштабы повреждений и ускорить ремонтные работы, особенно в труднодоступных местах. Роботизированные системы могут использоваться для выполнения некоторых ремонтных операций.

- Умные сети (Smart Grid): Умные сети используют передовые технологии для повышения надежности и устойчивости электроснабжения. Они способны автоматически перераспределять нагрузку, оптимизировать работу источников энергии и быстро восстанавливать электроснабжение после аварий. Включают в себя интеллектуальные датчики, системы автоматического управления, накопители энергии.

- Использование анализа больших данных: Анализ данных, получаемых с различных датчиков и систем мониторинга, позволяет выявлять скрытые проблемы в электросети и предотвращать аварии. Это помогает не только в восстановлении, но и в профилактике. [5]

В заключении хочется отметить, что все эти современные методы требуют постоянного совершенствования, инвестиций в модернизацию инфраструктуры, повышения квалификации персонала и внедрения систем профилактического обслуживания. Только комплексный подход, сочетающий в себе все выше сказанное поможет обеспечить бесперебойное и надежное электроснабжение в будущем [3].

### **Источники**

1. Рябов В.И. Энергоснабжение: управление и безопасность. Москва: Энергия, 2020.
2. Отчет о состоянии энергетической безопасности / Министерство энергетики [Электронный ресурс]. URL: <http://minenergo.gov.ru> (дата обращения: 10.10.2024).
3. Колесников И.А. Современные подходы к диагностике и ремонту электросетей // Энергетика и техника. 2023.
4. Зеленская О.В. Автоматизация процессов восстановления электроснабжения после аварий // НИИ Энергетики. 2021.
5. Дьяков М.П. Инновации в области энергоснабжения. М.: Вузовская книга, 2022.

## ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ И СОЕДИНЕНИЕ С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

Филина Ольга Алексеевна<sup>1</sup>, Егель Дмитрий Павлович<sup>2</sup>,  
Иванов Глеб Сергеевич<sup>3</sup>, Яруллин Ринат Радикович<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>ФГБОУ ВО «Казанский Государственный Энергетический Университет», г. Казань  
<sup>1,2,3,4</sup>olga\_yuminova83@mail.ru

В исследовании используется методология систематического обзора литературы, анализируя рецензируемые статьи, материалы конференций и научные диссертации за последнее десятилетие. Этот всеобъемлющий обзор служит ценным ресурсом для заинтересованных сторон в отрасли электродвигателей, предоставляя ценную информацию и рекомендации для будущих разработок в области устойчивых технологий электродвигателей.

**Ключевые слова:** повышение надежности, компонент, процесс преобразования, методология, наработка, неисправность, возможные состояния.

## SERIES CONNECTION OF ELECTRIC MOTORS AND CONNECTION WITH FEEDBACK

Filina Olga Alekseevna<sup>1</sup>, Egel Dmitry Pavlovich<sup>2</sup>,  
Ivanov Gleb Sergeevich<sup>3</sup>, Yarullin Rinat Radikovich<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
<sup>1,2,3,4</sup>olga\_yuminova83@mail.ru

The research employs a systematic literature review methodology, analyzing peer-reviewed articles, conference papers, and academic theses from the past decade. This comprehensive review serves as a valuable resource for stakeholders in the electric motor industry, providing insights and guidance for future developments in sustainable electric motor technologies.

**Key words:** reliability improvement, component, transformation process, methodology, operating time, fault, possible states.

Быстрое развитие мировой автомобильной промышленности выдвинуло на передний план проблемы энергетики и окружающей среды, сделав электромобили ключевым направлением развития новой энергетики.

Нормативная база разработки энергоэффективных асинхронных двигателей включает анализ энергопотребления в процессе изготовления и эксплуатации, открывая возможности для модернизации существующих конструкций до более экономичных и экологически чистых агрегатов.

Масштабирование очень важно в практических применениях, поскольку упрощает анализ моделей и проектирование регуляторов

(особенно при выборе весовых функций). Масштабирование предполагает, что инженер в начале процесса проектирования системы сделает предположение о требуемом качестве управления. Для этого необходимо определить предполагаемые амплитуды возмущающих и задающих воздействий, допустимую амплитуду каждого входного сигнала, а также допустимую вариацию каждого выхода модели объекта.

С учетом последовательного соединения электродвигателей данные связей уравнения подсистем записываются так:

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= \underbrace{A_1}_{n_1 \times n_1} x_1 + \underbrace{B_1}_{n_1 \times m_1} u, & y_1 &= \underbrace{C_1}_{l_1 \times n_1} x_1, \\ \dot{x}_2 &= \underbrace{A_2}_{n_2 \times n_2} x_2 + \underbrace{B_2}_{n_2 \times m_2} \underbrace{C_1}_{l_1 \times n_1} x_1, & y &= \underbrace{C_2}_{l_2 \times n_2} x_2, \end{aligned} \quad (1)$$

что позволяет записать матрицы объединенной системы при  $x=[x_1, x_2]^T$  в блочном виде, т. е.

$$A = \begin{bmatrix} \underbrace{A_1}_{n_1 \times n_1} & \underbrace{0}_{n_1 \times n_2} \\ \underbrace{B_2}_{n_2 \times m_2} \underbrace{C_1}_{l_1 \times n_1} & \underbrace{A_2}_{n_2 \times n_2} \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} \underbrace{B_1}_{n_1 \times m_1} \\ \underbrace{0}_{n_2 \times m_1} \end{bmatrix}, \quad C = \begin{bmatrix} \underbrace{0}_{l_2 \times n_1} & \underbrace{C_2}_{l_2 \times n_2} \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Пусть теперь подсистемы соединены по принципу обратной связи, т.е. выход подсистемы  $S_2$  вычитается из входа всей системы  $S$  и поступает на вход подсистемы  $S_1$  (рис. 1).

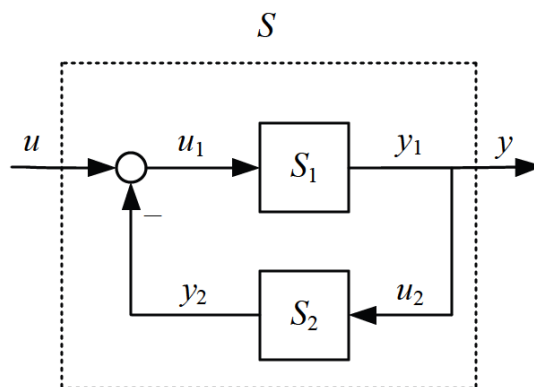


Рис. 1. Соединение с обратной связью

В качестве выхода общей системы  $S$  используется выход подсистемы  $S_1$ . Считается, что  $u_1 = u - y_2$ ,  $u_2 = y_1$ ,  $m_1 = l_2$ ,  $m_2 = l_1$ ,  $m = m_1$ ,  $l = l_1$ ,  $n = n_1 + n_2$ .



Исходя из связей  $S_1$  и  $S_2$ , их уравнения принимают вид

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= \underbrace{A_1}_{n_1 \times n_1} x_1 - \underbrace{B_1}_{n_1 \times m_1} \underbrace{C_2}_{l_2 \times n_2} x_2 + \underbrace{B_1}_{n_1 \times m_1} u, & y_1 &= \underbrace{C_1}_{l_1 \times n_1} x_1, \\ \dot{x}_2 &= \underbrace{A_2}_{n_2 \times n_2} x_2 + \underbrace{B_2}_{n_2 \times m_2} \underbrace{C_1}_{l_1 \times n_1} x_1, \end{aligned} \quad (3)$$

а матрицы в (1) определяются выражениями

$$A = \begin{bmatrix} \underbrace{A_1}_{n_1 \times n_1} & \underbrace{-B_1}_{n_1 \times m_1} \underbrace{C_2}_{l_2 \times n_2} \\ \underbrace{B_2}_{n_2 \times m_2} \underbrace{C_1}_{l_1 \times n_1} & \underbrace{A_2}_{n_2 \times n_2} \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} \underbrace{B_1}_{n_1 \times m_1} \\ \underbrace{0}_{n_2 \times m_1} \end{bmatrix}, \quad C = \begin{bmatrix} \underbrace{C_1}_{l_1 \times n_1} & \underbrace{0}_{l_1 \times n_2} \end{bmatrix} \quad (4)$$

Эффективность электродвигателей является решающим фактором их общей устойчивости. Комплексный взгляд на эти аспекты гарантирует, что электродвигатели вносят положительный вклад в достижение экологических целей.

### Источники

1. Лобанов Д.Е., Афиногентов Д.А., Филина О.А. Расчетные схемы уравнения // В книге: Новые технологии в учебном процессе и производстве. Сборник тезисов 22 Международной научно-технической конференции, посвящённой 90-летию со дня рождения Ю.А. Гагарина. Рязань, 2024. С. 505-506.

2. Филина О.А., Малозёмов Б.В., Щуров Н.И. Система генерации водородного топлива для бензиновых двигателей внутреннего сгорания легковых автомобилей // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. 2024. № 2 (419). С. 134-146.

3. Асанов Ф.В. Потери электрической энергии в системе тягового электроснабжения // В сборнике: Наука, образование, общество: тенденции и перспективы развития. Сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции. Чебоксары, 2023. С. 109-111.

4. Филина О.А., Малозёмов Б.В., Лисицын П.С. Повышение эффективности диагностирования щеточно-коллекторного узла карьерных самосвалов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2023. № 10-1. С. 261-279.

5. Абдуллина А.Р., Снежинская Е.С., Кашапов Р.И., Матвеев Е.В. Матричная экспонента в линейных моделях систем // В сборнике: Инновации в науке и практике. Сборник трудов по материалам X Всероссийского конкурса научно-исследовательских работ. Уфа, 2022. С. 19-31.

## СОЕДИНЕНИЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

Филина Ольга Алексеевна<sup>1</sup>, Дюндина Валерия Павловна<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский Государственный Энергетический Университет», г. Казань  
<sup>1</sup>olga\_yuminova83@mail.ru, <sup>2</sup>dyundina.lera@bk.ru

В исследовании используется методология систематического обзора литературы, анализируя рецензируемые статьи, материалы конференций и научные диссертации за последнее десятилетие. Однако потребность в более экологичных материалах, улучшенных процессах переработки и адаптации к развивающейся нормативной среде создает постоянные проблемы.

**Ключевые слова:** повышение надежности, компонент, процесс преобразования, методология, наработка, неисправность, возможные состояния.

## CONNECTION OF ELECTRIC MOTORS WITH FEEDBACK

Filina Olga Alekseevna<sup>1</sup>, Dyundina Valeria Pavlovna<sup>2</sup>

FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>olga\_yuminova83@mail.ru, <sup>2</sup>dyundina.lera@bk.ru

The research employs a systematic literature review methodology, analyzing peer-reviewed articles, conference papers, and academic theses from the past decade. However, the need for more sustainable materials, improved recycling processes, and adaptation to evolving regulatory landscapes presents ongoing challenges.

**Key words:** reliability improvement, component, transformation process, methodology, operating time, fault, possible states.

Появление электродвигателей восходит к 19 веку, когда появились новаторские работы таких изобретателей, как Майкл Фарадей и Никола Тесла. В 21 веке произошел сдвиг в сторону более экологичных и интеллектуальных конструкций двигателей.

Разработка эффективных двигателей с высоким крутящим моментом для электромобилей является ключевой областью исследований, позволяющей добиться значительных успехов в разработке двигателей и стратегиях управления.

Для неориентированного графа с кратными дугами элемент матрицы смежности равен числу ребер, соединяющих соответствующие вершины. Эти аспекты имеют решающее значение для решения экологических и энергетических проблем нашего времени.

Граф называется полным, если для любой пары его вершин существует дуга, соединяющая их.

Майр и др. [1, 2] подчеркивают важность рассмотрения перспектив рынка, продуктов и процессов при оценке устойчивости электродвигателей.

На рис. 1, а изображен полный орграф, а на рис. 1, б – полный неориентированный граф; рис. 2 соответствует смешанному графу.

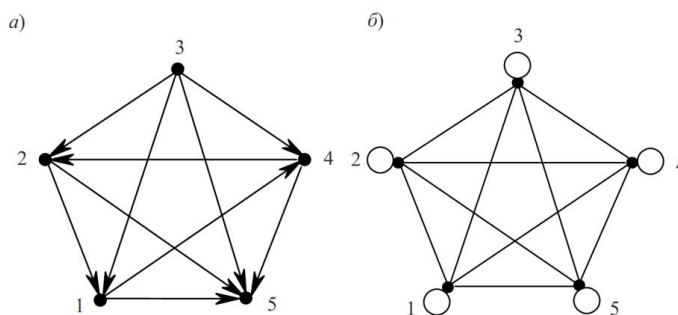


Рис. 1. Диаграммы графов: а – полный орграф; б – полный неориентированный граф

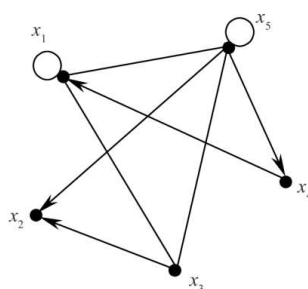


Рис. 2. Диаграмма графа, после замены пар дуг ребрами

Коновалов и др. [2, 3] обсуждают достижения в области систем охлаждения электродвигателей, которые имеют решающее значение для поддержания эксплуатационной эффективности и надежности.

Граф  $G_1 = \langle X_1, U_1 \rangle$  называется частью графа  $G = \langle X, U \rangle$ , если  $X_1 \subset X$ , а  $U_1 \subset U$ . Часть графа получают из графа путем исключения вершин и дуг.

Граф  $G_1 = \langle X_1, U_1 \rangle$  называется подграфом графа  $G = \langle X, U \rangle$ , если  $X_1 \subset X$ , а  $U_1 = U \cap (X_1 \times X_1)$ . Подграф получают из графа путем исключения вершин и дуг, инцидентных исключенным вершинам.

Граф  $G_1 = \langle X_1, U_1 \rangle$  называется суграфом (остовным графом) графа  $G_1 = \langle X_1, U \rangle$ , если  $X_1 = X$ , а  $U_1 \subset U$ . Суграф получают из графа путем удаления части дуг (рис. 3).

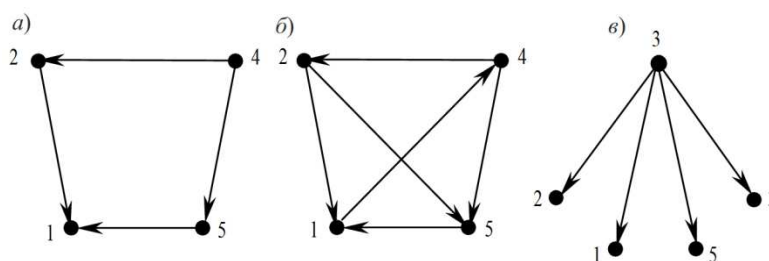


Рис. 3. Виды графа, приведенного на рис. 1, а: а – часть графа; б – подграф; в – суграф

Граф называется планарным, если можно построить такую его диаграмму в двухмерном пространстве (на плоскости, сфере), что любая точка, принадлежащая двум и более дугам графа, не является внутренней точкой никакой дуги этого графа.

Эти двигатели, разработанные Теслой и другими компаниями, обладали более высокой мощностью и эффективностью, что делало их идеальными для промышленного применения.

### **Источники**

1. Филина О.А., Баймеева Д.Р. Количественная оценка надежности систем на железнодорожных перевозках в условиях старения парка // Научный альманах. 2022. № 5-2 (91). С. 36-38.

2. Хаммедов Э.С.О. Применение методов для диагностирования объектов // В сборнике: Новое слово в науке: стратегии развития. Сборник материалов Международной научно-практической конференции . Чебоксары, 2021. С. 150-151.

3. Стародубец А.А., Нафигов А.Р., Филина О.А. Разработка систем технической диагностики // В сборнике: Fundamental Science And Technology. Сборник научных статей по материалам VII Международной научно-практической конференции. Уфа, 2021. С. 27-32.

4. Гатиятуллин Т.А., Ольховой А.В. Применение спектральных методов для диагностирования износа деталей // В сборнике: Наука и общество: векторы развития. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Чебоксары, 2021. С. 91-92.

5. Закирова Н.Ж., Сафиуллин Б.И., Фахердинов Д.Ш., Зайнуллин И.И. Измерение температуры и теплоты // В сборнике: Фундаментальные И Прикладные Аспекты Развития Современной Науки. Сборник научных статей по материалам IV Международной научно-практической конференции. Уфа, 2020. С. 103-106.

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА: НОВЫЕ ПОДХОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ

Халиуллина Гульшат Ильшатовна<sup>1</sup>, Валиуллина Дилия Мансуровна<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>gulshat1907@gmail.com, <sup>2</sup>valiullinadiliya@mail.ru

В данной статье рассматривается тема энергетической безопасности в условиях изменения климата, которая становится все более актуальной в современном мире. Изменения климата оказывают значительное влияние на энергетическую инфраструктуру, вызывая перебои в поставках ресурсов и снижая производственные мощности. В работе также обсуждаются новые подходы и технологии, которые могут способствовать улучшению энергетической безопасности.

**Ключевые слова:** энергетическая безопасность, изменения климата, модернизация, инновационные технологии.

## ENERGY SECURITY UNDER CLIMATE CHANGE: NEW APPROACHES AND TECHNOLOGIES

Khaliullina Gulshat Ilshatovna<sup>1</sup>, Valiullina Diliya Mansurovna<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
<sup>1</sup>gulshat1907@gmail.com, <sup>2</sup>valiullinadiliya@mail.ru

This article discusses the topic of energy security in the context of climate change, which is becoming increasingly relevant in the modern world. Climate change is having a significant impact on energy infrastructure, causing supply disruptions and reducing production capacity. The paper also discusses new approaches and technologies that can help improve energy security.

**Keywords:** energy security, climate change, modernization, innovative technologies.

Энергетическая безопасность — это уверенность в том, что энергия будет иметься в распоряжении в том количестве и того качества, которые требуются при данных экономических условиях [1]. Энергетическая безопасность — это состояние, при котором каждый гражданин, предприятие и государство имеют доступ к необходимым энергетическим ресурсам, и эти ресурсы поставляются надежно и доступно. Однако с учетом изменений климата, эта безопасность становится все более уязвимой. Изменения климата, вызванные антропогенными факторами, влияют на производство и распределение энергии, создавая новые вызовы для энергетических систем. Изменение климата имеет множество последствий для энергетической инфраструктуры. Увеличение частоты и интенсивности природных катастроф, таких как ураганы, наводнения и

засухи, приводит к перебоям в поставках электроэнергии. Согласно исследованиям, изменение климата может повлиять на доступность ресурсов, таких как вода, которая необходима для работы тепловых и гидроэлектростанций. Снижение уровня водоемов может привести к уменьшению электропроизводства на гидроэлектростанциях, а изменение температурных режимов может увеличить потребление электроэнергии для охлаждения.

Согласно отчёту Российского Академического Научного Центра, значительная часть энергетической инфраструктуры находится в зонах повышенного риска, подверженных стихийным бедствиям. Это означает, что инфраструктура нуждается в модернизации и защите для предотвращения разрушительных последствий [2].

В ответ на вызовы изменения климата, необходимо внедрение новых подходов к обеспечению энергетической безопасности, включая адаптацию, устойчивое энергетическое развитие и инновационные технологии.

### 1. Диверсификация источников энергии

Один из ключевых подходов заключается в диверсификации источников энергии. Это включает в себя развитие возобновляемых источников, таких как солнечная и ветровая энергия, которые могут помочь снизить зависимость от ископаемых топлив. По данным министерства энергетики Российской Федерации, переход на возобновляемую энергетику может значительно повысить устойчивость энергетической системы [3].

### 2. Умные сети и цифровизация

Цифровые технологии и умные сети становятся важными инструментами для повышения устойчивости энергетических систем. Они позволяют лучше управлять потреблением и производством энергии, а также внедряют технологии для защиты инфрасистем от потенциальных угроз и перебоев. Например, использование систем мониторинга и предсказания может помочь в предотвращении перебоев в поставках [4].

### 3. Инвестиции в устойчивую инфраструктуру

Инвестиции в устойчивую и адаптивную инфраструктуру критически важны для повышения энергетической безопасности. Модернизация существующих энергосистем, а также строительство новых объектов с учетом возможных климатических изменений, могут значительно улучшить надежность поставок. Важно также учитывать обучение и подготовку кадров, что является ключевым фактором в успешной реализации новых технологий [5].

Таким образом энергетическая безопасность в условиях изменения климата это сложная, многогранная проблема, требующая комплексного подхода и внедрения новых технологий и методов. Диверсификация источников энергии, цифровизация и устойчивые инвестиции в инфраструктуру могут значительно повысить надежность энергетических систем. Стратегии и действия, принятые сегодня, определяют, как успешно наше общество сможет справиться с вызовами изменений климата в будущем.

### **Источники**

1. Мировой Энергетический Совет. Сообщество лидеров энергетического сектора, выступающее в поддержку рациональных поставок и использования энергии во благо всего человечества [Электронный ресурс]. URL: [:https://www.worldenergy.org/wp-page\\_document\\_21\\_3\\_14\\_RU\\_FINAL.pdf](https://www.worldenergy.org/wp-page_document_21_3_14_RU_FINAL.pdf) (дата обращения: 23.10.2024).

2. Савельев И. Риски для энергетической инфраструктуры в условиях изменения климата // Журнал современных исследований, 2020. Т. 15 (3). С 23-34.

3. Отчет о состоянии энергетической безопасности/ Министерство энергетики [Электронный ресурс]. URL: <http://minenergo.gov.ru> (дата обращения: 23.10.2024).

4. Петров В. Цифровизация и умные сети: как технологии меняют энергетику // Инновационные технологии в энергетике. 2023. Т. 9(1). С. 12-19.

5. Иванов С. Устойчивые инвестиции в энергетическую инфраструктуру // Экономика и экология. Т.8(2). С. 67-74.

6. Крупенёв Д.С., Пискунова В.М., Гальфингер А.Г. Моделирование тепловых электростанций при исследовании надёжности энергоснабжения и энергетической безопасности // ИЗВУЗ. Проблемы энергетики. 2023. Т. 25, № 2.

## РАССМОТРЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И УЧЁТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Хорьяков Антон Игоревич<sup>1</sup>, Гаврилов Вадим Александрович<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1,2</sup>2s19gavr@gmail.com

В работе рассматриваются анализ уровней автоматизированных систем контроля и учета электрической энергии. В качестве технического решения, демонстрирующего логику АСКУЭ рассмотрена система, построенная на серверах – SCADA.

**Ключевые слова:** автоматизированная система, учёт, электроэнергия, сервер.

## CONSIDERATION OF AUTOMATED POWER CONTROL AND METERING SYSTEMS

Horiakov Anton Igorevich<sup>1</sup>, Gavrilov Vadim Alexandrovich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
<sup>1,2</sup>2s19gavr@gmail.com

The paper considers the analysis of the levels of automated systems for monitoring and accounting of electric energy. A system built on SCADA servers is considered as a technical solution demonstrating the logic of the APCMS.

**Keywords:** automated system, accounting, electricity, server.

В настоящее время электрификация требует качественного учёта. Это вызвано следующими причинами:

- невозможность накопления электроэнергии в силу её физической природы;
- поставки электроэнергии предприятиями генерации жёстко связаны с множеством потребителей. Вся произведённая электроэнергия отдаётся в энергосистему и невозможно определить производителя: можно всего лишь осуществлять контроль объёмов от генерации до потребителя;
- электроэнергия как ресурс является жизненно необходимым товаром потребителю и лишь в исключительных случаях можно её заменить автономными источниками – дизель-генераторные установки;
- необходимость контроля качества электроэнергии по критериям надёжности работы в соответствии с Правилами технологического функционирования;

Важно отметить, что в случае небольшого небаланса генерации и потребления не приводит к потере устойчивости энергосистемы.



Рассмотрим автоматизированные системы контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ) и её уровни с разбором устройств, входящих в данный уровень АСКУЭ.

АСКУЭ представляет собой многоуровневую иерархическую автоматизированную систему, способную обеспечивать измерение количества и качества электроэнергии с определением параметров электроэнергетического режима. Посредством сбора и передачи результатов телеизмерений по информационным каналам на высший уровень – сервер.

Первым уровнем иерархии являются многофункциональные счётчики электроэнергии, содержащие в себя измерительные трансформаторы тока и напряжения, различные вторичные измерительные цепи. Этот уровень является измерительным уровнем: выполняет измерение параметров ЭЭ в точке учёта, регистрирует события и хранит в памяти измерительного устройства для дальнейшего аккумулирования информации и передачи её на второй уровень – в концентратор. Оборудование, входящее в первый уровень называется измерительно-информационным комплексом точки учёта.

Второй уровень АСКУЭ включает в себя устройства сбора и передачи данных и каналобразующую аппаратуру. Этот уровень обеспечивает сбор и передачу информации на высший уровень. В некоторых интерпретациях АСКУЭ второй уровень совмещается с первым или третьим. Сбор и передача информации от нескольких измерительно-информационный комплекс точки учёта (ИИК ТУ) осуществляется устройствами, объединёнными коммуникационными каналами – коммутаторами или концентраторами [1, с.316].

Под третьим уровнем АСКУЭ подразумевается комплекс технических средств, осуществляющих контроль приёма-передачи данных при помощи каналобразующей аппаратуры, АРМ, ПО и систем обеспечения единого времени. Этот уровень обеспечивает автоматический сбор и сохранение результатов измерений, позволяет диагностировать состояние ЭЭС, ЭС или потребительской сети. Также данное оборудование подготавливает отчёт, а также импортирует и экспортирует данные [2, с. 12; 3, с. 24].

Большое количество принимаемых сигналов от устройств телемеханики и релейной защиты объекта электроэнергетики напрямую влияет на скорость ликвидации ненормального режима электроэнергетической системы. Передача сигналов осуществляется за счёт МЭК 61850-8.2 (GOOSE), который отличается высоким быстродействием [4, с. 100].

Для того, чтобы система, основанная на MMS и GOOSE работала слаженно, используются два стационарных контроллера: система сбора, подключенная к шине процесса, и передачи информации – на шине станции, они подключены друг к другу при помощи интерфейса Ethernet. Систематизированная информация с встраиваемого компьютера направляется в диспетчерское управление волоконно-оптической линией связи или радиосвязью для мониторинга персоналом ДУ на MMS Клиент, который непосредственно оповещает диспетчера [5, с. 77].

При помощи данной системы можно отслеживать нестабильные режимы работы на подстанции, производить сбор информации для мониторинга состояния оборудования с использованием нейронных сетей.

Подводя итог, можно сказать, что рассмотренное выше решение позволяет осуществлять оптимизацию существующих систем в электрических сетях, а также увеличивать оперативность принятия решений диспетчером. Для автоматизации диспетчеризации целесообразно использовать нейронные сети, искусственный интеллект и унифицированные стандарты, которые позволят увеличивать скорость передачи необходимой информации, а также устанавливать различное оборудование и повышать вариативность и эффективность сборок.

### **Источники**

1. Герасименко А.А. Передача и распределение электрической энергии: учебное пособие / А.А. Герасименко, В.Т. Федин. Ростов н/Д.: Феникс; Красноярск: Издательские проекты, 2006. 720 с.

2. Shin S.J., Meilanitasari P. Developing a big data analytics platform for manufacturing systems: architecture, method, and implementation // International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2018. P. 1-42.

3. Тарченков В.Ф. Проектирование автоматизированных систем : конспект лекций / В.Ф. Тарченков; Сиб. гос. технол. ун-т. Красноярск, 2010. 87 с.

4. Зильбербург Л.И., Молочник В.И., Яблочников Е.И. Информационные технологии в проектировании и производстве. СПб: Политехника, 2008. 304 с.

5. Клюев А.С., Таланов В.Д., Демин А.М. Проектирование систем автоматизации / под ред. А.С. Клюева. М.: «Испо-Сервис», 2002. 148 с.

## АНАЛИЗ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ АНАЛОГОВЫХ, ЦИФРОВЫХ И ДИСКРЕТНЫХ СИГНАЛОВ

Цветкова Анастасия Алексеевна<sup>1</sup>, Гаврилов Вадим Александрович<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1,2</sup>nedeградantblin@yandex.ru

В данной работе рассмотрены три вида сигналов: аналоговый, цифровой и дискретный. В ходе анализа выявлены преимущества и недостатки каждого вида сигнала, а также определены области применения.

**Ключевые слова:** анализ, аналоговый сигнал, цифровой сигнал, дискретный сигнал.

## ANALYSIS OF CONVERSION OF ANALOG, DIGITAL AND DISCRETE SIGNALS

Tsvetkova Anastasiia Alexeevna<sup>1</sup>, Gavrillov Vadim Alexandrovich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup> FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
<sup>1,2</sup>nedeградantblin@yandex.ru

In this paper, three types of signals are considered: analog, digital and discrete. The analysis revealed the advantages and disadvantages of each signal, as well as identified areas of application,

**Keywords:** analysis, analog signal, digital signal, discrete signal.

Поскольку большинство устройств, взаимодействующих с компьютерной техникой, имеют аналоговый вход или выход, а сама компьютерная техника – цифровой, на сегодняшний день вопрос о преобразовании аналогового сигнала в цифровой и наоборот является актуальным (рис. 1) [5, с. 87].

Именно по этим причинам вопрос преобразования сигналов, а также величин, связанных с ними, также достаточно важен в электроэнергетике. За счёт использования систем постоянного отслеживания технологических процессов на объекте электроэнергетики диспетчер может анализировать и своевременно выявлять проблемы в энергосистеме [1, с. 118]. Для того, чтобы выполнить данное действие и сообщить об аварии вовремя, необходимо достаточно быстро получить информацию, понятную диспетчеру.

Существует 3 вида сигнала: аналоговый, дискретный, цифровой.

Аналоговый сигнал – это сигнал, непрерывно меняющийся во времени он может принимать любое значение в определенном диапазоне.

Аналоговый сигнал представляет собой непрерывную функцию, где изменения значения сигнала происходят плавно, также данный сигнал может принимать бесконечное множество значений в пределах своего диапазона. Такой сигнал часто используется для передачи физических величин, таких, как температура, давление, звук, свет [2, с. 62].

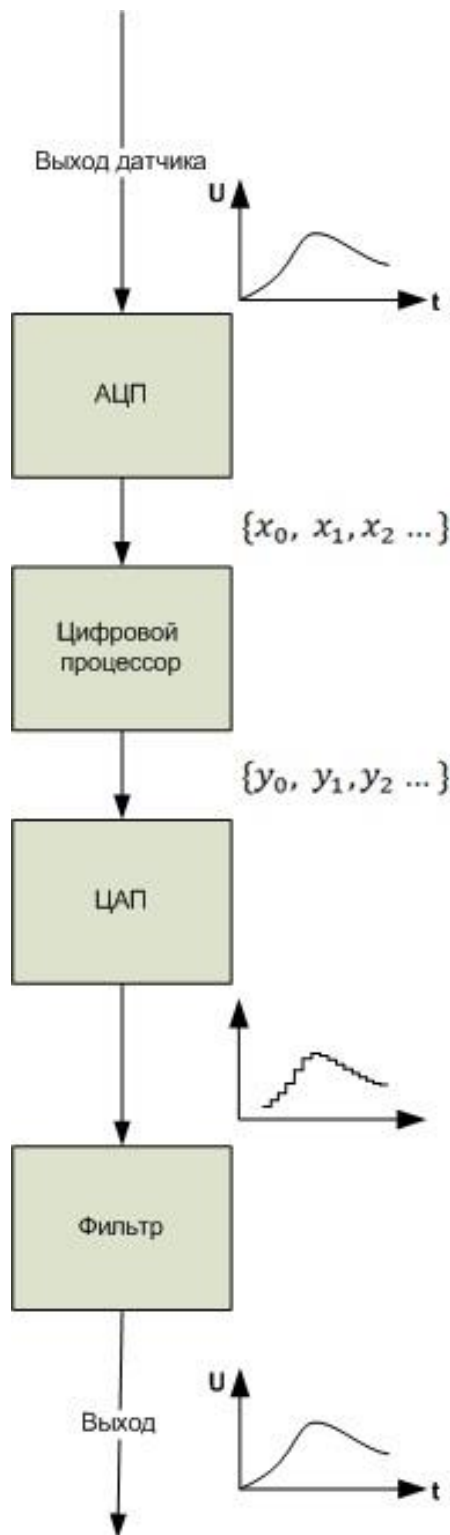


Рис. 1. Схема цифровой обработки сигнала

Дискретный сигнал - меняется только в определенные моменты времени, то есть имеет дискретные значения. Данный сигнал измеряется в определенные моменты времени, называемые точками дискретизации. Следует отметить, что значение сигнала между точками дискретизации теряется.

Цифровой сигнал - представлен в виде последовательности дискретных значений, которые обычно кодируются с помощью двоичных чисел (0 и 1). Он представляет собой дискретную последовательность кодов, которая кодирует информацию о сигнале. В ногу с данным сигналом идет квантование - процесс преобразования непрерывного значения сигнала в одно из конечного множества значений.

Рассмотрим преимущества и недостатки вышеперечисленных сигналов. К неоспоримому преимуществу аналоговых сигналов относится высокая точность, тем не менее, сигналы чувствительны к шуму и сложны в обработке. Напротив, дискретные сигналы просты в обработке, могут использоваться для цифровых систем, но все же некоторая информация теряется между точками дискретизации. Цифровые сигналы устойчивы к шуму, легко обрабатываются, могут храниться и передаваться на большие расстояния, такой сигнал считают менее точным в сравнении с аналоговым в случае снижения объема передаваемой информации, также ему требуется аналого-цифровая конверсия.

Таблица сравнения видов сигналов представлена в табл. 2 [3, с. 720].

Характеристика	Аналоговый сигнал	Дискретный сигнал	Цифровой сигнал
<b>Изменение во времени</b>	Непрерывное	Дискретное	Дискретное
<b>Значение</b>	Непрерывное	Дискретное	Дискретное (кодируется двоичными числами)
<b>Представление</b>	Волновая форма	Последовательность значений	Последовательность двоичных кодов
<b>Точность</b>	Высокая	Зависит от частоты дискретизации	Зависит от количества битов для кодирования
<b>Устойчивость к шуму</b>	Низкая	Средняя	Высокая

Рис. 2. Таблица сравнения сигналов

В заключение можно отметить, что выбор типа сигнала зависит от конкретной задачи. Аналоговые сигналы используются, когда целью является высокая точность результатов и присутствует минимальное удаление источника сигнала от измерителя, а цифровые сигналы - когда важна устойчивость к шуму, простота обработки и большое удаление источника от измерителя. Дискретные сигналы являются промежуточным звеном между аналоговым и цифровым.

## Источники

1. Реймген Ю.Э. Автоматизированные системы управления технологическими процессами. SCADA система / Ю. Э. Реймген // Научный вестник Московского государственного горного университета. 2012. № 12. С. 114-132.
2. Суриков В.Н., Малютин И.Б., Серебряков Н.П. Автоматизация технологических процессов и производств: учебно-методическое пособие. СПб., 2011. 62 с.
3. Герасименко А.А. Передача и распределение электрической энергии: учебное пособие / А.А. Герасименко, В.Т. Федин. Ростов н/Д.: Феникс; Красноярск: Издательские проекты, 2006. 720 с.
4. Shin S.J., Meilanitasari P. Developing a big data analytics platform for manufacturing systems: architecture, method, and implementation // International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2018. P. 1-42.
5. Тарченков В.Ф. Проектирование автоматизированных систем : конспект лекций / В.Ф. Тарченков; Сиб. гос. технол. ун-т. Красноярск, 2010. 87 с.

## ПРИНЦИП ПОДБОРА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ В СИГНАЛ 4-20 МИЛЛИАМПЕР

Цветкова Анастасия Алексеевна<sup>1</sup>, Гаврилов Вадим Александрович<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1,2</sup>nedegradantblin@yandex.ru

В данной работе рассматривается принцип выбора преобразователя температуры в сигнал 4-20 мА.

**Ключевые слова:** подбор, преобразователь температуры, сигнал 4-20 мА.

## THE PRINCIPLE OF SELECTING TEMPERATURE CONVERTERS INTO A 4-20 MILLIAMPERE SIGNAL

Tsvetkova Anastasiia Alexeevna<sup>1</sup>, Gavrillov Vadim Alexandrovich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1,2</sup>nedegradantblin@yandex.ru

In this paper, the principle of choosing a temperature converter to a 4-20 mA signal is considered.

**Keywords:** selection, temperature converter, 4-20 mA signal.

В настоящее время преобразователи температуры применяются во вторичной аппаратуре систем автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами, а также в коммунальном хозяйстве, диспетчеризации, телемеханических информационно-измерительных комплексах, следовательно, являются активными в применении в разных отраслях промышленности.

Преобразователи температуры в сигнал 4-20 мА – электронные устройства, преобразующие значение температуры в пропорциональный ему электрический сигнал в диапазоне 4-20 миллиампер (мА)

Основные функции преобразователей температуры [1, с. 87]:

1. Измерение температуры: Датчик измеряет температуру среды.
2. Преобразование: Значение температуры преобразуется в пропорциональный электрический сигнал.
3. Стандартизация: Сигнал нормализуется до диапазона 4-20 мА (стандартный сигнал в промышленной автоматизации).

Преобразователям температуры в сигнал 4-20 мА отдают преимущество по некоторому ряду причин. Сигнал 4-20 мА является стандартным в промышленной автоматизации, что позволяет использовать

преобразователи с различными контроллерами и устройствами. Также сигнал 4-20 мА устойчив к шумам и помехам, что делает его надежным для использования в сложных промышленных условиях[3, с. 172].

- простота монтажа: преобразователи 4-20 мА легко монтируются и подключаются, при этом не требуют настройки;

- линейность: сигнал 4-20 мА является линейным, что обеспечивает точность и пропорциональность измерений.

Выбор преобразователя температуры – это задача, требующая учета множества факторов[2, с. 54-57]:

#### 1. Тип датчика температуры:

- термопара: преимуществом термопар является широкий диапазон измерения температуры (от -200 °С до +1800 °С) и высокая чувствительность;

- терморезистор (RTD): RTD обладают высокой точностью, стабильностью и линейностью. Их диапазон измерения обычно ограничен (от -200°С до +600°С);

- полупроводниковые датчики: недорогие и имеют компактные размеры;

- пирометры (инфракрасные датчики): измеряют температуру бесконтактным способом.

#### 2. Диапазон измеряемых температур:

- минимальная и максимальная температура: преобразователь должен быть способен измерять температуру в нужном диапазоне, при этом сигнал 4 мА соответствует минимальной измеряемой температуре, а 20 мА, максимальной;

- точность: точность измерения температуры зависит от типа датчика, преобразователя и условий эксплуатации.

#### 3. Требования к точности:

- ошибки: необходимо учитывать допустимую погрешность измерения, которая может быть выражена в градусах Цельсия или в процентах от измеренного значения;

- стабильность: стабильность преобразователя – это его способность сохранять точность измерений во времени и при изменении условий эксплуатации.

#### 4. Дополнительные функции:

- индикация: некоторые преобразователи имеют встроенный дисплей для визуального отображения измеренной температуры, что может быть удобным для службы эксплуатации на объекте;



- сигнализация: преобразователи могут выдавать сигналы тревоги при превышении или понижении температуры, например, посредством входящего в состав релейного выхода типа «сухой контакт»;

- коммуникация: цифровые преобразователи могут иметь интерфейсы для связи с системой управления (RS485, Ethernet).

#### 5. Среда применения:

- температура окружающей среды: преобразователь должен работать в заданном диапазоне температур;

- влажность: влажность среды может повлиять на работу преобразователя, поэтому, при эксплуатации в условиях повышенной влажности, необходимо выбрать модель, устойчивую к влаге;

- вибрация: в вибрирующей среде необходимо использовать преобразователь с виброустойчивой конструкцией;

- коррозия: в агрессивной среде преобразователь должен иметь защиту от коррозии.

#### 6. Стоимость:

- цена: преобразователи могут иметь разные цены в зависимости от типа датчика, функциональности и производителя;

- эксплуатационные затраты: необходимо учитывать стоимость установки, обслуживания и ремонта.

#### 7. Совместимость с системой управления:

- сигнал: преобразователь должен выдавать сигнал 4...20 мА, совместимый с системой управления.

- протоколы связи: цифровые преобразователи должны поддерживать протоколы связи, которые используются в системе управления.

#### 8. Документация и поддержка:

- технические характеристики: необходимо ознакомиться с техническими характеристиками преобразователя, чтобы убедиться, что он соответствует требованиям;

- гарантия: гарантия должна быть достаточной для обеспечения уверенности в качестве продукта;

- техническая поддержка: важно иметь доступ к технической поддержке производителя в случае возникновения проблем.

В заключение можно отметить, правильный выбор преобразователя температуры – это залог точного и надежного измерения, а также безопасной эксплуатации системы. Перед выбором преобразователя температуры необходимо определить потребности, исходя из вышеперечисленных факторов.

## Источники

1. Абрамович Б.Н. Проблемы проектирования подстанций, систем контроля качества электроэнергии и учета электропотребления для предприятий горной промышленности / Абрамович Б.Н., Грин А.В., Виноградов И.В., Сергеев А.М., Лозовский С.Е. Санкт-Петербург: Сборник научных трудов СПГТИ, 1996.

2. Мещеряков В.Н. Компенсация гармонических искажений и реактивной мощности в однофазных электрических сетях посредством параллельного активного фильтра электроэнергии на базе релейного регулятора тока / В.Н. Мещеряков, М.М. Хабибуллин // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. Новочеркасск. 2013. № 4. С. 54-57

3. Пронин М.В. Силовые полностью управляемые полупроводниковые преобразователи (моделирование и расчет) / Пронин М.В. Воронцов А.Г. СПб.: ОАО «Электросила», 2003. 172 с.

## СВЕРХМАЛОШУМНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ ДЛЯ СВЕРХНИЗКОПОЛЕВОЙ МРТ

Чан Ван Тунг<sup>1</sup>, Нгуен Тхи Тху Ха<sup>2</sup>, Чан Куанг Вьет<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>Ханойский промышленный университет, Ханой, Вьетнам  
<sup>1</sup>tungtv@hau.edu.vn, <sup>2</sup>hantt2@hau.edu.vn, <sup>3</sup>vietq1@hau.edu.vn

В сверхнизкопольной (СНП) МРТ приложенные магнитные поля порядка 100 мкТл действуют во время измерений с использованием одного или нескольких датчиков СКВИУ. Токовый шум в катушках, создающих эти поля, должен быть чрезвычайно низким, чтобы не вносить дополнительные помехи в измерения, особенно при работе с приемными катушками магнитометра. Кроме того, для реализации сложных последовательностей импульсов прикладываемые поля часто требуют изменения их величины в миллисекундных временных масштабах, что, в свою очередь, требует относительно высоких напряжений и достаточной ширины полосы пропускания.

**Ключевые слова:** сверхнизкое поле; сверхнизкий уровень шума; усилитель; ЯМР; МРТ.

## ULTRA-LOW-NOISE AMPLIFIER FOR ULTRA-LOW-FIELD MRI

Tran Van Tung<sup>1</sup>, Nguyen Thi Thu Ha<sup>2</sup>, Tran Quang Viet<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>Hanoi University of Industry, Ha Noi, Viet Nam  
<sup>1</sup>tungtv@hau.edu.vn, <sup>2</sup>hantt2@hau.edu.vn, <sup>3</sup>vietq1@hau.edu.vn

In ultra-low-field (ULF) MRI, applied fields on the order of 100  $\mu$ T are present during the measurement with one or more SQUID sensors. The current noise in the coils that produce the fields must be extremely small in order not to add noise to the measurement, especially when measured using magnetometer pickup coils. In addition, to allow other than the most basic pulse sequences, the applied fields must often be ramped up and down at millisecond time scales, requiring relatively high voltages and sufficient bandwidth.

**Keywords:** Ultra-low-field; ultra-low-noise; amplifier; NMR; MRI.

### 1. Введение

В МРТ сверхнизкое основное магнитное поле  $\vec{B}_0$  порядка 100 мкТл вызывает ядерный магнитный резонанс (ЯМР) в диапазоне кГц. Проведение МРТ на таких низких частотах становится возможным благодаря использованию сверхпроводящих квантовых интерференционных устройств (СКВИУ), которые могут быть настроены как высокочувствительные датчики магнитного поля с чувствительностью, не зависящей от частоты [1].

Основная проблема электроники усилителя заключается в необходимости обеспечения токов с чрезвычайно низким уровнем шума, чтобы не увеличивать шум измерений, так как при регистрации сигнала обычно присутствуют как минимум два приложенных поля. Хотя эта задача возникает даже при использовании градиентометрических датчиков [2], она становится особенно сложной при применении катушек магнитометра. Требуемый динамический диапазон, охватывающий шум на уровне  $fT$  и поля до  $100 \text{ мкТл}$ , достигает  $180 \text{ дБ}$  (при полосе пропускания  $10 \text{ кГц}$ ).

Дополнительные трудности связаны с изменением токов в несколько ампер через индуктивную нагрузку на миллисекундных временных масштабах. Импульсные последовательности простираются в килогерцевый диапазон, перекрываясь с полосой частот сигнала, в которой система должна обеспечивать чрезвычайно низкий уровень шума [3]. Однако добиться одновременно низкого уровня шума и точной подачи тока для индуктивной нагрузки в этой полосе частот крайне сложно.

## 2. Схема усилителя

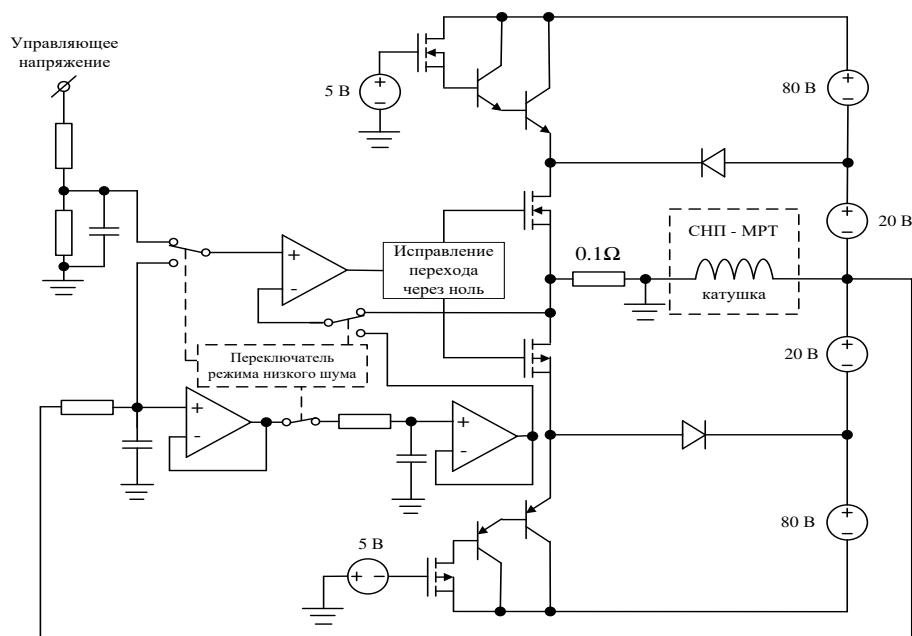


Рис. 1. Принципиальная схема усилителя. Для перехода в сверхмалозумящий режим используются три полупроводниковых ключа

Схема усилителя представлена на рис. 1. Она разработана и реализована как специализированный линейный усилитель с выходным каскадом на полевом транзисторе (FET). Ключевые особенности, адаптированные для СНП-МРТ, включают возможность замораживания тока в сверхнизкошумящем режиме для эффективного получения сигнала, напряжение  $U$  на катушке определяется по следующей формуле:

$$U = RI + L \frac{dI}{dt} \quad (1)$$

где  $I$  - ток в катушке,  $R$  - сопротивление катушки ( $\sim 1$  Ом), а  $L$  - индуктивность катушки ( $\sim 10$  мГн). Следовательно, повышение напряжения до 80 В соответствует времени нарастания 1 мс для тока 8 А.

Схема построена вокруг одного малозумящего прецизионного операционного усилителя, который управляет выходным каскадом FET через сеть, которая обеспечивает поток по крайней мере небольшого тока покоя в FET в любое время. Выходной каскад питается от отдельных плавающих источников напряжения. Дополнительные конфигурации Дарлингтона управляют использованием источников более высокого напряжения во время рамп, когда это необходимо.

Сверхмалозумящий режим достигается переключением на альтернативную схему обратной связи. Схема выборки и хранения настроена на захват и удержание потенциала на незаземленном конце катушки нагрузки, в то время как основной операционный усилитель обеспечивает стабильное поддержание этого состояния. В результате токовый шум значительно снижается, так как индуктивное сопротивление катушки эффективно подавляет шум операционного усилителя.

### 3. Результаты

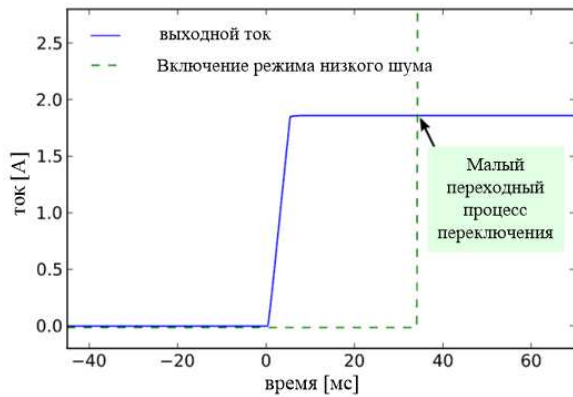


Рис. 2. Пример импульса тока с переходом в сверхмалозумящий режим.

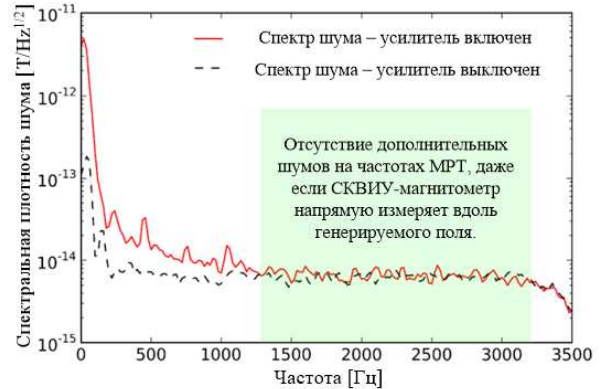


Рис. 3. Спектр амплитуды шума при отсутствии тока в катушке  $B_0$  (пунктирная линия) и при наличии тока в катушке  $B_0$  2 А в режиме сверхнизкого шума (сплошная линия).

На рис. 2 показано начало измеренного трапецевидного импульса тока, подаваемого в катушку  $B_0$ . Во время импульса усилителю подается сигнал на переключение в режим сверхнизкого шума. Переключение режимов происходит быстро, а результирующий переходный процесс настолько мал. Также смещение тока между двумя режимами усилителя было отрегулировано почти до нуля.

Шумовые характеристики усилителя в сверхмалошумном режиме показаны на рис. 3. Использовался один магнитометр СКВИУ в системе для измерения поля, создаваемого током в катушке  $B_0$ , которая имеет эффективность поля 16,7 мкТл/А на датчике СКВИУ. На типичных частотах сигнала ЯМР между 2 и 3 кГц ток, подаваемый усилителем, не увеличивает шум измерения, что позволяет предположить, что шум ниже примерно  $1\text{fT}/\sqrt{\text{Гц}}$ , что соответствует менее 60 pA/ $\sqrt{\text{Гц}}$  в спектральной плотности выходного тока шума усилителя.

#### **4. Выводы**

Мы разработали и построили усилитель для СМП-МРТ, обеспечивающий как быстрое нарастание тока, так и низкий уровень шума. Переключая между нормальным и сверхнизким уровнем шума, усилитель эффективно достигает динамического диапазона более 180 дБ на типичных частотах ЯМР. На низких частотах шум измерения несколько повышен, но все еще достаточно низок, чтобы при многоканальном измерении можно было использовать методы обработки сигнала для подавления шума.

#### **Источники**

1. R. McDermott, S-K. Lee, B. ten Haken, A. H. Trabesinger, A. Pines, and J. Clarke, "Microtesla MRI with a superconducting quantum interference device," Proc. Nat. Acad. Sci., vol. 101, pp. 7857-7861, 2004.
2. Oyama D, Hatta J, Miyamoto M, Adachi Y, Higuchi M, Kawai J, Fujihira JI, Tsuyuguchi N, Uehara G 2013 Investigation of magnetic interference induced via gradient field coils for ultra-low field MRI systems, Poster 2P-EL1-15, European Conference on Applied Superconductivity, Genoa, Italy.
3. Zevenhoven KCJ 2011 Solving transient problems in ultra-low-field MRI, MSc thesis, Aalto University, Finland, <http://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-201305163099>.

## ИССЛЕДОВАНИЕ РЧ КАТУШКИ В СИСТЕМЕ ОБНАРУЖЕНИЯ СИГНАЛОВ ЯКР

Чан Ван Тунг<sup>1</sup>, Данг Кам Тхат<sup>2</sup>, Ву Тхи Хоанг Йен<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup> Ханойский промышленный университет, Ханой, Вьетнам  
<sup>1</sup>tungtv@hau.edu.vn, <sup>2</sup>thachdc@hau.edu.vn, <sup>3</sup>Yenvth@hau.edu.vn

В статье представлены модули системы обнаружения сигнала ядерного квадрупольного резонанса (ЯКР), с акцентом на исследовании ключевого компонента - радиочастотной (РЧ) катушки. Определены оптимальные параметры компактной соленоидной катушки, включая диаметр, длину и количество витков. Экспериментальные испытания подтвердили, что катушка обладает высоким соотношением сигнал/шум (ОСШ) и высокой чувствительностью, обеспечивая возможность быстрого и точного обнаружения сигнала ЯКР. Результаты демонстрируют жизнеспособность теоретической конструкции катушки и предлагаемого метода ее изготовления.

**Ключевые слова:** ядерный квадрупольный резонанс (ЯКР), Соленоидная катушка, Отношение сигнал/шум (ОСШ).

## RESEARCH OF RF COIL IN NQR SIGNAL DETECTION SYSTEM

Tran Van Tung<sup>1</sup>, Dang Cam Thach<sup>2</sup>, Vu Thi Hoang Yen<sup>3</sup>.  
<sup>1,2,3</sup> Hanoi University of Industry, Ha Noi, Viet Nam  
<sup>1</sup>tungtv@hau.edu.vn, <sup>2</sup>thachdc@hau.edu.vn, <sup>3</sup>Yenvth@hau.edu.vn

The modules of nuclear quadrupole resonance (NQR) signal detection system are introduced, and the key component-radiofrequency (RF) coil-is researched. In this paper, the small-sized solenoid coil's diameter, length and number of turns are defined. Experimental tests show that this coil has large signal-to-noise ratio (SNR) and high sensitivity. It can detect the NQR signal quickly and accurately, proving the feasibility of coil's design theory and manufacturing method.

**Keywords:** Nuclear quadrupole resonance (NQR), Solenoid coil, Signal-to-noise ratio (SNR).

### 1. Теоретический анализ

В составе модуля зонда радиочастотная катушка совместно с согласующей сетью образует резонансный контур, функционирующий в резонансном состоянии. Коэффициент качества, известный как значение  $Q$ , характеризует отношение индуктивного реактивного сопротивления к эквивалентному сопротивлению потерь, когда катушка работает под воздействием переменного тока определенной частоты [1].

$$Q = \frac{2\pi fL}{R} \quad (1)$$

где  $f$  - частота,  $L$  - индуктивность катушки, а  $R$  - полное сопротивление потерь, которое на низких частотах можно рассматривать как сопротивление постоянному току катушки. Чем выше значение  $Q$ , тем меньше потери в контуре, тем сильнее усиление сигнала, лучше частотная избирательность и выше стабильность частоты резонансного контура. Однако при слишком высоких значениях добротности полоса пропускания становится чрезмерно узкой [2], что приводит к потере полезных спектральных компонентов сигнала, увеличению энергопотерь, риску выгорания индуктивности, пробоем конденсатора и нестабильности схемы. Таким образом, выбор оптимального значения  $Q$  является ключевым этапом при проектировании катушки.

## 2. Параметры конструкции

Геометрические параметры катушки включают диаметр провода, диаметр катушки, длину катушки и количество витков; электрические параметры - индуктивность и значение  $Q$ . Основной целью разработки катушки является улучшение её чувствительности. Финальные испытания катушки проводились на образцах нитрита натрия ( $\text{NaNO}_2$ ). Стабильная резонансная частота  $\text{NaNO}_2$  составляет 4,64 МГц при комнатной температуре, поэтому резонансная частота катушки также была выбрана равной 4,64 МГц. Резонансная частота рассчитывается по формуле:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (2)$$

Где  $L$  - индуктивность,  $C$  - емкость регулируемого конденсатора. Для удовлетворения требований частотного теста выбран вакуумный конденсатор с диапазоном настройки от 10 до 1500 пФ. Индуктивность катушки составляет примерно 3 мкГн, а согласованное сопротивление - 50 Ом.

Для достижения оптимального значения  $Q$  в качестве материала катушки экспериментально выбрана медная проволока диаметром  $d = 1,2$  мм. Порошковый образец  $\text{NaNO}_2$  инкапсулирован в стеклянную бутылку диаметром 23 мм и длиной 46 мм. Поскольку при сопоставимых размерах катушки и стеклянной бутылки чувствительность обнаружения ЯКР выше, диаметр катушки выбран равным  $d_{\text{coil}} = 24,2$  мм. Катушка с соотношением длины к диаметру, равным двум, демонстрирует более высокое значение  $Q$ , поэтому длина катушки составляет  $l_{\text{coil}} = 48,4$  мм [3].

Исходя из индуктивности, диаметра и длины катушки, количество витков обмотки было рассчитано с помощью специализированного программного обеспечения для расчета индукторов и составило 18 витков. На рис 1 представлен простой разрез конструкции.



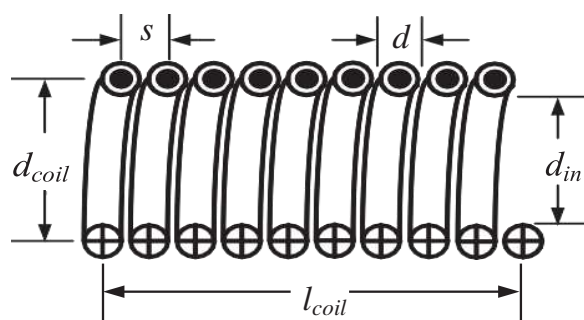


Рис. 1. Разрез катушки соленоида

Для обеспечения точности обнаружения в качестве каркаса обмотки используется стеклянная трубка того же диаметра, что и стеклянная бутылка. Она не оказывает кумулятивного эффекта на сигналы обнаружения образца, так как не содержит азотных элементов. При намотке катушки важно соблюдать равномерность расстояний между витками, чтобы обеспечить однородность радиочастотных полей. Для эффективного подавления и устранения электромагнитных помех, а также повышения стабильности системы обнаружения катушка экранируется коробкой из железоникелевого сплава [4]. Кроме того, катушка фиксируется акриловыми пластинами, обладающими хорошими изоляционными свойствами, что предотвращает вибрацию внутри экранирующей коробки и исключает влияние на приём сигналов обнаружения.

### 3. Эксперимент и результаты

Для тестирования недавно разработанной катушки были проведены измерения с её использованием, а также с оригинальной катушкой, применяемой в системе обнаружения сигнала ЯКР. Оба эксперимента проводились на одном и том же образце. Для оценки различий между катушками сравнивалась амплитуда сигнала ЯКР. При комнатной температуре стеклянная бутылка, содержащая 20 г  $NaNO_2$ , помещалась внутрь недавно разработанной соленоидной катушки. Эксперименты проводились с использованием *PSL*-последовательности, частота возбуждения составляла 4,64 МГц, время выборки - 2,048 мс, число точек сканирования - 150, а усиление приёмника - 40 дБ. Обнаруженный сигнал во временной области преобразовывался в частотный спектр с помощью быстрого преобразования Фурье.

Те же условия использовались для тестирования оригинальной катушки, и полученные спектры ЯКР сравнивались. На рис 3 сплошной линией показан сигнал, зарегистрированный недавно разработанной катушкой, а пунктирной линией - сигнал, зарегистрированный оригинальной катушкой.

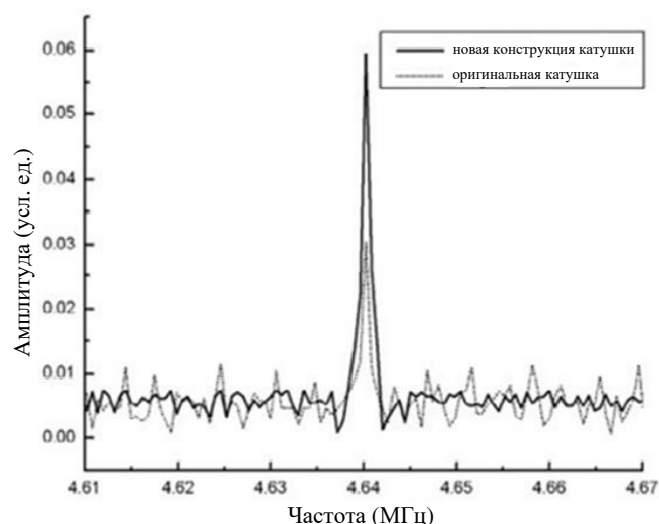


Рис. 2. Частотный диапазон ЯКР-сигнала для  $NaNO_2$

На рис. 2 показано, что амплитуда сигнала исходной катушки составляет всего 0,03, тогда как амплитуда сигнала новой катушки достигает 0,06, что практически вдвое больше.

#### 4. Заключение

Система обнаружения скрытых сигналов на основе ЯКР представляет собой сложный измерительный комплекс, где РЧ-катушка является ключевым компонентом. Её характеристики напрямую влияют на ОСШ принимаемых сигналов. Проведённые тесты показали, что новая конструкция катушки обеспечивает высокий уровень ОСШ и повышенную чувствительность, а амплитуда обнаруженного сигнала ЯКР увеличивается вдвое.

#### Источники

1. Alan G., Tomaž A., “Aplicability of TNT “super-QQ detection” to multipulse sequences,” *Journal of Magnetic Resonance*, vol. 201, no. 2, pp. 131-136, September 2009.
2. Alan Gregorovič, Tomaž Apih., 2009. Applicability of TNT “Super -Q detection” to Multipulse Sequences. *Journal of Magnetic Resonance* 201, p. 131.
3. K. R. Minard, R. A. Wind., 2001. Solenoidal Microcoil Design-Part1: Optimizing RF Homogeneity and Coil Dimensions. *Concepts in Magnetic Resonance* 13, p. 128.
4. Xiaohui Wang, Luxin Tang, Yunzhi Li, et al., 2008. Electrical-magnetic Field Shield Technology and Material Development. *Development and Application of Materials* 23, p. 67.

## ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ИЗОЛЯТОРОВ С СИЛИКОНОВЫМ ПОКРЫТИЕМ

Ямилев Самат Русланович<sup>1</sup>, Зарипов Дамир Камилевич<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>samat070401@yandex.ru, <sup>2</sup>dzaripov@mail.ru

В данной работе рассмотрено применение высоковольтных изоляторов с силиконовым покрытием в сфере ЖКХ. Рассмотрены характеристики силиконового покрытия POWERSIL. Представлены результаты влияния различных типов загрязнений на гидрофобные свойства силиконового покрытия.

**Ключевые слова:** высоковольтный изолятор, загрязнения изоляторов, силиконовое покрытие, надежность.

## THE USE OF HIGH-VOLTAGE INSULATORS WITH SILICONE COATING

Yamilev Samat Ruslanovich<sup>1</sup>, Zaripov Damir Kamilevich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>samat070401@yandex.ru, <sup>2</sup>dzaripov@mail.ru

In this paper, the use of high-voltage silicone-coated insulators in the housing and communal services sector is considered. The characteristics of the POWERSIL silicone coating are considered. The results of the influence of various types of contaminants on the hydrophobic properties of the silicone coating are presented.

**Keywords:** high voltage insulator, insulator contamination, silicone coating, reliability.

Традиционные высоковольтные изоляторы, как незыблемые столпы электросетей, часто подвергаются негативному влиянию окружающей среды. Появление на них грязи и влаги может привести к утечкам тока, пожарам и авариям, перебивая связь с электричеством и принося дискомфорт жителям [1].

Силиконовые покрытия на высоковольтных изоляторах становятся невидимым щитом, отталкивая грязь и влага, защищая их от повреждений и обеспечивая надежную работу электросетей [2-4]. В данной статье мы рассмотрим применение высоковольтных изоляторов с силиконовым покрытием в ЖКХ, анализируя их преимущества и влияние на качество электроснабжения в жилых районах [5].

Цель работы - проведение комплексного исследования работы высоковольтных изоляторов с силиконовым покрытием в условиях загрязнения.

Производители фарфоровых и стеклянных изоляторов все чаще применяют силиконовые покрытия POWERSIL, чтобы обеспечить водоотталкивающие свойства изолятора уже на стадии производства. Для достижения оптимального сцепления покрытия с поверхностью изолятора необходима тщательная предварительная очистка. Качество и долговечность силиконового покрытия зависит не только от состава самого материала, но и от технологии нанесения, которая требует использования специальных методов и определенных навыков.

### Характеристика силиконовых покрытий

Материал	Цвет	Плотность (сшитый г/см <sup>3</sup> )	Испытание в солевом тумане, (1000 часов)
POWERSIL 567	светло-серый	1,10	пройден
POWERSIL 570 PLUS	светло-серый	1,10	пройден

Влияние влажности на удержание загрязнений на изоляторах является ключевым фактором. Увлажненная поверхность изолятора способствует более интенсивному накоплению загрязнений. Процесс осаждения загрязнений на изоляторах носит динамический характер, зависящий от множества внешних факторов, таких как сезонные изменения ветра, осадков и других атмосферных условий. Важно отметить, что высота установки изолятора и расстояние до источника загрязнения также оказывают существенное влияние на уровень загрязнения.

Применение высоковольтных изоляторов с силиконовым покрытием в сфере ЖКХ позволяет создать более надежную и безопасную систему электроснабжения, снизить количество аварий и отключений, а также увеличить срок службы оборудования.

### Источники

1. Зарипов Д.К., Закиров Д.Ф., Захаров А.В. Исследование работы полимерного изолятора при равномерном и неравномерном загрязнении // Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения: материалы XI Международной научно-практической конференции, Астана, 16 марта 2023 года. Астана: Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева. 2023. С. 400-404.

2. Zaripov D.K., Zakirov D.F., Zakharov A.V. Dynamics of development of discharges on the contaminated surface of insulators in the process of wetting as a diagnostic sign // Third International Scientific and Practical Symposium on Materials Science and Technology (MST-III 2023), Dushanbe, 25–27 октября 2023 года. Vol. 12986. Washington: Spie-soc photo-optical instrumentation engineers. 2024. P. 1298600. DOI: 10.1117/12.3017199.

3. Зарипов Д.К., Закиров Д.Ф., Петров А.В. Исследование возможности диагностирования изоляторов воздушных линий электропередачи для предупреждения немотивированных отключений // Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения: Материалы X Международной научно-практической конференции, Нур-Султан, 17 марта 2022 года / Сост. Г.Т. Мерзадинова, Т.Б. Сулейменов, Т.Т. Султанов. Нур-Султан: Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева. 2022. С. 337-341.

4. Патент № 2499316 С2 Российская Федерация, МПК H01B 17/02, H01B 17/50, H01B 19/00. способ повышения влагоразрядных свойств и электрической прочности электроизоляционной конструкции: № 2012106173/07: заявл. 21.02.2012: опубл. 20.11.2013 / В. Н. Таран ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью "Инвест-Энерго".

5. Исследование работы полимерного изолятора при увлажнении искусственным туманом / Д.К. Зарипов, Р.А. Насибуллин, Д.Ф. Закиров, А.В. Захаров // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2023. Т. 25, № 5. С. 20-29. DOI: 10.30724/1998-9903-2023-25-5-20-29.

УДК 621.438

### АНАЛИЗ ПОВЫШЕНИЯ МОЩНОСТИ ГТУ С ПОМОЩЬЮ АБХМ

Абрамов Руслан Александрович<sup>1</sup>, Евгеньев Игорь Владимирович<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

<sup>1</sup>rus.abramov17@gmail.com, <sup>2</sup>evgenev\_i@mail.ru

Как известно, повышение температуры наружного воздуха снижает мощность газотурбинных установок (ГТУ) и парогазовых установок (ПГУ). Недовыработка мощности приводит к серьезным убыткам тепловых электрических станций (ТЭЦ) и штрафуются системным оператором. Предлагается решить данную проблему путем внедрения абсорбционной холодильной машины (АБХМ) в схему ПГУ. В данной статье исследовано влияние АБХМ на мощность газовой турбины, входящей в состав парогазового блока. В качестве объекта исследования была выбрана газовая турбина PG6111FA фирмы «GE Energy», работающая в парогазовом блоке ПГУ-110 Казанской ТЭЦ-2.

**Ключевые слова:** температура наружного воздуха, ГТУ, абсорбционная холодильная машина, мощность.

### ANALYSIS OF INCREASING THE POWER OF GTU USING ABSORPTION REFRIGERATOR

Abramov Ruslan Alexandrovich<sup>1</sup>, Evgenev Igor Vladimirovich<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan

<sup>1</sup>rus.abramov17@gmail.com, <sup>2</sup>evgenev\_i@mail.ru

As is well known, an increase in the ambient temperature reduces the power output of gas turbine units (GTU) and combined cycle gas turbine (CCGT). Insufficient power generation leads to significant losses for combined heat and power plants (CHPPs) and is penalized by the system operator. This issue is proposed to be addressed by integrating an Absorption Refrigerator (AR) into the scheme of the combined cycle plant. This article examines the impact of the AR on the power output of the gas turbine that is part of the combined cycle unit. The object of study selected is the PG6111FA gas turbine manufactured by «GE Energy», which operates in the combined cycle unit CCGT-110 at Kazan CHPP-2.

**Keywords:** ambient air temperature, GTU, absorption refrigerator, power.

Чтобы уменьшить воздействие высокой температуры на сжатие воздуха в компрессоре [1] и повысить эффективность выработки электроэнергии парогазовой установки, предлагается внедрить предварительное охлаждение воздуха перед его поступлением в компрессор ГТУ. В качестве охлаждающего источника можно использовать технологию АБХМ [2, 3]. Преимущество АБХМ заключается в том, что она работает не на электрической энергии, а тепловой. Это позволяет полезно использовать вторичное тепло на ТЭЦ. В качестве источника вторичного тепла можно использовать незагруженные теплофикационные отборы паровой турбины.

На примере газовой турбины PG111FA, входящей в состав парогазового блока ПГУ-110 Казанской ТЭЦ-2 [4] было проведено исследование, в котором сравнивалась мощность ГТУ с АБХМ и без нее при различных температурах наружного воздуха [5]. Как видно из рисунка, применение АБХМ позволяет значительно повысить мощность ГТУ при высоких температурах наружного воздуха.

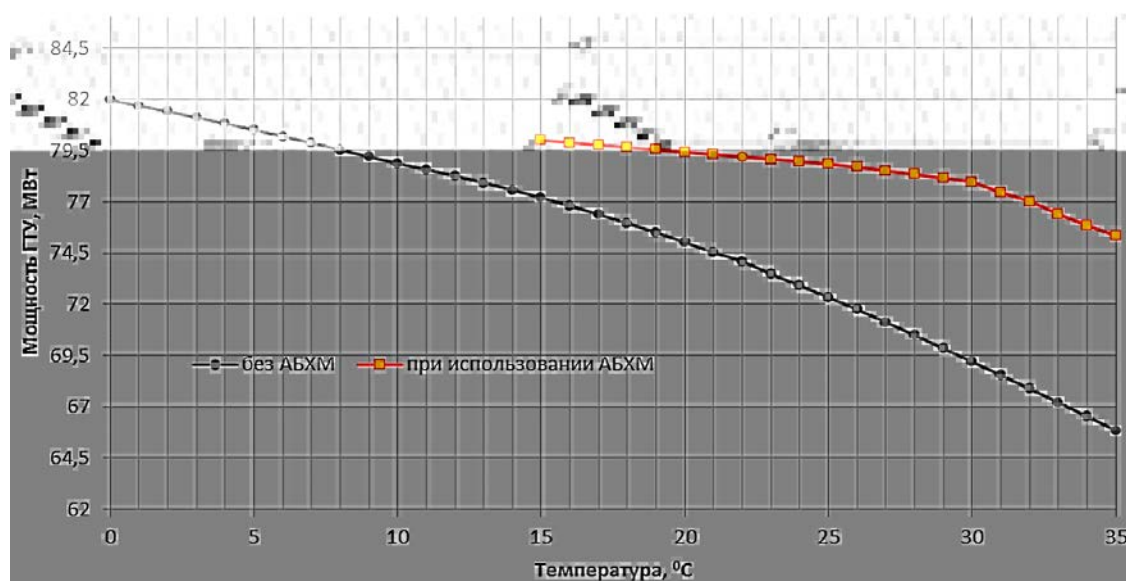


График мощности PG111FA с АБХМ и без нее в зависимости от температуры наружного воздуха

Стабилизация температуры воздуха, поступающего в компрессор газовой турбины, при эксплуатации энергоблока ПГУ предоставляет следующие преимущества:

- 1) возможность работать в летний период в соответствии с установленным графиком нагрузки без риска штрафных санкций;
- 2) стабильные условия эксплуатации способствуют увеличению надежности и продлению срока службы оборудования;

3) интеграция АБХМ позволяет дополнительно производить электроэнергию, что ведет к увеличению доходов;

4) повышение маневренности энергоблока и снижение зависимости от колебаний температуры наружного воздуха.

В результате проведенного исследования было установлено, что интеграция АБХМ в схему ПГУ значительно улучшает ее эксплуатационные характеристики. Так, при температуре наружного воздуха +30°C использование АБХМ привело к увеличению мощности газовой турбины на 8,5 МВт. Результаты исследования подтверждают целесообразность применения АБХМ в составе ПГУ.

### Источники

1. Пономарев Н.С. Особенности модернизации ГТУ для снижения ограничений располагаемой мощности в условиях высокой температуры наружного воздуха с помощью установки испарительного охладителя в проточной части КВОУ / Н.С. Пономарев, В.Е. Доброгорский // Актуальные исследования. 2020. № 2 (5). С. 17-22.

2. Исследование влияния условий эксплуатации на эффективность использования абсорбционно-холодильной машины в цикле газотурбинных и парогазовых установок / Д.И. Менделеев, Г.Е. Марьин, Ю.Я. Галицкий, А.Р. Ахметшин // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2020. Т. 24, № 4 (153). С. 821-831.

3. Аминов Р.З., Новичков С.В. Использование абсорбционной бромисто-литиевой холодильной машины для повышения эффективности работы воздушно-аккумулирующей газотурбинной электростанции // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017. Т. 19, № 11-12. С. 62-72.

4. Особенности работы блока ПГУ-220 казанской ТЭЦ-2 по заданному графику / Д.И. Менделеев, Ю.Я. Галицкий, Г.Е. Марьин, А.Ю. Федотов // Электроэнергетика глазами молодежи – 2018: материалы IX Международной молодежной научно-технической конференции. В 3-х томах, Казань, 01–05 октября 2018 года Том 1. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2018. С. 307-310.

5. Менделеев Д.И. Исследование влияния абсорбционной холодильной машины на режимы работы парогазовой установки / Д.И. Менделеев, Ю.Я. Галицкий // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2019. Т. 11, № 4 (44). С. 37-46.



## ВИРТУАЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ И РАСПРЕДЕЛЕННАЯ ГЕНЕРАЦИЯ ЭНЕРГИИ

Абызгильдина Сабина Салимьяновна<sup>1</sup>, Коваленко Тимур Дмитриевич<sup>2</sup>,

Зиязов Галинур Айдарович<sup>3</sup>, Валиев Азамат Робертович<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

<sup>1</sup>sabizgildina@gmail.com, <sup>2</sup>timurkovalenko8604@gmail.com, <sup>3</sup>ziyazov02@mail.ru,

<sup>4</sup>azamat.hlsd@gmail.com

В статье рассматриваются концепции виртуальных электростанций (ВЭС) и распределенной генерации энергии как ключевых элементов современной энергетической трансформации. Виртуальные электростанции представляют собой цифровые платформы, объединяющие различные источники энергии, накопители и управляемые потребители для оптимизации производства и потребления энергии в реальном времени.

**Ключевые слова:** Виртуальная электростанция (ВЭС), Распределенная генерация, Возобновляемые источники энергии (ВИЭ), Умные сети (Smart Grid), Энергетическая трансформация.

## VIRTUAL POWER PLANTS AND DISTRIBUTED ENERGY GENERATION

Abyzgildina Sabina Salimyanovna<sup>1</sup>, Kovalenko Timur Dmitrievich<sup>2</sup>,

Ziyazov Galinur Aidarovich<sup>3</sup>, Valiev Azamat Robertovich<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan

<sup>1</sup>sabizgildina@gmail.com, <sup>2</sup>timurkovalenko8604@gmail.com, <sup>3</sup>ziyazov02@mail.ru,

<sup>4</sup>azamat.hlsd@gmail.com

**Abstract:** The article discusses the concepts of virtual power plants (WPP) and distributed energy generation as key elements of modern energy transformation. Virtual power plants are digital platforms that combine various energy sources, storage and managed consumers to optimize energy production and consumption in real time.

**Keywords:** Virtual Power plant (WPP), Distributed generation, Renewable Energy sources (RES), Smart Grids, Energy transformation.

### Введение

Энергетический сектор переживает кардинальные изменения, связанные с необходимостью повышения устойчивости, экологичности и гибкости энергосистем [1]. В последние десятилетия наблюдается рост внедрения возобновляемых источников энергии (ВИЭ), таких как солнечная и ветровая генерация, и развитие распределенной энергетики, что создает новые возможности и вызовы для энергетической

инфраструктуры [2]. Виртуальные электростанции (ВЭС) и распределенная генерация являются ответом на эти вызовы, предлагая децентрализованный и гибкий подход к управлению энергоресурсами. В этой статье рассматриваются принципы работы, преимущества и вызовы, связанные с развитием ВЭС и распределенной генерации энергии, а также их влияние на энергосистему [1].

### **Основные понятия**

Виртуальная электростанция — это цифровая платформа, объединяющая множество распределенных источников энергии, таких как солнечные панели, ветрогенераторы, небольшие тепловые установки, а также накопители энергии и управляемые потребители [2]. ВЭС действует как единое целое, управляя производством и потреблением энергии в реальном времени [1].

### **Распределенная генерация**

Распределенная генерация представляет собой совокупность небольших энергетических установок, расположенных ближе к конечным потребителям и, часто, использующих возобновляемые источники энергии [2]. Такая генерация помогает сократить потери при транспортировке энергии и снизить зависимость от крупных централизованных электростанций. Распределенные источники могут включать солнечные панели, ветрогенераторы, малые гидроэлектростанции, биогазовые установки и системы хранения энергии [3].

Основная цель ВЭС — объединение и координация множества разнородных источников и накопителей энергии, которые управляются как единый ресурс. Это позволяет оптимально распределять энергопотоки в зависимости от текущих потребностей и возможностей сети [4].

**Преимущества виртуальных электростанций и распределенной генерации:**

#### **1. Гибкость и адаптивность**

ВЭС способны динамично изменять режимы генерации и распределения энергии в зависимости от спроса и предложений, особенно в условиях колебаний генерации от ВИЭ. Это делает энергосистему более гибкой и устойчивой к колебаниям.

#### **2. Уменьшение потерь и улучшение надежности**

Поскольку распределенная генерация находится ближе к конечному потребителю, потери при передаче энергии сокращаются, а значит, повышается общая эффективность системы. В случае аварийных ситуаций ВЭС позволяет распределить нагрузку между различными источниками и снизить последствия сбоев.

### **3. Стимулирование использования возобновляемых источников энергии**

Виртуальные электростанции способствуют более активному использованию ВИЭ, так как обеспечивают стабильность сети, балансируя непостоянные источники (ветер, солнце) с помощью других генераторов и накопителей [5].

#### **Будущее виртуальных электростанций и распределенной генерации**

Растущая потребность в устойчивой и чистой энергии делает ВЭС и распределенную генерацию ключевыми элементами будущих энергосистем. В ближайшие годы ожидается развитие новых технологий хранения энергии, совершенствование алгоритмов искусственного интеллекта для прогнозирования и управления [1].

В будущем виртуальные электростанции могут стать неотъемлемой частью энергетической инфраструктуры, обеспечивая не только экономическую и экологическую выгоду, но и высокую надежность и устойчивость энергосистемы. Расширение использования распределенной генерации и ВЭС способно кардинально изменить подход к производству, распределению и потреблению энергии, создавая более децентрализованную, гибкую и устойчивую систему [5].

#### **Источники**

1. Lopes, J. A. P., Moreira, C. L., & Madureira, A. G. (2007). Defining control strategies for microgrids islanded operation. *IEEE Transactions on Power Systems*, 22(2), С. 916-924.
2. Hassan, S., & Asif, M. (2020). Virtual power plants: Concepts, challenges, and opportunities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 119.
3. Mwasilu, F., & Lee, K. (2014). A review of virtual power plant (VPP) technologies and applications in distributed energy generation systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, С. 34-45.
4. Stojanovic, J., & Milinkovic, D. (2019). Distributed energy resources integration in virtual power plants. *Journal of Electrical Engineering & Technology*, 14(6), С. 2260-2269.
5. Yang, D., & Liu, B. (2018). Optimizing virtual power plant operation with distributed generation systems in smart grids. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 9(2), С. 1034-1043.

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОБЪЕМОВ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА ПРИМЕРЕ ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ

Ананьев Кирилл Александрович<sup>1</sup>, Сайтов Станислав Радикович<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

<sup>1,2</sup>vaguenessofmind@gmail.com

В статье предложен подход к прогнозированию потребления электрической энергии с использованием алгоритмов машинного обучения. В работе раскрываются алгоритмы сбора и анализа данных для их непосредственной передачи в модели современных градиентных бустингов, таких как: LightGBM, XGBoost, CatBoost.

**Ключевые слова:** прогнозирование, электропотребление, машинное обучение, градиентный бустинг.

## FORECASTING THE VOLUME OF ELECTRICITY CONSUMPTION ON THE EXAMPLE OF THE YAROSLAVL REGION

Kirill Aleksandrovich Ananyev<sup>1</sup>, Stanislav Radikovich Saitov<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan, Republic of Tatarstan

<sup>1</sup>vaguenessofmind@gmail.ru

The article proposes an approach to forecasting electricity consumption using machine learning algorithms. The work reveals algorithms for collecting and analyzing data for their direct transfer to modern gradient boosting models, such as: LightGBM, XGBoost, CatBoost.

**Keywords:** forecasting, power consumption, machine learning, gradient boosting.

Использование искусственного интеллекта (ИИ) в энергетике становится все более важным направлением, позволяющим значительно повысить эффективность, безопасность и устойчивость энергетических систем.

Цель данной работы – оценить эффективность методов машинного обучения в задаче прогнозирования объемов потребления электрической энергии с горизонтом планирования на сутки вперед. Объектом исследования выступила Ярославская область.

Задачей стало разработка модели РСВ (рынок на сутки вперед), позволяющей получить профиль энергопотребления отдельного региона на следующий день.

Для корректной работы такой модели необходима предобработка полученных с сайта <https://www.atsenergo.ru/> данных. Поскольку модели не умеют работать с форматом «дд.мм.гггг», необходимо разбить дату на отдельные числовые компоненты: день, месяц, год. Так же важно заметить, что сайт АО «АТС» не предоставляет информацию на выходные и праздничные дни.

Добавление информации о температуре наружного воздуха в значительной степени влияет на качество модели. Информация о погоде с сайта <https://yaroslavl.nuipogoda.ru/> предоставляются с дискретностью в 3 часа, поэтому пропущенные значения восстанавливались полиномиальной интерполяцией.

На текущий прогноз сильное влияние оказывают значения предыдущих дней [1], поэтому объемы потребления и температура воздуха с соответствующей задержкой в 1–7 суток были добавлены в качестве регрессионных признаков в модель для улучшения прогноза.

Для оценки качества полученной модели используются следующие две метрики:

– *MAE* (mean absolute error) – средняя абсолютная ошибка:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \bar{y}_i|; \quad (1)$$

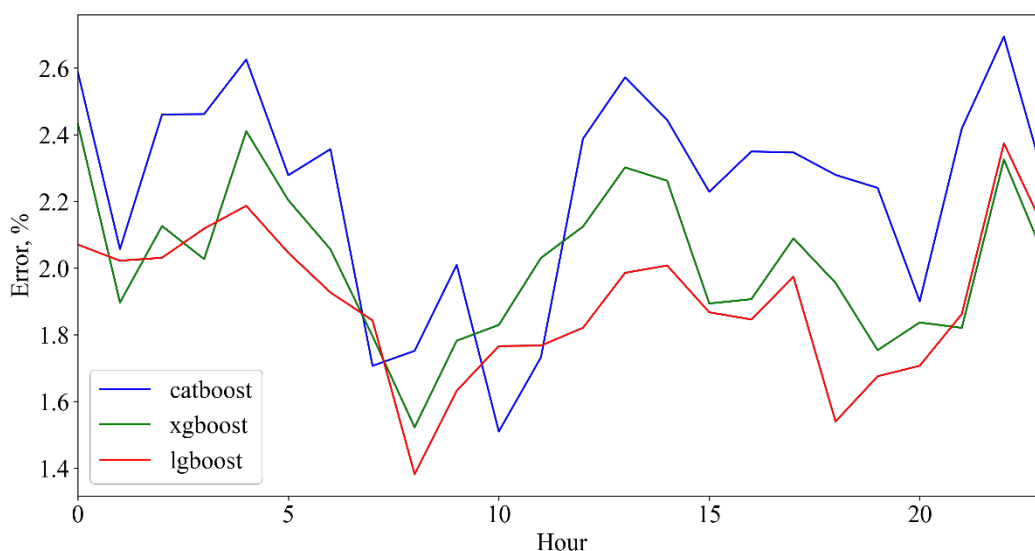
– *MAPE* (mean absolute percentage error) – средняя абсолютная ошибка в процентах.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - \bar{y}_i}{y_i} \right| \cdot 100\%. \quad (2)$$

Моделирование выполнялось на языке Python. В качестве регрессионных моделей выбраны: *LGBMRegressor*, *XGBRegressor* и *CatBoostRegressor*. Оптимальные значения гиперпараметра *max\_depth*, временной диапазон и лучшие признаки определялись в процессе обучения модели.

Обучающий датасет включал данные с 2013 по 2023 год, тестовая часть – с 01.01.2024 по 31.08.2024, валидационная выборка – весь сентябрь 2024. Кросс-валидация модели выполнялась по методике, описанной в [2].

Ниже приведено сравнение относительных погрешностей различных методов, усредненных по каждому часу (см. рисунок). В таблице 1 записаны средние значения метрик абсолютной и процентной ошибок соответственно.



Сравнение относительной погрешности моделей

Таблица 1

Результаты расчета метрик качества обученных моделей

Модель \ Метрика	MAPE, %	MAE, МВт
XGBoost	1,97	16,10
LGBBoost	1,86	15,08
CatBoost	2,21	17,86

Полученные на отложенной выборке результаты показывают, что лучший результат показала модель LightGBM. На графике видно, что модели хуже всего дают прогноз на ночное время суток. Возможными причинами таких отклонений могут быть как внешние факторы, так и недостаток данных в обучающей выборке.

### Источники

1. Сайтов С.Р., Чичирова Н.Д., Филимонова А.А., Карницкий Н.Б. Прогнозирование часов пик энергопотребления региональных энергосистем // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. 2024. Т. 67, № 1. С. 78-91.

2. Osgonbaatar, T.; Matrenin, P.; Safaraliev, M.; Zicmane, I.; Rusina, A.; Kokin, S. A Rank Analysis and Ensemble Machine Learning Model for Load Forecasting in the Nodes of the Central Mongolian Power System. *Inventions* 2023, 8, 114.

## ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМЕМБРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ВОДОПОДГОТОВКИ ТЕПЛОВЫХ И АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Асхадуллин Нияз Рашитович<sup>1</sup>, Шаймарданов Ансель Ренатович<sup>2</sup>,  
Черкасов Александр Сергеевич<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>n.askhadullin@mail.ru, <sup>2</sup>ansel.shaymardanov@gmail.com

В данной статье рассматривается применение электромембранных технологий для очистки сточных вод промышленных производств. Приводятся основные принципы работы электромембранных технологий.

**Ключевые слова:** Электромембранные технологии, водоподготовка, электродиализ, реверсивный электродиализ, АЭС.

## APPLICATION OF ELECTROMEMBRANE TECHNOLOGIES FOR INDUSTRIAL WASTEWATER TREATMENT

Askhadullin Niyaz Rashitovich<sup>1</sup>, Shaimardanov Ansel Renatovich<sup>2</sup>,  
Cherkasov Alexander Sergeevich<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>n.askhadullin@mail.ru, <sup>2</sup>ansel.shaymardanov@gmail.com

This article discusses the use of electromembrane technologies for industrial wastewater treatment. The basic principles of operation of electromembrane technologies are given.

**Keywords:** Electromembrane technologies, wastewater, electro dialysis, reverse electro dialysis.

Эффективность работы тепловых и атомных электростанций в значительной мере зависит от качества воды, применяемой для охлаждения, парообразования и других технологических процессов. Для улучшения эксплуатационных характеристик и обеспечения экологической безопасности энергетических объектов все шире используются современные методы водоподготовки, одним из которых являются электромембранные технологии. Они обеспечивают эффективное удаление примесей и солей при минимальном расходе ресурсов, что делает их перспективными для широкого применения на объектах энергетики [1].

Электромембранные технологии основаны на использовании мембран, которые под воздействием электрического поля пропускают или задерживают определенные ионы, растворенные в воде [2]. Основные методы включают электродиализ, электроосмос и электродеионизацию, каждый из которых находит применение в водоподготовке для энергетики [3].

- **Электродиализ** — процесс, при котором вода пропускается через мембранные модули, где под действием электрического потенциала катионы и анионы перемещаются к электродам, проходя через ионообменные мембраны (Рис. 1). Этот метод позволяет эффективно удалять из воды соли и другие растворенные вещества;

- **Электроосмос** — технология, при которой вода движется через мембрану благодаря разнице потенциалов. Она позволяет удалять взвешенные частицы и органические примеси, улучшая качество воды;

- **Электродеионизация** — комбинированный метод, объединяющий процессы ионного обмена и электродиализа. Этот метод позволяет достичь высокой степени очистки воды без использования химических реагентов, что снижает эксплуатационные расходы и минимизирует экологическое воздействие.

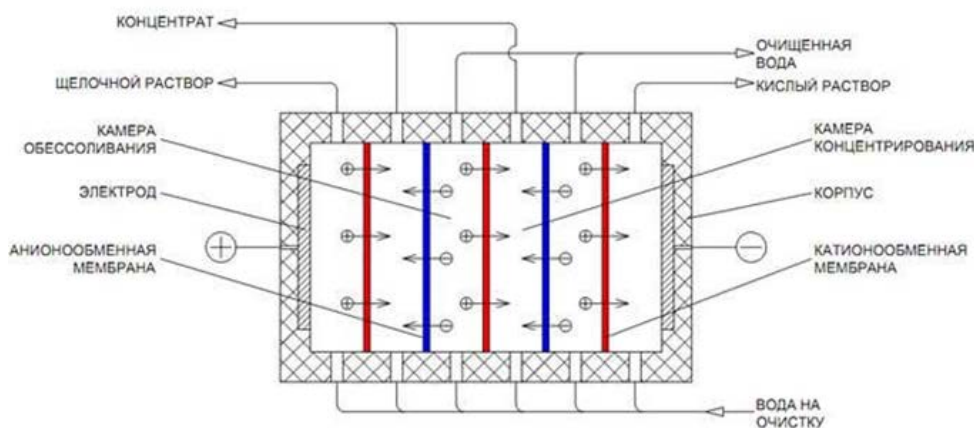


Рис. 1. Процесс электродиализа

Основные преимущества применения электромембранных технологий водоподготовки на ТЭЦ и АЭС состоят в следующем [4-5]:

Низкие энергозатраты: электромембранные процессы являются малоэнергоёмкими, так как принципом их работы является электрическое поле для переноса ионов, а не термическая энергия;

Минимальное потребление химических реагентов: Поскольку обычные методы водоподготовки требуют использования большого количества химических веществ для регенерации ионитов;



Пригодность к использованию в экстренных ситуациях: В связи с минимальным потреблением химреагентов и восстановления воды после предварительной очистки уменьшается выделение вредных веществ;

Компактность и малометражность: Конструкции современных электромембранных систем компактны и требуют незначительных количества металла, что способствует упрощению их установки.

Атомные электростанции предъявляют строгие требования к качеству воды, поскольку использование воды с примесями в реакторах может вызвать нежелательные реакции и повлиять на безопасность объекта. Электромембранные технологии эффективно удаляют радионуклиды и тяжелые металлы, гарантируя безопасность и стабильность работы реактора.

Использование электродеионизации на атомных электростанциях исключает необходимость в химических реагентах, что снижает риск загрязнения сточных вод радионуклидами и обеспечивает высокую степень очистки без образования дополнительных отходов. Это особенно критично для соблюдения экологических стандартов и минимизации воздействия на окружающую среду.

### **Источники**

1. Хорохорина И.В., Козачек А.В., Сухова А.О., Филимонова О.С., Долгова О.В., Лазарев С.И. Экологические мембранные технологии в водоочистке и водоподготовке [Электронный ресурс]. URL: <https://tstu.ru/book/elib1/pdf/2023/ХорохоринаIV.pdf> (дата обращения: 09.11.2024).

2. Ильина С.И. Электромембранные процессы. Москва: Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, 2013. 57 с.

3. Заболоцкий В.И. Теоретические основы электромембранных процессов. Российский фонд фундаментальных исследований, 1998. № 96-03-32780.

4. Баромембранные технологии для современных водоподготовительных установок объектов энергетики / Сажин Б.С. [и др.] // Успехи в химии и химической технологии. 2011. Т. 25, № 4 (120). С. 94-102.

5. Филимонова А.А. Электромембранные технологии в теплоэнергетике и промышленности / А.А. Филимонова // Мембраны и мембранные технологии. 2020. Т. 10, № 4. С. 237-248. DOI: 10.1134/S2218117220040045.

## ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМЕМБРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Асхадуллин Нияз Рашитович<sup>1</sup>, Шаймарданов Ансель Ренатович<sup>2</sup>,  
Черкасов Александр Сергеевич<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>n.askhadullin@mail.ru, <sup>2</sup>ansel.shaymardanov@gmail.com

В данной работе рассматривается применение электромембранных технологий для очистки сточных вод промышленных производств. Приводятся основные принципы работы электромембранных технологий.

**Ключевые слова:** Электромембранные технологии, сточные воды, электродиализ, реверсивный электродиализ, АЭС.

## APPLICATION OF ELECTROMEMBRANE TECHNOLOGIES FOR INDUSTRIAL WASTEWATER TREATMENT

Askhadullin Niyaz Rashitovich<sup>1</sup>, Shaimardanov Ansel Renatovich<sup>2</sup>,  
Cherkasov Alexander Sergeevich<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>n.askhadullin@mail.ru, <sup>2</sup>ansel.shaymardanov@gmail.com

This article discusses the use of electromembrane technologies for industrial wastewater treatment. The basic principles of operation of electromembrane technologies are given.

**Keywords:** Electromembrane technologies, wastewater, electro dialysis, reverse electro dialysis, NPP.

Очистка сточных вод промышленных производств с помощью методов электромембранных технологий является актуальной задачей, так как вещества, содержащиеся в них, являются токсинами.

Применение электромембранных технологий позволяет сосредоточить жидкие отходы без необходимости использования тепла и при минимальном потреблении электроэнергии, химических реагентов и металла в конструкции. Это позволяет впоследствии утилизировать концентрированные продукты как обессоливание, так и концентрацию [1].

Существует несколько основных методов ЭМП, таких как электродиализ и реверсивная электродиализ, которые могут быть применены для решения различных задач. Некоторые процессы могут быть специализированы для определенных целей, но все они относятся к основным методам.

Электродиализ - процесс, при котором ионы переносятся через мембрану под воздействием электрического поля, создаваемого на мембране [3]. Скорость переноса ионов может быть изменена путем подбора соответствующей силы тока. (рис.1).

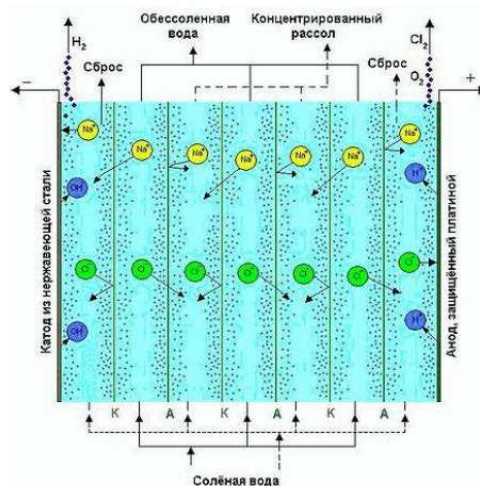


Рис.1. Процесс электродиализа

Реверсивная электродиализ (ЭДР) представляет собой процесс, при котором полярность постоянного тока периодически изменяется. Это позволяет менять направление потоков обессоленной воды и концентрата, что способствует самоочищению мембран от загрязняющих частиц и повышает эффективность удаления солей из исходной воды на 90-95%.

В большинстве случаев процессы могут различаться по применяемым мембранам, способам конвекции (вынужденной или свободной) и типу потока раствора (диализный или осмотический), проходящему через мембрану [4].

Электромембранные технологии находят применение на АЭС в области водоподготовки. Введение в комплексы для водоподготовки электромембранных модулей снижает количество используемых реагентов и увеличивает экологическую целесообразность технологии, улучшает эксплуатационные и технико-экономические характеристики АЭС.

Один из примеров процесса очистки сточных вод промышленных производств:

- сточная вода собирается в специальном резервуаре;
- вода подается в установку очистки, где происходит дополнительная фильтрация через электромембранные модули;
- очищенная вода выходит из установки и направляется обратно в производственный процесс или водоотводную систему;

– загрязнители, оставшиеся на мембранах, удаляются с помощью обратного промывания или автоматической системы очистки [5];

Такой процесс позволяет значительно снизить содержание загрязняющих веществ в сточных водах и соответствовать экологическим требованиям.

### **Источники**

1. Хорохорина И.В., Козачек А.В., Сухова А.О., Филимонова О.С., Долгова О.В., Лазарев С.И. / Экологические мембранные технологии в водоочистке и водоподготовке [Электронный ресурс] // URL: <https://tstu.ru/book/elib1/pdf/2023/XoroxorinaIV.pdf> (дата обращения: 12.10.2024)

2. Ильина С.И. Электромембранные процессы. Москва: Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, 2013. 57 с.

3. Иванов П.С., Петрова Н.М. Эффективность применения электромембранных технологий для очистки сточных вод текстильных производств // Журнал промышленной экологии. 2017. № 4. С. 22-30.

4. Соколов Д.И. Оценка экономической эффективности использования электромембранных технологий в очистке сточных вод промышленных предприятий // Экономика и управление. 2016. № 1. С. 78-86.

5. Чичиров А.А., Филимонова А.А., Чичирова Н.Д., Минибаев А.И. Приемы системного анализа и ресурсосберегающие электромембранные технологии при создании малосточной системы водопользования объектов энергетики Республики Татарстан // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. № 3. С. 66-82.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОНОМНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА АРКТИЧЕСКОЙ НАУЧНОЙ СТАНЦИИ «СНЕЖИНКА»

Асхадуллин Нияз Рашитович<sup>1</sup>, Шаймарданов Ансель Ренатович<sup>2</sup>,  
Черкасов Александр Сергеевич<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>n.askhadullin@mail.ru, <sup>2</sup>ansel.shaymardanov@gmail.com

В данной работе представлено описание арктической научно-исследовательской станции «Снежинка», рассмотрены причины реализации, функции станции и перспективы развития проекта.

**Ключевые слова:** Международная Арктическая Станция, комплекс, проект, природные ресурсы, природосберегающий

## PROSPECTS FOR THE USE OF AUTONOMOUS ENERGY SYSTEMS FOR THE IMPLEMENTATION OF THE ARKIT PROJECT AT THE SNOWFLAKE SCIENTIFIC STATION

Askhadullin Niyaz Rashitovich<sup>1</sup>, Shaimardanov Ansel Renatovich<sup>2</sup>,  
Cherkasov Alexander Sergeevich<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>n.askhadullin@mail.ru, <sup>2</sup>ansel.shaymardanov@gmail.com

.This paper presents a description of the Arctic research station "Snowflake", discusses the reasons for the implementation, the functions of the station and the prospects for the development of the project.

**Keywords:** International Arctic Station, complex, project, natural resources, nature-saving.

Международная Арктическая Станция (МАС) «Снежинка» инициирован Московским физико-техническим институтом (национальный исследовательский университет). Это круглогодичный, полностью энергетически автономный комплекс, который будет построен на основе возобновляемых источников энергии и водородной энергетики. Реализация проекта намечена на период председательства Российской Федерации в Арктическом совете и будет служить научной и образовательной платформой для международного сотрудничества инженеров, исследователей, ученых и научной молодежи [1].

Основной целью проекта является тестирование и демонстрация технологий, направленных на сохранение природных ресурсов в таких областях, как жизнеобеспечение, робототехника, телекоммуникации, медицина, биотехнологии, новые материалы и решения с использованием искусственного интеллекта.

МАС расположен в Приуральском районе Ямало-Ненецкого автономного округа, в зоне Полярного Урала. Главный комплекс станции представляет собой четырехэтажное здание, ориентированное по оси восток-запад, с размерами 68 на 61 метр и высотой 18,4 метра, общей площадью 5358 м<sup>2</sup> [2].

Комплекс состоит из семи купольных корпусов различного назначения: центрального корпуса «А» и шести радиально расположенных. Периметральные корпуса соединены переходами с центральным. Каждый корпус выполнен в виде многогранного купола с радиусом 18 метров.

Купольная форма позволяет уменьшить влияние сильного ветра, снизить площадь кровли и снеговую нагрузку, сократить пятно застройки и тепловое воздействие на грунт, оптимизировать энергоэффективность в отоплении и вентиляции, создать возможность модульного расширения и деления на автономные этапы строительства [3].

Состав корпусов включает:

- Центральный корпус «А», который соединяет все элементы и включает холл для досуга, конференций, форумов, выставок и образовательных лагерей.

- Общественно-функциональный корпус «Б» с кухней, столовой, спортзалом, залом для йоги, раздевалками, душевыми и сауной.

- Лабораторные корпуса «В» и «Г» для научных исследований и разработки новых технологий.

- Административно-бытовой корпус «Д», включающий кабинеты администрации, жилые комнаты для 16 сотрудников и медицинский блок с возможностью телемедицины.

- Корпуса «Е» и «К» — общежития на 60 мест.

Технологический комплекс станции представляет собой двухэтажное здание, ориентированное по оси север-юг, состоящее из девяти инженерно-технологических корпусов и крытого перехода к главному комплексу. Корпуса имеют безопорную ширину 18 метров, с шагом несущих конструкций в 6 метров [4]. Здание спроектировано с учетом рельефа для сохранения криогенного состояния грунта, формируя Н-образную планировку с двумя внутренними дворами, выходящими на юг и север, с эвакуационными выходами и пандусами к воротам.

Проект Арктической станции «Снежинка» открывает широкие перспективы для научного и технологического развития в условиях Арктики, обеспечивая уникальную платформу для международного сотрудничества в области исследования и внедрения природосберегающих технологий [5]. Станция станет центром для тестирования инновационных

решений в жизнеобеспечении, робототехнике и искусственном интеллекте, что позволит не только повысить уровень научных исследований, но и создать новые возможности для обучения и подготовки специалистов. Благодаря своей энергетической автономности и использованию возобновляемых источников энергии, проект будет способствовать устойчивому развитию региона, а также укреплению позиций России в глобальных научных и экологических инициативах.

### **Источники**

1. Международная арктическая станция «Снежинка» [Электронный ресурс] // Снежинка: [сайт]. URL: <https://arctic-mipt.com/> (дата обращения: 10.11.2024).
2. «Прообраз города будущего» [Электронный ресурс] // Lenta.ru: [сайт]. URL: <https://lenta.ru/articles/2022/11/24/snejinka/> (дата обращения: 10.11.2024).
3. Станция «Снежинка»: аналог МКС, но за Полярным кругом [Электронный ресурс] // Arctic Russia: [сайт]. URL: <https://arctic-russia.ru/project/stantsiya-snezhinka-analog-mks-no-za-polyarnym-krugom/> (дата обращения: 10.11.2024).
4. «Снежинка» – уникальный международный проект [Электронный ресурс] // [сайт]. URL: [https://tradehouse-rus-uae.com/storage/articles/files/2021/09/4\\_institute\\_of\\_arctic\\_technologies\\_mipt.pdf](https://tradehouse-rus-uae.com/storage/articles/files/2021/09/4_institute_of_arctic_technologies_mipt.pdf) (дата обращения: 10.11.2024).
5. Водородная «Снежинка» в Арктике [Электронный ресурс] // МГТУ им. Н.Э. Баумана: [сайт]. URL: <https://bmstu.ru/news/vodorodnaya-snezhinka-v-arktike> (дата обращения: 10.11.2024).

## ПОЛУЧЕНИЕ ЭНЕРГИИ ИЗ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД МЕТОДОМ ОБРАТНОГО ЭЛЕКТРОДИАЛИЗА

Ахметзянова Айгуль Тагировна  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
19aigul@rambler.ru

Технология обратного электродиализа является одним из направлений развития электрохимии в области мембранных процессов, который широко применяется в промышленности и имеет множество областей промышленного применения, включая хорошо развитое направление очистки сточных вод различного состава. Обратный электродиализ расширил этот диапазон применения благодаря технологии очистки сточных вод с одновременной выработкой электроэнергии. Высококонцентрированные растворы, пригодные в качестве рабочих растворов для обратного электродиализа, могут быть получены в виде жидких отходов в ряде промышленных предприятий.

**Ключевые слова:** обратный электродиализ, мембраны, промышленные сточные воды.

## OBTAINING ENERGY FROM INDUSTRIAL WASTEWATER BY REVERSE ELECTRODIALYSIS

Akhmetzyanova Aygul Tagirovna  
FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
19aigul@rambler.ru

Reverse electro dialysis technology is one of the directions of development of electrochemistry in the field of membrane processes, which is widely used in industry and has many industrial applications, including a well-developed direction of wastewater treatment of various compositions. Reverse electro dialysis has expanded this range of applications thanks to wastewater treatment technology with simultaneous power generation. Highly concentrated solutions suitable as working solutions for reverse electro dialysis can be obtained in the form of liquid waste in a number of industrial enterprises.

**Keywords:** reverse electro dialysis, membranes, industrial wastewater.

С развитием промышленности и увеличением объема сточных вод возрастает необходимость в эффективных технологиях их очистки. Обратный электродиализ (ОЭД) является одной из перспективных технологий на основе мембран для производства возобновляемой энергии с использованием градиентов солености [1] – энергии смешения двух растворов с разной концентрацией соли.

Основное влияние на протекание процесса ОЭД оказывает не разница концентраций, а отношение активностей концентрированного и разбавленного растворов. Для эффективного проведения процесса



необходимы мембраны, обладающие низким сопротивлением. Также значительный вклад в выработку электроэнергии имеет удельное сопротивление растворов, которое зависит от концентрации раствора.

Проанализировав полученные данные (рис.1) [2], сделаем вывод, что при низком солесодержании ( $\text{NaCl}$  до  $\sim 5$  г/л), определяющим фактором является удельное сопротивление, с уменьшением солесодержания наблюдается резкий рост удельного сопротивления. При концентрациях выше  $\sim 5$  г/л, удельное сопротивление почти не изменяется с ростом солесодержания.

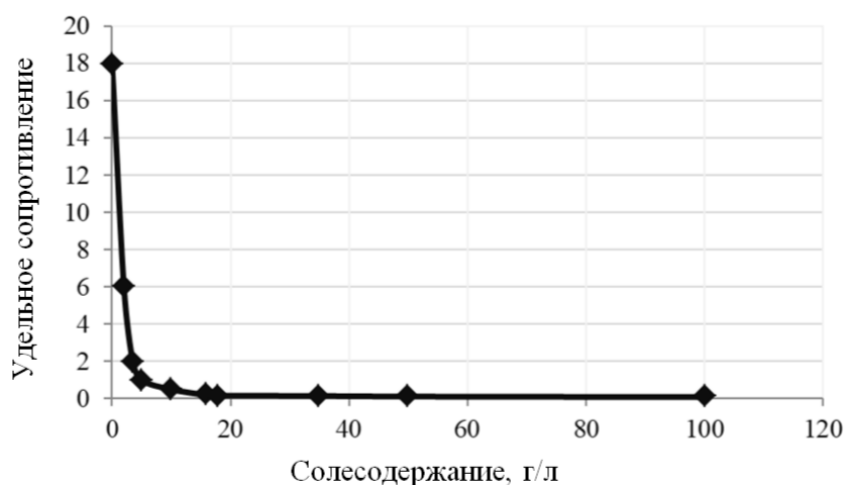


Рис. 1. Зависимость удельного сопротивления раствора от солесодержания

Были проведены расчеты мощности в зависимости от различных параметров, составлены графики, представленные ниже. На основании представленной зависимости на рисунке 2, а), можно сделать вывод о росте мощности с увеличением солесодержания высококонцентрированного раствора, на рисунке 2, б) с увеличением солесодержания мощность сначала увеличивается из-за уменьшения удельного сопротивления низкоконцентрированного раствора, а далее снижается из-за уменьшения отношения активностей растворов [3].

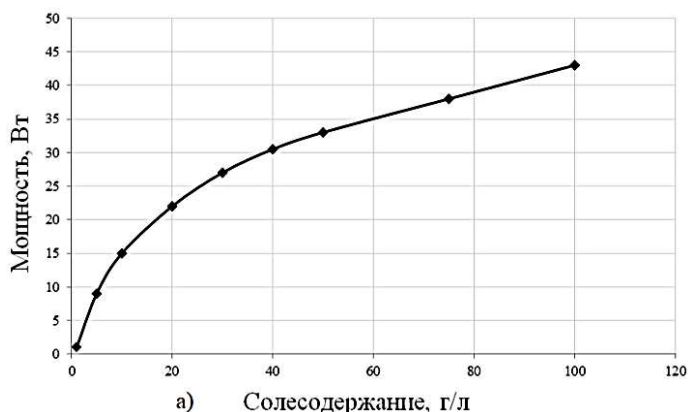




Рис. 2. Зависимость мощности от солевого содержания высококонцентрированного (а) низкоконцентрированного (б) растворов

Таким образом, ОЭД является перспективным альтернативным направлением получения электроэнергии, однако, необходимо выбрать условия его оптимального использования [4]. Очистка и повторное использование сточных вод дают положительные результаты в различных отраслях промышленности. Экологически чистые технологии играют большую роль в упрощении процесса удовлетворения растущего спроса на воду. Возможность улучшения и дальнейшего внедрения инноваций в систему рециркуляции воды является решением многих экологических проблем.

### Источники

1. Филимонова А.А., Чичиров А.А., Чичирова Н.Д. Утилизация жидких высокоминерализованных отходов установки химической обессоливания воды ТЭС с выработкой электроэнергии методом обратного электродиализа, мембраны и мембранные технологии, 2021, 11:5:382-390.
2. Быков В.И., Ильина С.И., Равичев Л.В. Получение электрической энергии из промышленных сточных вод при помощи обратного электродиализа. *Industrial Processes and Technologies*, Т. 3 №2(9), 2023. С. 79–85. [https://doi.org/10.37816/2713-0789-2023-3-2\(9\)-79-85](https://doi.org/10.37816/2713-0789-2023-3-2(9)-79-85).
3. Чичиров А.А., Филимонова А.А., Чичирова Н.Д., Майоров Е.С. Экспериментальные исследования электрических и массообменных процессов при обратном электродиализе // *Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ*. 2023. Т.25. № 4. С.5 3-70.
4. Audinos R. Inverse electro dialysis. Study of electric energy obtained starting with two solutions of different salinity. *J. Power Sources* 10. 1983. P. 203–217.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ ЯДЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Волкова Елизавета Валерьевна  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
elizaveta\_volkova\_4@mail.ru

Статья рассматривает перспективы и вызовы, которые 3D-печать предлагает в области качества и безопасности для ядерного оборудования. Для успешного внедрения 3D-печати в ядерное оборудование необходимо разработать и внедрить строгие стандарты и процедуры, а также интегрировать эту технологию с традиционными методами производства.

**Ключевые слова:** 3D-печать, ядерное оборудование, материалы, контроль качества, традиционные методы производства.

## THE USE OF ADDITIVE TECHNOLOGIES IN THE PRODUCTION OF PARTS FOR NUCLEAR EQUIPMENT

Volkova Elizaveta Valerievna  
FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
elizaveta\_volkova\_4@mail.ru

The article examines the prospects and challenges that 3D printing offers in the areas of quality and safety for nuclear equipment. To successfully implement 3D printing in nuclear equipment, strict standards and procedures must be developed and implemented, and the technology must be integrated with traditional manufacturing methods.

**Keywords:** 3D printing, nuclear equipment, materials, quality control, traditional production methods.

Применение аддитивных технологий, таких как 3D-печать, в производстве компонентов для ядерного оборудования представляет собой интересную перспективу с точки зрения эффективности и гибкости процесса производства.

Преимущества 3D-печати в производстве деталей для ядерного оборудования:

Во-первых, данная технология позволяет быстро изготавливать прототипы и небольшие серии деталей. Это может привести к сокращению времени, необходимого для проектирования и производства деталей, что важно для быстрого реагирования на изменения в рынке и потребностях энергетики.

Во-вторых, 3D-печать позволяет создавать детали с пористой структурой, внутренними каналами и другими сложными геометрическими особенностями [1].

Кроме того, 3D-принтеры могут быть установлены непосредственно на производственных площадках, что сократит время и стоимость доставки компонентов.

Несмотря на очевидные преимущества, использование 3D-печати в ядерной промышленности сопряжено с рядом серьезных вызовов. Одним из главных вызовов является обеспечение высочайшей степени надежности и соответствия стандартам безопасности. Материалы компонентов для ядерной энергетики должны обладать радиационной устойчивостью, высокой коррозионной стойкостью и способностью выдерживать высокие температуры [2]. Однако, не все материалы, используемые в 3D-печати, подходят для этих требований.

Также использование аддитивных технологий в атомной промышленности требует разработки специальных нормативных документов, которые устанавливали бы требования к материалам, процессам изготовления и готовым изделиям [3].

Для преодоления этих вызовов необходимо проводить исследования и разработки в области качества и безопасности 3D-печати для ядерного оборудования. Это может включать улучшение технологий печати, разработку новых материалов и проведение тестов на прочность и стабильность.

Кроме того, важно разработать строгие процедуры контроля качества, которые позволят проверять и подтверждать соответствие деталей стандартам безопасности. Это может включать в себя использование неразрушающего контроля, метрологических измерений и других методов проверки [4].

В целом, использование 3D-печати в производстве деталей для ядерного оборудования может быть перспективным решением, однако, необходимо учитывать вызовы в области качества и безопасности. Продолжение исследований и разработок в этой области позволит улучшить процесс и обеспечить высокую надежность ядерного оборудования.

В последние годы 3D-печать стала все более популярной технологией в различных отраслях промышленности. Она позволяет создавать сложные детали и прототипы с высокой точностью и экономичностью, что делает ее привлекательной для производства деталей для ядерного оборудования [5].

3D-печать может быть использована в качестве дополнения к традиционным методам производства, а не заменителям. Это требует разработки стратегии интеграции 3D-печати с традиционными методами производства, чтобы максимизировать выгоды от использования этой технологии.

В заключение, 3D-печать представляет собой потенциально важную технологию для производства деталей для ядерного оборудования. Она может ускорить разработку и производство, улучшить качество и экологичность, но нужно преодолеть существующие ограничения в области безопасности и контроля качества. Для успешного внедрения 3D-печати в ядерное оборудование необходимо разработать и внедрить строгие стандарты и процедуры, а также интегрировать эту технологию с традиционными методами производства. Данная технология даст возможность развитию локальных производств.

### **Источники**

1. Применение 3D-печати в атомной энергетике [Электронный ресурс]. URL: [https://www.eplus3d.com.ru/Company-News/article\\_164](https://www.eplus3d.com.ru/Company-News/article_164) (дата обращения: 02.11.2024).

2. Валетов В.А. Влияние RP-технологий на качество изделий: статья/ В.А. Валетов, С.В. Бобцова // Инструмент и технология. № 19-20. 2004. С. 20-24.

3. Деталь для ядерного объекта впервые напечатали на 3D-принтере [Электронный ресурс]. URL: [https://nauka.tass.ru/nauka/22325101?utm\\_source=yandex.ru&utm\\_medium=organic&utm\\_campaign=yandex.ru&utm\\_referrer=yandex.ru](https://nauka.tass.ru/nauka/22325101?utm_source=yandex.ru&utm_medium=organic&utm_campaign=yandex.ru&utm_referrer=yandex.ru) (дата обращения: 04.11.2024).

4. Как 3D печать помогает оптимизировать ядерную энергетику? [Электронный ресурс]. URL: <https://fdmprint.ru/2023/03/22/kak-3d-pechat-pomogaet-optimizirovat-jadernuju-ehnergetiku/> (дата обращения: 05.11.24).

5. Как аддитивные технологии развиваются в России [Электронный ресурс]. URL: <https://atomvestnik.ru/2023/06/29/na-puti-k-vyrashhivaniju-reaktorov/> (дата обращения: 04.11.2024).

## МАГНИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ В ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Волкова Елизавета Валерьевна

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

elizaveta\_volkova\_4@mail.ru

Магнитные материалы играют важную роль в ядерной энергетике, особенно в системах управления и контроля процессов реакции. В статье рассматриваются основные применения магнитных материалов в ядерной энергетике, включая создание магнитных датчиков, системы управления и манипулирования радиоактивными материалами, а также обеспечение безопасности и стабильности работы ядерных реакторов.

**Ключевые слова:** магнитные материалы, системы управления и контроля, радиоактивные вещества, магнитные датчики.

## MAGNETIC MATERIALS IN NUCLEAR POWER ENGINEERING

Volkova Elizaveta Valerievna

FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan

elizaveta\_volkova\_4@mail.ru

Magnetic materials play an important role in nuclear power engineering, especially in reaction process control and monitoring systems. The article discusses the main applications of magnetic materials in nuclear power engineering, including the creation of magnetic sensors, control and manipulation systems for radioactive materials, and ensuring the safety and stability of nuclear reactors.

**Keywords:** magnetic materials, control and monitoring systems, radioactive substances, magnetic sensors.

Магнитные материалы играют важную роль в ядерной энергетике, особенно в системах управления и контроля процессов реакции. Они применяются для различных целей, включая обнаружение и измерение радиоактивных веществ, управление и манипулирование радиоактивными материалами, а также обеспечение безопасности и стабильности работы ядерных реакторов [1].

Одним из основных применений магнитных материалов в ядерной энергетике является создание высокочувствительных датчиков для обнаружения и измерения радиоактивности. Принцип их работы основан

на изменении магнитных свойств материалов под воздействием ионизирующего излучения. Такие датчики позволяют непрерывно контролировать уровень радиации в различных точках реактора, обеспечивая своевременное обнаружение отклонений [2].

Спектрометры ядерного магнитного резонанса широко применяются для идентификации и количественного определения различных изотопов. Магнитные поля, создаваемые сверхпроводящими магнитами, позволяют получать высоко разрешенные спектры, делая данный метод наиболее точным для анализа радиоактивных образцов.

Также магнитные материалы находят применение в системах управления и манипулирования радиоактивными материалами [3]. Например, они могут использоваться в магнитоуправляемых захватах для перемещения радиоактивных отходов или обломков топлива в ядерных реакторах. Магнитные материалы также используются для создания магнитных подшипников и магнитных актуаторов.

Магнитные захваты используются для безопасного перемещения радиоактивных материалов в условиях повышенной радиации путем дистанционного управления объектами.

Магнитные подшипники обеспечивают бесконтактную поддержку вращающихся валов. Они широко применяются в насосах, компрессорах и других механизмах.

Магнитные актуаторы позволяют точно позиционировать и перемещать различные элементы оборудования, например, регулирующие стержни реактора [4].

Кроме того, магнитные материалы применяются для обеспечения безопасности и стабильности работы ядерных реакторов. Например, они могут быть использованы в системах аварийного охлаждения, где магнитные материалы с высоким коэффициентом охлаждения помогают эффективно удалять избыточную теплоту из реактора в случае чрезвычайных ситуаций.

Магнитные материалы также используются для создания магнитных удерживающих экранов, которые защищают персонал от воздействия ионизирующего излучения.

Исследователи активно работают над созданием новых магнитных материалов с улучшенными свойствами, таких как повышенная радиационная стойкость и меньшие потери на вихревые токи [5].

В целом, магнитные материалы играют важную роль в системах управления и контроля процессов реакции в ядерной энергетике. Они обеспечивают надежное обнаружение и измерение радиоактивных

материалов, управление и манипулирование радиоактивными компонентами, а также обеспечивают безопасность и стабильность работы ядерных реакторов.

### **Источники**

1. Физические основы ядерной энергетики [Электронный ресурс]. URL: <https://books.ifmo.ru/file/pdf/1778.pdf> (дата обращения: 27.10.2024).
2. Дементьев, Б. А. Ядерные реакторы. - М.: Энергоатомиздат, 1990. С. 253- 261.
3. Проводниковые, полупроводниковые, диэлектрические и магнитные материалы [Электронный ресурс]. URL: [https://lib.kgeu.ru/irbis64r\\_15/scan/147эл.pdf](https://lib.kgeu.ru/irbis64r_15/scan/147эл.pdf) (дата обращения: 30.10.24).
4. Применение наноструктурных материалов в ядерной энергетике [Электронный ресурс]. URL: <https://chemprob.org/wp-content/uploads/2018/07/Агаев-Иманова-9-1.pdf> (дата обращения: 05.11.24).
5. Игумнов Д. В. Основы полупроводниковой электроники: учебное пособие / Д.В. Игумнов, Г.П. Костюнина. – М.: Горячая линия–телеком, 2005. С. 186-193.



## **ПРИНЦИПЫ ОХЛАЖДЕНИЯ И ТЕПЛООБМЕНА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ В ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРАХ**

Волкова Елизавета Валерьевна

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
elizaveta\_volkova\_4@mail.ru

В статье рассматриваются основные принципы теплоотвода в ядерных реакторах, методы охлаждения и теплообмена. Теплоотвод и теплообмен играют важную роль в обеспечении безопасности и эффективности работы, позволяя поддерживать стабильные условия внутри реактора и максимизировать использование тепловой энергии.

**Ключевые слова:** теплоотвод, теплообмен, эффективность, водяное охлаждение, газовое охлаждение, теплообменные устройства.

## **PRINCIPLES OF COOLING AND HEAT TRANSFER TO ENSURE SAFE AND EFFICIENT OPERATION IN NUCLEAR REACTORS**

Volkova Elizaveta Valerievna

FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
elizaveta\_volkova\_4@mail.ru

The article discusses the basic principles of heat removal in nuclear reactors, methods of cooling and heat transfer. Heat removal and heat transfer play an important role in ensuring safe and efficient operation by maintaining stable conditions inside the reactor and maximizing the use of thermal energy.

**Key words:** heat removal, heat exchange, efficiency, water cooling, gas cooling, heat exchange devices.

Ядерные реакторы являются ключевым элементом в производстве электроэнергии различных отраслях промышленности. Однако для обеспечения безопасной и эффективной работы реакторов необходимо уделять особое внимание системам охлаждения и теплообмена, которые предотвращают перегрев активной зоны и обеспечивают стабильный режим работы.

Теплоотвод в ядерных реакторах является процессом, который обеспечивает удаление избыточной тепловой энергии, вырабатываемой в результате ядерных реакций, и передачу этой энергии на внешние системы для использования или отвода. Основные принципы теплоотвода в ядерных реакторах можно разделить на несколько аспектов [1]:

1. Охлаждение ядерного топлива. Это наиболее важный этап, который включает в себя процесс удаления тепла от ядерного топлива, которое выделяется в результате ядерных реакций.

2. Теплообмен. Процесс передачи тепловой энергии от активной зоны реактора к теплоносителю, а затем внешним системам.

3. Безопасность. Обеспечение стабильной работы реактора и предотвращение возможных аварийных ситуаций является одной из главных задач.

Важнейшей функцией ядерного реактора является отвод тепла, выделяемого в результате цепных реакций деления урана. В топливных композициях и оболочках реактора остается около 90 % энергии, в то время как в теплоносителях, отражателях, материале СУЗ и корпусной конструкции остается 7-8% энергии [2].

Существуют различные методы охлаждения и теплообмена, которые используются в ядерных реакторах. Это достигается за счет применения специальных охлаждающих сред, таких как вода или гелий, которые циркулируют внутри реактора и отводят тепло наружу [3]. Некоторые из наиболее распространенных методов включают:

– Водяное охлаждение. Вода используется как теплоноситель для удаления тепла от ядерного топлива и передачи его к внешним системам. Вода может быть использована в виде горячей или холодной, в зависимости от типа реактора.

– Газовое охлаждение. Газы, такие как гелий или углекислый газ, используются для охлаждения ядерного топлива и теплообмена. Газовое охлаждение может быть более эффективным, чем водяное охлаждение, в некоторых типах реакторов.

– Жидкометаллическое охлаждение. Н данный момент используется натрий, и далее планируется для использования свинец. Эти металлы обладают высокой теплопроводностью и могут отводить тепло более эффективно, чем вода или газ.

Если активная зона выполнена графитом, то она удаляет из нее избыточную тепловую энергию. При использовании легких или тяжелых замедлителей, выводить тепло можно при помощи принудительной циркуляции воды в активной зоне [4]. Как и в случае с водой или газом,

теплоотвод должен быть достаточным для того, чтобы не допустить утечки радиоактивных материалов. В то же время, важно следить за тем, чтобы скорость отвода тепла из системы была достаточной для того, чтобы в течение короткого промежутка времени не превысить ее охлаждающую способность [5].

Теплоотвод и теплообмен в ядерных реакторах играют важную роль в обеспечении безопасности, так и эффективности работы ядерных реакторов.

Эффективный теплообмен позволяет максимизировать использование тепловой энергии, вырабатываемой в результате ядерных реакций, что увеличивает эффективность работы реактора и повышает производительность.

Правильное функционирование системы охлаждения и теплообмена является неотъемлемой частью проектирования и эксплуатации ядерных реакторов и является фундаментальным условием для успешного и безопасного использования ядерной энергетики. Различные методы охлаждения и теплообмена позволяют поддерживать стабильные условия внутри реактора, предотвращать аварийные ситуации и увеличивать эффективность работы. С учетом растущих потребностей в чистой энергии, дальнейшие исследования и разработки в области технологий охлаждения и теплообмена в ядерных реакторах остаются актуальными и необходимыми.

### **Источники**

1. Кириллов П.Л., Богословская Г.П. Тепломассообмен в ядерных энергетических установках: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 2000. С. 237-242.

2. Тепломассообменное оборудование ТЭС и АЭС [Электронный ресурс]. URL: <https://nizrp.narod.ru/metod/kpte/12.pdf> (дата обращения: 01.11.2024).

3. Бойко В.И., Кошелев Ф.П., Шаманин И.В., Колпаков Г.Н. Нейтронно-физический и теплогидравлический расчет реактора на тепловых нейтронах: Учебное пособие. – Томск: ТГУ, 2002. С. 92-103.

4. Теплогидравлический расчет ЯР [Электронный ресурс]. URL: [https://lib.sevsu.ru/xmlui/bitstream/handle/123456789/8814/p\\_190137.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://lib.sevsu.ru/xmlui/bitstream/handle/123456789/8814/p_190137.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (дата обращения: 03.11.14).

5. Кириллов П.Л. Теплофизические свойства материалов ядерной техники. - 2-е изд., пер. и доп. - М.: ИздАТ, 2007. С. 26-29.

## **СРАВНЕНИЕ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ ANSYS И LOGOS: ИССЛЕДОВАНИЕ НА ПРИМЕРЕ ГЕНЕРАЦИИ СЕТКИ**

Вьюгова Ксения Дмитриевна<sup>1</sup>, Гилязиева Гузель Зофаровна<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>vjugova.k@yandex.ru

В данной статье проводится сравнительный анализ программных продуктов ANSYS и LOGOS с акцентом на построение расчетных сеток. В исследовании рассматриваются процессы и параметры, связанные с созданием 0D, 1D, 2D и 3D сеток в обоих продуктах, а также оценивается качество и точность получаемых сеток. Исследование подчеркивает применимость и простоту использования каждого типа сетки, давая представление о сильных и слабых сторонах обоих программных пакетов.

**Ключевые слова:** ANSYS, ЛОГОС, вычислительные сетки, численное моделирование, сравнительный анализ, качество сетки, автоматизация сетки, параметры сетки, точность расчетов.

## **COMPARISON OF ANSYS AND LOGOS SOFTWARE PRODUCTS: A CASE STUDY ON MESH GENERATION**

Vyugova Ksenia Dmitrievna<sup>1</sup>, Gilyazieva Guzel Zofarovna<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
<sup>1</sup>vjugova.k@yandex.ru

In this article, a comparative analysis of the software products ANSYS and LOGOS is conducted with a focus on the construction of computational grids. The study examines the processes and parameters involved in creating 0D, 1D, 2D, and 3D grids in both products, as well as evaluates the quality and accuracy of the resulting grids. The research highlights the applicability and ease of use of each type of grid, providing insights into the strengths and weaknesses of both software packages.

**Key words:** ANSYS, LOGOS, computational grids, numerical modeling, comparative analysis, grid quality, grid automation, grid parameters, calculation accuracy.

In modern engineering analysis and design, the use of software products for modeling and calculating complex technical systems has become increasingly important. One of the crucial stages of this process is the development of computational methods that serve as the basis for subsequent numerical calculations. The efficiency and accuracy of these methods directly influence the quality of final modeling results.

Currently, there are a variety of software solutions available on the market that are designed to help with modelling and calculation tasks. Two of the most well-known and widely used options are ANSYS and LOGOS. These products offer a range of features, but each has its own unique characteristics and benefits.

Creating a finite element (FE) mesh is both an art and a science. The shape, order, and type of elements used can significantly affect the behavior of the model and the observed stresses and strains [1-2].

The classification of meshes based on the software package is shown in Table 1.

Table 1

Classification of meshes

Indicator	Ansys	LOGOS
Number of dimensions	1D (Beam elements), 2D (Shell elements), 3D (Solid Elements) or a combination of the three types of meshes	Node (0D), line (1D), surface mesh (2D), volume mesh (3D)
Element Shape	triangular, quadrilateral	Predominantly quadrangular, quadrangular, triangular, LR triangular, QMorth quadrangular, block transition layer
Element Order	linear, quadratic	linear, quadratic
Mesh Structure	structured, unstructured	structured, unstructured

The most interesting item is «number of measurements». It should be noted here that the interpretation of this concept in the above software packages has significant differences. Thus, in Ansys there are three types of meshes: solid elements, shell elements, solid shell elements [3]. The choice of a particular type in this case is determined by several factors: geometric characteristics of the model (for a two-dimensional model, only shell is suitable), the number of degrees of freedom (especially typical for meshes that are constructed as a set of thin-walled bodies with solid elements using linear approximation).

In LOGOS, the choice of mesh type depends on the nature of the system being modeled and the level of detail required. For example, 0D meshes are ideal for point load sources, such as thermal processes in electrical circuits. 1D meshes are suitable for linear structures like rods, beams, and pipes. 2D meshes can be used for planar elements, such as shells and membranes. Finally, 3D meshes are appropriate for volumetric structures.

It should be noted that both software packages allow users to create meshes of different types, including overlapping meshes (also known as face meshing or construction by pulling). Additionally, there is an "automatic construction" feature, which is activated automatically, although it should be noted that this feature may not always produce accurate results when exporting the model for calculations.

Thus, LOGOS has a simpler and more intuitive interface, which allows for fairly fast mesh modeling due to its specific functionality. Ansys, on the other hand, offers a wider range of mesh capabilities, including complex and adaptive algorithms, making it particularly effective for tasks that require high accuracy and detail.

### Sources

1. Kim N. H., Sankar B. V., Kumar A. V. Introduction to finite element analysis and design. – John Wiley & Sons, 2018.
2. Paul S. Finite element analysis in fused deposition modeling research: A literature review //Measurement. – 2021. – Т. 178. – С. 109320.
3. Kulikov G. M., Plotnikova S. V., Glebov A. O. Assessment of nonlinear exact geometry sampling surfaces solid-shell elements and ANSYS solid elements for 3D stress analysis of piezoelectric shell structures //International Journal for Numerical Methods in Engineering. – 2020. – Т. 121. – №. 17. – С. 3795-3823.
4. Официальный сайт ФГУП «РФЯЦВНИИЭФ»: [Электронный ресурс]. 2017. URL: <http://logos.vniief.ru/> (Дата обращения: 12.10.2024)
5. Официальный сайт ANSYS: [Электронный ресурс]. 1992. URL: <https://www.ansys.com> (Дата обращения: 12.10.2024).

## ПОДХОДЫ К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ СОБСТВЕННЫХ НУЖД АЭС

Вьюгова Ксения Дмитриевна<sup>1</sup>, Сaitов Станислав Радикович<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

<sup>1</sup>vjugova.k@yandex.ru

В работе рассматриваются различные перспективные методы анализа данных для прогнозирования энергопотребления атомных электростанций, а также проводится сравнение этих методов как между собой, так и с применяемыми, в настоящее время, на АЭС.

**Ключевые слова:** атомные станции, энергопотребление, методы прогнозирования, метод опорных векторов, экспоненциальный метод.

## APPROACHES TO FORECASTING ELECTRICITY CONSUMPTION AT NUCLEAR POWER PLANTS

Vyugova Ksenia Dmitrievna<sup>1</sup>, Saitov Stanislav Radikovich<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan

<sup>1</sup>vjugova.k@yandex.ru

This article reviews various data analysis methods for predicting the own power consumption of nuclear power plants, and compares these methods both among themselves and with those currently used at nuclear power plants.

This article reviews various data analysis methods for predicting energy consumption of nuclear power plants, and also compares these methods with each other and with those currently used at nuclear power plants.

**Key words:** Nuclear power plants, energy consumption, forecasting methods, support vector method, exponential method

Атомные электростанции, как и другие генерирующие объекты, выступают как в роли потребителей, так и производителей электрической энергии. Для эффективного участия в оптовом рынке электроэнергии и мощности (ОРЭМ) необходимо тщательно планировать потребление мощности на собственные нужды (СН) электростанций. Потребление на СН определяется в соответствии с договором о присоединении к торговой системе как объем электрической энергии, необходимый для функционирования технологических процессов выработки, преобразования и распределения энергии [1].

Приобретение электроэнергии для собственных нужд осуществляется через два рыночных механизма: рынок на сутки вперед (РСВ) и балансирующий рынок (БР). Если фактическое потребление превышает установленный максимум, это приводит к отрицательному

экономическому эффекту, так как электроэнергия будет продана на БР по более низкой цене. Аналогично, если фактическое потребление ниже установленного значения, возникает отрицательный эффект из-за необходимости покупки электроэнергии по более высокой цене на БР. Следовательно, максимальная экономическая эффективность от реализации электроэнергии достигается при точном планировании потребления СН, что подразумевает соответствие максимального значения фактическому потреблению [2-3].

Основными потребителями собственных нужд каждого энергоблока АЭС, как реакторного, так и турбинного отделения являются различные насосы, потребляющие от 70 до 90% электрической энергии.

Для прогнозирования результатов кластеризации временных серий энергопотребления применяются методы медианного (тройка медиан) и экспоненциального сглаживания [4]. В основе метода медианного сглаживания лежит усреднение точек экстремумов временного ряда, что увеличивает устойчивость к выбросам. А суть метода экспоненциального сглаживания заключается в том, что уровни исходного временного ряда взвешиваются скользящей средней с экспоненциальным характером изменения весов. Вес каждого значения уменьшается по мере его удаления от рассматриваемого момента. Здесь следует отметить, что наибольшее предпочтение отдается именно экспоненциальному вычислению, ввиду того, что для прогноза большую ценность имеют последние наблюдения ряда, нежели прошлые отдалённые наблюдения.

Наряду со статистическими методами прогнозирования в последнее время набирает популярность и метод опорных векторов (SVR) на основе регрессионных моделей [5]. Метод основан на поиске гиперплоскости, которая минимизирует риск в многомерном пространстве. В отличие от традиционных регрессионных моделей, SVR оценивает коэффициенты, минимизируя квадратичные потери. Таким образом, если прогнозируемое значение попадает в область гиперплоскости, потери равны нулю.

В свою очередь, метод опорных векторов (SVR) представляется наиболее оптимальным по сравнению с медианным и экспоненциальным сглаживанием при прогнозировании энергопотребления на атомных электростанциях. Во-первых, SVR способен эффективно обрабатывать сложные и нелинейные зависимости в данных, что позволяет ему учитывать множество факторов, влияющих на энергопотребление и обеспечивать более точные прогнозы. Во-вторых, метод опорных векторов обладает высокой устойчивостью к выбросам и шуму в данных, что делает его более надежным в условиях реального мира, где данные могут содержать аномалии.



Кроме того, SVR позволяет адаптироваться к изменениям в данных благодаря своей способности к обучению на основе исторических значений, что делает его более гибким инструментом для динамичного прогнозирования. В отличие от медианного и экспоненциального сглаживания, которые могут упускать важные тренды и зависимости, метод опорных векторов обеспечивает более глубокий анализ и лучше справляется с многомерными временными рядами.

### **Источники**

1. Полуянович Н.К., Дубяго М.Н. Оценка воздействующих факторов и прогнозирование электропотребления в региональной энергосистеме с учетом режима ее эксплуатации // Известия Южного федерального университета. Технические науки. 2022. № 2 (226). С. 31-46.

2. Сайтов С.Р., Чичирова Н.Д., Филимонова А.А., Карницкий Н.Б. Прогнозирование часов пик энергопотребления региональных энергосистем // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. 2024. Т. 67, № 1. С. 78-91.

3. Сайтов С.Р., Карачурин Б.Р., Сидоров М.В. Прогнозирование пиковых часов энергосбытовых компаний, входящих в реестр гарантирующих поставщиков АО "АТС" // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14, № 4 (56). С. 59-68.

4. Лукашин Ю.П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов: учеб. пособие. М.: Финансы и статистика, 2003. 416 с.

5. Ahmed H.U. et al. Support vector regression (SVR) and grey wolf optimization (GWO) to predict the compressive strength of GGBFS-based geopolymer concrete // Neural Computing and Applications. 2023. Т. 35, № 3. С. 2909-2926.

## ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СЕБЕСТОИМОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Газизова Рената Альбертовна<sup>1</sup>, Салихова Регина Рафаиловна<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>ms.gazizova.04@mail.ru

В рамках данной работы рассмотрен аспект формирования себестоимости цены генерируемой электроэнергии, а также определены пути снижения себестоимости электрической энергии.

**Ключевые слова:** стоимость, передача, электрическая энергия, цена, себестоимость.

## FEATURES OF THE FORMATION OF THE COST OF ELECTRICITY

Gazizova Renata Albertovna<sup>1</sup>, Salikhova Regina Rafailevna<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>ms.gazizova.04@mail.ru

Within the framework of this work, the aspect of the formation of the cost of the price of generated electricity is considered, and ways to reduce the cost of electric energy are determined.

**Keywords:** cost, transmission, electric energy, price, cost.

В настоящий момент организация производства на предприятиях электроэнергетики занимает достаточно важное место в экономике как самого предприятия электроэнергетики, так и страны в целом.

На многих предприятиях электроэнергетики вместе с составлением сметы основных затрат также формируется калькуляция себестоимости, которая отражает сколько ресурсов и средств затрачено при производстве электрической энергии. Необходимо более чётко сформулировать термин документа калькуляции себестоимости продукции – это документ, который разделяет все виды затрат по производственному назначению: технологическим стадиям и видам продукции, которые производит электрическая станция.

Калькуляция себестоимости электрической энергии имеет достаточно важное место, т.к. этот документ является одним из результатов ключевых бухгалтерских проводок. Калькуляции могут быть: сметные, плановые, нормативные и отчетные.

Определим объекты в электроэнергетике, которым обязательно проводить калькуляцию себестоимости производства электрической энергии. Необходимо разделить расчёт себестоимости продукции в электроэнергетике на два этапа:

- определение абсолютных размеров затрат на производство;
- распределение затрат в зависимости от вида продукции. Важно выделить, что электрические станции могут производить до двух видов энергии: электрическая и тепловая.

Нужно определить, что объектами калькулирования себестоимости являются: электрические станции; станции комбинированного производства энергии; сетевые компании и предприятия тепловых сетей.

Необходимо раскрыть статьи расходов калькуляции себестоимости: на примере гидроэлектростанции определим калькуляцию себестоимости, поэтому необходимо выделить направления, которые являются ключевыми при расчёте: гидротехнический цех; машинный цех; электротехнический цех.

– гидротехнический цех является самой главной статьёй расходов на гидроэлектростанции. В его состав входит: ремонт, эксплуатация и амортизацию плотины, технологических каналов, водохранилищ, дамб, а также заработная плата персонала;

– машинный цех занимает немаловажное место при расчёте себестоимости электроэнергии, получаемой от генерации. В статью затрат включается также ремонт, эксплуатация и обслуживания гидротурбин, управляющая автоматика гидроагрегатами, устройства общего назначения и заработная плата персонала;

– электротехнический цех обладает достаточно внушительным объёмом хозяйства, которое также необходимо обслуживать, определим затраты на направление: заработная плата, ремонт, эксплуатация и амортизация гидрогенераторов, измерительной аппаратуры, силового оборудования, аккумуляторных батарей, всего оборудования, задействованное в производстве и передаче электрической энергии.

Анализируя затраты по направлениям, можно сказать, что калькуляция себестоимости на гидроэлектростанции содержит в себе практически те же самые статьи расходов, за исключением тех, которые относятся к тепловым электростанциям или тем станциям, которые осуществляют закупку топлива для генерации электроэнергии.

Генерация электрической энергии стоит достаточно большое количество средств, то многие предприятия электроэнергетики стремятся либо снизить затраты на генерации электроэнергии путём снижения зарплат работников и прочих эксплуатационных расходов, либо извлечь максимальную выгоду из сжигаемого топлива. Поэтому необходимо предложить мероприятия по снижению себестоимости: реконструкция объекта электроэнергетики: модернизация энергетических машин и внедрение новых технологий по управлению режимом работы агрегатов; использование мер режимного характера: выбор состава включённого генерирующего оборудования с целью определения состава наиболее

«дешёвого» по загрузке оборудования для распределения нагрузки потребителей; использование технологии вторичного цикла использования: отработанные газы на электростанции обладают некоторым количеством энергии, которую можно использовать повторно; снижение потерь электроэнергии на всех элементах.

Прежде всего, целесообразность каждой меры определяется посредством расчётов.

Подводя итоги, можно сказать, что организация производства на объектах электроэнергетики является достаточно сложным процессом, в который входит и формирование себестоимости электрической энергии.

### **Источники**

1. Дулепова, В. Б. Ценовая эластичность как фактор формирования спроса на электроэнергию / В. Б. Дулепова, К. А. Филиппов, Т. А. Ширяева // Социально-экономический и гуманитарный журнал. – 2019. – № 2(12). – С. 16-29.

2. Волос, М. М. Повышение точности анализа работы атомных станций на основе методики расчета стоимости технического обслуживания и ремонта / М. М. Волос // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2021. – № 4. – С. 25-37.

3. Васьковская, Т. А. Проектирование рынка электроэнергии с накопителями энергии / Т. А. Васьковская, Б. А. Ключ // Электричество. – 2020. – № 12. – С. 31-43.

4. Лясковская, Е. А. Проблемы электроэнергетики и возможности рационального энергопотребления предприятий / Е. А. Лясковская, М. Р. Курбангалиев // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. – 2017. – Т. 11, № 3. – С. 108-115.

5. Бирюков, Д. С. Особенности формирования себестоимости производства электроэнергии / Д. С. Бирюков // Экономические и социальные аспекты развития энергетики : Восемнадцатая всероссийская (десятая международная) научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых. Материалы конференции. В 6-ти томах, Иваново, 16–18 мая 2023 года. – Иваново: Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина, 2023. – С. 13.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОТБОРА ПРОБ ВОДОРОДНОГО ТОПЛИВА

Гайнутдинов Фарит Ринатович<sup>1</sup>, Хабибуллина Эльза Тимуровна<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>ЕВККК@yandex.ru, <sup>2</sup>habibultim23@gmail.com

В статье рассматриваются различные проблемы отбора проб водородного топлива, а также обсуждаются некоторые параметры, влияющие на оценку чистоты водорода.

**Ключевые слова:** отбор проб, водородное топливо, этапы проботбора, чистота водорода.

## TECHNICAL PROBLEMS OF SAMPLING HYDROGEN FUEL

Gainutdinov Farit Rinatovich<sup>1</sup>, Khabibullina Elza Timurovna<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup> FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>ЕВККК@yandex.ru, <sup>2</sup>habibultim23@gmail.com

The article discusses various issues related to sampling hydrogen fuel, as well as some parameters that affect the assessment of hydrogen purity

**Keywords** sampling, hydrogen fuel, sampling stages, hydrogen purity.

В связи с прогнозируемым развитием крупной инфраструктуры, включающей заправочные станции для грузовиков и транспортные средства, работающие на водороде, необходимо приложить немало усилий для обеспечения безопасного и эффективного использования водорода. При этом для оценки чистоты водорода, необходимо будет опробовать в реальных условиях новые или адаптированные системы отбора проб. Разработанные исследователями подходы тестируются, оценивается их способность сбора репрезентативных пробы водорода на этих новых станциях. В России такие разработки на начальном этапе и сведения о системах отбора проб водородного топлива немногочисленны [1].

Для транспортных средств, работающих на водороде, требуется чистый водород (более 99,7% по объему), так как примеси снижают эффективность топливного элемента, даже если они присутствуют в водороде в очень малых количествах [2]. Качество водорода можно контролировать либо на месте с помощью онлайн-мониторинга, либо после отбора проб и транспортировки в лабораторию для анализа в автономном режиме [3].

При создании системы проботбора необходимо учитывать множество факторов: риски для всего процесса отбора проб, выбор баллона, способ подготовки баллона перед отбором проб, давление при

заполнении, продувка систем отбора проб [4]. Каждый этап должен быть выполнен для обеспечения безопасного и точного отбора проб. Необходимо изучить даже влияние параметров на станции (например, давление, скорость потока и изменение скорости потока).

Помимо совместимости материала проботорника контактирующего с примесями, существуют и другие факторы, влияющие на стабильность анализируемых веществ и их долю в образцах  $H_2$ . Среди них – давление в образце. Для компонентов, которые адсорбируются на стенке цилиндра, ожидается зависимость от давления. Предполагается, что для заполнения активных участков на внутренней поверхности цилиндра требуется определённое количество молекул. Наполнение контейнера для образцов при более высоком давлении, как правило, приводит к относительно меньшим потерям и, следовательно, к более точной оценке уровня загрязнения водородного топлива. При более низком давлении это будет большая доля от общего количества доступных молекул по сравнению с более высоким давлением. Некоторые компоненты имеют тенденцию к десорбции, когда давление в контейнере для образцов становится меньше  $\sim 10$  бар.

Однако проверка системы отбора проб – сложный процесс, так как подготовка эталонных материалов для отбора проб чрезвычайно сложна [5]. Применение любого подхода к оценке погрешности предпочтительно должно основываться на повторных измерениях в реальных условиях. Отсутствие примесей в водороде, подаваемом в большинстве водородных заправочных станциях, затрудняет использование классических методов для проверки систем отбора проб, и только имитация отбора проб с использованием эталонных газовых баллонов с известным содержанием примесей позволит изучить реактивные вещества, не встречающиеся в типичном реальном образце водорода. Подготовить эталонные материалы для отбора проб чрезвычайно сложно.

При отборе проб газа следует обращать внимание на следующие технические аспекты, но не ограничиваться ими, чтобы собрать достаточно репрезентативную пробу: адсорбцию (реакция и проникновение системы отбора проб); утечку и рассеивание в атмосфере в системе отбора проб; очистку системы отбора проб; однородность газа.

Другой подход заключается в том, чтобы смоделировать процесс отбора проб (или процесс, близкий к заправке) с использованием эталонных газовых баллонов с известным содержанием примесей, что позволяет изучить большее количество примесей, в том числе реакционноспособные вещества, которые не встречаются в реальных образцах водорода. Однако такая реализация может быть ограничена трудностями, связанными с моделированием условий заправки (температура, давление, расход). Таким образом, испытания такого типа в основном дают представление о способности систем правильно отбирать пробы.

## Источники

1. Гайнутдинова Д.Ф. Проблемы анализа примесей в водородном топливе. Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения : IX Международная научно-практическая конференция, Нур-Султан, 19 марта 2021 года / Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева. Нур-Султан: 2021. С. 307-309.

2. Раменский А. Ю. Водород в качестве топлива: предмет и цели стандартизации // Альтернативная энергетика и экология. 2015. №1 (165).

3. Чичиров А.А., Разакова Р.И., Гайнутдинов Ф.Р., Гайнутдинова Д.Ф. Водородная заправочная станция: обзор технологического состояния использования водородного топлива // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2024. Т. 26. № 2. С. 149-165.

4. Гайнутдинова, Д. Ф. Анализ примесей в водородном топливе / Д. Ф. Гайнутдинова // Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности : Сборник научных статей по итогам II международной научной конференции, Казань. 2021. С. 29-31.

5. Корнилов С.В., Зверева Э.Р., Федорова А.А., Гумеров И.Ф., Фардеев Л.И., Ахметова И.Г. Перспективы развития водородной энергетики и рынка транспортных средств на водородном топливе / Корнилов С.В., Зверева Э.Р., Федорова А.А., Гумеров И.Ф., Фардеев Л.И., Ахметова И.Г. // Вестник КГЭУ. 2022. № 4.

## ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ СТАЦИОНАРНЫХ ТВЕРДООКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Гайнутдинов Фарит Ринатович<sup>1</sup>, Гайнутдинова Диляра Фаритовна<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>EBKKK@yandex.ru, <sup>2</sup>gaynutdinova.df@kgeu.ru

В статье рассмотрены ограничения работы стационарных высокотемпературных твердооксидных топливных элементов и некоторые решения для преодоления существующих проблем.

**Ключевые слова:** стационарные высокотемпературные твердооксидные топливные элементы, низкотемпературные твердооксидные топливные элементы, активационная поляризация, деградация топливного элемента, гибридные энергосистемы.

## PROBLEMS OF OPERATION OF STATIONARY SOLID OXIDE FUEL ELEMENTS

Gainutdinov Farit Rinatovich<sup>1</sup>, Gainutdinova Dilyara Faritovna<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>EBKKK@yandex.ru, <sup>2</sup>gaynutdinova.df@kgeu.ru

The article discusses the operational limitations of stationary high-temperature solid oxide fuel cells and some solutions to overcome existing problems.

**Keywords:** stationary high-temperature solid oxide fuel cells, low-temperature solid oxide fuel cells, activation polarization, fuel cell degradation, hybrid energy systems.

Внедрение технологий стационарных твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ) и гибридных электростанций в отраслях промышленности подчеркивают технологические сложности их эксплуатации. В обобщенном виде ограничения применения ТОТЭ представлены в таблице.

Таким образом, основным ограничением ТОТЭ является высокая рабочая температура. Высокотемпературная работа ТОТЭ отрицательно сказывается на топливном элементе, сокращая его срок службы и снижая безопасность, а также увеличивая общую стоимость генерации электроэнергии [1].

С другой стороны, низкие температуры увеличивают омическое сопротивление и снижают плотность мощности. По мере движения электронов по внутренней и внешней цепи ТОТЭ происходят потери напряжения, поляризация или перенапряжение. Активационная поляризация приводит к значительному падению напряжения в ТОТЭ низкой и средней температуры, но оно становится менее значительным при высоких температурах.



## Ограничения твердооксидных топливных элементов

Ограничение	Описание
Высокая рабочая температура	Рабочая температура 600-1000 °С вызывает термическое напряжение и снижает срок службы
Стоимость материалов	Дорогие материалы для электролитов и электродов, такие как иттриевая стабилизированная циркония (YSZ)
Долговечность	Подверженность деградации из-за химических реакций при высоких температурах
Сложность изготовления	Технологические сложности при производстве и сборке ячеек и модулей
Медленный старт	Продолжительное время для достижения рабочей температуры ограничивает применение в транспортных средствах
Термические циклы	Подверженность повреждениям при многократных циклах нагрева и охлаждения
Инфраструктура	Необходимость создания специфической инфраструктуры для производства, хранения и транспортировки топлива, увеличивающие капитальные и эксплуатационные расходы
Интеграция с другими системами	Сложности интеграции с существующими энергетическими системами и сетями
Габариты и вес	Относительно большие размеры и вес по сравнению с другими типами топливных элементов
Техническое обслуживание	Необходимость регулярного обслуживания и замены изношенных компонентов

Минимизация омической поляризации достигается за счет использования тонкого электролита, электродов с высокой проводимостью, подходящих материалов для соединения и оптимизации конструкции ТОТЭ.

Снижение концентрации газов-реагентов приводит к снижению парциальных давлений и потере электрического потенциала, известного как перенапряжение концентрации. При повышенных рабочих температурах диффузия газа через электроды в ТОТЭ является высокоэффективной, и приводит к минимальным потерям концентрации, если только показатели использования топлива и воздуха не являются исключительно высокими.

Общим фактором потерь в твердооксидном топливном элементе является деградация, при которой снижение характеристик электролита и электродов выражается либо потерей напряжения на тысячу часов, либо изменением удельного сопротивления площади [2]. Деградация электролита происходит из-за отравления, изменения микроструктуры материала, а также химического и термического напряжения. Электролит

тонкой пленки с улучшенной микроструктурой обеспечивает более короткий путь для переноса ионов, тем самым снижая омическое сопротивление. ТОТЭ с тонкопленочным электролитом работают при промежуточных температурах без ухудшения характеристик и снижении эксплуатационных затрат. В случае электродов деградация происходит из-за фазовых преобразований, примесей, легирования и механической деградации вследствие химических и термических напряжений. Исследователи разработали методы восстановления удельного сопротивления площади после отравления, например, пропиткой кальцием.

Дальнейшие исследования и разработки будут иметь решающее значение для преодоления существующих ограничений технологии ТОТЭ, и значительного расширения ее применения в стационарном энергоснабжении.

### **Источники**

1. Багоцкий В.С., Осетрова Н. В., Скундин А. М. Топливные элементы. современное состояние и основные научно-технические проблемы // Электрохимия. 2003. Т. 39. № 9. С. 1027.

2. Гайнутдинов Ф.Р. Параметры оптимизации гибридной системы ТОТЭ – МГТ // Тинчуринские чтения - 2024 «Энергетика и цифровая трансформация»: материалы Междунар. молодежной науч. конф. В 4-х томах, Казань, 2024. С. 47-50.

## УМНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЖКХ

Заирова Далия Исломовна<sup>1</sup>, Сандаков Виталий Дмитриевич<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup> daliyazairova8@gmail.com

В этой статье мы рассмотрим ключевые аспекты и применения умных технологий в ЖКХ, а также их потенциальные выгоды и недостатки.

**Ключевые слова:** умные технологии, ЖКХ, автоматизация, удаленный мониторинг, искусственный интеллект.

## SMART TECHNOLOGIES IN HOUSING AND HOUSING

Zairova Dalia Islomovna<sup>1</sup>, Sandakov Vitaly Dmitrievich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FSBEI of HE "KSEU", Kazan  
<sup>1</sup>daliyazairova8@gmail.com

In this article, we will consider the key aspects and application of smart technologies in housing and communal services, as well as their potential benefits and disadvantages.

**Keywords:** smart technologies, housing and communal services, automation, remote monitoring, artificial intelligence.

Умные технологии в сфере жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ) представляют собой революционный подход к управлению и обслуживанию городской инфраструктуры, направленный на повышение эффективности, комфорта и устойчивости городской жизни.

Концепция умного города (smart city) основана на интеграции информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) в различные аспекты городской жизни, включая ЖКХ. Умный город – это инновационная городская экосистема, где технологии используются для повышения качества жизни, эффективности функционирования города и предоставления городских услуг, одновременно удовлетворяя потребности настоящего и будущего поколений без негативного воздействия на экономическую, социальную и экологическую компоненты города [1].

Одним из ключевых направлений внедрения умных технологий в ЖКХ является автоматизация и мониторинг различных систем. Например, системы домашней автоматизации могут включать датчики движения, температуры, открытия дверей и окон, а также исполнительные устройства, такие как реле и контроллеры. Эти системы позволяют управлять освещением, отоплением, водоснабжением и другими коммунальными услугами удаленно, что значительно упрощает жизнь жителей и снижает расходы на обслуживание[2].

Удаленный мониторинг счетчиков воды и электричества является еще одним важным аспектом. Это позволяет арендодателям и управляющим компаниям получать точные показания без необходимости физического доступа к счетчикам, что сокращает административную нагрузку и снижает риск ошибок при снятии показаний.

Искусственный интеллект (ИИ) играет все более значимую роль в управлении ЖКХ. В городах, таких как Москва, уже начали использовать мобильные комплексы с нейронными сетями для контроля состояния дорог. Эти системы могут выявлять ямы, стертую разметку, повреждения бортового камня и другие нарушения, что позволяет городским службам оперативнее устранять недочеты [3].

Аналогичным образом, ИИ может быть применен для прогнозирования и предотвращения аварий в системах водоснабжения и отопления, а также для оптимизации энергопотребления в жилых комплексах.

Умные технологии также меняют подход к обращению с отходами. Системы умного обращения с отходами могут включать интеллектуальные контейнеры, которые сигнализируют о необходимости вывоза мусора, когда они заполнены. Это позволяет оптимизировать маршруты мусоровозов и уменьшить количество выездов, что приводит к снижению расходов и уменьшению загрязнения окружающей среды.

Умные технологии упрощают процесс оплаты коммунальных услуг. В современных умных городах жители могут оплачивать коммунальные услуги, штрафы за нарушение ПДД и другие городские услуги через единую онлайн-платформу. Например, в Москве жители могут использовать мобильное приложение для оплаты коммунальных услуг, пополнения транспортной карты "Тройка" и других городских услуг всего за несколько минут [4].

Одним из ключевых аспектов умных технологий в ЖКХ является вовлечение жителей в процесс управления городской инфраструктурой. Мобильные приложения и онлайн-платформы позволяют жителям сообщать о проблемах в реальном времени, что помогает городским службам оперативно реагировать на возникающие вопросы. Это не только повышает удовлетворенность жителей, но и способствует более эффективному управлению городскими ресурсами.

Внедрение умных технологий в ЖКХ имеет ряд значительных выгод. Автоматизация и мониторинг систем позволяют оптимизировать расходы и ресурсы.

Удаленное управление коммунальными услугами и оплата через онлайн-платформы делают жизнь жителей более комфортной.

Оптимизация энергопотребления и обращения с отходами способствует уменьшению негативного воздействия на окружающую среду.

Однако, есть и некоторые недостатки, например, внедрение умных технологий требует тщательного подхода к защите личных данных жителей. Переход на умные технологии может потребовать значительных первоначальных инвестиций. Необходимо обеспечить квалифицированную техническую поддержку для обслуживания и ремонта умных систем [5].

Умные технологии в ЖКХ представляют собой мощный инструмент для трансформации городской инфраструктуры, направленный на повышение эффективности, комфорта и устойчивости городской жизни. От автоматизации и мониторинга систем до использования искусственного интеллекта и вовлечения жителей, эти технологии имеют потенциал решить многие из существующих проблем в сфере ЖКХ. Однако, для успешного внедрения этих технологий необходимо тщательно рассмотреть все связанные с этим сложности и обеспечить соответствующую поддержку и защиту данных. В будущем, мы можем ожидать еще более инновационных решений, которые будут улучшать качество жизни в наших городах.

### **Источники**

1. Деменко О.Г., Тихомиров А.О. Цифровая трансформация жилищно-коммунального хозяйства // Вестник университета. - 2020. - № 5. - С. 59-63.

2. Нестеров И.В., Корнев М.В. Создание правовых условий цифровизации ЖКХ через механизмы ГЧП // Энергосовет: электронный журнал. - 2019. - № 3 (53).

3. Новиков И.В. Функциональные городские территории как инструмент государственной городской политики // Вестник Московского университета имени С.Ю. Витте. Серия 1: Экономика и управление. - 2021. - № 3 (14). - С. 80-84.

4. Новиков И.В. Роль МСЭ в стандартизации умных устойчивых городов // Вестник Московского университета имени С.Ю. Витте. Серия 1: Экономика и управление. - 2022. - № 3 (18). - С. 74-79.

5. Суптело Н.П., Демитренко О.Н. Перспективы инновационных преобразований в сфере ЖКХ // Инновационное развитие общества: условия, противоречия, приоритеты: электронное издание. Ч. 2 / под ред. А.В. Семенова, Ю.С. Руденко. - М.: ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», 2024. - С. 320-325.

## АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ С ВТГР

Залаев Айрат Эдуардович<sup>1</sup>, Черкасов Александр Сергеевич<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>ajrat.zalaev@bk.ru

В статье рассмотрено состояние проекта атомной энерготехнологической станции с высокотемпературным газоохлаждаемым реактором. Проанализировано состояние готовности реакторной и химико-технологической части, с входящими в них компонентами. Рассмотрена проблема состояния нормативно-правовой базы для данного проекта.

**Ключевые слова:** АЭС, ВТГР, АО «Аммоний», микротвел.

## SIMULATION OF AN ASYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVE BASED ON A MATRIX FREQUENCY CONVERTER

Zalaev Airat Eduardovich<sup>1</sup>, Cherkasov Alexander Sergeevich<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>ajrat.zalaev@bk.ru

The article considers the state of the project of a nuclear power plant with a high-temperature gas-cooled reactor. The state of readiness of the reactor and chemical-technological parts, with their components, is analyzed. The problem of the state of the regulatory framework for this project is considered.

**Keywords:** NETP, HTGR, JSC "Ammonium", micro fuel rod

В современном мире, где энергетические потребности растут, а экологические вызовы становятся все более остро, поиск устойчивых и эффективных источников энергии становится приоритетной задачей. Одним из наиболее перспективных направлений в этой области является атомно-водородная энергетика. Первым этапом развития этого направления станет атомно-энерготехнологическая станция (АЭС) с высокотемпературным газоохлаждаемым реактором (ВТГР).

В данной статье мы проведем анализ готовности проекта АЭС и рассмотрим целесообразность этого проекта.

Ядерный остров представляет собой трех контурный однопетлевой реактор, с характеристиками указанными в таблице 1. Активная зона состоит из шестигранных графитовых кладк, выполняющих роль отражателя и замедлителя. Тепловыделяющая сборка (ТВС) имеет как глухие каналы для топлива, так и сквозные для теплоносителя. В топливный канал помещаются топливные компакты, диаметром 12.5 мм и высотой 50 мм, состоящие из микротвелов диаметром 0,82 мм. Микротвел представляет собой

многослойный топливный керн, способный удержать внутри себя продукты деления температурой до 1600 градусов. На данный момент проводятся НИОКР по: отработке технологий изготовления ТВС; исследованию и аттестации реакторного графита; отработке технологий изготовления, обоснованию работоспособности систем управления и защиты; изготовлению поглощающих элементов.

На химико-технологической части будет реализована технология паровой конверсии метана, так как это технология единственная на данный момент может обеспечить приемлемую цену для производства водорода. АЭС будет состоять из 2х блоков по 200 МВт каждый, что позволит вырабатывать до 5000 т водорода в год. Главный потребитель уже определен – это АО «Аммоний», расположенный в республике Татарстан. На данный момент проводятся НИОКР по разработке основного оборудования для паровой конверсии.

Нормативно-правовая база находится на стадии разработки. Что обусловлено использованием нестандартных решений, такие как использование компрессора, микротвелов, других конструкционных материалов, а также особенности гелиевого теплоносителя.

Подводя итоги, можно заметить существенный прогресс в реализации данного проекта. И не смотря на задержку в доинвестиционной стадии, проект, с высокой вероятностью, будет реализован в сроки.

### **Источники**

1. Гребенник В.Н., Кухаркин Н.Е., Пономарев, Степной Н.Н. Высокотемпературные газоохлаждаемые реакторы – инновационное направление развития атомной энергетики. – М.: Энергоатомиздат. – 2008. – 136 с.
2. Ран Ф., Адамантиадес А., Кентон Дж., Браун Ч. Справочник по ядерным энерготехнологиям: / Пер. с англ. под ред. В.А. Легасова. – М.: Энергоатомиздат. – 1989. – 752 с.
3. Mohammadkhani F., Shokati N., Mahmoudi S.M.S., Yari M., Rosen M.A. Exergoeconomic assessment and parametric study of a Gas Turbine-Modular Helium Reactor combined with two Organic Rankine Cycles // Energy. – 2014. – Т. 65. – PP. 533-543.
4. Нестеров В.Н. Обеспечение проектного значения глубины выгорания ядерного топлива высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов работоспособностью графита. / Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2013. – №. 2. – С. 133-142.
5. Головацкий А.В., Нестеров В.Н., Шаманин И.В. Оптимальная температура эксплуатации графита для обеспечения проектной глубины выгорания ядерного топлива в реакторе ГТМГР // Известия Томского политехнического университета. – 2011. – Т. 319. – № 2. – С. 71-76.

## ПРИМЕНЕНИЕ БЛОКА ПРОТОЧНЫХ НАГРЕВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА

Зозуля Илья Владимирович<sup>1</sup>, Абасев Юрий Васильевич<sup>2</sup>  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>zozulya.ilya@yandex.ru, <sup>2</sup>kgeu.tes@mail.ru

В докладе рассматривается способ применения блока проточных нагревателей в газификации угля и дальнейшем получении синтез газа.

**Ключевые слова:** БПН, Синтез-газ, ПГУ, эффективность, экономичность, мобильность.

## APPLICATION OF A BLOCK OF FLOW HEATERS FOR PRODUCING SYNTHESIS GAS.

Zozulya Ilya Vladimirovich<sup>1</sup>, Abasev Yuri Vasilevich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup> FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>zozulya.ilya@yandex.ru, <sup>2</sup>kgeu.tes@mail.ru

The report discusses the method of using a block of flow heaters in the gasification of coal and the further production of synthesis gas.

**Keywords:** BFH, Synthesis gas, CCGT, efficiency, profitability, mobility.

Газификация угля представляет собой способ получения газов CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>+Ar для дальнейшего использования в качестве энергоносителя. Наиболее важным из них для энергетики является синтез-газ. В данный момент на тепловых электростанциях, находящихся вблизи угольных бассейнов, уголь используется в качестве топлива для получения пара в паровых котлах [1, С.15]. Этот метод позволит обеспечить станции с ПГУ альтернативным источником топлива, а также снизить уровень вредных выбросов (приблизить их к нулю). Также в сравнении с природным газом уголь имеет меньшую стоимость [3, С.112].

Получение синтез-газа – актуально для Российской Федерации, в частности в регионах находящихся около Кузнецкого, Канско-Ачинского, Южно-Якутского и Печорского месторождений ископаемого угля, так как большинство электростанций в данных регионах используют уголь в качестве основного топлива [5, С.23]. К тому же Россия имеет 17,61% мировых запасов угля, газификация позволит рационализировать использование этого вида топлива. [2, С.4].

Рассматриваемый способ предполагает использование блока проточных нагревателей (БПН) для получения перегретого пара необходимого в процессе газификации угля. Данный метод обеспечит мобильность установки и независимость от паротурбинной установки [4, С.21].



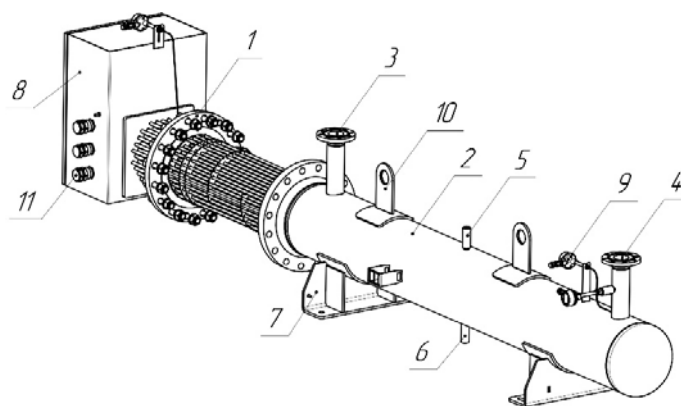
## Мировые запасы угля

	Страна	Запасы всего угля (млн т)	Каменный уголь (млн т)	Буры уголь (млн т)	Процент от мировых запасов
1	США	237 295	108 501	128 794	26,62%
2	Россия	157 010	49 088	107 922	17,61%
3	Китай	114 500	62 200	52 300	12,84%
4	Австралия	76 400	37 100	39 300	8,57%
5	Индия	60 600	56 100	60 600	6,80%
6	Германия	40 548	48	40 548	4,55%
7	Украина	33 873	15 351	33 873	3,80%
8	Казахстан	33 600	21 500	33 600	3,77%
9	ЮАР	30 156	30 156	30 156	3,38%
10	Индонезия	28 017	-	28 017	3,14%

Сам БПН представляет собой связку проточных нагревателей – сосудов применяемых для технологического нагрева жидких и газообразных сред, проектируемых в общепромышленном или взрывозащищенном исполнении специально под технические условия конкретного объекта в месте непосредственной установки оборудования. Преимущественно проточные нагреватели используются для подогрева различных сред в циркуляционном режиме. Примером применения данных нагревателей являются: подогрев природного газа перед узлом дросселирования; подогрев нефтяной эмульсии для облегчения ее транспортировки; подогрев топливного газа перед подачей в ГТУ; подогрев дизельного топлива перед подачей в ДГУ; подогрев воздуха для различных технологических процессов; получение перегретого пара и др.

Конструктивно проточные нагреватели представляют собой вертикальный или горизонтальный цилиндрический сосуд поз. 2, расположенным на опорных лапах поз. 7, с входным поз. 3 и выходным поз. 4 патрубками и помещенным в него с торца фланцевых нагревателем поз. 1 (связка трубчатых электронагревателей цилиндрической формы), также данное оборудование оснащается взрывозащищенной вводной коробкой поз. 8, датчиками температуры среды поз. 9, кабельными вводами для подключения нагревателя к сети поз. 11, воздушником поз. 5 и дренажем поз. 6, строповочными ушами поз. 10.

Решение вопроса газификации угля позволит рационально использовать ископаемые ресурсы и поспособствует улучшению экологической обстановке в регионах вблизи угольных месторождений. БПН позволит сделать данный метод более мобильным и независимым от наличия источника перегретого пара в месте расположения газогенератора.



Устройство проточного нагревателя в общепромышленном исполнении

### Источники

1. Shell International B.V. Технологии Shell для газификации угля // [newchemistry.ru/printletter.php?n\\_id=6429](http://newchemistry.ru/printletter.php?n_id=6429).

2. Тимаков В.В. Стратегическое значение технологии газификации угля. URL: [www.ng.ru/energy/2007-04-10/13\\_coal.html](http://www.ng.ru/energy/2007-04-10/13_coal.html) (дата обращения: 23.10.2024).

3. Ремезов А.В., Ермак В.В. Подземная газификация углей как альтернатива существующим технологиям добычи угля // Вестник КузГТУ. 2005. № 2. С. 110–113.

4. Лесных А.В., Штым К.А., Головастый С.В. Условия эффективного применения газогенераторов в промышленной энергетике приморского края // Вологдинские чтения. 2012. № 80. С. 179–181.

5. Тасейко О.В., Михайлютина С.В., Спицына Т.П., Леженин А.А., Соколов В.С., Хлебопрос Р.Г. Экологическая эффективность технологии газификации угля на примере Красноярской агломерации. URL: [modernproblems.org.ru/ecology/24-hlebopros8.html](http://modernproblems.org.ru/ecology/24-hlebopros8.html) (дата обращения: 23.10.2024).

## **ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ CAD/CAE СИСТЕМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ТЕПЛООБМЕНА И ГИДРОГАЗОДИНАМИКИ В АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ**

Камалиева Рузина Фарсилловна<sup>1</sup>, Ляпин Александр Игоревич<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>rruzzi@yandex.ru,

В работе проведен анализ возможностей применения различных CAD/CAE систем для решения задач теплообмена и гидрогазодинамики в атомной энергетике. В частности, рассмотрены современные программные решения, которые позволяют моделировать сложные физические процессы.

**Ключевые слова:** CAD/CAE системы, ЛОГОС, ANSYS, COMSOL Multiphysics, сеточные модели.

## **THE POSSIBILITIES OF USING CAD/CAE SYSTEMS TO SOLVE PROBLEMS OF HEAT TRANSFER AND HYDROGAS DYNAMICS IN NUCLEAR ENERGY**

Kamalieva Ruzina Farsilovna<sup>1</sup>, Lyapin Alexander Igorevich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>rruzzi@yandex.ru

The paper analyzes the possibilities of using various CAD/CAE systems to solve problems of heat transfer and hydrogas dynamics in nuclear energy. In particular, modern software solutions that allow modeling complex physical processes are considered.

**Keywords:** CAD/CAE Systems, LOGOS, ANSYS, COMSOL Multiphysics, Grid models.

В атомной энергетике протекают процессы, которые относительно тяжело описать и оценить без компьютерного моделирования. Компьютерное моделирование позволяет оценить потенциальные риски возникновения аварийных ситуаций в оборудовании энергообъектов, проводить теплогидравлические расчеты, осуществлять мониторинг состояния оборудования и прогнозирование его износа, анализ работы реактора в реальном времени, а также исследовать новые технологии. CAD (Computer-Aided Design) и CAE (Computer-Aided Engineering) системы предоставляют инструменты для создания и анализа поведения этих моделей в условиях приближенным к реальным [1].

Пакет программ ЛОГОС в основном используется в России для решения задач в области механики, теплопередачи и гидрогазодинамики и др. Он поддерживает различные методы численного анализа, включая метод конечных элементов, а также имеет более простой интерфейс по сравнению с ANSYS и COMSOL, что выступает несомненным

преимуществом для начинающих пользователей. ANSYS является одним из лидеров в сфере программного обеспечения для инженерного анализа, применяемым в разнообразных отраслях – от аэрокосмической отрасли до автомобилестроения и электроники. Программная система предлагает обширный арсенал инструментов для статического и динамического анализа, термодинамики и электромагнитного анализа. Несмотря на более сложный интерфейс, ANSYS предоставляет мощные средства для кастомизации и автоматизации, что делает его незаменимым в крупных инженерных проектах и научных исследованиях. COMSOL Multiphysics специализируется на многопараметрическом анализе, позволяя интегрировать разнообразные физические процессы в одной модели. В таблице представлена сравнительная характеристика данных цифровых систем [2-5].

Сравнительная характеристика CAD/CAE систем

CAD/CAE система	ЛОГОС	ANSYS	COMSOL Multiphysics
Интерфейс и пользовательский опыт	Имеет интуитивно понятный интерфейс, что делает его доступным для пользователей с различным уровнем подготовки	Имеет более сложный интерфейс, требующий времени на обучение, но предлагает мощные инструменты для профессионалов	Имеет интуитивно понятный интерфейс и предлагает визуальные инструменты для создания моделей
Типы сеток	Поддерживает как структурные, так и неструктурные сетки, включая возможность создания адаптивных сеток	Поддерживает широкий спектр типов сеток (тетраэдры, гексаэдры и др.) и адаптивную генерацию сеток	Поддерживает как структурные, так и неструктурные сетки, а также возможность адаптивной генерации
Автоматизация процесса	Предлагает инструменты для автоматизированной генерации сеток, что ускоряет процесс моделирования	Предлагает продвинутые алгоритмы для автоматической генерации высококачественных сеток	Генерация сетки осуществляется автоматически с возможностью настройки параметров
Качество сетки	Инструменты для проверки качества сетки включают анализ аспектного соотношения и других критериев	Высокие стандарты качества сеток, включая возможности для проверки и оптимизации	Возможности проверки качества сетки позволяют добиться высокой точности моделирования

CAD/CAE система	ЛОГОС	ANSYS	COMSOL Multiphysics
Интеграция	Хорошая интеграция с другими модулями системы ЛОГОС и возможность импорта/экспорта моделей из CAD-систем	Поддержка различных типов анализов (линейные, нелинейные, динамические) и многофизических задач	Выделяется своей способностью к многофизическим симуляциям, что позволяет моделировать взаимодействие различных физических процессов

Анализ применения упомянутых CAD/CAE систем для решения задач теплообмена и гидрогазодинамики технологических процессов атомной энергетики позволил сделать следующие заключения:

1. ANSYS обеспечивает детальный анализ теплообмена с использованием различных методов, таких как CFD (Computational Fluid Dynamics) и FEA (Finite Element Analysis), и имеет мощные CFD инструменты для анализа гидродинамических процессов, что делает его идеальным для решения сложных мультифизических инженерных задач

2. COMSOL позволяет моделировать сложные процессы теплообмена с учетом взаимодействия различных физических явлений и интегрировать гидродинамические расчеты с другими физическими процессами, что может быть весьма интересно для проведения исследований в области ядерной энергетики.

3. ЛОГОС представляет собой качественный отечественный аналог зарубежных CAD/CAE систем, и также эффективен для анализа распределения температуры, расчета потоков жидкости и газа в системах охлаждения. Пакет программ подходит для пользователей, которым необходима простота и гибкость в работе.

### Источники

1. Огородникова О.М. Исследовательская роль программ CAE в сквозных технологиях CAD/CAE/CAM // Вестник машиностроения. 2012. №1. С. 25-31.

2. Иванов С.Е. Интеллектуальные программные комплексы для технической и технологической подготовки производства. Часть 5. Системы инженерного расчета и анализа деталей и сборочных единиц // под ред. Куликова Д.Д. Учебно-методическое пособие. СПб: СПбГУ ИТМО, 2011. 48 с.

3. Введение в COMSOL Multiphysics [Электронный ресурс]. URL: [https://cdn.comsol.com/doc/5.4/IntroductionToCOMSOLMultiphysics.ru\\_RU.pdf](https://cdn.comsol.com/doc/5.4/IntroductionToCOMSOLMultiphysics.ru_RU.pdf) (дата обращения 18.10.2024).

4. COMSOL Multiphysics User's Guide [Электронный ресурс]. URL: [https://blogs.ethz.ch/ps\\_comsol/files/2020/05/COMSOLMultiphysicsUsersGuide.pdf](https://blogs.ethz.ch/ps_comsol/files/2020/05/COMSOLMultiphysicsUsersGuide.pdf) (дата обращения 18.10.2024).

5. Пакет программ ЛОГОС [Электронный ресурс]. URL: <https://logos-support.ru/logos/> (дата обращения 18.10.2024).

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДВИГАТЕЛЯ СТИРЛИНГА С ЯДЕРНЫМ ТОПЛИВОМ

Камалиева Рузина Фарсиловна<sup>1</sup>, Филимонов Андрей Артемович<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань,  
<sup>1</sup>ruzzi@yandex.ru, <sup>2</sup>vip.jokermigel@mail.ru

В работе предлагается инновационное решение в области энергетики – использование двигателя Стирлинга, работающего на ядерном топливе. Это открывает новые перспективы для развития экологически чистой и безопасной энергетики, не зависящей от истощающихся природных ресурсов. В работе рассматриваются основные принципы работы двигателя Стирлинга, его преимущества и недостатки, а также возможные области применения. Особое внимание уделяется безопасности и экологичности данного типа двигателей.

**Ключевые слова:** ядерные двигатели, плутоний, изотоп, КПД, эффективность, топливо, реактор.

## USE OF A STIRLING ENGINE WITH NUCLEAR FUEL

Kamalieva Ruzina F.<sup>1</sup>, Filimonov Andrey A.<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>ruzzi@yandex.ru, <sup>2</sup>vip.jokermigel@mail.ru

This paper proposes an innovative solution in the field of energy - the use of a Stirling engine running on nuclear fuel. This opens up new prospects for the development of environmentally friendly and safe energy, not depending on depleting natural resources. The paper considers the basic principles of the Stirling engine, its advantages and disadvantages, as well as possible areas of application. Special attention is paid to the safety and environmental friendliness of this type of engines.

**Keywords:** nuclear engines, plutonium, isotope, efficiency, effectiveness, fuel, reactor.

В настоящее время практически на всех космических аппаратах используются ядерные двигатели. В ближайшем будущем основным источником энергии для межпланетных станций останутся радиоизотопные генераторы.

Радиоизотопные генераторы представляют собой капсулы с изотопом плутония-238 или другим нестабильным изотопом. Энергия, выделяющаяся в результате распада ядер, преобразуется в электрическую с помощью термоэмиссионного преобразователя. Однако, несмотря на постоянные усовершенствования, эффективность таких устройств всё ещё мала [1].

В настоящее время ведутся работы над созданием усовершенствованного ядерного генератора, который будет иметь много общего с двигателем Роберта Стирлинга, изобретённым ещё в 1816 году. Этот двигатель, КПД которого может достигать 30%, работает на основе циклического изменения температуры рабочего тела.

Двигатель Стирлинга имеет небольшой КПД по сравнению с паровыми машинами, однако он обладает преимуществом, которое заключается в возможности использования даже незначительной разницы температур. Это особенно важно при использовании плутониевой болванки в качестве нагревающего элемента.

Преобразование ядерной энергии в тепловую, затем в кинетическую энергию движения поршня и только потом в электрическую, кажется неэффективным по сравнению с прямым преобразованием ядерной энергии в электроэнергию. Кроме того, атомная энергетическая установка с поршнем не применяется, а наличие движущихся частей снижает надёжность устройства.

Нет никаких препятствий для объединения принципов термоэлектрогенерации и тепловой машины Стирлинга. В этом случае поршень позволит преобразовать в электричество ещё 30% энергии распада топлива [2].

Беспокойство вызывает поведение механизма в условиях перегрузок и изменения температур во время космического полёта.

Баланс достоинств и недостатков радиоизотопной машины Стирлинга не определен, но даже в случае её создания и испытания она станет шагом к более эффективному источнику энергии – газофазному ядерному двигателю.

Мощность энергетической установки может быть значительно увеличена, если заменить спонтанную реакцию деления цепной. То есть, превратить двигатель Стирлинга в простой по конструкции ядерный реактор с высоким КПД. Для этого в качестве рабочего тела, которое расширяется при нагревании и сжимается при остывании, можно использовать газообразное ядерное топливо. В этом нет ничего особенного, так как обогащение урана происходит именно в газообразной форме [3].

В реакторе цепная реакция приведёт к нагреву, расширению газа и смещению поршня. При этом плотность газообразного изотопа снизится, потери нейтронов увеличатся, и цепная реакция прекратится. После охлаждения пара и возвращения поршня в исходное положение условия для осуществления цепной реакции восстановятся, и начнётся следующий цикл.

Такой реактор будет достаточно безопасным, так как реакция не сможет выйти из-под контроля. Поршень позволит эффективнее, чем полупроводниковые термоэлектрогенераторы, преобразовывать тепло в электричество. Однако для реализации этого проекта необходимо преодолеть ряд серьёзных технических проблем, связанных, в первую очередь, с созданием ракет-носителей сверхтяжёлого класса. Дело в том, что плотность газообразного горючего в не слишком прочном цилиндре не может быть высокой, что приводит к увеличению свободного пробега нейтронов и, следовательно, к увеличению размеров двигателя.



## Источники

1. Кондратьев Александр Евгеньевич, Анцупов Никита Алексеевич / Энергетическая установка на основе двигателя Стирлинга для создания искусственной гравитации в ближнем космосе // Вестник КГЭУ. 2024. № 1 (61).
2. Кириллов Н.Г. В XXI век – на машине Стирлинга // Машины и механизмы. 2007, № 5.
3. Ядерный двигатель Стирлинга [Электронный ресурс]. URL: <https://paleontol.ru/jadernyj-dvigatel-stirlinga/> (дата обращения: 29.10.2024).

## **СРАВНЕНИЕ ПОКАЗАНИЕ ИЗМЕРЕНИЯ МАЭД И АЭД ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ ДОЗИМЕТРОВ ДКГ-02У «АРБИТР» И ДКГ-09Д «ЧИЖ» ПРИ ИЗМЕРЕНИИ РАДИАЦИОННОГО ФОНА НОВО-САВИНОВСКОГО РАЙОНА ГОРОДА КАЗАНИ**

Лавриков Василий Андреевич  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
g\_system@bk.ru

В статье приведен сравнительный анализ параметров измерения МАЭД и АЭД гамма-излучения дозиметров ДКГ-02У «Арбитр», И ДКГ-09Д «Чиж». Также представлены некоторые результаты измерений радиационного фона Ново-Савиновского района города Казани данными дозиметрами. Для выявления точности произведенных измерений было проведено сравнение радиационного фона исследуемого района с измерениями 2013 года.

**Ключевые слова:** дозиметр, гамма-излучение, мощность амбиентной эквивалентной дозы, амбиентная эквивалентная доза.

## **COMPARISON OF THE MEASUREMENT RESULTS OF THE MAED AND AED OF GAMMA RADIATION OF THE DKG-02U "ARBISTR" AND DKG-09D "CHIZH" DOSIMETERS WHEN MEASURING THE RADIATION BACKGROUND OF THE NOVO-SAVINOVSKY DISTRICT OF KAZAN**

Lavrikov Vasily Andreevich  
FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
g\_system@bk.ru

The article presents a comparative analysis of the parameters for measuring the MAED and AED of gamma radiation of the dosimeters DKG-02U "Arbitr" and DKG-09D "Chizh". Some results of measuring the radiation background of the Novo-Savinovsky district of Kazan using these dosimeters are also presented. To determine the accuracy of the measurements taken, a comparison of the radiation background of the study area was made with measurements from 2013.

**Key words:** dosimeter, gamma radiation, ambient equivalent dose rate, ambient equivalent dose.

Для сравнения точности измерения гамма-излучения были использованы дозиметр ДКГ-02У «Арбитр» и дозиметр ДКГ-09Д «Чиж» [1]. Все измерения для обоих измерительных приборов проводились в одинаковых условиях для их максимально объективного сравнения.

В результате измерения радиационного фона Ново-Савиновского района были получены следующие данные, представленные в таблице.

Результаты измерения МАЭД и АЭД гамма-излучения  
Ново-Савиновского района г. Казани

Место измерения МАЭД и АЭД гамма-излучения	Температура воздуха, °С	Показатель МАЭД на ДКГ-02У «Арбитр», мкЗв/ч	Показатель МАЭД на ДКГ-09Д «Чиж», мкЗв/ч	Суммарная АЭД за 12 часов, мкЗв
Чистопольская 20Б	8	0.06±73%	0.12±39.83%	1,13±25%
Коллективная 25	8	0,04±98%	0.13±38%	1,38±24,8%
Бондаренко 8	0	0.07±57.8%	0.12±35.8%	1,13±17,2%
Парк Хаус (возле остановка)	3	0.04±93%	0.16±32%	1,21±20%

Приведенная в таблице погрешность рассчитывалась с учетом изменения температуры окружающей среды [2].

Согласно проведенным измерениям, средний показатель МАЭД для дозиметра ДКГ-02У «Арбитр» составил 0.0525 мкЗв/ч ±80,45%, для дозиметра ДКГ-09Д «Чиж» - 0,1325 мкЗв/ч ±36,4%.

Согласно данным исследования, проведенного в 2013 году в ГБОУ ВПО «Казанский государственный медицинский университет», среднее значение измерений МАЭД по Ново-Савиновскому району составило 0.18 мкЗв/ч, максимальное значение МАЭД составило 0.27 мкЗв/ч, минимальное – 0.13 мкЗв/ч [3].

Таким образом, средние показания измерений МАЭД гамма-излучения дозиметра ДКГ-02У «Арбитр» в 3.4 раза меньше данных исследования 2013 года [4]. Средние показания дозиметра ДКГ-09Д «Чиж» отличаются лишь в 1.3 раза. Следовательно, дозиметр ДКГ-09Д «Чиж» производит более точные измерения, по сравнению с дозиметром ДКГ-02У «Арбитр» [5].

### Источники

1. Галлямов А.Б., Рашитов Л.З., Мавлютова Г.Х. Гигиеническая характеристика естественного радиационного фона территории г. Казани и формируемая дозовая нагрузка // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 5. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=10463> (дата обращения: 12.10.2024).

2. Интерактивная карта мощности экспозиционной дозы (МЭД) гамма-излучения на территории Республики Татарстан [Электронный ресурс]. URL: [https://www.tatarmeteo.ru/ru/monitoring-okruzhayushhej-sredyi/interaktivnaya-karta-moshhnosti-ekspoziczionnoj-dozyi-\(med\)-gamma-izlucheniya-na-territorii-respubliki-tatarstan.html](https://www.tatarmeteo.ru/ru/monitoring-okruzhayushhej-sredyi/interaktivnaya-karta-moshhnosti-ekspoziczionnoj-dozyi-(med)-gamma-izlucheniya-na-territorii-respubliki-tatarstan.html) (дата обращения: 12.10.2024).

3. Копейкин В.А., Федотов В.М., Сайфутдинов Р.Г., Халитов Р.М. Радиационно-экологическая обстановка в Республике Татарстан // Казанский медицинский журнал. 1994. Т. 75, № 5. С. 351-354. DOI: 10.17816/kazmj90544.

4. Базина Э.И. Измерение радиационного фона на территории гимназии №13 города Казани Республики Татарстан / Э.И. Базина, Л.В. Галиева // Молодежные разработки и инновации в решении приоритетных задач АПК : сборник материалов международной научной конференции студентов, аспирантов и учащейся молодежи, посвященной 150-летию со дня рождения профессора Карла Генриховича Боля, Казань, 08 апреля 2021 г. Казань: Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана, 2021. С. 149-151.

5. Ильин Л.А., Кириллов В.Ф., Коренков И.П. Радиационная гигиена. М : Медицина, 1999. С. 196-222.

## ДОБЫЧА УРАНА ТРАДИЦИОННЫМИ СПОСОБАМИ И ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ: СРАВНЕНИЕ ПРЕИМУЩЕСТВ И НЕДОСТАТКОВ

Лавриков Василий Андреевич  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
g\_system@bk.ru

В статье рассматриваются два основных способа добычи урана: традиционные методы (шахты и карьеры) и геотехнологические методы (скважинное подземное выщелачивание, подземное выщелачивание, кучное выщелачивание). Приведен анализ преимуществ и недостатков каждого метода для наиболее точного выбора необходимого метода добычи в зависимости от конкретных условий месторождения и требований к производству.

**Ключевые слова:** традиционные методы, шахты, карьеры, геотехнологические методы, скважинное подземное выщелачивание, подземное выщелачивание, кучное выщелачивание.

## URANIUM MINING BY TRADITIONAL METHODS AND GEOTECHNOLOGICAL METHODS: A COMPARISON OF ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

Lavrikov Vasily Andreevich  
FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
g\_system@bk.ru

The article discusses two main methods of uranium mining: traditional methods (mines and quarries) and geotechnological methods (borehole in-situ leaching, underground leaching, heap leaching). An analysis of the advantages and disadvantages of each method is provided for the most accurate selection of the required mining method depending on the specific conditions of the deposit and production requirements.

**Keywords:** traditional methods, mines, quarries, geotechnological methods, borehole in-situ leaching, underground leaching, heap leaching.

Добыча урана является ключевым элементом в производстве ядерного топлива и обеспечении энергетической безопасности многих стран. Существует два основных способа добычи урана: традиционные методы (шахты и карьеры) и геотехнологические методы (СПВ, подземное выщелачивание, кучное выщелачивание) [1]. В этой статье мы рассмотрим основные особенности, преимущества и недостатки каждого из этих способов.

Традиционные методы добычи урана включают в себя подземные шахты и открытые карьеры. В подземных шахтах уран добывается путем проходки шахт и туннелей, а в открытых карьерах — путем разработки

месторождений на поверхности [2]. Преимущества традиционных методов включают высокую производительность, позволяющую добывать большие объемы урана за относительно короткий период времени, а также высокое качество руды. Эти методы хорошо изучены и имеют долгую историю применения. Однако традиционные методы также имеют свои недостатки. Разработка шахт и карьеров требует значительных капитальных вложений и высоких эксплуатационных расходов. Кроме того, добыча урана традиционными методами может приводить к значительным экологическим последствиям, включая загрязнение почвы и воды. Работа в шахтах и карьерах также связана с высоким риском для здоровья работников из-за воздействия радиации и других опасных факторов [3].

Геотехнологические методы добычи урана включают в себя скважинное подземное выщелачивание (СПВ), подземное выщелачивание и кучное выщелачивание. СПВ является одним из наиболее распространенных геотехнологических методов добычи урана. Этот метод включает в себя бурение скважин и введение выщелачивающих растворов, которые растворяют уран и позволяют его извлекать на поверхность. Преимущества СПВ включают низкие затраты, так как этот метод требует меньших капитальных вложений и эксплуатационных расходов по сравнению с традиционными методами. СПВ также минимизирует экологические риски, так как не требует разработки больших площадей и не приводит к значительному загрязнению окружающей среды. Кроме того, СПВ снижает риски для здоровья работников, так как они не подвергаются воздействию радиации и других опасных факторов [4]. Однако СПВ может быть менее эффективным в добыче больших объемов урана по сравнению с традиционными методами и зависит от геологических условий месторождения, что может ограничивать его применение.

Подземное выщелачивание является еще одним методом, который включает в себя введение выщелачивающих растворов в подземные пласты для извлечения урана. Преимущества подземного выщелачивания включают экологическую безопасность, так как этот метод минимизирует экологические риски, и безопасность для работников, так как он снижает риски для их здоровья [5]. Однако подземное выщелачивание может быть менее эффективным в добыче больших объемов урана и зависит от геологических условий месторождения.

Таким образом, традиционные методы добычи урана обеспечивают высокую производительность, но связаны с высокими затратами и экологическими рисками. Геотехнологические методы более экологически безопасны и экономически эффективны, но могут быть менее производительными и зависят от геологических условий. Выбор метода зависит от конкретных условий месторождения и требований к производству.

## Источники

1. Бабкина Н.Ю. Экологические проблемы при добыче урана / Н. Ю. Бабкина, В. С. Мартюхина // Экологические проблемы и пути их решения: естественнонаучные и социокультурные аспекты : сборник статей по материалам V Молодежной межрегиональной научно-практической конференции студентов, магистрантов и аспирантов, Нижний Новгород, 21 ноября 2018 года / Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина. – Нижний Новгород: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина", 2018. – С. 24-26. – EDN VQEMTY.

2. Экологические последствия опытно-промышленной добычи урана в криолигозоне способом подземного выщелачивания // CyberLeninka URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskie-posledstviya-opytno-promyshlennoi-dobychi-urana-v-krioligozone-sposobom-podzemnogo-vyschelachivaniya> (дата обращения: 10.11.2024).

3. Экологические проблемы предприятий горнорудной промышленности // Успехи современного естествознания URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=35850> (дата обращения: 10.11.2024).

4. Подземное и кучное выщелачивание урана, золота и других металлов // Руда и Металлы URL: <https://www.rudmet.ru/catalog/book/54/> (дата обращения: 10.11.2024).

5. Уран и экология // Росатом Недра URL: <https://www.armz.ru/o-kompanii/entsiklopediya/uran-i-ekologiya> (дата обращения: 10.11.2024).

## ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СИСТЕМЫ РЕГЕНЕРАЦИИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ЭНЕРГОБЛОКОВ ТЭЦ

Макаров Илья Петрович<sup>1</sup>, Абасев Юрий Васильевич<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

<sup>1</sup>makarov151290@gmail.com, <sup>2</sup>abasev@inbox.ru

Современная энергетика опирается на тепловые электростанции, которые являются основой для производства более 65% всей мировой электроэнергии. Использование паротурбинных установок с высокой эффективностью производства электроэнергии стало одним из наиболее привлекательных решений для достижения целей в области энергетики.

**Ключевые слова:** паротурбинная установка, эффективность, теплоснабжение, теплоэлектростанция, регенеративный подогреватель высокого давления.

## THE INFLUENCE OF THE OPERATING MODES OF THE REGENERATION SYSTEM ON THE EFFICIENCY OF THE CHP POWER UNITS

Makarov Ilya Petrovich<sup>1</sup>, Abasev Yuri Vasilyevich<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan

<sup>1</sup>makarov151290@gmail.com, <sup>2</sup>abasev@inbox.ru

Modern energy relies on thermal power plants, which are the basis for the production of more than 65% of the world's electricity. The use of combined-cycle gas plants with high efficiency of electricity production has become one of the most attractive solutions for achieving energy goals.

**Key words:** steam turbine plant, efficiency, heat supply, thermal power plant, regenerative high-pressure heater.

Современные теплоэлектростанции обладают различными режимами работы. Изменение структуры энергопотребления, графиков нагрузки приводит к использованию оборудования, работающего в основном, для регулировки нагрузки и перехода в режим полупикового типа, требующего глубокого разгрузочного процесса [1, С.256]. Важной частью любой современной паротурбинной установки является система регенеративного подогрева питательной воды. Применение регенеративного подогрева увеличивает КПД турбоагрегатов конденсации и повышает электрическую мощность для теплоизоляционных агрегатов [2, С.22-30]. Системы для регенерационного подогрева питательных воды разработаны уже давно, соответствуют режиму работы соответствующих модулей. Роль систем регенерации для установок различных классов различна и зависит от режима работы установки. Поэтому важно оценить влияние регенерации на экономичность ПТУ в различных режимах:



Неясно, какую роль играет регенерация в работе ТЭЦ при использовании режимов с низкими расходами пара в конденсаторе. Эти режимы являются основными для ПТУ, которые работают по тепловому графику нагрузок [3, С. 472].

Необходимо оценить влияние регенерации в эффективности турбоагрегатов, работающих в разных режимах и определить оптимальные коэффициенты регенерации в этих режимах. Также требуется разработать технические решения для повышения эффективности КЭС и ТЭЦ с учетом работы системы регенерации, а также модернизировать теплофикационные энергоблоки с парогазовой схемой с учетом работы системы регенерации [4].

Для повышения эффективности работы конденсационной турбоустановки предлагается добавить дополнительный неуправляемый отбор пара повышенного давления [5, С. 157-165]. Предлагаются два варианта использования этого отбора: переключение на него последнего по ходу воды ПВД и подключение дополнительного ПВД, производимое при снижении давления в этом отборе до уровня номинального давления в основном отборе. При первом варианте увеличивается температура питательной воды, повышается коэффициент регенерации, что ведет к увеличению коэффициента полезного действия турбоустановки. А при выборе второго варианта достигается более высокий КПД и более значительное снижение мощности турбины в сравнении с переключением основного ПВД, при сохранении того же расхода пара на турбину.

### Источники

1. Шарапов В.И. Использование систем регенерации турбин для подогрева низкопотенциальных теплоносителей ТЭЦ / Шарапов В.И., Кузьмин А.В.; Ульянов. гос. техн. ун-т. Ульяновск: УлГТУ, 2013. 256 с.

2. Отечественные кожухотрубные подогреватели нового поколения для технического перевооружения систем теплоснабжения / В.А. Пермяков, В.М. Боровков, С.М. Кошелев и др. // Промышленная энергетика. 2004. С. 22-30.

3. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. М.: Издательский дом МЭИ, 2006. 472 с.

4. Фролов А. Г. Воронков В.В. Режимы работы и эксплуатации ТЭС: учебное пособие. Иркутск. ИрГТУ, 2010. 192 с.

5. Боровков В.М., Кошелев С.М. Исследование работы системы РППВ конденсационной турбоустановки при ее работе на частичных режимах // Проблемы экономии ТЭР на промпредприятиях и ТЭС: Межвузовский сборник научных трудов. СПб., 2005. С. 157-165.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТПУСКА ТЕПЛА ОТ ПАРОТУРБИННЫХ ТЭЦ

Макаров Илья Петрович<sup>1</sup>, Абасев Юрий Васильевич<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>makarov151290@gmail.com, <sup>2</sup>abasev@inbox.ru

Исследованы основные проблемы паротурбинных теплоэлектростанций и проанализированы возможные направления для их последующего прогресса. Рекомендовано применять технологии работы ТЭЦ с параллельным включением основных и пиковых источников теплоты при пониженном температурном графике и количественными методами регулирования нагрузки.

**Ключевые слова:** паротурбинная установка, эффективность, теплоснабжение, теплоэлектростанция.

## IMPROVING THE EFFICIENCY OF STEAM TURBINE THERMAL POWER PLANTS

Makarov Ilya Petrovich<sup>1</sup>, Abasev Yuri Vasilyevich<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>makarov151290@gmail.com, <sup>2</sup>abasev@inbox.ru

The main problems of steam turbine thermal power plants are investigated and possible directions for their subsequent progress are analyzed. It is recommended to apply technologies of operation of thermal power plants with parallel inclusion of main and peak heat sources with a reduced temperature schedule and quantitative methods of load regulation.

**Key words:** steam turbine plant, efficiency, heat supply, thermal power plant.

На протяжении истории российская теплоэнергетика ориентировалась на использование крупных паротурбинных тепловых электростанций (ТЭЦ) как основных источников тепла и электричества, которые производились в рамках единого технологического процесса [1]. Ключевой термодинамический эффект, достигаемый при работе ТЭЦ, заключается в теплофикации, то есть в процессе, при котором тепло, вырабатываемое отдельно в котельных, заменяется на отработанное тепло, полученное от теплосилового цикла электростанции. Любая Каждая тепловая электростанция (ТЭЦ) представляет собой сложную энергетическую систему, включающую в себя множество подсистем, которые имеют сложные внутренние и внешние взаимосвязи [2, С.184-191]. Эти подсистемы постоянно подвергаются различным воздействиям и изменениям. Поэтому разработка концепции усовершенствования паротурбинных ТЭЦ сосредоточена на увеличении эффективности именно этих подсистем в качестве структурных компонентов ТЭЦ.

Основным недостатком современного состояния отечественных тепловых электростанций является уменьшение доли комбинированной выработки электричества и тепла, что негативно сказывается на эффективности использования топлива [3, С.472]. Это происходит из-за неоправданного широкого внедрения автономных систем теплоснабжения в ряде регионов, а также из-за установления неравных условий конкуренции для ТЭЦ по сравнению с другими электростанциями на рынке электрической энергии. Кроме того, существует технически и экономически неоправданный запрет на использование открытых систем теплоснабжения. Для достижения полной реализации теплотехнических преимуществ теплоэлектроцентралей (ТЭЦ) в условиях нынешней экономики необходимо обеспечить равные конкурентные условия с другими генерирующими установками на рынке электроэнергетики. Также важна модернизация существующих ТЭЦ, которая должна основываться на принципах эффективного использования энергии и энергосбережения [4, С.192]. В результате анализа состояния отечественных ТЭЦ и недостатков применяемых на них технологий производства тепловой и электрической энергии предложен вариант их модернизации:

- Использование тепловых схем ТЭЦ с параллельным включением базовых и пиковых источников теплоты при пониженном температурном графике.

При распределении сетевой воды на несколько параллельных потоков уменьшается гидравлическое сопротивление в оборудовании тепловой электростанции [5, С.41-45]. Это позволяет более эффективно использовать тепловую мощность сетевых подогревателей для турбин, а также водогрейных котлов. Увеличение температурного перепада на входе и выходе достигает 40-50 °С, что способствует росту электрической мощности ТЭЦ и увеличению общего объема комбинированной выработки электрической энергии.

Кроме того, деятельность любой теплоэлектроцентрали тесно связана с эксплуатацией ее теплоснабжающей сети. В связи с этим, при анализе эффективности работы необходимо рассматривать их совместно в рамках единой системы теплоснабжения.

### **Источники**

1. Теплоэнергетика и централизованное теплоснабжение России в 2015-2016 гг. Информационно-аналитический доклад. М.: ФГБУ «РЭА» Минэнерго России, 2018.

2. Шаратов, В.И. Модернизация теплофикационных систем городов: цели и практика / В.И. Шаратов, М.Е. Орлов, М.М. Замалеев, П.Е. Чаукин // Надежность и безопасность энергетики. 2018. Т. 11, № 3. С. 184-191.

3. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. М.: Издательский дом МЭИ, 2006. 472 с.
4. Фролов А.Г. Воронков В.В. Режимы работы и эксплуатации ТЭС: учебное пособие. Иркутск. ИрГТУ, 2010. 192 с.
5. Орлов М.Е. Эксергетический анализ теплоприготовительных установок ТЭЦ / М.Е. Орлов, В.И. Шарапов // Надежность и безопасность энергетики. 2016. № 4 (35). С. 41-45.

## ГЕНЕРАЦИЯ ВОДОРОДА НА АТОМНЫХ СТАНЦИЯХ

Миниханова Алия Рунаровна<sup>1</sup>, Сироткина Лилия Витальевна<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>minihanova2002@gmail.com, <sup>2</sup>khimiya\_kgeu@mail.ru

В статье рассматриваются методы производства водорода на атомных электростанциях (АЭС). Эти методы основываются как на химических, так и на электрохимических процессах.

**Ключевые слова:** водород, атомная энергетика, АЭС, электролиз, пиролиз, водородное топливо, декарбонизация, возобновляемые источники энергии.

## HYDROGEN GENERATION AT NUCLEAR POWER PLANTS

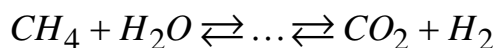
Minikhanov Aliya Runarovna<sup>1</sup>, Sirotkina Lilia Vitalievna<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>minihanova2002@gmail.com, <sup>2</sup>khimiya\_kgeu@mail.ru

The article discusses methods of hydrogen production at nuclear power plants (NPP). These methods are based on both chemical and electrochemical processes.

**Keywords:** hydrogen, nuclear power, nuclear power plants, electrolysis, pyrolysis, hydrogen fuel, decarbonization, renewable energy sources.

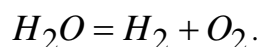
Атомная энергетика на сегодняшний день является одним из ключевых компонентов при переходе к углеродной нейтральности и повышению энергетической безопасности. Атомные электростанции (далее – АЭС) могут быть эффективно интегрированы с возобновляемыми источниками энергии для создания гибридных систем, которые обеспечивают стабильность энергоснабжения [1]. Это позволяет использовать преимущества как ядерной, так и возобновляемой энергии. Производство водорода на АЭС соответствует глобальным целям декарбонизации [2,3]. Рассмотрим следующие методы генерации водорода на АЭС.

1. Паровая конверсия метана с технологиями улавливания CO<sub>2</sub>.



Хотя этот метод чаще всего применяется в промышленных установках, он может быть интегрирован с АЭС [4]. Водяной пар (производимый от теплообмена) используется для парового риформинга метана, что приводит к образованию водорода и углекислого газа. Это позволяет эффективно извлекать водород, используя избыточное тепло от атомных станций.

2. Электролиз воды (высоко- и низкотемпературный электролиз). Технологический процесс, при котором воздействуя на дистиллированную воду электричеством, получаемого от атомной электростанции (АЭС), она диссоциируется на кислород и водород [5]:



Этот метод является экологически чистым. Также преимуществом данного метода является, что для электролиза используется избыточная электроэнергия от ядерной установки. Водород может служить способом хранения избытка энергии, генерируемой на АЭС в период низкого спроса.

Практически на всех атомных станциях Российской Федерации есть электролизеры, которые производят водород, используемый для охлаждения генераторов. Однако для более широкомасштабного производства необходимо модернизировать техническое и технологическое оснащение станций.

3. Паровая конверсия метана в симбиозе с атомной генерацией. Данный метод предполагает использование тепла высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов для конверсии метана в синтетический газ, который применяется для получения водорода.

Метод открывает путь крупномасштабного экологически чистого производства водорода. К преимуществам высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов относится: модульная конструкция реактора, высокий уровень безопасности и маневренности [4].

4. Термохимические процессы на высокотемпературных реакторах. Производство водорода в йодно-серном цикле основывается на использовании высоких температур (выше 800 °С), создаваемых ядерными реакторами, для разложения воды или других веществ с образованием водорода.

5. Пиролиз. Процесс термического разложения органических веществ без доступа кислорода, который может быть интегрирован на атомных станциях, хотя и менее распространен.

Термический пиролиз метана протекает при высокой температуре (1200–1500 °С) с последующим быстрым охлаждением продуктов реакции. В результате пиролиза образуется ацетилен и водород [6]:



Поскольку пиролиз можно проводить без доступа кислорода, это минимизирует образование CO<sub>2</sub>, что делает процесс более экологичным. Метод электролиза способствует переходу к низкоуглеродным источникам энергии и устойчивым технологиям.

Таким образом, каждый из этих методов имеет свои преимущества и недостатки в зависимости от конкретных условий и целей. Производство водорода на АЭС способствует развитию зеленых технологий и снижению зависимости от ископаемых видов топлива, обеспечивает эффективное использование ресурсов [7]. Внедрение этого способа на атомных станциях стать важным компонентом водородной экономики. Отрасли применения водорода: транспорт на водородных топливных элементах; химическая, нефтяная, металлургическая, электронная промышленности; энергетика.

### Источники

1. Миниханова А.Р. Водородная энергетика будущего // Международная молодежная научная конференция «Тинчуринские чтения – 2022 «Энергетика и цифровая трансформация»: электронный сборник статей по материалам конференции. Казань: КГЭУ, 2022. С. 161-163.

2. Миниханова А.Р., Зацаринная Ю.Н. Перспективы становления водородной энергетики // Повышение эффективности производства и использования энергии в условиях Сибири: мат-лы Всерос. науч.-практ. конф. с межд. участием. Иркутск: ИРНТУ, 2022. С. 193-197.

3. Чичиров А. А., Разакова Р. И., Гайнутдинов Ф.Р., Гайнутдинова Д.Ф. Водородная заправочная станция: обзор технологического состояния использования водородного топлива // Известия вузов. Проблемы энергетика. 2024. № 2. С. 149-165.

4. Трубило В.С. Производство водорода на атомных электрических станциях // Теплоэнергетика и теплотехника: материалы 79-й научно-технической конференции студентов и аспирантов «Актуальные проблемы энергетика». Минск: БНТУ, 2023. С. 96-99.

5. Nadaleti W. C., de Souza E. G., de Souza S. N. M. The potential of hydrogen production from high and low-temperature electrolysis methods using solar and nuclear energy sources: The transition to a hydrogen economy in Brazil // International Journal of Hydrogen Energy. 2022. № 82. С. 34727-34738.

6. Романов А.С. Водородная энергетика: сравнительный анализ способов получения водорода // Научные записки молодых исследователей. 2023. № 3. С. 73-80.

7. Rasul M.G. The future of hydrogen: Challenges on production, storage and applications // Energy Conversion and Management. 2022. № 10. С. 116326.

## РОЛЬ АЭС МАЛОЙ МОЩНОСТИ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Нарытбаев Артур Рустемович<sup>1</sup>, Воробьев Данэль Константинович<sup>2</sup>,  
Сайтов Станислав Радикович<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>narytbaev@mail.ru, <sup>2</sup>danel261202@gmail.com

Атомные станции малой мощности (АСММ) становятся важным решением для энергетических потребностей отдалённых регионов страны. Анализируются преимущества АСММ по сравнению с традиционными атомными электростанциями. Приведён сравнительный анализ характеристик АЭС и АСММ. Результаты исследования подчеркивают важность внедрения АСММ для обеспечения устойчивого энергетического развития России.

**Ключевые слова:** электроэнергетика, атомные станции малой мощности (АСММ), экономическая эффективность АСММ, безопасность ядерных установок, атомные электростанции.

## THE ROLE OF LOW-POWER NUCLEAR POWER PLANTS IN ENSURING THE ENERGY SECURITY OF THE RUSSIAN FEDERATION

Narytbaev Artur Rustemovich<sup>1</sup>, Vorobyev Daniel Konstantinovich<sup>2</sup>,  
Saitov Stanislav Radikovich<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
narytbaev@mail.ru<sup>1</sup>, danel261202@gmail.com<sup>2</sup>

Low-power nuclear power plants (ASMM) are becoming an important solution for the energy needs of remote regions of the country. The advantages of ASMM compared to traditional nuclear power plants are analyzed. A comparative analysis of the characteristics of NPP and ASMM is given. The results of the study emphasize the importance of implementing ASMM to ensure sustainable energy development in Russia.

**Keywords:** electric power industry, low-power nuclear power plants (ASMM), economic efficiency of ASMM, safety of nuclear installations, nuclear power plants.

Фундаментальной отраслью экономики Российской Федерации является электроэнергетика, обеспечивающая промышленных и бытовых потребителей электрической энергией и формирующая доходы бюджетной системы за счёт экспорта электроэнергии. Атомная энергетика является важной развивающейся отраслью, обеспечивающей около 20% от общего объёма производимой электроэнергии в России [1].



Строительство атомных электростанций требует значительного времени и огромных денежных инвестиций. Госкорпорация Росатом активно разрабатывает технологию строительства атомных станций малой мощности (АСММ) для удовлетворения энергетических потребностей северных регионов [1].

Атомные станции малой мощности (АСММ) характеризуются реакторными установками мощностью менее 300 МВт и имеют основное преимущество – размещение в труднодоступных регионах с недостаточно развитой инфраструктурой. Также АСММ имеет блочную конструкцию, благодаря чему возможно регулировать мощность, и доставку блоков в собранном виде, что снижает финансовые затраты. АСММ универсальны в использовании, так как обеспечивают электроснабжение, опреснение воды и отпуск тепла [2].

Вышеперечисленные достоинства можно доказать с помощью результатов сравнительного анализа атомных электростанций малой и большой мощности. Частота повреждений активной зоны атомных электростанций с ядерным реактором ВВЭР-1000 за один год по сравнению с атомными станциями малой мощности с реакторной установкой КЛТ-40С больше в 23 раза [3].

Кроме того, атомные станции малой мощности отличаются долговечностью, обеспечивая стабильную работу более 60 лет и позволяя легко регулировать их выходную мощность, гарантируя длительное и надёжное функционирование. Благодаря минимизации расходов на строительные работы, монтаж и транспортировку топлива финансовая нагрузка на российский бюджет снижается, что позволяет перенаправить средства в другие сферы [4].

Одним из основных достоинств является то, что совокупные расходы АСММ по сравнению с АЭС ниже почти в 2,3 раза. Госкорпорация Росатом активно исследует технологию атомных станций малой мощности (АСММ) и вводит их в эксплуатацию. Для этого Росатом оснастил ледоколы «Урал», «Сибирь» и «Арктика» для обеспечения морских путей через северные моря зимой. Кроме того, используется плавучая атомная электростанция на базе плавучего энергоблока «Академик Ломоносов» и реализуется проект первой наземной АСММ в Усть-Янском районе Якутии [5].

Способность плавучих атомных электростанций, подобных «Академику Ломоносову», производить пресную воду из морской является значительным достижением, учитывая текущую нехватку пресной воды [5].

Подводя итог, можно сказать, что внедрение АСММ является логичным и необходимым шагом для развития секторов экономики России [6]. Роль АСММ заключается в следующем:

- укрепление экономики депрессивных регионов;
- создание устойчивых центров экономической деятельности;
- повышение энергетической безопасности и стабильности в чрезвычайных ситуациях;
- помощь развивающимся странам в стабилизации энергоснабжения и решении проблемы нехватки пресной воды за счёт опреснения морской воды.

Государство должно обеспечить максимальную кадровую и финансовую поддержку для дальнейшего развития отрасли.

### **Источники**

1. Аношкин, Ю. И. Атомные станции малой мощности – задачи и приоритеты // Ядерные технологии: от исследований к внедрению: сб. тр. науч.-пр. конф., Ниж. Новгород, 2021. С. 10–13.

2. Федорцов Р.А. Анализ экономических аспектов развития атомных станций малой мощности в России // Энергия-2022. 2022. № 1. С. 47–48.

3. Гречкин Е.И., Попова Т.С. АЭС малой мощности – будущее энергетической отрасли России // Электроэнергетика сегодня и завтра. 2023. № 1. С. 177–180.

4. Пермовский А.С. Сравнительный анализ результатов ВАБ АЭС малой и большой мощности // Ядерные технологии: от исследований к внедрению: сб. тр. науч.-пр. конф., Ниж. Новгород, 2021. С. 67–68.

5. Скворцов А.А. Экономические аспекты развития АЭС малой мощности // Энергия-2022: 17-я всеросс. (9-я междунар.) науч.-техн. конф., Иваново, 2022. №6. С. 117.

6. Сайтов С.Р., Карачурин Б.Р., Сидоров М.В. Прогнозирование пиковых часов энергосбытовых компаний, входящих в реестр гарантирующих поставщиков АО "АТС" // Вестник КГЭУ. 2022. Т. 14, № 4(56). С. 59-68.

## **КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ И СОВМЕСТИМОСТЬ МАТЕРИАЛОВ С ТЯЖЕЛЫМИ ЖИДКОМЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯМИ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР И РАДИАЦИИ**

Раянов Рауль Рамилевич

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
mr.mlgghost@gmail.com

Тяжёлые жидкометаллические теплоносители, такие как свинец, свинцово-висмутовые и висмутовые сплавы, находят применение в новых проектах атомных реакторов благодаря своим выдающимся теплотехническим характеристикам и стойкости к радиационному повреждению. Однако, в условиях высоких температур и интенсивного облучения они представляют значительную коррозионную нагрузку на конструкционные материалы. Этот фактор требует тщательного изучения коррозионной стойкости материалов и разработки специальных методов защиты для обеспечения безопасности и долговечности реакторных установок

**Ключевые слова:** жидкометаллический теплоноситель, коррозия, высокие температура-туры, эксплуатация, радиация, материалы, совместимость материалов.

## **EFFECT OF ACCUMULATION OF SHORT-LIVED NEUTRON-ABSORBING FISSION PRODUCTS ON REACTOR EFFICIENCY IN VARIABLE POWER MODE**

Rayanov Raul Ramilevich

FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
mr.mlgghost@gmail.com

Heavy liquid metal coolants such as lead, lead-bismuth and bismuth alloys are used in new nuclear reactor designs due to their outstanding thermal performance and resistance to radiation damage. However, under high temperature and intense irradiation conditions, they pose a significant corrosion load on structural materials. This factor requires careful study of the corrosion resistance of materials and the development of special protection methods to ensure the safety and durability of reactor installations.

**Key words:** liquid metal coolant, corrosion, high temperatures, operation, radiation, materials, compatibility of materials.

При высоких температурах и наличии радиационного излучения происходит активное взаимодействие теплоносителей с материалами конструкций, что приводит к образованию коррозионных продуктов и ухудшению механических свойств материалов. В таких условиях особенно уязвимы стальные сплавы, которые могут подвергаться быстрому разрушению из-за диффузии элементов теплоносителя в структуру металла [1].

Для повышения коррозионной стойкости и совместимости материалов используются различные защитные покрытия и легирование стали. Легированные стали, такие как ферритно-мартенситные и аустенитные сплавы, показали себя более устойчивыми к воздействию тяжёлых

жидкометаллических теплоносителей [2]. Защитные покрытия на основе оксидов, таких как оксид алюминия или оксид хрома, создают барьер, препятствующий взаимодействию теплоносителя с основным материалом.

Одним из перспективных материалов является сталь, легированная хромом и алюминием. В исследованиях показано, что она образует стойкие оксидные слои на поверхности, что значительно уменьшает диффузию свинца и висмута в материал при температурах до 600 °С. Также были изучены различные методы обработки поверхности, такие как лазерная обработка и ионное напыление, которые способствуют улучшению адгезии оксидных слоёв к поверхности стали и увеличивают долговечность покрытия [3].

Для представления данных о температурной устойчивости, долговечности и стойкости к радиационному повреждению, в таблице приводятся сравнительные характеристики материалов.

Сравнительные характеристики материалов

Материал	Температура эксплуатации, °С	Потеря массы (мг/см <sup>2</sup> в сутки)	Радиационная стойкость
Ферритно-мартенситная сталь	до 550	0.05-0.1	Высокая
Аустенитная сталь	до 600	0.2	Средняя
Легированная сталь с покрытием оксидом алюминия	до 600	< 0.05	Высокая

На основе этих данных можно сделать вывод, что ферритно-мартенситные стали более устойчивы и предпочтительны для эксплуатации в условиях высоких температур.

Исследования показывают, что добавление защитных покрытий и легирование материалами, устойчивыми к агрессивной среде, позволяют значительно продлить срок службы конструкций. Например, нанесение алюминиевых покрытий на ферритно-мартенситные стали снижает коррозионные потери до 0.02 мг/см<sup>2</sup> в сутки [4]. Также перспективным направлением является разработка композитных покрытий на основе нитрида титана и карбида кремния, которые обладают высокой устойчивостью к радиации и не теряют защитных свойств при высоких температурах [5].

Таким образом, коррозионная стойкость и совместимость материалов с тяжёлыми жидкометаллическими теплоносителями являются критически важными для успешного и безопасного применения их в высокотемпературных ядерных реакторах. Выбор материала и методы его защиты определяют долговечность и надёжность оборудования, работоспособность которого возможна при условиях высокой температуры и радиации.

## Источники

1. Беляев, П. Н., Сидоров, В. В. Исследование коррозионной стойкости сталей в свинцовых теплоносителях // Ядерная наука и техника. – 2021. – Т. 33, № 2. – С. 72-80.
2. Кудрявцев, М. Н. Свинец-висмутовые теплоносители в высокотемпературных условиях // Теплофизика высоких температур. – 2020. – Т. 48, № 1. – С. 15-22.
3. Смирнов, О. В. Поведение сталей при высоких температурах в жидких металлах // Коррозия и защита металлов. – 2018. – № 6. – С. 59-68.
4. Захаров, Л. М., Козлов, Е. А. Защитные покрытия для коррозионно-стойких материалов // Журнал материаловедения. – 2020. – № 4. – С. 33-40.
5. Кузнецов, Д. С. Коррозионная стойкость легированных сталей в условиях радиационного воздействия // Ядерная наука и техника. – 2022. – Т. 35, № 3. – С. 88-95.

## **ВЛИЯНИЕ НАКОПЛЕНИЯ КОРОТКОЖИВУЩИХ НЕЙТРОНОПОГЛАЩАЮЩИХ ПРОДУКТОВ ДЕЛЕНИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕАКТОРА В РЕЖИМЕ ПЕРЕМЕННОЙ МОЩНОСТИ**

Раянов Рауль Рамилевич

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
mr.mlgghost@gmail.com

При эксплуатации ядерных реакторов в режиме переменной мощности возникает проблема накопления продуктов деления, которые обладают способностью поглощать нейтроны, влияя на эффективную реактивность системы и работоспособность реактора в целом. Одним из важнейших факторов здесь являются короткоживущие нейтронопоглощающие продукты деления, такие как ксенон-135 и самарий-149, которые оказывают непосредственное влияние на динамику реактора. Исследование их накопления и выгорания становится особенно актуальным в режиме переменной мощности, где частые изменения реактивности требуют тщательного управления и прогнозирования поведения активной зоны.

**Ключевые слова:** ксеноновое отравление, нейтронопоглощающие продукты деления, переменная мощность реактора, ядерный реактор, эффективность реактора.

## **EFFECT OF ACCUMULATION OF SHORT-LIVED NEUTRON- ABSORBING FISSION PRODUCTS ON REACTOR EFFICIENCY IN VARIABLE POWER MODE**

Rayanov Raul Ramilevich

FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
mr.mlgghost@gmail.com

When operating nuclear reactors in variable power mode, the problem of accumulation of fission products that have the ability to absorb neutrons, affecting the effective reactivity of the system and the performance of the reactor as a whole, arises. One of the most important factors here are short-lived neutron-absorbing fission products, such as xenon-135 and samarium-149, which have a direct impact on the reactor dynamics. The study of their accumulation and burnup becomes especially relevant in variable power mode, where frequent changes in reactivity require careful management and prediction of the behavior of the core.

**Key words:** xenon poisoning, neutron-absorbing fission products, variable reactor power, nuclear reactor, reactor efficiency.

При эксплуатации ядерных реакторов в режиме переменной мощности возникает проблема накопления продуктов деления, которые обладают способностью поглощать нейтроны, влияя на эффективную реактивность системы и работоспособность реактора в целом. Одним из важнейших факторов здесь являются короткоживущие нейтронопоглощающие продукты деления, такие как ксенон-135 и самарий-149, которые

оказывают непосредственное влияние на динамику реактора. Исследование их накопления и выгорания становится особенно актуальным в режиме переменной мощности, где частые изменения реактивности требуют тщательного управления и прогнозирования поведения активной зоны [1].

Ксенон-135 и самарий-149 являются двумя основными изотопами, которые активно поглощают нейтроны. Накопление ксенона-135 происходит сразу после остановки или снижения мощности реактора, так как он образуется из йода-135 с периодом полураспада около 6,6 часов. Это приводит к увеличению так называемого «ксенонового отравления», которое существенно снижает реактивность и требует временного увеличения мощности реактора для компенсации поглощения [2].

Самарий-149, напротив, накапливается медленнее и почти не выгорает в стандартных условиях работы реактора. Этот элемент также влияет на нейтронный баланс реактора и требует учета при проектировании и эксплуатации реакторов, особенно в длительных циклах переменной мощности [3].

Работа реактора на переменной мощности подразумевает частые изменения мощности, что приводит к циклическому накоплению и выгоранию ксенона-135 и самария-149. Это, в свою очередь, вызывает колебания реактивности и затрудняет управление реактором. При понижении мощности накопление ксенона может достигать максимума за 10-15 часов, после чего требуются коррекции реактивности для поддержания стабильной работы реактора [4].

Эффективное управление реактором в таких условиях требует учёта скорости накопления и распада нейтронопоглощающих продуктов, а также способности реакторной установки оперативно компенсировать изменения реактивности. При недооценке влияния ксенонового отравления возможны непредвиденные остановки реактора, что ведет к снижению эффективности эксплуатации [5].

В атомной энергетике разработаны методы компенсации ксенонового отравления, которые включают в себя увеличение мощности реактора для снижения концентрации ксенона за счет его выгорания, использование систем регулирования реактивности. Современные реакторы оснащены автоматизированными системами регулирования, которые помогают компенсировать изменения реактивности в зависимости от накопления продуктов деления.

Накопление короткоживущих нейтронопоглощающих продуктов деления, таких как ксенон-135 и самарий-149, оказывает значительное влияние на эффективность работы реактора, особенно в режиме переменной мощности. Понимание их динамики и методов компенсации позволяет повысить эффективность эксплуатации ядерных установок и

снизить риски непредвиденных остановок. Однако для стабильной работы реактора на переменной мощности необходимо учитывать накопление этих изотопов и иметь чётко отлаженные методы управления реактивностью, чтобы избежать ксенонового отравления и других связанных проблем

### **Источники**

1. Иванов П.В. Нейтронопоглощающие изотопы в ядерных реакторах: теория и практика. Москва: Атомиздат, 2019. С. 50-67.
2. Фомин А.В. Динамика накопления ксенона-135 в реакторах при переменной мощности // Вестник атомной энергетики. 2021. № 3. С. 22-30.
3. Коваль И. Е. Влияние самария-149 на эффективность реактора // Ядерная наука и техника. 2020. Т. 18, № 5. С. 95-101.
4. Семёнов Л.Н., Голубев В.И. Особенности ксенонового отравления в реакторах // Энергетическая политика. 2018. № 6. С. 43-50.
5. Министерство атомной энергетики РФ. Краткий справочник по безопасности реакторов [Электронный ресурс]. URL: <https://atomenergy.ru/document> (дата обращения: 23.10.2024).



## ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МАЛЫХ МОДУЛЬНЫХ РЕАКТОРОВ ДЛЯ УДАЛЕННЫХ И ИЗОЛИРОВАННЫХ РЕГИОНОВ

Раянов Рауль Рамилевич  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
mr.mlgghost@gmail.com

Малые модульные реакторы (ММР) представляют собой перспективное решение для энергоснабжения удалённых и изолированных регионов. В отличие от традиционных атомных электростанций, ММР характеризуются меньшими размерами, модульностью, а также повышенной безопасностью и гибкостью. Эти качества делают ММР отличным вариантом для автономного и надёжного энергоснабжения мест, где строительство крупной энергетической инфраструктуры либо невозможно, либо крайне затруднено. В данной статье мы рассмотрим экономическую эффективность малых модульных реакторов для удалённых территорий и оценим их потенциал как конкурентоспособного и устойчивого источника энергии для таких регионов.

**Ключевые слова:** малые модульные реакторы, экономическая эффективность, снижение затрат, ядерная энергетика, экологическая безопасность, изолированные территории.

## COST EFFECTIVENESS OF SMALL MODULAR REACTORS FOR REMOTE AND ISOLATED REGIONS

Rayanov Raul Ramilevich  
FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
mr.mlgghost@gmail.com

Small modular reactors (SMRs) are a promising solution for powering remote and isolated regions. Unlike traditional nuclear power plants, SMRs are smaller, more modular, and more safe and flexible. These qualities make SMRs an excellent option for providing autonomous and reliable power in places where building large energy infrastructure is either impossible or extremely difficult. In this article, we will look at the cost-effectiveness of small modular reactors for remote areas and assess their potential as a competitive and sustainable energy source for such regions.

**Key words:** small modular reactors, economic efficiency, cost reduction, nuclear energy, environmental safety, isolated areas.

Удалённые и изолированные регионы, такие как северные территории, арктические зоны, островные поселения и труднодоступные районы, сталкиваются с серьёзными проблемами в энергетическом снабжении. Обычно их энергоснабжение основано на использовании дизельного топлива, которое требует постоянной транспортировки и создает значительные выбросы углекислого газа, что негативно сказывается на экологии. ММР могут стать альтернативой, так как

способны обеспечивать стабильное энергоснабжение, они имеют более продолжительный срок службы без дозаправки, низкие затраты на транспортировку, а также использование ММР может снизить выбросы CO<sub>2</sub> и зависимость от ископаемых видов топлива, что особенно важно для сохранения экологии в удалённых районах [1].

Экономическая целесообразность использования ММР в удалённых регионах основана на нескольких ключевых факторах: это снижение затрат на доставку топлива, транспортировку самой установки, отсутствие крупных затрат на строительство и долгосрочные строительные проекты [2]. Вдобавок, модульный подход позволяет наращивать мощность по мере необходимости, добавляя новые реакторные модули. В ряде стран компании обязаны уплачивать экологические сборы за выбросы углерода. ММР выделяют минимальные объёмы углеродных выбросов, что помогает снизить затраты на экологические сборы. Это делает реакторы более экономически привлекательными по сравнению с традиционными источниками энергии, особенно в условиях ужесточающегося регулирования выбросов CO<sub>2</sub> [3].

Однако для реализации ММР в таких регионах существуют различные проблемы и вызовы, такие как высокие первоначальные капитальные затраты, необходимость в высококвалифицированном персонале для установки и обслуживания ядерной установки.

Таким образом, малые модульные реакторы представляют собой инновационное решение для энергоснабжения удалённых и изолированных регионов, где традиционные источники энергии являются дорогостоящими и небезопасными с экологической точки зрения [4]. Снижение затрат на доставку топлива, долгий срок службы без дозаправки и модульность делают ММР экономически привлекательным и надёжным источником энергии для таких территорий. Несмотря на первоначальные затраты и технические трудности, ММР обладают потенциалом стать устойчивым и доступным вариантом для обеспечения энергетической независимости удалённых регионов, что также может способствовать их экономическому и социальному развитию. Экономическая эффективность ММР для удалённых регионов будет возрастать с дальнейшим развитием технологий, снижением капитальных затрат и упрощением процедур лицензирования [5].

## **Источники**

1. Баранов А.В. Малые модульные реакторы: перспективы и проблемы внедрения // Энергетическая политика. 2020. № 4. С. 22-30.
2. Семенов В.А., Горячева Е.В. Техничко-экономическое обоснование использования малых модульных реакторов в арктических регионах России // Вестник атомной науки и техники. 2019. Т. 29, № 3. С. 43-50.

3. Фомин, А. В. Особенности проектирования малых модульных реакторов для изолированных регионов // Вестник энергобезопасности. 2021. № 2. С. 14-21.

4. Завьялов, Д. А., Мальцев, И. Е. Опыт использования малых реакторных установок за рубежом и перспективы их применения в России // Проблемы атомной науки и техники. 2018. Т. 12, № 1. С. 78-85.

5. Ожегов, С. В., Соловьев, Л. Н. Экономическая эффективность малых модульных реакторов для удалённых регионов // Ядерная энергетика и технологии. 2020. Т. 33, № 5. С. 95-101.

## ГОДОВОЙ РАСХОД ТЕПЛА ТЭЦ ПРИ ПОДКЛЮЧЕНИИ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Сайфуллина Эвелина Игоревна<sup>1</sup>, Ляпин Александр Игоревич<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>sajfullina1@bk.ru

Работа посвящена вопросам оценки теплового потребления от ТЭЦ при подключении дополнительных тепловых потребителей, т.е. жилого микрорайона. Проведен обзор факторов, влияющих на изменение годового расхода теплоты от источника теплоснабжения жилого микрорайона. Проведено определение расчетной тепловой нагрузки для отопления, горячего водоснабжения и вентиляции, а также оценка резервов мощности и пропускной способности тепловых сетей.

**Ключевые слова:** тепловые нагрузки, тепловое потребление, теплоснабжение, тепловая электроцентраль, жилой микрорайон.

## ANNUAL HEAT CONSUMPTION OF A CHP PLANT WHEN CONNECTED TO ADDITIONAL CONSUMERS

Saifullina Evelina Igorevna<sup>1</sup>, Lyapin Alexander Igorevich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Energy University", Kazan  
<sup>1</sup>sajfullina1@bk.ru

The work is devoted to the assessment of thermal consumption from a thermal power plant when connecting additional thermal consumers, i.e. a residential neighborhood. The review of the factors influencing the change in the annual heat consumption from the heat supply source of a residential neighborhood is carried out. The calculated thermal load for heating, hot water supply and ventilation has been determined, as well as an assessment of the reserves of power and capacity of heating networks.

**Keywords:** thermal loads, thermal consumption, heat supply, thermal power plant, residential neighborhood.

Покрытие тепловых нагрузок при подключении дополнительных потребителей представляет собой комплекс мероприятий, направленных на обеспечение достаточного количества тепловой энергии для новых объектов без снижения качества теплоснабжения существующих. Дополнительно это требует тщательного расчета и балансировки тепловых потоков, модернизации инфраструктуры и возможного увеличения мощности источника теплоснабжения. В работе рассмотрены особенности теплоснабжения потребителей, дополнительно подключаемых к ТЭЦ с энергоблоком ПГУ. Основной принцип работы ПГУ заключается в комбинировании двух термодинамических циклов, и объединение газотурбинной и паротурбинной установок, посредством теплообмена в котлах-утилизаторах. При этом установки имеют особенности в пуске

из холодного состояния и состояния горячего резерва [1], а сама ПГУ специфику обеспечения тепловой нагрузки потребителей при нерасчетных и переходных режимах эксплуатации. В работе рассмотрены особенности теплоснабжения потребителей от парогазовой установки [2].

Теплоснабжение от ПГУ обладает рядом технических преимуществ по сравнению с теплоснабжением от паротурбинной установки (ПТУ). ПГУ быстрее адаптируется к изменяющимся тепловым нагрузкам за счет высокой динамичности газовой турбины, которая способна быстро изменять свою мощность. В переходных и нерасчетных режимах газотурбинный цикл обеспечивает быстрый старт и наращивание мощности, в то время как паротурбинный цикл стабилизирует выработку тепла.

Включение новых потребителей в схему теплоснабжения района требует анализа резервов мощности и текущего состояния сетей теплоснабжения. В случае, если их не достаточно, требуется модернизация или замена участков трубопроводов, установка дополнительных насосных станций и внедрение систем автоматизированного регулирования. Это необходимо для того, чтобы поддерживать требуемые параметры давления и температуры теплоносителя.

Годовой расход теплоты в жилом микрорайоне зависит от климатических условий, а также от технического состояния зданий и инфраструктуры [3]. На тепловой расход также влияют характеристики и состояние теплосетей. Устаревшие трубопроводы увеличивают теплопотери, тогда как их модернизация могут оптимизировать потребление тепла.

Расчетные нагрузки на отопление, ГВС и вентиляцию важны при подключении новых потребителей к тепловым сетям, так как они позволяют оценить, выдержит ли существующая система увеличение нагрузки без ухудшения качества теплоснабжения [4].

Оценка резервов мощности теплового источника включает анализ возможности работы котельной или ТЭЦ на предельных нагрузках. Проверка мощности оборудования и температуры теплоносителя необходима для обеспечения стабильной работы при увеличении нагрузки. Если резервов недостаточно, может потребоваться установка дополнительного оборудования или модернизация источника тепла.

Проверка пропускной способности тепловых сетей включает расчет гидравлической устойчивости трубопроводов и состояния насосного оборудования. Учитываются максимальные допустимые нагрузки, давление в сети и возможные теплопотери.

Подключение новых потребителей к системе теплоснабжения требует тщательной оценки тепловых нагрузок и резервов мощности как источников тепла, так и по возможностям транспорта теплоносителя по

тепловым сетям, с сохранением качества. Этой цели служит учет расчетных нагрузок на отопление, горячее водоснабжение и вентиляцию. Комплексная оценка обеспечивает надежность, стабильность и энергоэффективность теплоснабжения, предотвращая перегрузки и обеспечивая надежное, бесперебойное теплоснабжение всех потребителей [5].

### **Источники**

1. Цанев С.В., Буров В.Д., Ремезов А.Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций: Учебное пособие для вузов / Под. ред. С.В. Цанева. М.: МЭИ, 2002. 584 с.

2. Ляпин А.И., Чичирова Н.Д., Чичиров А.А. К расчету материального баланса системы ТЭС - закрытая тепловая сеть // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2007. № 3-4. С. 108-113.

3. Ляпин А.И., Субханкулов Э.Д., Сахибгареев Н.Ф. Расчет системы ГВС // Advances in Science and Technology. Сборник статей XLV международной научно-практической конференции. Москва, 2022. С. 135-136.

4. Beloev H.I., Saitov S.R. [& etc]. Prediction of Pipe Failure Rate in Heating Networks Using Machine Learning Methods // Energies. 2024. Vol. 17 (14), 3511.

5. Закиров Р.Н., Чичирова Н.Д. Снижение затрат на производство тепловой энергии на стадии проектирования котельных жилых микрорайонов // Труды Академэнерго. 2015. № 3. С. 48-53.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОЖАРА НА КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ПРОЕКТИРУЕМЫХ И РЕКОНСТРУИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Фаизов Нарис Наилевич<sup>1</sup>, Репина Эльвина Юрьевна<sup>2</sup>, Осипов Айрат Линарович<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>ФБГОУ ВО «КГЭУ», г. Казань  
<sup>1</sup>naris.faizov@yandex.ru, <sup>2</sup>elvina0711@mail.ru

В данной статье рассматривается проблема влияния пожара, как наиболее часто возникающей ситуации, на конструктивные особенности проектируемых и реконструируемых зданий и сооружений. Пожарная безопасность объекта должна как исключать возможность возникновения чрезвычайного происшествия, так и обеспечить безопасность находящегося там людей.

**Ключевые слова:** конструкция, здание, сооружение, проектирование, пожар, безопасность.

## RESEARCH OF FIRE SAFETY OF DESIGN SOLUTIONS OF DESIGNED AND RECONSTRUCTED BUILDINGS AND STRUCTURES

Faizov Naris Nailovich<sup>1</sup>, Repina Elvina Yurevna<sup>2</sup>, Osipov Airat Linarovich<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>naris.faizov@yandex.ru, <sup>2</sup>elvina0711@mail.ru, <sup>3</sup>nord7077@mail.ru

This article examines the problem of the influence of fire, as the most frequently occurring situation, on the design features of designed and reconstructed buildings and structures. Fire safety of the facility should both exclude the possibility of an emergency and ensure the safety of people there.

**Keywords:** design, building, structure, design, fire, safety.

В настоящее время существует множество строительных материалов и конструкций, изготовленных из различных материалов. Под влиянием пожара каждый вид повреждается в той или иной степени по-разному в результате воздействия высоких температур свыше 200 градусов Цельсия. Пожарная безопасность в здании зависит от большого спектра факторов, таких как: система пожаротушения, эвакуация, уровень огнестойкости [1].

Рассмотрим подробнее воздействие высоких температур в условиях возгорания на различные виды конструкций, среди которых выделим деревянные, металлические, каменные и железобетонные.

В первую очередь, важно сказать, что древесина представляет из себя горючий строительный материал при температуре 290 градусов Цельсия, обладающий теплозащитными характеристиками в пределах нормы. Несущая способность перекрытий из дерева теряется спустя полчаса с момента возгорания и зависит в большей степени от площади сечения неповрежденной древесной конструкции [2, 3].

К достоинствам металлических конструкций стоит отнести их быстроту монтажа и несущую способность, однако в условиях пожара они моментально теряют свою прочность и теплозащитные свойства ввиду нагревания. При температуре порядка 500 градусов Цельсия происходит потеря несущей способности конструкций из стали. Меры по безопасности включают в себя бетонирование, добавление дополнительной тепловой изоляции и краски [4].

Как всем известно, кирпич представляет из себя прочный и огнестойкий материал, однако в условиях повышенных температур происходит отход, рыхление кладки и постепенное разрушение заложеного раствора.

Подробнее рассмотрим конструкции из железобетона. Они представляют из себя комплекс разнородных материалов, нагрев которых ведет к различным деформациям и изменениям свойств, уменьшению прочности и необратимые прогибы, возникновение трещин в результате повышения температуры арматуры. Поверхность железобетонных конструкций после огневого воздействия позволяет определить данные о нагреве и длительности пожара, например, образовавшиеся следы сажи, изменение внешнего вида по цвету [5].

Подводя итог, можно сказать, что использование различных конструкций после пожара возможно после тщательного технического обследования экспертизы промышленной безопасности. Реконструкция зданий и сооружений после чрезвычайной ситуации возможна с обязательным учетом степени повреждения конструкций.

## **Источники**

1. СП 329.1325800.2017. Свод правил. Здания и сооружения. Правила обследования после пожара. (утв. и введен в действие Приказом Минстроя России от 30.10.2017 №1490/пр) URL: <http://docs.cntd.ru/document/556793892> (дата обращения: 06.11.2024).



2. Орлова С.С. Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре: учебное пособие / С.С.Орлова, Т.А.Панкова, С.В. Затицацкий. Саратов: Издательство «Саратовский источник», 2015.

3. Федеральный закон от 22.07.2008 №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (ред. от 27.12.2018г.) URL: <https://base.garant.ru/12161584/> (дата обращения: 06.11.2024).

4. Амельчугов С.П. Методика оценки и расчета пожарного риска. Красноярск: Общество с ограниченной ответственностью «НИИ проблем пожарной безопасности», 2012, 220 с.

5. Кошмаров М.Ю. [и др.]. Критическая продолжительность пожара в помещениях при воспламенении горючей жидкости: вонография / М.Ю. Кошмаров, Ю.Г.Абросимов, Е.Н. Иноземцева. М.: АГПС МЧС РФ, 2007. 143 с.

## PROSPECTS FOR THE IMPLEMENTATION AND USE OF NEURAL NETWORKS FOR PROCESS MANAGEMENT

Faizov Naris Nailovich<sup>1</sup>, Demidkina Darya Alexandrovna<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
<sup>1</sup>naris.faizov@yandex.ru, <sup>2</sup>daria.demidkina1@gmail.ru

This article discusses the prospects for the implementation and use of neural networks for process management in various fields. An analysis of the possibility of using neural networks in production process management, medical diagnostics, financial transactions and other areas are conducted. The article also describes the advantages and disadvantages of using neural networks in process management, as well as problems that may arise during their implementation.

**Keywords:** neural networks, process management, prospects, implementation, use.

Innovations in technology in recent years have led to a significant increase in interest in the use of neural networks for process management. Global manufacturers are actively implementing automated systems in production, using artificial intelligence to improve quality and efficiency. In this article, we will consider the prospects for the implementation and use of neural networks for process management and determine their advantages over traditional management methods.

Neural networks have a wide range of applications in various fields. Manufacturing processes: neural networks can be used to optimize equipment operation, reduce energy costs, predict resource requirements, and manage supply chains. Medical diagnostics: neural networks can be used to analyze medical data and predict possible diseases. They can also be used to improve the operation of medical devices and hospital management systems. Financial transactions: neural networks can be used to analyze financial data, identify trends, and forecast the market. They can also be used to improve credit transactions and support financial decision making. Other areas: neural networks can be applied in many other areas, including logistics, transportation operations, equipment maintenance, marketing and advertising, sales management, and even sports analysis [1].

One example of the implementation and application of neural networks in production is their use to optimize the operation of robotic production lines. Using neural networks, it is possible to develop algorithms that allow the robots to adapt to changes in the production process and automatically optimize the line's performance. This can improve the efficiency and quality of production, reduce the development and launch time of production lines, and reduce the cost of equipment maintenance and repair [2]. In addition, neural networks can be used to control the quality of products in production. They can analyze incoming

data, such as dimensions, weight, color, etc., and determine whether the products meet quality standards. This allows you to quickly identify defects and prevent potential problems associated with low-quality products. For example, General Electric uses neural networks to optimize the production of parts for the aviation and energy industries. The system carries out quality control and analyzes data to optimize equipment performance and improve product quality [3].

There are definitely problems that may arise when implementing and using a neural network in production, including - insufficient data for training the neural network can lead to low accuracy of work or the inability to learn, low speed of the neural network can lead to delays and ineffective use in production, the neural network can be vulnerable to hacking and potentially become a reverse threat to the company, the need to maintain and update the neural network may require additional costs for training personnel or attracting specialists, neural networks can be difficult to access for system administration and monitoring, which can lead to difficulties in detecting and eliminating problems.

Among the advantages of implementing and using neural networks, we can highlight: 1) increased process efficiency - neural networks can process huge amounts of data in a short time, which allows you to optimize processes and reduce the time it takes to complete them; 2) a decrease in the number of errors - neural networks are able to detect and correct errors in real time. This improves the quality of work and reduces the risk of unexpected breakdowns or accidents. 3) Automation of complex tasks - neural networks can be used to automate complex operations and tasks that previously required human participation. This allows to increase productivity and reduce personnel costs. 4) Improving forecasting accuracy - neural networks can predict future events based on the analysis of historical data. This allows to take into account all the factors that can affect the result and make more informed decisions. 5) Increasing business flexibility - neural networks allow to quickly adapt to changing conditions and market requirements. They can learn on new data and change their algorithms in accordance with new conditions. 6) Reducing the cost of scientific research - neural networks can replace experiments and forecasts that previously required huge amounts of time and money. This allows to reduce the cost of scientific research and increase the efficiency of the results obtained [4, 5]. Considering the economic side, it can be said that the cost of implementing neural networks in production depends on many factors, such as the type and complexity of tasks, computing resources required for implementation, personnel qualifications, regulation, however, usually the implementation of neural networks in production is quite an expensive and complex process. Costs can vary from several thousand to several million dollars, depending on the specifics of the project. For example, the integration of

neural networks for automation and management of production processes can cost from 50,000 to 500,000 dollars, it is also necessary to take into account that after the implementation of neural networks, additional maintenance and configuration may be required, which can increase the final cost of the project.

Thus, to summarize, we can say that the use of neural networks for process management is a promising direction in the modern world. This technology allows you to solve problems that were previously impossible or extremely difficult for a person. Neural networks can be used in various fields - from industry to medicine. They make it possible to increase work efficiency, improve product quality and optimize processes. However, the implementation of this technology requires serious efforts and financial investments. It is necessary to take into account such factors as training neural networks, software development, hardware creation and personnel training. Nevertheless, with the successful implementation of projects for the implementation of neural networks, significant results can be achieved in saving time and money, as well as improving product quality and increasing the efficiency of processes.

In addition, neural networks can be used to optimize the warehouse and logistics management process. Automatic warehouse filling control, demand forecasting and reduced delivery costs are some of the key advantages of using neural networks in logistics. Another area of application of neural networks is market analysis and data-based decision making. Neural networks can be used to forecast market trends, analyze competitors and determine the most effective business development strategies. In general, the use of neural networks allows you to improve the efficiency and quality of process management, reduce production and logistics costs, and make more informed decisions based on data. To implement neural networks in business, it is necessary to analyze goals, assess the availability and quality of data, and configure and train the neural network for the specific needs of the company.

## References

1. Горелова Г.В., Мельник Э.Д. Подход к разработке систем искусственного интеллекта для производственных процессов на основе композиции когнитивного, нейросетевого-го и агентного моделирования // SAEC. 2023. № 1. С. 174-185.

2. Бугаков С.С. Перспективы внедрения нейронных сетей в реализацию систем поддержки принятия решений / С.С. Бугаков // Молодой ученый. 2016. № 4 (108). С. 343-346.

3. Обучение нейронной сети [Электронный ресурс]. URL: <http://www.aiportal.ru/articles/neural-networks/learning-neunet.html> (дата обращения: 06.11.2024).

4. Нейроинтерфейс // CMI Brain Research : [сайт] / EEG Analysis. – [Волгоград], 2021.– URL: <https://cmi.to/нейроинтерфейс/> (дата обращения: 06.11.2024)

5. Горобченко С.Л., Шифрин Б.М., Алексеева С.В., Гоголевский А.С., Кривоногова А.С., Пушков Ю.Л., Войнаш С.А. Современное состояние применения и развития методов искусственного интеллекта в промышленных регуляторах и интеллектуальных системах управления // Известия ТулГУ. Технические науки. 2023. № 3. С. 106–112.

## ПРИНЦИПАЛЬНОЕ ОТЛИЧИЕ ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА ОТ ТЕРМОЯДЕРНОГО

Филимонов Андрей Артемович<sup>1</sup>, Камалиева Рузина Фарсилевна<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань,  
<sup>1</sup>vip.jokermigel@mail.ru, <sup>2</sup>rruzzi@yandex.ru

В тезисе рассматриваются основные различия между принципами работы ядерного и термоядерного реакторов. Ядерные реакторы уже активно используются, термоядерные находятся на стадии разработки. Они отличаются принципами работы, используемыми элементами, продуктами реакции и уровнем безопасности.

**Ключевые слова:** ядерный реактор, термоядерный реактор, синтез, температура, элементы, процесс, реакция, энергия.

## THE FUNDAMENTAL DIFFERENCE BETWEEN A NUCLEAR REACTOR AND A THERMONUCLEAR REACTOR

Filimonov Andrey Artemovich<sup>1</sup>, Kamaliev Ruzina Farsilovna<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>vip.jokermigel@mail.ru, <sup>2</sup>rruzzi@yandex.ru

The article discusses the main differences between the operating principles of nuclear and thermonuclear reactors. Nuclear reactors are already in active use, while thermonuclear reactors are still under development. They differ in their operating principles, elements used, reaction products and safety level.

**Keywords:** nuclear reactor, fusion reactor, fusion, temperature, elements, process, reaction, energy.

Ядерный реактор представляет собой устройство, в котором происходит контролируемый процесс деления ядер тяжелых элементов, таких как уран или плутоний. В результате этого процесса выделяется значительное количество тепла, которое используется для производства пара. Пар, в свою очередь, приводит в движение турбину, генерируя электроэнергию [1].

Термоядерный реактор использует процесс термоядерного синтеза, который заключается в слиянии легких ядер, таких как дейтерий и тритий, с образованием более тяжелых ядер. Этот процесс происходит при очень высоких температурах и давлениях, которые создаются в специальных установках, таких как токамаки или стеллараторы [2].

Чтобы два ядра водорода – дейтерия или трития, то есть изотопов водорода сошлись на достаточно близкое расстояние, когда сильное взаимодействие в состоянии преодолеть кулоновское отталкивание одноименно заряженных ядер, надо создать либо очень высокое давление, либо очень высокую температуру [3].

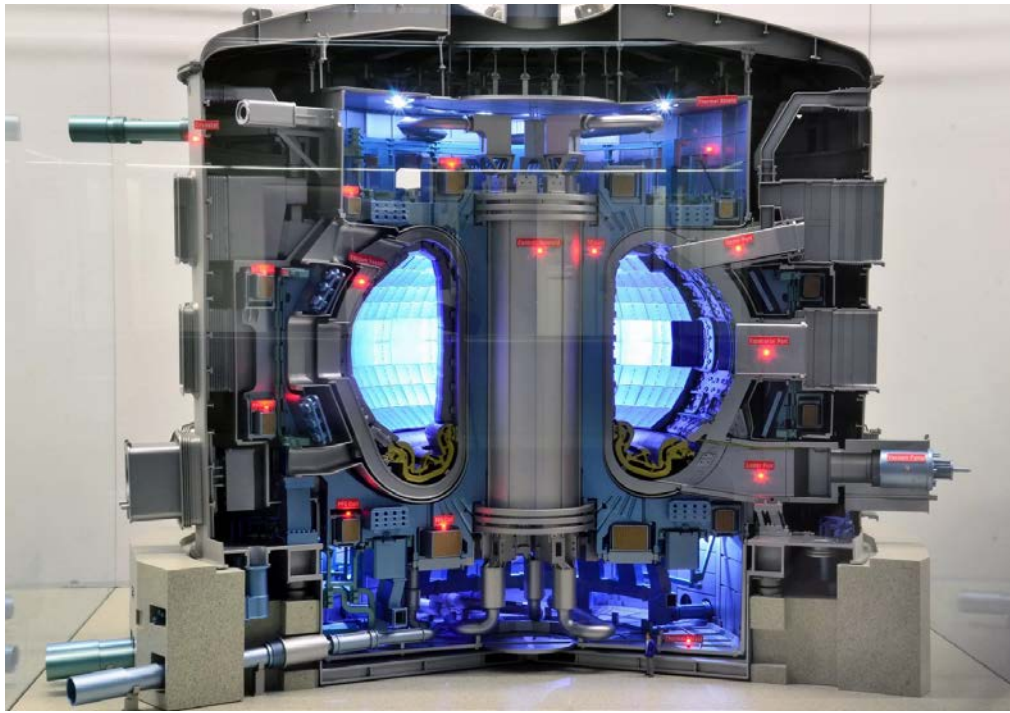


Рис. 1. Макет термоядерного реактора

Таким образом, основное отличие между ядерным и термоядерным реакторами заключается в использовании различных процессов: деления ядер в первом случае и синтеза ядер во втором. Это приводит к различным характеристикам и особенностям работы каждого типа реактора.

Однако следует отметить, что термоядерные реакторы в настоящее время находятся в стадии разработки и исследований, и их практическое применение еще не реализовано в полной мере.

### Источники

1. Балошин Ю.А., Заричняк Ю.П., Успенская М.В. Физические основы ядерной энергии: Учебное пособие. Часть 2. СПб.: Университет ИТМО, 2015. 88 с.
2. Машиностроение ядерной техники. В 2-х кн. Кн. 1 / Е.О. Адамов, Ю.Г. Драгунов, В.В. Орлов [и др.]; под общ. ред. Е.О. Адамова. 2005. 960 с.
3. Термоядерная энергетика: надежда человечества? [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/articles/167523/> (дата обращения: 26.10.2024).

## МЕТОДЫ АНАЛИЗА ПРИМЕСЕЙ В ВОДОРОДЕ

Хабибуллина Эльза Тимуровна<sup>1</sup>, Гайнутдинова Диляра Фаритовна<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup> ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>habibultim23@gmail.com, <sup>2</sup>gaynutdinova.df@mail.ru

В статье отображена проблематика необходимости анализа на чистоту водорода и содержание примесей в нем. Акцент делается на описании двух методов анализа газа.

**Ключевые слова:** методы анализа, водородное топливо, примеси, предельные концентрации.

## METHODS OF ANALYSIS FOR IMPURITIES IN HYDROGEN

Khabibullina Elza Timurovna<sup>1</sup>, Gaynutdinova Dilara Faritovna<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup> FGBOU VO «Kazan State Power Engineering University», Kazan  
<sup>1</sup>habibultim23@gmail.com, <sup>2</sup>gaynutdinova.df@mail.ru

The article reflects the problem of the need for analysis of hydrogen purity and impurity content in it. The emphasis is on the description of two methods of gas analysis.

**Keywords:** methods of analysis, hydrogen fuel, impurities, limit concentrations.

Водородное топливо, продаваемое для транспортных средств на топливных элементах, работающих на водороде, вскоре должно будет соответствовать стандартам, которые строго ограничивают содержание примесей/загрязняющих веществ в топливе [1]. Предельные концентрации, установленные для некоторых веществ, довольно строгие: например, содержание аммиака  $\text{NH}_3$  ограничено  $0,1 \text{ мкг/м}^3$ , угарного газа  $\text{CO}$  –  $0,2 \text{ мкг/м}^3$ , водяного пара  $\text{H}_2\text{O}$  –  $5 \text{ мкг/м}^3$ , а общей серы –  $0,004 \text{ мкг/м}^3$ . Данные очень низкие уровни необходимы в основном из-за чувствительности низкотемпературного топливного элемента с полимерным электролитом к этим и другим примесям, а также из-за повышения концентрации, которое происходит в результате рециркуляции отработанного топлива в системе топливного элемента. Другие вещества, например, водяной пар, могут ограничивать работу или существенно влиять на срок службы других компонентов системы топливного элемента (например, компонентов управления и, что особенно важно, материалов для хранения водорода на борту).

Также водородное топливо можно считать экологически безопасным, но при соблюдении ряда условий. Обеспечение безопасности во многом зависит от проверки состава водорода и наличия или отсутствия в нем примесей, так как некоторые примеси могут быть токсичными или взрывоопасными. Система топливных элементов в водородном транспортном средстве очень чувствительна к присутствию даже очень низких уровней примесей в водороде [2].



Распространены физико-химические методы анализа водорода на содержание примесей. Первым этапом при газоаналитическом контроле является пробоотбор. Основная доля общей погрешности измерений происходит именно в момент проботбора [3]. Анализ отобранных проб проводится посредством газового хроматографа или при помощи масс-спектрометрического газоанализатора. Для первого способа необходимо заранее знать состав отобранной газовой смеси. Это значительно усложняет проведение анализа. Для проведения анализа с помощью второго метода нет необходимости знать состав смеси газа заранее. Однако при использовании масс-спектрометрического метода водород создает шум, превышающий сигнал от примеси. Также возникает трудность при определении угарного газа в смеси [4].

Для анализа следовых количества аммиака, углекислого газа, оксида углерода, формальдегида, муравьиной кислоты, кислорода и воды в водороде используется спектроскопия. Методы спектроскопии подходят даже для некоторых примесей, принадлежащих к трем общим видам, таким как сероводород, хлористый водород и метан. Однако гелий и аргон, которые являются одноатомными, не проявляют отклика в инфракрасной области. Поэтому любой метод спектроскопического анализа должен быть дополнен другим методом, чтобы одновременно проанализировать все отдельные газообразные примеси. Несколько лет назад сотрудниками одного из научно-исследовательских институтов Швеции и Нидерландов была спроектирована модель прибора, состоящего из газового хроматографа с тремя колонками (две насадочные колонки и колонка PLOT (открытая трубчатая пористая)) и двух детекторов, соединенных параллельно с двумя приборами, использующими эталонные газовые смеси [5]. Новый анализатор для испытаний чистоты водорода объединяет методы газовой хроматографии и спектроскопии в одном приборе. Наряду с уменьшением объема необходимого образца водорода, основным преимуществом будет экономия времени и снижение общих затрат на анализ, что имеет решающее значение для обеспечения разработки устойчивой водородной инфраструктуры. В связи с более широким распространением транспортных средств на топливных элементах и ожидаемым ростом инфраструктуры заправочных станций в ближайшие годы на заправочных станциях может потребоваться более частый и быстрый анализ и/или мониторинг основных примесей с использованием более простых и недорогих технологий.

На данном этапе развития водородной энергетике возникает необходимость совершенствования работы специализированных центров, проводящих исследования по разработке новых методов количественного обогащения следовых примесей в водороде, позволяющий анализировать обогащённые примеси в образце с помощью простых и недорогих аналитических приборов в полевых условиях.

## Источники

1. Гайнутдинова Д.Ф., Кукушкин Д.А, Гайнутдинов Ф.Р. Энергопереход в транспортной отрасли // Достижения науки и технологий, культурные инициативы и устойчивое развитие – ДНиТ-III-2024 : сборник науч. статей по материалам III Всеросс. Науч. Конф. с межд. участием, Красноярск, 2024. С. 204-209.
2. Чичиров А.А., Разакова Р.И., Гайнутдинов Ф.Р., Гайнутдинова Д.Ф. Водородная заправочная станция: обзор технологического состояния использования водородного топлива // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2024. Т. 26, № 2. С. 149-165.
3. Гайнутдинов Ф.Р. Устройства измерения концентрации водорода в воздухе // Тинчуринские чтения - 2022 "Энергетика и цифровая трансформация". Казань: Казанский государственный энергетический университет. 2022. С. 16-19.
4. Гайнутдинова Д. Ф. Анализ примесей в водородном топливе // Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности : Казань. 2021. С. 29-31
5. Arrhenius K., Bükker O., Fischer A., Persijn S, D Moore N. Development and evaluation of a novel analyser for ISO14687 hydrogen purity analysis // Measurement Science and Technology. 2020. V. 31. 7. P. 075010.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ В ЖИЛЫХ ДОМАХ

Хазиев Артём Владиславович<sup>1</sup>, Марьин Георгий Евгеньевич<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

<sup>1</sup>artemhaziev04@mail.ru, <sup>2</sup>george64199@mail.ru

В последние десятилетия мир столкнулся с рядом серьезных вызовов, связанных с энергопотреблением и его воздействием на окружающую среду. Увеличение населения, рост урбанизации и стремительное развитие технологий приводят к неуклонному увеличению спроса на энергию. В то же время, традиционные источники энергии, такие как уголь, нефть и газ, становятся все более дефицитными, а их использование негативно сказывается на экологии. В условиях глобального потепления и изменения климата необходимость в переходе на более устойчивые и эффективные методы энергоснабжения становится особенно актуальной. В этом контексте искусственный интеллект (ИИ) представляет собой мощный инструмент, способный значительно оптимизировать энергопотребление как в промышленных, так и в бытовых системах.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, жилые дома, автоматизация, управление энергопотреблением.

## USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO OPTIMIZE ENERGY CONSUMPTION IN RESIDENTIAL BUILDINGS

Khaziev Artyom Vladislavovich<sup>1</sup>, Marin George Evgenevich<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan

<sup>1</sup>artemhaziev04@mail.ru, <sup>2</sup>george64199@mail.ru

In recent decades, the world has faced a number of serious challenges related to energy consumption and its impact on the environment. The increase in population, the growth of urbanization and the rapid development of technology lead to a steady increase in energy demand. At the same time, traditional energy sources such as coal, oil and gas are becoming increasingly scarce, and their use has a negative impact on the environment. In the context of global warming and climate change, the need to switch to more sustainable and efficient methods of energy supply is becoming especially urgent. In this context, artificial intelligence (AI) is a powerful tool capable of significantly improving

**Keywords:** artificial intelligence, residential buildings, automation, energy management.

Развитие технологий и необходимость устойчивого энергетического будущего требуют от общества поиска новых методов оптимизации потребления ресурсов [1]. Применение искусственного интеллекта

становится подходящим решением для анализа сложных систем и выявления закономерностей. Системы, использующие алгоритмы ИИ, способны обрабатывать большие объемы данных в реальном времени. Это позволяет учесть множество факторов, таких как текущие погодные условия, поведение пользователей, графики работы оборудования и другие параметры. Интеллектуальные модели помогают в прогнозировании потребления энергии, что критично для управления ресурсами [2, С.69]. Применение этих технологий особенно актуально для субъектов, где энергопотребление подвержено значительным колебаниям, например, в производственных предприятиях или торговых центрах.

С точки зрения экологических аспектов, внедрение искусственного интеллекта в энергосистемы способствует снижению углеродного следа. Более эффективное использование ресурсов позволяет уменьшить выбросы вредных веществ в атмосферу. В рамках сбережения ресурсов [3, С.68] актуальна и концепция "умных" сетей (smart grids), которую поддерживают технологии хранения энергии и возобновляемых источников. Эффективное управление этими системами невозможно без поддержки машинного обучения и анализа больших данных, позволяющего оперативно реагировать на изменения в энергетическом балансе.

Одним из наиболее актуальных направлений применения ИИ в сфере энергопотребления является анализ и прогнозирование электрических нагрузок. Оперативное управление спросом на электроэнергию основано на использовании алгоритмов машинного обучения, которые анализируют исторические данные о потреблении и способны предсказывать будущие нагрузки с высокой точностью. Данные алгоритмы могут учитывать такие факторы, как время суток, погода, сезонность и даже предстоящие события, что позволяет эффективно распределять ресурсы.

Системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (ОВК) играют важнейшую роль в обеспечении комфортного климата внутри зданий. Их эффективность напрямую влияет на уровень энергопотребления, что делает оптимизацию этих систем крайне актуальной задачей. В последние годы использование искусственного интеллекта (ИИ) для управления ОВК-системами стало одной из наиболее прогрессивных тенденций. ИИ позволяет не только снизить потребление энергии [4, С.140], но и улучшить качество обслуживания и комфорт для пользователей.

Искусственный интеллект предоставляет возможность анализировать большой объем данных, что является ключевым фактором для успешного управления ОВК-системами. Облачные вычисления и сенсорные

технологии обеспечивают непрерывный сбор информации о текущих условиях, таких как температура, влажность и уровень углекислого газа. Системы на базе ИИ могут использовать эти данные для построения точных прогнозов потребления энергии и оптимизации работы оборудования в зависимости от реальных условий.

Применение искусственного интеллекта также позволяет значительно снизить время простоя оборудования и риск его поломок. Алгоритмы предиктивной аналитики могут заранее выявлять потенциальные неисправности и отклонения в работе систем, что даёт возможность провести профилактические мероприятия до того, как возникнет серьезная проблема. Проведение технического обслуживания в нужное время предотвращает не только незапланированные расходы на ремонты, но и повышает общую эффективность работы ОВК-систем [5. С.164].

Системы BMS, оснащенные интеллектом, справляются с управлением несколькими уровнями одновременно. Например, они могут контролировать не только внутренние условия в помещениях, но и учитывать прогнозы погоды, что помогает адаптировать работу систем отопления и кондиционирования под внешние температурные изменения [6]. Данные о загруженности помещений, время суток и режимы использования позволяют оптимизировать освещение и климатические условия, что сокращает ненужные расходы. Использование ИИ в сфере управления энергопотреблением открывает двери для множества новых возможностей, значительно изменяя подходы к планированию и эксплуатации энергетических систем. Ежедневно появляются новые стартапы и инициативы, которые используют передовые технологии для решения задач в области энергосбережения и повышения эффективности. Важно отметить, что сфера применения ИИ в этой области продолжает расширяться, а тенденции будущего связаны с интеграцией новых видов технологий, что позволит ускорить процессы оптимизации и перейти к более устойчивым моделям энергопотребления

### **Источники**

1. Муратова Д. Разработка «умных» домов, которые могут реагировать на потребности своих пользователей.
2. Гиниятов А.Р., Маслов И.Н. Обеспечение качества электроэнергии с помощью оптимизатора энергопотребления // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 170-летию со дня рождения В.Г. Шухова. Сборник докладов. Белгород, 2023. С. 69-71.

3. Дятлова Д.В., Савельева Д.С., Маслов И.Н. Бережливое производство для энергосистем и промышленных производств // Научно-производственный бизнес: устойчивое развитие экономики и ESG-трансформация. Материалы IV инновационно-образовательного Кампуса - 2022. Под редакцией И.И. Антоновой. Казань, 2022. С. 67-70.

4. Хайруллина А.М., Маслов И.Н. Применение альтернативных видов топлива в энергетике // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 170-летию со дня рождения В.Г. Шухова. Белгород, 2023. С. 139-141

5. Александрова К.В., Калякова А.В., Маслов И.Н. Возможности интеллектуальных приборов учета в борьбе с хищениями электроэнергии // Тенденции развития науки и образования. 2024. № 106-11. С. 163-166.

6. Петрова З.К. Технологии "Умного дома" и Энергоэффективная малоэтажная жилая застройка // АМІТ. 2010. № 2 (11).

## ПЕСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Ханова Наталья Маратовна<sup>1</sup>, Сайтов Станислав Радикович<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>hanovanm@mail.ru

Статья посвящена перспективам развития ядерной энергетики в контексте борьбы с изменением климата. Рассматриваются ключевые преимущества ядерной энергии, такие как снижение углеродных выбросов и долгосрочная доступность ресурсов. Также рассматриваются недостатки ядерной энергии, такие как радиоактивные отходы и экологические последствия. Подчеркивается важность инвестиций в новые технологии, включая малые модульные реакторы и реакторы на быстрых нейтронах, которые могут повысить безопасность и экономическую эффективность.

**Ключевые слова:** ядерная энергетика, изменение климата, безопасность, инновации, инвестиции, углеродные выбросы.

## PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF NUCLEAR ENERGY IN THE CONTEXT OF CLIMATE CHANGE

Natalia Maratovna Khanova<sup>1</sup>, Stanislav Radikovich Saitov<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
hanovanm@mail.ru

The article is devoted to the prospects for the development of nuclear energy in the context of combating climate change. The key benefits of nuclear energy, such as reduced carbon emissions and long-term availability of resources, are considered. The disadvantages of nuclear energy, such as radioactive waste and environmental impacts, are also considered. The importance of investments in new technologies, including small modular reactors and fast neutron reactors, which can improve safety and economic efficiency, is emphasized.

**Keywords:** nuclear energy, climate change, security, innovation, investment, carbon emissions.

Изменение климата является одной из самых серьёзных угроз, с которыми сталкивается человечество в 21 веке. Увеличение температуры, изменение погодных условий, экстремальные климатические явления и повышение уровня моря оказывают значительное влияние на экосистемы, экономику и здоровье населения. С каждым годом становится всё более очевидным, что для решения этой глобальной проблемы необходимо пересмотреть подходы к производству и потреблению энергии.

Ископаемые виды топлива – уголь, нефть и газ – вносят наибольший вклад в глобальное изменение климата: на их долю приходится свыше 75 % глобальных выбросов парниковых газов и почти 90 % всех выбросов углекислого газа [1]. В связи с этим многие страны начали искать

альтернативные источники энергии, которые могли бы обеспечить устойчивое развитие и минимизировать негативное воздействие на окружающую среду. Одним из таких источников является ядерная энергетика.

Атомные электростанции производят электроэнергию с минимальными выбросами углерода, что делает их привлекательными в контексте борьбы с глобальным потеплением. Ядерная энергия уже сегодня обеспечивает около 10 % мировой электроэнергии и более 25 % в развитых странах, что подчёркивает её значимость в глобальном энергетическом балансе [2].

Ядерная энергетика обладает множеством преимуществ, такими как:

1. Огромная энергоёмкость топлива. 1 кг урана с обогащением до 4% в топливе. При полном выгорании выделяет энергию, эквивалентную сжиганию примерно 100 тонн высококачественного каменного угля или 60 тонн нефти.

2. Низкие выбросы углерода. Действующие атомные электростанции России предотвращают ежегодно выброс в атмосферу 210 млн. тонн углекислого газа.

3. После регенерации представляется возможность повторного использования ядерного топлива. Выгрузка из реактора отработавшего топлива, которое перерабатывается для извлечения из него плутония и урана, и используется повторно [3].

Перспективы развития ядерной энергетики выглядят многообещающе благодаря новым технологиям и международному сотрудничеству.

Ядерная энергетика, несмотря на свои преимущества сталкивается с рядом вызовов и рисков, которые необходимо учитывать при ее развитии. Основные недостатки ядерной энергетики:

1. Радиоактивные отходы. Большинство отходов хранятся на месте или под землёй. Хранилище оборудуется защитным экраном, специальными контейнерами, холодильниками. Ядерные отходы требуют безопасного хранения на протяжении тысяч лет [3].

2. Безопасность ядерных установок. Инциденты, такие как аварии на Чернобыльской АЭС и Фукусиме, продемонстрировали потенциальные последствия недостаточной безопасности.

3. Экологические последствия. Аварии могут иметь катастрофические последствия для окружающей среды, включая загрязнение воды и почвы.

Несмотря на потенциал ядерной энергетики как надежного источника энергии, вызовы и риски, с которыми она сталкивается, требуют внимательного анализа и проработки.

Одним из технологических достижений является, ожидаемое к 2030 году, появление и начало эксплуатации нескольких, первых в своем роде, проектов малых модульных реакторов (ММР) [4, с. 20]. Эти реакторы имеют



меньшие размеры и мощность. Они могут быть построены на заводах и доставлены на место установки, что снижает затраты и время строительства. ММР также обеспечивают большую безопасность и гибкость в эксплуатации.

Реакторы на быстрых нейтронах способны перерабатывать отработанное топливо и использовать его повторно, что значительно сокращает количество ядерных отходов и увеличивает эффективность использования ядерного топлива. В 2023 году российский реактор БН-800 был переведен на полную загрузку смешанным оксидным топливом, что знаменует собой первый этап замыкания ядерного топливного цикла [4, с. 28].

Таким образом, ядерная энергетика имеет все шансы занять важное место в будущем энергетическом ландшафте, способствуя не только снижению углеродного следа, но и обеспечению энергетической безопасности на глобальном уровне. Важно продолжать диалог между государственными органами и научным сообществом для формирования устойчивой и безопасной энергетической политики [5].

### **Источники**

1. Причины и последствия изменения климата [Электронный ресурс] // ООН: [сайт]. URL: <https://www.un.org/ru/climatechange/science/causes-effects-climate-change> (дата обращения: 18.10.2024).

2. Международное агентство по атомной энергии: [сайт]. URL: <https://www.iaea.org/ru/temy/yadernaya-energetika-i-izmenenie-klimata-dekarbonizaciya> (дата обращения: 18.10.2024).

3. Наумова А.О. Некрасова Т.П. Атомная энергетика: преимущества и недостатки ее использования // Экономика и социум. 2021. № 10(89). С. 930–933.

4. Обзор ядерных технологий – 2024 [Электронный ресурс] // Доклад МАГАТЭ. URL: [https://www.iaea.org/sites/default/files/gc/gc68-inf4\\_rus.pdf](https://www.iaea.org/sites/default/files/gc/gc68-inf4_rus.pdf) (дата обращения: 18.10.2024).

5. Сайтов С.Р., Чичирова Н.Д., Филимонова А.А., Карницкий Н.Б. Прогнозирование часов пик энергопотребления региональных энергосистем // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. 2024. Т. 67, № 1. С. 78-91.

## РЕАКТОРЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ СО СПЕКТРАЛЬНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ ВВЭР-С

Шагиева Гульназ Габдулловна<sup>1</sup>, Хайретдинов Римэл Венерович<sup>2</sup>,  
Сайтов Станислав Радикович<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
Shagieva.gulnaz15@yandex.ru<sup>1</sup>, rimelhajretdinov@gmail.com<sup>2</sup>

В докладе рассматриваются два типа ядерных реакторов в России: РБМК и ВВЭР. Анализируются их преимущества, недостатки и особенности эксплуатации, с акцентом на безопасность и экологию. Обсуждаются новые разработки, такие как модифицированный реактор ВВЭР-С, которые предлагают улучшенные характеристики и снижение затрат. Подчеркивается важность перехода к более безопасным технологиям в атомной энергетике для устойчивого развития и повышения доверия общества.

**Ключевые слова:** ядерные энергетические установки, РБМК, ВВЭР, ВВЭР-С.

## PWR-S NEW GENERATION REACTORS WITH SPECTRAL REGULATION

Shagieva Gulnaz Gabdullovna<sup>1</sup>, Khayretdinov Rimel Venerovich<sup>2</sup>,  
Saitov Stanislav Radikovich<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>Shagieva.gulnaz15@yandex.ru, <sup>2</sup>rimelhajretdinov@gmail.com

The report examines the main types of nuclear reactors in Russia: BWR and PWR. It analyzes their advantages, disadvantages, and operational features, focusing on safety, ecology, and efficiency. New developments, including the modified PWR-S reactor with improved performance and reduced costs, are discussed. The conclusion emphasizes the need for a transition to safer and more modern nuclear technologies.

**Keywords:** nuclear power plants, BWR, PWR, PWR-S

В России самыми распространенными серийными реакторами являются РБМК (реактор большой мощности канальный, BWR) и ВВЭР (водо-водяной энергетический реактор, PWR).

Их основные различия заключается в том, что реактор РБМК требует небольшого обогащения топлива, имеет лучший потенциал для производства делящегося материала и обладает непрерывным рабочим циклом, однако является менее надежным в эксплуатации. Уровень угрозы зависит от качества систем аварийной защиты и квалификации обслуживающего персонала. Благодаря отсутствию второго контура у РБМК отмечаются более высокие радиационные выбросы в атмосферу в процессе его работы [1].

Достоинства ВВЭР перед РБМК:

– ВВЭР не имеют положительных обратных связей. При потере теплоносителя отклик затухает, в отличие от РБМК, где при потере теплоносителя реактор разгоняется;

– ВВЭР обустроены предохранительной оболочкой, предотвращающей вывод радиоактивности даже при разрушении корпуса. У РБМК подобная защита невозможна из-за сложной системы трубопроводов [2].

Однако атомная энергетика продолжает развиваться, благодаря чему появляются новые модифицированные реакторы. Таким реактором является ВВЭР-С. Принцип его работы заключается в извлечении механических вытеснителей воды, расположенных в специальных каналах тепловыделяющих сборок (ТВС), из активной зоны реактора. Происходит изменение водоуранового отношения, или, другими словами, спектральное регулирование. В начале цикла, до извлечения вытеснителей из активной зоны, объем замедлителя меньше, поэтому спектр нейтронов более жесткий. Благодаря жесткому спектру происходит более быстрое деление урана-238 с его переходом в плутоний-239, за счет чего происходит экономия топлива и повышение мощности реактора [3].

Таким образом, задача ВВЭР-С состоит в том, чтобы эффективно сжигать делящиеся материалы, включая увеличение потенциала урана-238. Предлагается инновационная концепция активной зоны реактора, в которой используются стержни спектрального регулирования (SSR), чтобы улучшить экономичность установки и повысить работоспособность. Применение вытеснителей для управления реактивностью во время выгорания предоставляет возможность отказаться от применения борного регулирования в работе реактора. Тем не менее, абсолютный отказ от борного регулирования в реакторах типа ВВЭР затруднительно выполнить, потому, что согласно правилам безопасности, следует использовать две самостоятельные системы, построенные на разных физических принципах, обеспечивающие перевод и удержание реактора в подкритическом состоянии [4].

Госкорпорация Росатом включила ВВЭР-С в план развития атомной энергетике до 2050 года как приоритетный проект по модернизации существующих технологий. Кольская АЭС была выбрана для установки первого энергоблока с реактором ВВЭР-С, поскольку в ближайшее время планируется замена её действующих энергоблоков первого поколения. Научно-исследовательские работы завершены, идет процесс проектирования реакторной установки и реактора. До конца 2024 года будет подготовлена документация для оценки затрат, перспектив разработки и других аспектов. Планы предусматривают запуск первого энергоблока на новой площадке Кольской АЭС-2 к 2035 году [5, 6, 7].

## Источники

1. Пасюков А.А., Сакаев И.Р. Обзор и сравнительный анализ различных технологий тепловой генерации на АЭС // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2022. № 1. С. 94–97.
2. Титов С.А., Барбин Н.М., Кобелев А.М. Анализ аварийных ситуаций, связанных с пожарами на атомных электростанциях // Пожаровзрывобезопасность. 2021. № 5. С. 10–15.
3. Элазака А.И. Методики спектрального регулирования в реакторах с водой под давлением: дис. к-та техн. наук. НИЯУ «МИФИ». Москва, 2021. 180 с.
4. Элазака А.И. Потенциал спектрального регулирования ВВЭР с учетом выгорания топлива // Известия высших учебных заведений. Ядерная энергетика. 2020. № 2. С. 27–38.
5. Вопиловский С.С. Стратегические тренды энергетического развития северных территорий России // Арктика и Север. 2022. № 49. С. 16–18.
6. Сайтов С.Р., Карачурин Б.Р., Сидоров М.В. Прогнозирование пиковых часов энергосбытовых компаний, входящих в реестр гарантирующих поставщиков АО "АТС" // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14, № 4(56). С. 59–68.
7. Сайтов С.Р., Чичирова Н.Д., Филимонова А.А., Карницкий Н.Б. Прогнозирование часов пик энергопотребления региональных энергосистем // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. 2024. Т. 67, № 1. С. 78-91.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БАЗ ДАННЫХ В СФЕРЕ ЖИЛИЩНО-СТРОИТЕЛЬНОГО КООПЕРАТИВА

Шарипов Карим Рустемович<sup>1</sup>, Гимаева Алиса Ростиславовна<sup>2</sup>  
Николаева Светлана Глебовна<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>karimsharete@mail.ru, <sup>2</sup>23853ap@gmail.com, <sup>3</sup>dist\_chm@mail.ru

В данной работе рассмотрены основные понятия баз данных и жилищно-строительного кооператива, проанализированы способы использования баз данных в деятельности ЖСК для повышения эффективности и качества управления. Также приведены преимущества и возможные ограничения внедрения таких систем.

**Ключевые слова:** база данных, жилищно-строительный кооператив, достоинства, недостатки, улучшения

## USING DATABASES IN THE FIELD OF HOUSING AND CONSTRUCTION COOPERATIVES

Sharipov Karim Rustemovich<sup>1</sup>, Gimaeva Alisa Rostislavovna<sup>2</sup>  
Nikolaeva Svetlana Glebovna<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>karimsharete@mail.ru, <sup>2</sup>23853ap@gmail.com, <sup>3</sup>dist\_chm@mail.ru

In this work, definitions of databases and housing and construction cooperatives are given, methods of using databases in the field of housing and construction cooperatives are considered, and the advantages and disadvantages of using them are indicated.

**Keywords:** database, housing and construction cooperative, advantages, disadvantages, improvements

В современном мире данные являются одними из важнейших компонентов в сохранении знаний и развитии разных сфер общества, а с момента начала цифровой революции, большое значение стали играть электронные базы данных. В зависимости от задач и требований администратора выбирается определенный вид базы данных. Базы данных применяются практически во всех отраслях, где требуется хранение, обработка и анализ больших объемов данных [1]. Одной из отраслей, где требуются подобные функции, является жилищно-строительный кооператив. Жилищно-строительный кооператив (ЖСК) – это организация, созданная для строительства и управления многоквартирными домами, а также для выполнения функций, связанных с эксплуатацией и обслуживанием недвижимости. Успешное управление кооперативом требует наличия информации о каждом жильце, учёта платежей, планов на ремонт, и других сведений, необходимых для бесперебойной работы [2]. Рассмотрим, как именно базы данных могут помочь ЖСК в улучшении эффективности работы.

База данных является важным инструментом для ЖСК, так как она помогает упорядочить и оптимизировать процессы управления и большой объем данных, связанных с информацией о жильцах и финансовой составляющей. Благодаря базе данных можно: вести учёт всех жильцов и помещений, автоматизировать учет платежей и задолженностей, хранить историю заявок на ремонт и обслуживание, составлять отчеты для анализа и планирования бюджета кооператива. Таким образом, БД могут быть использованы в ЖСК для фиксации информации о жителях, отслеживании платежей и предупреждении о задолженности, структуризации обращений от жильцов, а также в ведении полной информации о строительстве новых домов [3].

Существуют плюсы и минусы использования БД в сфере ЖСК. Отметим достоинства. Во-первых, база данных обеспечивает эффективное хранение данных. Она позволяет объединить всю информацию о жильцах, их платежах, начислениях и услугах в одном месте. Это упрощает доступ к данным, их обработку и анализ, что крайне важно для быстрого и точного принятия решений. Во-вторых, БД экономит время и ресурсы данной отрасли. Автоматизация с использованием базы данных существенно снижает нагрузку на сотрудников ЖСК. Это также снижает вероятность человеческих ошибок, ускоряет работу и делает управление процессами более гибким. В-третьих, база данных способствует повышению прозрачности и контроля. С помощью базы данных можно легко отслеживать финансовые операции, учет задолженностей и статус всех заявок на ремонт и обслуживание. Такой уровень прозрачности и доступности данных помогает улучшить взаимодействие с жильцами, обеспечивая их доступ к актуальной информации о текущем состоянии платежей и выполнения заявок. Это позволит жильцам быть уверенными в прозрачности работы кооператива, а также станет гарантией честности со стороны сотрудников ЖСК, исключая возможность недобросовестного поведения и финансовых манипуляций [4].

Несмотря на, казалось бы, очевидное удобство в пользовании и структурированность информации, предоставляющей БД как способ структуризации данных, Она имеет и ряд присущих ей недостатков. Отметим наиболее значимые из них. Создание и внедрение БД требует определенных инвестиций в программное обеспечение, а также времени и значительных затрат на обучение сотрудников. Кроме того, система требует регулярного обновления и технической поддержки, что также связано с дополнительными затратами. Другим недостатком можно отметить риски безопасности. Система базы данных требует должного уровня защиты, так как в ней хранятся личные и финансовые данные жильцов. Без надлежащих мер безопасности существует риск утечки данных, что может привести к негативным последствиям как для

кооператива, так и его репутации [5]. Для обеспечения безопасности необходимо внедрять комплексные методы защиты, такие как шифрование данных, ограничение доступа и регулярные проверки на уязвимости.

В заключение стоит отметить, что в ЖСК необходимо использовать возможности базы данных, так как это позволяет эффективно управлять информацией, автоматизировать учёт платежей, заявок на ремонт, облегчает составление отчетов и анализ данных. Использование БД в ЖСК не только упрощает управление, но и повышает прозрачность и ответственность в работе кооператива, а также улучшает качество обслуживания жильцов. Однако необходимо не забывать и о должном уровне безопасности данных, для эффективного функционирования ЖСК.

### **Источники**

1. Юртаев В.В. Базы данных как уязвимость организации / В.В. Юртаев, С.Г. Николаева // Технологический суверенитет и цифровая трансформация : Международная научно-техническая конференция, Казань, 05 апреля 2023 года. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2023. С. 256-260.

2. Афанасьева А.Н. Модель повышения экономической доступности жилья при создании жилищного кооператива / А. Н. Афанасьева // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. 2019. № 12(130). С. 7.

3. Коблова Г.И., Ваганова О.Е. Особенности учета и внутреннего аудита платежей в ЖСК в Российской Федерации // Промышленность: экономика, управление, технологии. 2018. № 2 (71).

4. Анисимова Г.Б. Разработка ИС сбора и анализа учетных данных на примере ЖСК «Тополь» / Г.Б. Анисимова, В.А. Дубинин // Актуальные проблемы науки и техники. 2020 : Материалы национальной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 25–27 марта 2020 года / Отв. редактор Н.А. Шевченко. Ростов-на-Дону: Донской государственный технический университет, 2020. С. 851-853.

5. Николаева С.Г. Цифровые инструменты для персонализированного обучения: опыт и перспективы / С.Г. Николаева, Э.А. Хамзатова, Н.А. Юсупов // Научное обозрение. Серия 2: Гуманитарные науки. 2024. № 5. С. 23-31. DOI: 10.26653/2076-4685-2024-05-02.

## РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА УМНОГО ДОМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Шипиловских Никита Александрович<sup>1</sup>, Щербенев Никитай Андреевич<sup>2</sup>,  
Вассунова Юлия Юрьевна<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
rotman41@mail.ru, kolasi0978@mail.ru

В данной работе рассматривается проект разработки комплекса умного дома, основанного на применении современных производственных технологий. В рамках проекта исследуется интеграция умных систем управления, домашней автоматизации и интернета вещей с целью обеспечения комфортного проживания, энергоэффективности и безопасности. Особое внимание уделяется выбору и интеграции современных производственных технологий, способных оптимизировать процессы управления и обеспечить эффективное функционирование умного дома.

**Ключевые слова:** корпоративные информационные системы, цифровой двойник, искусственный интеллект, умный дом, автоматизация, производственные технологии.

## DEVELOPMENT OF SMART HOUSE COMPLEX USING MODERN PRODUCTION TECHNOLOGIES

Shipilovskikh Nikita Aleksandrovich<sup>1</sup>, Scherbenev Nikilay Andreevich<sup>2</sup>,  
assunova Yulia Yurievna<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
rotman41@mail.ru, kolasi0978@mail.ru

This paper deals with the project of developing a smart home complex based on the application of modern manufacturing technologies. The project investigates the integration of smart control systems, home automation and the Internet of Things in order to ensure comfortable living, energy efficiency and safety. Special attention is paid to the selection and integration of modern manufacturing technologies that can optimize control processes and ensure efficient operation of the smart home.

**Keywords:** corporate information systems, digital twin, artificial intelligence, smart home, automation, production technologies.

Внедрение современных производственных технологий в разработку комплекса умного дома (УД) позволяет улучшить жилую среду, обеспечивая комфорт, удобство, энергоэффективность, безопасность и управляемость для жителей [1]. В данном исследовании рассматриваются возможности и преимущества интеграции этих технологий в процесс разработки умного дома.



Основная цель исследования заключается во внедрении современных производственных технологий в разработку комплекса управления домом (УД) для оптимизации процессов, повышения комфорта и безопасности жильцов. Это исследование способствует развитию технологической отрасли и удовлетворяет потребности общества в интеллектуальном образе жизни. Использование таких технологий, как корпоративные информационные системы, цифровые двойники и искусственный интеллект, уже активно применяется мировыми организациями для повышения эффективности и конкурентоспособности, что также может значительно улучшить работу комплекса УД.

Корпоративные информационные системы (КИС) представляют собой программные комплексы, которые управляют потоками информации в организации [2]. Внедрение КИС в разработку умного дома обеспечивает эффективное управление и функционирование. КИС интегрируют все устройства умного дома в одну сеть управления, что позволяет контролировать и мониторить все аспекты жизни в доме через централизованное приложение [3]. Они также повышают уровень безопасности и конфиденциальности данных, а также предоставляют возможности для анализа и оптимизации потребления ресурсов, таких как электроэнергия и вода. Внедрение КИС в разработку умного дома создаёт современное, удобное и экологически безопасное жильё, отвечающее потребностям современного общества.

Дальше речь пойдёт о цифровом двойнике (ЦД), которая создаёт цифровую копию физического объекта или процесса для оптимизации их эффективности [4]. Многие компании и предприятия используют цифровой двойник для анализа влияния нового оборудования на производство и прогнозирования итоговых результатов.

Цифровой двойник также может использоваться для управления умными устройствами в доме, такими как термостаты, освещение, системы безопасности и крупные бытовые приборы [5]. Например, он может учитывать привычки и предпочтения жильцов и автоматически настраивать оптимальную температуру и освещение в разных комнатах. Он также обеспечивает безопасность, автоматически оповещая о подозрительных событиях. Это позволяет создавать персонализированные настройки и автоматизированные решения для комфорта и безопасности жильцов, а также контролировать износ компонентов домашней инфраструктуры и предотвращать возможные проблемы с помощью своевременного проведения профилактических мероприятий.

Исследование показало, что создание умных домов с использованием современных технологий является важной и перспективной задачей. Такие системы способствуют повышению комфорта, безопасности и энергоэффективности жилья, обеспечивая максимальное удобство для его

жителей. Применение новейших технологий в разработке умных домов позволяет создавать инновационные решения, которые улучшают качество жизни людей и делают их быт более удобным и экологически чистым. Поэтому внедрение таких систем следует рассматривать как важное направление развития строительной отрасли и обеспечения устойчивого развития городов и регионов.

### **Источники**

1. Гололобов В.Н. "Умный дом" своими руками / В.Н. Гололобов. Москва : НТ Пресс, 2007. 414 с.

2. Акулинушкина Т.Е. Значение применения технологии «Умный дом» для развития жилищно-коммунального хозяйства региона / Т.Е. Акулинушкина // Молодой ученый: электронный журнал. URL: <https://moluch.ru/archive/256/58586/> (дата обращения: 02.10.2024).

3. Султанова Б.К. Особенности использования корпоративной информационной системы / Б.К. Султанова // Молодой ученый: электронный журнал. URL: <https://moluch.ru/archive/100/22540/> (дата обращения: 16.10.2024).

4. StudentFiles: сайт. URL: <https://studfile.net/preview/2098040/page:16/> (дата обращения: 14.10.2024).

5. Цифровые двойники / под ред. д.т.н., проф. П.А. Созинова. Москва: Радиотехника, 2022. 311 с.

## ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ПОВРЕЖДЕНИЙ НА ОБЪЕКТАХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Шукшина Екатерина Васильевна  
Публичное акционерно общество «Россети Урал», г. Екатеринбург  
shukshina.ekaterina93@yandex.ru

В статье рассмотрены преимущества использования искусственного интеллекта с целью предотвращения повреждений на объектах электроэнергетики. Тема предотвращения повреждений с помощью искусственного интеллекта особенно важна в контексте повышения безопасности и эффективности на ведущих предприятиях отрасли.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, повреждения, электроэнергетика, безопасность, эффективность

## PREVENTION OF DAMAGE AT ELECTRIC POWER FACILITIES WITH THE HELP OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Shukshina Ekaterina Vasilyevna  
Public Joint Stock Company «Rosseti Ural», Yekaterinburg  
shukshina.ekaterina93@yandex.ru

The article discusses the advantages of using artificial intelligence to prevent damage to electric power facilities. The topic of damage prevention using artificial intelligence is especially important in the context of improving safety and efficiency at leading enterprises in the industry.

**Keywords:** artificial intelligence, damages, electric power industry, safety, efficiency

В последние годы искусственный интеллект (ИИ) становится неотъемлемой составляющей в различных отраслях, включая энергетику. Одной из наиболее актуальных задач, решаемых с помощью этих технологий, является прогнозирование повреждений, вызванных неблагоприятными погодными условиями и другими внешними факторами [1, С. 2]. Использование ИИ для анализа исторических данных о погоде и дефектах позволяет значительно повысить точность прогнозов, минимизируя риски аварий и убытков от ликвидации их последствий.

В основе данной технологии лежит ИИ-сервис, который объединяет несколько ключевых компонентов:

1. Ретроспективные данные о дефектах: Системы управления производственными активами (СУПА) собирают и хранят информацию о произошедших дефектах и авариях. Эти данные являются основой для анализа и прогнозирования, так как они содержат информацию о типах повреждений, их частоте и условиях, при которых они происходили.

2. Погодный модуль: Использование геопозиционирования на основе Яндекс-АРІ позволяет интегрировать данные о погодных условиях в систему прогнозирования. Это включает в себя информацию о температуре, осадках, скорости ветра и других метеорологических факторах, которые могут влиять на состояние объектов.

3. Визуализация в ГИС-системах: Географические информационные системы (ГИС) позволяют визуализировать данные и анализировать их в пространственном контексте, выявлять закономерности, и представлять их в удобном для восприятия формате.

Успешное применение ИИ в системах мониторинга, автоматизации процессов и разработки интеллектуальных решений для управления безопасностью – одно из ключевых направлений передовых компаний отрасли.

Основными преимуществами использования ИИ являются:

1. Снижение рисков: Прогнозирование потенциальных повреждений позволяет заранее принимать меры по предотвращению аварий;

2. Экономия ресурсов: Минимизация убытков от ликвидации последствий повреждений позволяет сэкономить значительные финансовые средства.

3. Оптимизация процессов: Автоматизация анализа данных и прогнозирования освобождает время специалистов, позволяя им сосредоточиться на более важных задачах.

4. Инновационные решения: Использование современных технологий открывает новые горизонты для развития и внедрения инновационных решений в управление активами.

Способность анализировать большие объемы данных и выявлять аномалии с высокой точностью, сокращать время и ресурсы, необходимые для ручного мониторинга, регулярный анализ ретроспективы данных, возможность предсказывать возможные поломки оборудования и предотвращать их до того, как они произойдут, тем самым снижать риск аварий и простоев подтверждает эффективность применения ИИ в электроэнергетике, раскрывая его сильные стороны. Создание уникальных конкурентных преимуществ и расширение партнерства отражают возможности компании, внедрившей ИИ в производственный процесс [2, С. 56]. Основными рисками и слабыми сторонами может стать человеческий фактор при предоставлении исходных данных, так как от их качества и полноты напрямую зависит эффективность ИИ. Потребность в специалистах с соответствующими знаниями и навыками, также могут быть удорожающим фактором применения ИИ и замедлить процедуры его внедрения [3, С. 1]. Прогнозирование повреждений с помощью искусственного интеллекта представляет собой мощный инструмент для повышения безопасности и эффективности работы в различных отраслях, в

том числе в электроэнергетике. Интеграция ретроспективных данных, погодной информации и географических систем создает уникальные возможности для анализа и прогнозирования, что в конечном итоге приводит к снижению рисков и экономии ресурсов. Технологии ИИ становятся не только актуальными, но и необходимыми для обеспечения стабильности и безопасности в будущем.

### **Источники**

1. Кузнецов А.В. Искусственный интеллект в электроэнергетике: Прогнозирование и предотвращение аварий// Энергетика. Москва. 2019. № 2-4.

2. Соловьев А.В. Использование искусственного интеллекта для прогнозирования аварий на электроэнергетических объектах // Энергетика и экология. 2022. № 18 (1). С. 56-62.

3. Федотов А.И., Вагапов Г.В., Абдуллазянов А.Ф., Шаряпов А.М. Цифровая система мониторинга повреждений на линиях электропередачи // Известия вузов. Проблемы энергетики. Т. 23, № 1.

## ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ПРОКЛАДКИ И ТИПА ИЗОЛЯЦИИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

Ягфарова Камилла Рафисовна<sup>1</sup>, Абасев Юрий Васильевич<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>giniyatovakamilla12@mail.ru, <sup>2</sup>kgeu.tes@mail.ru

Эффективность тепловых сетей зависит от множества факторов, среди которых ключевую роль играют способы прокладки трубопроводов и тип применяемой тепловой изоляции. В данном докладе исследуются различные способы прокладки трубопроводов (надземная, подземная, канальная, бесканальная) и их влияние на теплопередачу, эксплуатационные затраты и долговечность тепловых сетей. Рассматривается роль теплоизоляционных материалов (минеральная вата, пенополиуретан, вспененный полиэтилен и др.) в снижении теплопотерь и повышении энергоэффективности.

**Ключевые слова:** тепловые сети, прокладка трубопроводов, тепловая изоляция, энергоэффективность, тепловые потери.

## INFLUENCE OF LAYING METHOD AND TYPE OF INSULATION ON THE EFFICIENCY OF HEAT NETWORKS

Yagfarova Kamilla Rafisovna<sup>1</sup>, Abasev Yuri Vasilyevich<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>giniyatovakamilla12@mail.ru, <sup>2</sup>kgeu.tes@mail.ru

The efficiency of heat networks depends on many factors, among which the pipelaying methods and the type of thermal insulation used play a key role. This report examines different methods of pipeline laying (aboveground, underground, ducted, ductless) and their impact on heat transfer, operating costs and durability of heat networks. The role of thermal insulation materials (mineral wool, polyurethane foam, polyethylene foam, etc.) in reducing heat losses and improving energy efficiency is considered.

**Keywords:** heat networks, pipe laying, thermal insulation, energy efficiency, heat losses, operational characteristics.

Современные тепловые сети играют ключевую роль в обеспечении теплом жилых, промышленных и административных зданий. Эффективная передача тепловой энергии с минимальными потерями – важная задача при проектировании и эксплуатации таких систем. Снижение потерь тепла позволяет уменьшить расход топлива на тепловых станциях, что ведет к снижению затрат на отопление и сокращению выбросов в окружающую среду. Для решения этих задач необходимо учитывать не только инженерные расчеты, но и климатические и эксплуатационные условия региона, чтобы выбрать оптимальный метод прокладки и материалы для изоляции.

## **Методы прокладки трубопроводов**

В зависимости от климатических условий, плотности застройки и требований к эксплуатации применяются следующие основные способы прокладки тепловых сетей:

1. Надземная прокладка – трубы размещаются на опорах над поверхностью земли. Этот способ часто применяется в регионах с мягким климатом или в условиях, когда подземная прокладка затруднена [1, С. 266].

2. Подземная бесканальная прокладка – трубопроводы укладываются в грунт без защитного канала. Этот способ обеспечивает экономию на строительстве канала, но требует качественной теплоизоляции [1, С. 265].

3. Подземная канальная прокладка – трубы укладываются в специальные каналы, которые защищают их от воздействия окружающей среды и позволяют производить обслуживание труб без раскопок [1, С. 265].

4. Подземная в футляре – трубопровод укладывается в защитный футляр, который защищает его от внешних воздействий и обеспечивает долговечность, однако требует значительных вложений [1, С. 268].

### **Влияние теплоизоляции на эффективность тепловых сетей**

Теплоизоляция трубопроводов играет решающую роль в повышении эффективности тепловых сетей. Среди наиболее популярных материалов для тепловой изоляции можно выделить следующие:

1. Минеральная вата – один из самых распространенных и относительно недорогих материалов, обладающий хорошими теплоизоляционными свойствами и устойчивостью к высоким температурам [5, С. 210].

2. Пенополиуретан (ППУ) – широко используется благодаря отличным теплоизоляционным свойствам и способности предотвращать значительные потери тепла. ППУ обладает хорошей долговечностью и влагостойкостью, что делает его эффективным выбором для подземных сетей [5, С. 211].

3. Вспененный полиэтилен – отличается низкой теплопроводностью и водонепроницаемостью, но менее устойчив к высоким температурам. Его часто используют для сетей с невысокой температурой теплоносителя [4, С. 65].

### **Влияние типа изоляции и способа прокладки на тепловые потери**

Каждый метод прокладки и тип изоляции имеют свои преимущества и недостатки, зависящие от множества факторов: климата, доступности материалов, плотности застройки и уровня теплопроводности изоляции. В регионах с суровым климатом при подземной прокладке используют либо канальную прокладку, либо бесканальную с ППУ-изоляцией, что позволяет сократить тепловые потери [2, С. 134].

Надземная прокладка применяется реже из-за высоких тепловых потерь и риска повреждения труб из-за внешних факторов. При использовании качественной теплоизоляции тепловые потери можно сократить, однако износостойкость и долговечность таких трубопроводов ниже, чем у подземных [3, С. 15].

## **Заключение**

Выбор способа прокладки и типа теплоизоляции существенно влияет на эффективность и эксплуатационные характеристики тепловых сетей. В условиях растущих цен на энергоносители и повышения требований к экологической безопасности оптимизация тепловых сетей становится важной задачей для городских и промышленных хозяйств. Подбор изоляционных материалов и методов прокладки должен учитывать не только начальные затраты, но и экономические и экологические преимущества на длительной перспективе.

## **Источники**

1. Ионин А.А., Хлыбов Б.М., Братенков В.Н., Трелецкая Е.Н. Тепло-снабжение: учебник для вузов / Под ред. А.А. Ионина. М: Стройиздат, 1982. С. 265-268.
2. Путьос Л.С. Выбор тепловой изоляции тепловых сетей // Наука и инновации в современных условиях. 2018. С. 132-134.
3. Кравчук А. Энергосбережение. Основные источники потерь в тепловых системах и способы их устранения // Журнал энергосервисной компании «Экологические системы». 2007. 15 с.
4. Бирюзова Е.А., Глуханов А.С., Кобелев Н.С. Применение современных трубопроводных систем при проектировании и реконструкции тепловых сетей // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2012. № 2–2. С. 63-68.
5. Лобынцев Р.А., Вердиев Н.Ф. Тепловая изоляция трубопроводов тепловых сетей // Молодежь и научно-технический прогресс: Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых. 2015. С. 210-212.



## Направление 4. АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

УДК 316.46

### РОЛЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ И ТВОРЧЕСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ ЛИДЕРА В ОРГАНИЗАЦИИ УПРАВЛЕНЧЕСКОГО ТРУДА

Афанасьева Анастасия Дмитриевна<sup>1</sup>, Замалетдинова Лилия Равилевна<sup>2</sup>  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>oohnnssss@gmail.com, <sup>2</sup>lilia384@mail.ru

В статье представлен анализ, каким образом мышление и способности лидера влияют на его поведение в организации и какие роли он исполняет для успешного достижения поставленных целей. В процессе исследования будут рассмотрены основные качества и навыки, необходимые для эффективного лидерства, а также различные стили лидерского поведения и их влияние на организационную среду.

**Ключевые слова:** мышление, лидер, способности, эмоциональный интеллект, эмпатия, адаптивность, мотивация, рабочая среда, квалификация, корпоративная культура.

### ROLE FEATURES OF PROFESSIONAL AND CREATIVE COMPETENCIES OF A LEADER IN THE ORGANIZATION OF MANAGERIAL WORK

Afanaseva Anastasia Dmitrievna<sup>1</sup>, Zamaletdinova Lilia Ravilevna<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>oohnnssss@gmail.com, <sup>2</sup>lilia384@mail.ru

The article presents an analysis of how a leader's thinking and abilities influence his behavior in an organization and what roles he performs to successfully achieve his goals. The research process will examine the basic qualities and skills necessary for effective leadership, as well as various styles of leadership behavior and their impact on the organizational environment.

**Keywords:** thinking, leader, abilities, emotional intelligence, empathy, adaptability, motivation, work environment, qualifications, corporate culture.

Мышление лидера играет ключевую роль в его способности эффективно управлять и вдохновлять команду, а также в достижении стратегических целей организации. Лидерское мышление – это не просто способность решать проблемы, но и умение предвидеть будущие тенденции, находить нестандартные решения и адаптироваться к быстро меняющимся условиям. Оно включает стратегическое, креативное и системное мышление, а также развитый эмоциональный интеллект.

Лидерство в организации требует набора ключевых способностей, которые помогают не только управлять командой, но и вдохновлять её на достижение высоких результатов. Эффективный лидер должен уметь общаться с людьми, принимать решения, поддерживать мотивацию и решать конфликты. Рассмотрим основные способности лидера с примерами.

1) Коммуникационные способности. Один из важнейших навыков лидера – умение ясно и понятно доносить свои мысли и идеи до команды. Лидер должен уметь слушать, учитывать мнение других и адаптировать своё общение в зависимости от ситуации. Например, Опра Уинфри, известная своей харизмой и способностью привлекать внимание, использовала коммуникационные навыки, чтобы завоевать доверие аудитории и создать успешный бренд. Её умение находить общий язык с людьми, создавать атмосферу открытости и взаимного уважения помогло ей достичь значительных высот в карьере.

2) Навыки принятия решений. Лидер должен уметь быстро и уверенно принимать решения, опираясь на анализ информации и учитывая интересы команды и организации. Примером может служить Стив Джобс, основатель Apple, который часто принимал рискованные решения, предвидя потребности рынка. Его уверенность и решительность позволяли компании внедрять инновации, выходить на новые рынки и опережать конкурентов. Решительность Джобса вдохновляла команду на принятие сложных вызовов и достижение амбициозных целей.

3) Мотивация и вдохновение команды. Настоящий лидер способен вдохновить свою команду и поддерживать её мотивацию, особенно в трудные моменты. Мотивирующий лидер создает условия, в которых каждый сотрудник ощущает важность своей работы и стремится внести свой вклад в успех организации. Примером такого подхода является Илон Маск, который вдохновляет свою команду на работу над амбициозными проектами в SpaceX и Tesla. Маск постоянно делится своей миссией с командой, что позволяет ему удерживать высокую мотивацию и преданность сотрудников, даже когда проекты сталкиваются с техническими или финансовыми трудностями.

4) Умение работать с конфликтами. Лидер должен быть способным эффективно решать конфликты и поддерживать здоровую атмосферу в коллективе. Умение конструктивно справляться с конфликтами помогает избежать негативного влияния на работу команды и поддерживать её сплоченность. Одним из примеров лидеров, хорошо справляющихся с этой задачей, является Шерил Сэндберг, операционный директор Facebook.

Сэндберг известна своим подходом к конфликтам и способностью к прямому и конструктивному обсуждению проблем. Благодаря такому подходу она создала культуру открытости в компании, где сотрудники могут высказывать своё мнение и чувствуют себя услышанными.

5) Эмоциональный интеллект. Лидеры с высоким уровнем эмоционального интеллекта понимают свои эмоции и эмоции других людей, что помогает им лучше управлять командой, решать конфликты и строить доверительные отношения. Примером служит Ричард Брэнсон, основатель Virgin Group. Он известен своим отношением к сотрудникам и умением поддерживать дружелюбную атмосферу в компании. Брэнсон всегда заботится о благополучии своих сотрудников, что повышает их лояльность и продуктивность, а также помогает создавать благоприятную корпоративную культуру.

6) Стрессоустойчивость. Руководители часто сталкиваются с большими нагрузками и трудными ситуациями, поэтому стрессоустойчивость – необходимое качество лидера. Стрессоустойчивость помогает лидеру сохранять спокойствие и принимать обоснованные решения, даже в условиях давления. Например, генеральный директор JPMorgan Chase Джейми Даймон продемонстрировал высокий уровень стрессоустойчивости во время финансового кризиса 2008 года, когда его решения помогли компании оставаться прибыльной и выйти из кризиса с минимальными потерями.

7) Способность к обучению и саморазвитию. Настоящий лидер должен постоянно развиваться и адаптироваться к новым вызовам. Способность к обучению помогает лидеру оставаться гибким и быть в курсе новых тенденций. Билл Гейтс, основатель Microsoft, является ярким примером такого подхода. Гейтс постоянно обучается и изучает новые направления, что помогает ему оставаться актуальным и применять передовые идеи, способствующие развитию бизнеса.

Лидер может выполнять различные роли в зависимости от контекста и текущих задач организации. Рассмотрим некоторые из основных ролей:

1. Наставник. В этой роли лидер выступает в качестве учителя и наставника для своих подчиненных. Он делится опытом, знаниями и навыками, помогая сотрудникам расти профессионально. Пример: Билл Гейтс, основатель Microsoft, известен тем, что уделяет много внимания развитию талантов внутри компании. Он лично участвует в обучении молодых специалистов и помогает им развивать необходимые навыки. Многие бывшие сотрудники Microsoft, прошедшие обучение под руководством Билла Гейтса, стали успешными предпринимателями и основали свои собственные компании.

2. Инноватор. Инновационная роль предполагает, что лидер инициирует и поддерживает внедрение новых идей и технологий в организацию. Он стимулирует креативность и поиск новых подходов к решению задач. Пример: Илон Маск, основатель Tesla и SpaceX, известен своими амбициозными проектами и стремлением к инновациям. Его компании постоянно внедряют новые технологии и подходы, что делает их лидерами в своих отраслях.

3. Координатор. Координирующая роль заключается в обеспечении согласованной работы всех подразделений и сотрудников организации. Лидер следит за тем, чтобы все задачи выполнялись вовремя и в соответствии с установленными стандартами. Пример: Джефф Безос, основатель Amazon, известен своим вниманием к деталям и строгим контролем за выполнением задач. Он координирует работу множества отделов и проектов, обеспечивая высокую эффективность компании.

4. Мотиватор. Роль мотиватора подразумевает, что лидер вдохновляет и мотивирует своих сотрудников на достижение высоких результатов. Он создает условия, в которых люди чувствуют себя важными и ценными членами команды. Пример: Ричард Брэнсон, основатель Virgin Group, известен своей способностью мотивировать сотрудников. Он часто устраивает необычные мероприятия и акции, чтобы поднять боевой дух команды.

Эффективное взаимодействие с подчиненными — ключ к успешному руководству. Лидер должен уметь устанавливать доверительные отношения, слушать и учитывать мнение сотрудников, а также предоставлять обратную связь. Пример: Индра Нуи, бывший генеральный директор PepsiCo, считалась отличным руководителем благодаря своему умению взаимодействовать с сотрудниками. Она проводила регулярные встречи с персоналом, слушала их идеи и предложения, что способствовало созданию позитивной рабочей атмосферы. Цитата: "Я верю, что самое главное в лидерстве — это умение слушать. Если вы не слышите своих людей, вы никогда не сможете понять, что действительно важно." — Индра Нуи.

Корпоративная культура — это совокупность ценностей, норм и традиций, которые определяют поведение сотрудников в организации. Лидер играет ключевую роль в формировании и поддержке корпоративной культуры. Пример: Ларри Пейдж и Сергей Брин, основатели Google, создали уникальную корпоративную культуру, ориентированную на инновации, творчество и комфорт сотрудников. Их подход к работе, основанный на свободе творчества и открытости, сделал Google одной из

лучших компаний для работы. В Google существует традиция "20% времени", когда сотрудники могут тратить одну пятую своего рабочего времени на личные проекты и идеи. Это привело к появлению многих успешных продуктов, включая Gmail и AdSense.

Создание комфортной рабочей среды — это важный аспект лидерства, который влияет на производительность, удовлетворенность сотрудников и общее благополучие команды. Для этого лидер может предпринять следующие шаги:

А) Организация удобного рабочего пространства. Физическая среда, в которой работают сотрудники, должна быть удобной и функциональной. Это включает в себя эргономичное оборудование, достаточное освещение, комфортные температуры и наличие зон для отдыха.

Б) Поддержка здоровья и благополучия. Забота о физическом и психическом здоровье сотрудников — важный элемент комфортной рабочей среды. Это может включать предоставление доступа к медицинским услугам, программы оздоровления, занятия спортом и йоги, а также психологическую помощь.

В) Открытое общение и прозрачность. Создание открытой и прозрачной коммуникации помогает сотрудникам чувствовать себя частью команды и быть уверенными в том, что их голос услышан. Лидер должен быть доступен для обсуждения любых вопросов и проблем, а также делиться важной информацией с командой. Пример: Проведение регулярных встреч, на которых обсуждаются успехи и проблемы компании, а также возможность задать вопросы и получить ответы.

Г) Возможности для профессионального роста. Сотрудники стремятся к профессиональному росту и развитию. Предоставление возможностей для обучения, повышения квалификации и продвижения по службе мотивирует их оставаться в компании и стремиться к лучшим результатам. Пример: Предложение курсов и тренингов, а также участие в конференциях и семинарах.

Д) Справедливое распределение нагрузки. Чрезмерная нагрузка может привести к выгоранию и снижению мотивации. Лидер должен следить за тем, чтобы рабочая нагрузка распределялась равномерно и справедливо, а сотрудники имели достаточно времени для отдыха и восстановления.

Е) Позитивная атмосфера и уважение. Поддержание позитивной и уважительной атмосферы в коллективе — залог комфортного взаимодействия между сотрудниками. Лидер должен демонстрировать уважение к каждому члену команды и поощрять доброжелательное отношение друг к другу.

## Источники

1. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики [Электронный ресурс]. URL: <https://www.energyret.ru/jour> (дата обращения: 21.10.2024).
2. Вестник КГЭУ [Электронный ресурс]. URL: <https://vkgeu.ru/> (дата обращения: 21.10.2024).
3. Yukl G.A. Leadership in Organizations. 9<sup>th</sup> ed. Boston: Pearson Education, 2020.
4. Isaacson W. Steve Jobs. New York: Simon & Schuster, 2011.
5. Kelley K.W. Oprah: A Biography. New York: Crown Archetype, 2006.
6. Vance Ashlee Elon Musk: Tesla, SpaceX, and the Quest for a Fantastic Future.

## ИННОВАЦИОННЫЕ ИТ – РЕШЕНИЯ В ЦИФРОВИЗАЦИИ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Будникова Иветта Константиновна  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
ikbudnikova@yandex.ru

В статье рассматриваются актуальные вопросы применения инструментов видеоконференцсвязи в образовательном процессе. Особое внимание уделяется применению отечественных ВКС-систем, которые представляют достойную замену зарубежным сервисам, таких как Zoom.

**Ключевые слова:** инновационные технологии, видеоконференцсвязь, цифровизация, дистанционные образовательные технологии.

## INNOVATIVE IT– SOLUTIONS IN THE DIGITALIZATION OF HIGHER EDUCATION

Budnikova Ivetta Konstantinovna  
FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
ikbudnikova@yandex.ru

The article discusses current issues of using videoconferencing tools in the educational process. Particular attention is paid to the use of domestic VKS systems, which are a worthy replacement for foreign services such as Zoom

**Keywords:** innovative technologies, videoconferencing, digitalization, distance learning technologies

Внедрение передовых ИТ-продуктов и сервисов в вузе – сложный выбор комплексных и взаимосвязанных решений [1]. От того, какую digital-стратегию примет университет, зависят перспективы его устойчивого функционирования: от стабильной работы ПО в информационно безопасной среде до повышения качества взаимодействия всех систем управления вузом, построенных на основе данных. По сообщению [1] Минобрнауки разработало программу цифровизации высшего образования в России на период 2024–2030 гг.

Целью цифровой трансформации является обеспечение эффективной информационной поддержки участников образовательных отношений в рамках организации процесса получения образования и управления образовательной деятельностью. Вузы могут динамически корректировать учебные программы под требования потенциальных работодателей или предлагать различные образовательные траектории для студентов, которые уже обучаются в вузе [1].

Все большее распространение получает новый формат обучения в цифровой среде, с помощью электронного обучения (ЭО) и дистанционных образовательных технологий (ДОТ) [2-4]. К ДОТ относятся онлайн-платформы и сервисы видеосвязи, позволяющие взаимодействовать участников процесса, не встречаясь лично .

В связи с этим актуальным является расширение инструментов видеосвязи в образовательном процессе. Однако, изменение геополитической обстановки в мире формирует новые обстоятельства. Зарубежные сервисы, такие как Zoom, Skype, Microsoft Teams и Cisco Webex Meetings сейчас ограничивают свое присутствие в РФ.

Уход западных сервисов с отечественного рынка стал мощным триггером для развития российских решений. Уже в конце 2022 года более 85 % ВКС-платформ на рынке были представлены отечественными продуктами. Наиболее активное внедрение отечественных ВКС-систем происходило в госсекторе (21 %), а также в сфере образования (15 %) и ИТ-компаниях (8 %) (см. рисунок).



Распределение проектов внедрения систем видеосвязи [5]

У отечественных решений есть ряд преимуществ: доступность на территории страны, независимость от блокировок и санкций, обновления безопасности и русскоязычная техподдержка.

В данной статье рассмотрены сервисы видеосвязи, которые доступны и актуальны в новой реалии и прошли апробацию в учебном процессе КГЭУ.

Яндекс Телемост – это один из популярных отечественных аналогов Zoom, часть виртуального офиса Яндекс 360. Сервис позволяет проводить бесплатные видеоконференции для команд до 40 человек. Время со звонков неограниченное. Запись встречи можно сохранить на компьютер.



У Телемоста есть базовые инструменты, необходимые для видеоконференций: демонстрация экрана, чат и обмен файлами. Но есть и особенности, которые надо заранее учитывать в работе.

SberJazz – сервис видеоконференций, который является частью экосистемы Сбера. Это один из аналогов Zoom, который работает, в том числе, через браузер и позволяет бесплатно создавать видеоконференции до 100 участников. Время видеозвонков не ограничено. Однако в бесплатной версии отсутствуют некоторые важные опции, например, зал ожидания или интеграция с Outlook.

SaluteJazz (или SberJazz) – это полностью российский сервис видеоконференций и вебинаров с бесплатной версией и дополнительными платными опциями для бизнеса. Ограничения бесплатной версии: до 100 участников, но без ограничений по времени

VK Звонки – полностью бесплатная платформа, хорошая отечественная альтернатива Zoom. Ограничений по продолжительности встречи и количеству участников нет. Зарегистрироваться VK нужно только инициатору созвона: остальные подключаются по ссылке. Сервис работает в браузере, есть десктопное и мобильное приложения. Звонок также можно записать, скачать на устройство или поделиться, отправив ссылку. А если включить расшифровку, будет доступна и транскрипция.

Во время звонка можно поднять руку, запустить демонстрацию экрана, поделить участников на сессионные залы или запустить прямой эфир. Чтобы коммуникации были еще эффективнее, в сервис встроена онлайн-доска для совместной работы.

Технологии видеоконференцсвязи позволяют преподавателям читать лекции, проводить консультации, практические занятия, отвечать на вопросы в режиме реального времени. Выбор конкретного вида видеосвязи в первую очередь зависит от количества обучающихся на занятии и от длительности проведения. Затем подбираются остальные доступные ресурсы для повышения качества занятия [6].

Таким образом, обучающиеся приобретают знания по информационным технологиям, получают навыки работы с цифровыми технологиями, знакомятся с отечественным рынком средств коммуникаций и инструментами совместной работы.

## **Источники**

1. Кирьянова Д. Цифровизация высшего образования: технологии для университета будущего [Электронный ресурс]. URL: <https://www.unkniga.ru/vishee/15526-tsifrovizatsiya-visshego-obrazovaniya-tehnologii-dlya-universiteta-buduschego.html> (дата обращения: 10.11.2024).

2. Минаева В.Н. Цифровизация высшего образования и ее социальные результаты // Вестник Санкт-Петербургского университета. Социология. 2020. Т. 13, Вып. 1. С. 84–101.

3. Будникова И.К. Новые цифровые инструменты для работы с электронными курсами в moodle // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: материалы IX Национальной научно-практической конференции, посвященной 55-летию КГЭУ. Казань, 2024. С. 461–463.

4. Будникова И.К. Интеграция электронного образовательного ресурса нового поколения и цифровых технологий // Внедрение научных исследований в образовательный процесс вуза: материалы II Международного Круглого стола, посвященного Дню преподавателя высшей школы. Казань, 2023. С. 128–131.

5. Системы видеоконференцсвязи [Электронный ресурс]. URL: <https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%92%D0%B8%D0%B4%D0%B5%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D1%81%D0%B2%D1%8F%D0%B7%D1%8C> (дата обращения: 10.11.2024).

6. Голубцов Н.В., Нищенков А.В., Фёдоров О.В. Управление развитием науки и образования в аспекте публикационной активности университетов // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2019. Т. 11, № 3 (43). С. 116–121.

## ЦИФРОВЫЕ РЕШЕНИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ ВУЗА

Вдовина Виктория Александровна<sup>1</sup>, Завада Галина Владимировна<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский Государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>vik.ktor.ria@mail.ru

В статье сделан вывод о значении цифровой трансформации образования, указано, что, не смотря на ряд недостатков, цифровая трансформация образования является отражением тренда развития всего общества, игнорировать который система образования не имеет права. Авторами представлены некоторые направления цифровой трансформации системы высшего образования, с которыми сталкиваются современные студенты.

**Ключевые слова:** цифровые решения, цифровая трансформация, обучение, студенты.

## DIGITAL SOLUTIONS IN THE EDUCATIONAL PROCESS OF THE UNIVERSITY

Vdovina Victoria Alexandrovna<sup>1</sup>, Zavada Galina Vladimirovna<sup>2</sup>  
FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
<sup>1</sup>vik.ktor.ria@mail.ru

The article concludes on the importance of the digital transformation of education, it is indicated that despite a number of disadvantages, the digital transformation of education is a reflection of the trend of development of the whole society, which the education system has no right to ignore. The authors present some areas of digital transformation of the higher education system faced by modern students

**Keywords:** digital solutions, digital transformation, education, students.

В современном мире цифровые технологии занимают неотъемлемую часть нашей жизни. Сейчас происходит цифровая трансформация всех сторон действительности. Цифровая трансформация – это процесс внедрения цифровых технологий в различные сферы жизнедеятельности человека и бизнеса с целью улучшения их эффективности, оптимизации и повышения производительности [1]. Не все ее процессы связаны только с технологиями, многие из них касаются смены культуры, мышления,

мотивации, целеполагания. В процессе цифровой трансформации меняются структура компаний, бизнес-процессы, продукты и способы их продвижения, практика взаимодействия с клиентами, внутренние и внешние коммуникации, корпоративная культура [2].

Цифровая трансформация очень активно происходит и в сфере образования. На сегодняшний день цифровизация является важнейшим стратегическим направлением развития образования [3].

Рассмотрим технологии, которые уже используются студентами по всему миру:

1. Цифровые он-лайн платформы для поддержки и реализации образовательного процесса. Студенты и преподаватели Казанского государственного энергетического университета во время обучения пользуются платформой Moodle. Там можно найти все необходимое: учебные пособия, конспекты лекций и презентаций, видеолекции и познавательные видео. Преподаватели размещают тесты по своим дисциплинам, благодаря которым, студенты могут получать баллы и просто могут проверять свои знания [4]. Использование цифровых возможностей позволяет реализовывать новые форматы занятий, например, в виде электронных квестов [5].

2. Он-лайн школы. В России для поступления в университет необходимо сдать ЕГЭ (единый государственный экзамен). Для подготовки существует множество онлайн-школ и курсов, чтобы школьники могли комфортно заниматься. Школьник может заниматься дома или в любом другом месте, в свободное время, его не будут торопить, что создаст благоприятную обстановку для обучения и запоминания материала [6].

3. Электронные библиотеки также упрощают нашу жизнедеятельность. Современные вузы активно используют богатые возможности различных библиотечных систем, ориентируясь на предпочтения студентов работать именно с электронными источниками информации [7].

4. Чтобы обеспечить обучение в непредсказуемых обстоятельствах, например, проведение игр БРИКС в Казани, карантин, чрезвычайное положение в городе или просто дистанционное обучение существуют программы для организации видеоконференций, такие как Zoom, Google Meet, Яндекс Мост, VK-звонки, что позволяет проводить занятия вне университета и не прерывать учебный процесс.

Несомненно, значение цифровой трансформации образования велико уже сейчас. В то же время, мы понимаем, что оно будет нарастать дальше. Это может быть связано с повышением эффективности обучения при применении возможностей искусственного интеллекта и геймификации, переформатирования учебно-практических тренажеров и разработке различных цифровых лабораторий и многих других направлений цифровизации. Имея ряд недостатков, цифровая трансформация образования является отражением тренда развития всего общества, игнорировать который система образования не имеет права.

### Источники

1. Термелева А.Е. Цифровая трансформация на современном этапе и ее влияние на инновационную деятельность // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2022. № 3. С. 50–58.

2. Акулова Е. Что такое цифровизация простыми словами [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gd.ru/articles/10334-tsifrovizatsiya> (дата обращения: 03.11.2024).

3. Гучетль И.Н., Манченко Т.В. Актуальные направления цифровой трансформации образования // Вестник Майкопского государственного технологического университета. 2022. № 2. С. 32–39.

4. Шорина Т.В. Образовательные ресурсы вуза, терминологический аппарат // Казанская наука. 2024. № 3. С. 155–157.

5. Хуторова Л.М. Педагогический потенциал электронного квеста как одного из средств формирования универсальной компетенции у студентов-бакалавров ФГБОУ ВО «КГЭУ» // Современные цифровые технологии: проблемы, решения, перспективы. Сб. материалов нац. науч.-практ.-конф. Казань, 2022. С. 376–381.

6. Польза онлайн-школы для подготовки к ЕГЭ: ключевые аспекты и преимущества [Электронный ресурс]. URL: <https://pg21.ru/polza-online-shkoly-dlya-podgotovki-k-ege-klyuchevyye-aspekty-i-preimuschestva?ysclid=m37qgq845p310608559> (дата обращения: 07.11.2024).

7. Голубева Е.А., Смагина М.В. Использование потенциала электронных библиотечных систем в образовательной деятельности вуза // Вестник Кемеровского государственного университета культуры и искусств. 2020. № 50. С. 211–218.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕЙ ДЛЯ РАЗВИТИЯ НАВЫКОВ КОМАНДНОЙ РАБОТЫ У СТУДЕНТОВ ИНЖЕНЕРНОГО ПРОФИЛЯ

Винокурова Злата Владимировна<sup>1</sup>, Коржнева Татьяна Геннадьевна<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Томский политехнический университет, г. Томск

<sup>1</sup> zlatasmirnova94@gmail.com, <sup>2</sup> korzhneva@tpu.ru

Современные работодатели в условиях технологического процесса требуют от работников инженерных специальностей не только знаний в технической области, но и развитых навыков коммуникации, командной работы и креативности. В статье показано, как нейросети способствуют интеграции softskills в учебный процесс через распределение ролей в рамках симуляций, моделирующих задачи, такие как: анализ данных, компьютерное зрение, предсказательное моделирование, обработка естественного языка, разработка интерфейсов и проекты по энергоэффективности.

**Ключевые слова:** softskills, командная работа, студенты, нейросети, инженерное образование,

## USING NEURAL NETWORKS TO DEVELOP TEAMWORK SKILLS IN ENGINEERING STUDENTS

Vinokurova Zlata Vladimirovna<sup>1</sup>, Korzhneva Tatyana Gennadievna<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Tomsk Polytechnic University, Tomsk

<sup>1</sup> zlatasmirnova94@gmail.com, <sup>2</sup> korzhneva@tpu.ru

Modern employers, in the context of technological progress, require engineering professionals to possess not only technical knowledge but also well-developed skills in communication, teamwork, and creativity. The article demonstrates how neural networks facilitate the integration of soft skills into the educational process through role distribution within simulations. These simulations model tasks such as data analysis, computer vision, predictive modeling, natural language processing, interface development, and energy efficiency projects.

**Keywords:** soft skills, teamwork, students, neural networks, engineering education.

В условиях стремительного технологического прогресса роль инженерных профессий меняется, и современные работодатели ожидают от инженеров не только глубоких технических знаний, но и навыков работы в команде, коммуникации и способность к решению нестандартных задач. Качества, известные как softskills, являются важным элементом

подготовки специалистов. Особую роль в развитии таких навыков сегодня играют нейросети, которые интегрируют их в учебный процесс и делают обучение более практико-ориентированным. Через симуляции и моделирование задач, нейросети позволяют студентам и специалистам приобретать и развивать softskills [1, 2].

Согласно исследованиям, среди ключевых softskills, необходимых студентам инженерного профиля, выделяют [3]:

- **Коммуникативные навыки** – способность эффективно взаимодействовать с коллегами и клиентами;
- **Умение работать в команде** – способность распределять роли, делегировать задачи и поддерживать рабочую атмосферу;
- **Креативность** – готовность генерировать новые идеи и адаптироваться к нестандартным ситуациям.

Эти навыки становятся все более значимыми, поскольку студенты инженерного профиля часто работают в командах над сложными проектами.

Нейросети позволяют создавать интерактивные симуляции, где студенты могут практиковаться. Такие симуляции обеспечивают безопасную среду для отработки навыков без риска негативных последствий для студентов. Это позволит студентам быстрее адаптироваться к реальной рабочей среде и корректировать свое поведение в процессе обучения [4].

Одним из важнейших аспектов командной работы является распределение ролей. Нейросети позволяют моделировать ситуации групповой работы, где каждый студент выполняет определенную роль. Студенты могут использовать нейросети для решения следующих задач [5]:

- **Анализ данных:** Анализ производительности систем, предсказание поломок оборудования и оптимизация процессов. Распределение ролей в группе: сбор данных, обучение модели, анализ результатов.

- **Компьютерное зрение:** Распознавание объектов, контроль качества и управление беспилотными устройствами. Распределение ролей в группе: сбор изображений, обработка данных, создание и обучение модели.

- **Предсказательное моделирование:** Прогнозирование сроков службы оборудования или износа деталей. Студенты могут распределить задачи по этапам: анализ данных, подготовка модели и оценка результатов.

- **Обработка естественного языка (NLP):** Анализ технической документации, создание отчетов или управление голосовыми

интерфейсами. Этапы работы для студентов: настройка модели NLP, тестирование, разработка сценариев применения.

- **Разработка интерфейсов на базе ИИ:** Умные интерфейсы для инженерных систем, такие как системы помощи оператору или чат-боты. Распределение ролей между студентами: создание нейросети, визуализация, интеграция данных.

- **Автоматизация и оптимизация процессов:** Автоматизация задач и повышение производительности оборудования. В группах студенты делят проект на сбор данных, разработку, тестирование и внедрение модели.

- **Проекты по энергоэффективности и устойчивому развитию:** Анализ потребления энергии и способы его оптимизации. Студенты могут работать над сбором данных, разработкой модели и оценкой решений.

Таким образом, развитие softskills - неотъемлемая часть подготовки будущих инженеров, а использование нейросетей, симуляций и автоматизированной обратной связи позволяет студентам освоить навыки коммуникации и командной работы еще в учебной среде. Совмещение технологий и реального опыта является эффективным подходом к формированию комплексных профессиональных качеств у студентов-инженерного профиля.

### Источники

1. Вагапова Н.А., Долманюк Л.В., Вагапов Г.В. Soft skills как необходимый компонент содержания инженерного образования // Вестник КГЭУ. 2016. № 4 (32). С. 134–142.

2. Sokolova A.G., Arkhipov A.V. Application of neural networks in education: opportunities and challenges // Innovation & Investment. 2023. № 2. С. 127–130.

3. Дагаева Е.А. Возможности развития и совершенствования softskills студентов // Профессиональное образование в России и за рубежом. 2019. № 4 (36). С. 101–106.

4. Зубричев Н.В., Ащепков Ф.А. Обзор областей применения нейросетей // Концепция динамического равновесия в новых технологиях: сб. ст. Междунар. науч.-практич. конф. 2017. С. 33–36.

5. Смирнов А.Е. Способы применения нейросетей и перспективы // Точная наука. 2022. № 126. С. 9–11.



## ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В БУХГАЛТЕРСКОМ УЧЕТЕ И АУДИТЕ

Галияхметова Азалия Рустемовна<sup>1</sup>, Дыганова Рената Рафаиловна<sup>2</sup>  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>azaliagaliahmetova0@gmail.com, <sup>2</sup>dyganova-renata@rambler.ru

Статья посвящена анализу применения искусственного интеллекта (ИИ) в бухгалтерском учете и аудите. рассматриваются преимущества использования ИИ, такие как повышение точности и эффективности процессов, сокращение затрат на рутинные задачи и улучшение прогнозирования бизнес-показателей. В то же время, подчеркивается существование определенных рисков и ограничений, связанных с внедрением ИИ, включая проблемы с точностью данных, этикой и конфиденциальностью.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект (ИИ), бухгалтерский учет, аудит, автоматизация, эффективность, точность, прогнозирование.

## ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN ACCOUNTING AND AUDITING

Galiakhmetova Azalia Rustemovna<sup>1</sup>, Dyganova Renata Rafailovna<sup>2</sup>  
FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>azaliagaliahmetova0@gmail.com, <sup>2</sup>dyganova-renata@rambler.ru

The article is devoted to the analysis of the use of artificial intelligence (AI) in accounting and auditing. The advantages of using AI are considered, such as improving the accuracy and efficiency of processes, reducing the cost of routine tasks and improving the forecasting of business indicators. At the same time, it highlights the existence of certain risks and limitations associated with the implementation of AI, including problems with data accuracy, ethics and confidentiality.

**Keywords:** artificial intelligence (AI), accounting, auditing, automation, efficiency, accuracy, forecasting.

В динамичной экономической среде все большее количество компаний обращается к искусственному интеллекту (ИИ) в бухгалтерском учете и аудите. ИИ обещает повысить эффективность и точность работы, а также снизить затраты на повседневные операции. Однако внедрение ИИ в этих сферах также сопряжено с определенными рисками и ограничениями, ставя перед нами этические и социальные вопросы [1].

Искусственный интеллект (ИИ) - это отрасль компьютерных наук, которая занимается созданием устройств и программ, способных решать задачи, ранее доступные только человеку [2]. ИИ использует методы машинного обучения для анализа данных, формирования выводов и принятия решений.

Использование искусственного интеллекта (ИИ) в бухгалтерском учете и аудите находится на ранней стадии, но уже сегодня мы видим значительный прогресс в этой области [3]. В будущем роль ИИ будет только расти, трансформируя эти сферы и открывая новые возможности для бизнеса.

Искусственный интеллект привносит в бухгалтерский учет и аудит значительные преимущества, повышая эффективность процессов и улучшая качество анализа финансовых данных. Рассмотрим ключевые преимущества ИИ [4; 5]:

1. Повышение точности и эффективности процессов учета и аудита: ИИ автоматизирует рутинные задачи бухгалтерского учета, такие как расчеты, категоризация расходов и доходов, формирование отчетов.

2. Сокращение затрат на рутинную работу: Использование ИИ освобождает бухгалтеров и аудиторов от рутинных задач, таких как обработка больших объемов данных и формирование отчетов.

3. Улучшение прогнозирования бизнес-показателей: ИИ анализирует большие объемы данных и выявляет скрытые зависимости между различными показателями.

4. Новые возможности для аналитики и интеллектуального анализа данных: ИИ открывает новые возможности для аналитики и интеллектуального анализа данных.

5. Автоматизация рутинных задач: ИИ может автоматизировать множество повторяющихся задач, освобождая бухгалтеров и аудиторов для более творческих и аналитических задач.

6. Повышение точности и эффективности: ИИ минимизирует человеческие ошибки и позволяет обрабатывать данные быстрее и точнее.

7. Улучшение прогнозирования: ИИ может анализировать большие объемы данных и прогнозировать будущие финансовые показатели, помогая бизнесу принимать более информированные решения.

Однако внедрение ИИ в бухгалтерском учете и аудите также сопряжено с вызовами:

1. Проблемы с конфиденциальностью данных: Важно обеспечить безопасность и защиту финансовой информации при использовании ИИ.

2. Сложности с внедрением и интеграцией ИИ: Внедрение ИИ требует специальных навыков и знаний, а также интеграции с существующими системами.

3. Проблемы с трактовкой результатов ИИ: Важно уметь правильно интерпретировать результаты анализа ИИ и применять их в конкретных ситуациях.

Искусственный интеллект (ИИ) обещает революцию в бухгалтерском учете и аудите, предлагая значительные преимущества в виде повышения точности, эффективности и скорости процессов. ИИ может анализировать большие объемы данных, прогнозировать будущие показатели бизнеса и помогать принимать более осознанные и обоснованные решения. Однако внедрение ИИ в эти сферы также сопряжено с определенными ограничениями и рисками.

Недостатки ИИ в бухгалтерском учете и аудите:

1. Зависимость от качества данных: ИИ может давать неверные результаты, если входные данные содержат ошибки или неточности.

2. Прозрачность и интерпретация: Иногда сложно понять, как ИИ пришел к определенным выводам, что может вызвать недоверие.

3. Нормативно-правовые требования: Использование ИИ должно соответствовать строгим правилам и стандартам бухгалтерского учета и аудита.

4. Безопасность и конфиденциальность данных: Важно обеспечить защиту финансовой информации при использовании ИИ.

5. Риск увольнений: Автоматизация некоторых задач может привести к снижению занятости в отрасли.

В заключение можно отметить, что ИИ открывает новые возможности для бухгалтерского учета и аудита, но его внедрение требует тщательного подхода и учета существующих рисков и ограничений. Важно обучать специалистов работе с ИИ и обеспечивать соблюдение норм и правил, чтобы гарантировать корректность и надежность получаемых результатов. Использование ИИ должно быть направлено на улучшение качества работы и повышение эффективности бизнеса, а не на увольнение сотрудников.

### **Источники**

1. Алексеева Г.И. Бухгалтерский финансовый учет. Расчеты по оплате труда. М.: Юрайт, 2024. 216 с.

2. Алисенов А.С. Бухгалтерский финансовый учет. М.: Юрайт, 2023. 522 с.

3. Богатырева С.Н. Бухгалтерская (финансовая) отчетность. М.: Юрайт, 2023. 516 с.

4. Богатырева С.Н. Практические основы бухгалтерского учета и анализа. М.: Юрайт, 2023. 177 с.

5. Богаченко В. М. Основы бухгалтерского учета: учебник. М.: Феникс, 2023. 327 с.

## ЭТИКА ЛИДЕРСТВА В ОТНОШЕНИЯХ ВЕРТИКАЛИ БИЗНЕС-ПАРТНЕРОВ

Гибадуллина Азалия Азатовна<sup>1</sup>, Овчинников Александр Викторович<sup>2</sup>  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань  
<sup>1</sup>azaliya2002@mail.ru

Рассматривается этика лидерства в контексте взаимодействия с бизнес-партнерами на различных уровнях вертикали. Анализируются ключевые аспекты этического лидерства, его влияние на формирование доверительных отношений и устойчивость партнерств. Приводятся примеры успешных компаний, внедряющих этические практики, а также рекомендации по улучшению этической культуры в организациях.

**Ключевые слова:** этика лидерства, бизнес-партнеры, вертикаль, доверие, корпоративная культура, устойчивое развитие.

## ETHICS OF LEADERSHIP IN BUSINESS PARTNER VERTICAL RELATIONSHIPS

Gibadullina Azaliya Azatovna<sup>1</sup>, Ovchinnikov Alexander Viktorovich<sup>2</sup>  
FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>azaliya2002@mail.ru

Ethical leadership in the context of interaction with business partners at different vertical levels is considered. The key aspects of ethical leadership, its influence on the formation of trusting relationships and sustainability of partnerships are analyzed. Examples of successful companies implementing ethical practices are given, as well as recommendations for improving ethical culture in organizations.

**Key words:** ethical leadership, business partners, vertical, trust, corporate culture, sustainable development.

Этика лидерства в современном бизнесе становится все более актуальной темой. Лидеры, принимающие решения, влияющие на множество заинтересованных сторон, должны учитывать не только финансовые, но и этические аспекты своей деятельности. Взаимодействие с бизнес-партнерами требует от руководителей высокой степени ответственности и прозрачности [1]. Этическое лидерство формирует доверие и способствует устойчивому развитию бизнеса.

Этика лидерства охватывает моральные нормы и принципы, которые руководители применяют в своей деятельности. Основной задачей этического лидерства является создание среды, в которой все участники процесса могут действовать честно и открыто.

Основные принципы этического лидерства:

1. Честность: Лидеры должны быть открытыми в своих действиях и намерениях.

2. Ответственность: Необходимо принимать на себя ответственность за последствия своих решений.

3. Справедливость: Учитывать интересы всех сторон при принятии решений.

4. Уважение: Уважать достоинство каждого партнера и его вклад в общее дело.

Этика в бизнесе включает не только соблюдение законов, но и следование моральным стандартам, которые могут варьироваться в зависимости от культурного контекста. Этические нормы помогают формировать корпоративную культуру [3] и влияют на репутацию компании.

Этическое лидерство влияет на все уровни взаимодействия с бизнес-партнерами, формируя культуру доверия и сотрудничества.

Доверие является ключевым элементом успешного взаимодействия между партнерами. Этические лидеры создают атмосферу доверия, что позволяет партнерам открыто делиться информацией и ресурсами. Например, компания Unilever активно работает над созданием доверительных отношений с поставщиками, внедряя программы по устойчивому развитию.

Компании, такие как Patagonia и Starbucks, демонстрируют, как этическое лидерство может привести к устойчивым партнерствам. Patagonia активно поддерживает экологические инициативы и открыто делится своей цепочкой поставок, что способствует доверию со стороны клиентов и партнеров.

Несмотря на важность этического лидерства, многие компании сталкиваются с проблемами при его внедрении.

Лидеры часто сталкиваются с ситуациями, когда личные интересы могут противоречить интересам компании или партнеров [4]. Это может привести к недоверию и конфликтам внутри команды или с внешними партнерами.

В международном бизнесе различия в культурных нормах могут создать трудности в понимании этических стандартов. Например, что может считаться нормальным в одной культуре, может восприниматься как неприемлемое в другой.

Для успешного внедрения этических стандартов в практику бизнеса необходимо:

1. Обучение сотрудников: Регулярные тренинги по этическим вопросам помогут повысить осведомленность сотрудников о значении этики.

2. Создание кодекса этики: Документ, который четко определяет этические нормы компании и служит основой для принятия решений.

3. Мониторинг и оценка: Регулярная оценка соблюдения этических стандартов поможет выявить проблемы на ранних стадиях и скорректировать действия [5].

Unilever активно внедряет принципы устойчивого развития и этического лидерства в свою деятельность. Компания разработала программу "Устойчивое развитие", которая включает в себя взаимодействие с поставщиками и клиентами для создания более ответственной цепочки поставок.

Starbucks также известна своим вниманием к этическим вопросам. Компания поддерживает фермеров через справедливую торговлю и активно работает над сокращением своего углеродного следа.

Этика лидерства играет ключевую роль в формировании успешных бизнес-партнерств. Внедрение этических стандартов способствует созданию доверительных отношений и устойчивому развитию бизнеса [6]. Лидеры должны осознавать свою ответственность и активно работать над развитием этической культуры в своих организациях.

### **Источники**

1. Браун М.Е., Тревико Л.К. Этическое лидерство: обзор и направления для будущих исследований // Лидерство: кварталный журнал. № 17 (6). С. 595–616.

2. Чиулла Дж. Б. Этика и лидерство // В природе лидерства. 2004. С. 123–144.

3. Махиянова А.В. Социальный портрет населения: сравнительный анализ высокодоходных и низкодоходных групп // Дискуссия. 2016. № 9 (72). С. 61–65.

4. Маак Т., Плесс Н.М. Ответственное лидерство в обществе заинтересованных сторон – новый подход к корпоративному управлению // Журнал деловой этики. 2006. № 66 (1). С. 99–115.

5. Тревико Л.К., Хартман Л.П., Браун М.Е. Моральный человек и моральный менеджер: как руководители развивают репутацию этического лидерства // Калифорнийский менеджмент-обзор. 2000. № 42 (4). С. 128–142.

6. Махиянова А.В., Фахрутдинова А.Ф. Специфика применения классических теорий идентификации и социализации к анализу современных тенденций // Вестник Челябинского государственного университета. 2010. № 31 (212). С. 106–109.

## ОБОБЩЕННОЕ АНАЛИТИЧЕСКОЕ ВЫРАЖЕНИЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТОТЫ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ШИН

Гусейнов Тургай Климович

Сумгаитский государственный университет, г. Сумгаит, Республика Азербайджан  
turqay.huseynov@sdu.edu.az

В статье ставится и решается задача определения собственных частот колебаний токоведущих шин для любых условий закрепления их концов. Шина моделируется как совершающая собственные колебания жесткий стержень постоянного сечения, закрепленная в упругих по отношению к линейным и угловым перемещениям опорах.

**Ключевые слова:** шина, собственные колебания, частота, опора, упругая, перемещение, линейное, угловое

## GENERALIZED ANALYTICAL EXPRESSION FOR DETERMINING THE FREQUENCY OF NATURAL OSCILLATIONS OF TIRES

Huseynov Turgay Klim

Sumgait State University, Sumgait, Azerbaijan Republic  
turqay.huseynov@sdu.edu.az

The article poses and solves the problem of determining the natural frequencies of oscillations of current-carrying busbars for any conditions of fixing their ends. The busbar is modeled as a rigid rod of constant cross-section performing natural oscillations, fixed in elastic supports with respect to linear and angular displacements.

**Key words:** tire, natural vibrations, frequency, support, elastic, displacement, linear, angular

При решении некоторых проблем в энергетике возникает необходимость определения параметров собственных механических колебаний, например частоты собственных колебаний [ ].

В частности, механический расчет шин, предполагает проверку их на механический резонанс [3]. Для проверки шинной конструкции на механический резонанс вычисляется частота собственных колебаний этой конструкции [1]:

$$f_1 = \frac{r_1^2}{2\pi l^2} \sqrt{\frac{EJ}{m}}, \quad (1)$$

где  $r_1$  – параметр основной частоты собственных колебаний шин;  $E$  – модуль упругости материала шины;  $J$  – момент инерции поперечного сечения шины;  $m$  – масса шины на единицу длины;  $l$  – длина пролета

между изоляторами. В известных источниках информации приводятся значения параметра  $r_1$  для наиболее распространенных случаев закрепления шин (оба конца закреплены в шарнирных опорах один конец закреплен в шарнирной опоре, а другой жестко закреплен; оба конца жестко закреплены) [1,2]. В то же время, при определении частоты собственных колебаний шины закрепленной в упругоподатливых опорах значения жесткости опор рекомендуют определять экспериментальным путем [1]. В связи с этим представляет определенный интерес получение обобщенного аналитического выражения для определения параметра  $r_1$  при любых условиях закрепления концов шины.

Для решения поставленной задачи примем следующую расчетную схему: однопролетная шина закреплена в опорах, упругих к линейным и угловым перемещениям.

Дифференциальное уравнение собственных колебаний шины можно записать в следующем виде:

$$EJ \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} + m \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = 0, \quad (2)$$

где  $EJ$  – жесткость при изгибе шины в плоскости колебаний,  $E$  – модуль упругости материала шины;  $J$  – статический момент инерции поперечного сечения шины относительно оси колебаний;  $y$  – отклонение оси шины, являющаяся функцией времени  $t$  и положения точки на шине, определяемой координатой  $x$ ;  $m$  – масса единицы длины шины.

Полагаем, что

$$y(x, t) = v(t)z(x)$$

где  $z(x)$  – решение дифференциального уравнения IV порядка

$$z^{IV} - v^4 z = 0, \quad (2)$$

а  $v(t)$  – решение дифференциального уравнения 2-го порядка

$$\dot{v}_i + \omega v_i = 0, \quad (3)$$

$$\omega = v^2 \sqrt{\frac{EJ}{m}} \quad (4)$$

Здесь  $\omega = 2\pi f_1$  ( $f_1$  – собственная частота колебаний шины) – круговая частота колебаний.



Общее решение уравнения (2) согласно метода А.Н.Крылова имеет вид:

$$z(x) = AS(vx) + BT(vx) + CU(vx) + DV(vx), \quad (5)$$

$A, B, C, D$  – произвольные постоянные, находимые из граничных условий, а  $S(vx), T(vx), U(vx), V(vx)$  – функции А.Н.Крылова в общепринятых обозначениях.

Граничные условия определяются условиями закрепления концов шины. Рассмотрим наиболее общий случай, когда оба конца шины закреплены в опорах, упругих по отношению как к линейным, так и угловым перемещениям.

С учетом вышесказанного граничные условия запишутся следующим образом.

При  $x = 0$ :

$$k_1 y = -EJ \frac{d^3 y}{dx^3}; \quad \mu_1 \frac{dy}{dx} = EJ \frac{d^2 y}{dx^2}$$

При  $x = l$ :

$$k_2 y = -EJ \frac{d^3 y}{dx^3}; \quad \mu_2 \frac{dy}{dx} = EJ \frac{d^2 y}{dx^2}$$

Здесь  $k_i, \mu_i; i = 1, 2$  – соответственно, линейная и угловая жесткости опор. Из условия на левом конце ( $x = 0$ ) вытекает, что

$$A = -\frac{EJv^3}{k_1} D(vx), \quad B = \frac{EJ}{\mu_1} C(vx)$$

Условия при  $x = l$  приводят к равенствам

$$\begin{aligned} & k_2(AS(vl) + BT(vl) + CU(vl) + D(vl)) \\ & = -EJv^3(AT(vl) + BU(vl) + CV(vl) + DS(vl)); \\ & \mu_2 v(AV(vl) + BS(vl) + CT(vl) + DU(vl)) \\ & = EJv^2(AU(vl) + CS(vl) + DT(vl)) \end{aligned} \quad (9)$$

Учитывая (8) в (9) получаем

$$\begin{aligned}
& D \left[ -\frac{(EJ)^2 v^6 T(vl)}{k_1} + k_2 V(vl) + EJv^3 S(vl) - EJv^3 S(vl) \frac{k_2}{k_1} \right] + \\
& + C \left[ EJvT(vl) \frac{k_2}{\mu_1} + U(vl)k_2 + \frac{(EJ)^2 v^4}{\mu_1} U(vl) + EJv^3 V(vl) \right]; \\
& D \left[ \frac{(EJ)^2 v^5 U(vl)}{k_1} - \frac{EJv^4 \mu_2 V(vl)}{k_1} + \mu_2 vU(vl) - EJv^2 T(vl) \right] + \quad (10) \\
& + C \left[ \mu_2 vT(vl) - \frac{(EJ)^2 v^4 V(vl)}{\mu_1} + \frac{EJv^2 S(vl) \mu_2}{\mu_1} - EJv^2 S(vl) \right]
\end{aligned}$$

Приравняв нулю (10) получим следующее частотное уравнение

$$\begin{aligned}
& \left[ -\frac{(EJ)^2 v^6 T(vl)}{k_1} + k_2 V(vl) + EJv^3 S(vl) - EJv^3 S(vl) \frac{k_2}{k_1} \right] * \\
& * \left[ \mu_2 vT(vl) - \frac{(EJ)^2 v^3 V(vl)}{\mu_1} + \frac{EJv^2 S(vl) \mu_2}{\mu_1} - EJv^2 S(vl) \right] - \\
& \left[ -EJvT(vl) \frac{k_2}{\mu_1} + U(vl)k_2 + \frac{(EJ)^2 v^4 U(vl)}{\mu_1} + EJv^3 V(vl) \right] * \\
& * \left[ \frac{(EJ)^2 v^5 U(vl)}{k_1} - \frac{EJv^4 V(vl) \mu_2}{k_1} - \mu_2 U(vl)v - EJv^2 T(vl) \right] = 0
\end{aligned}$$

Решая уравнение (11) при заданных значениях параметров опор находим значение  $vl = r_1$ . Далее с помощью (1) определяется частота собственных колебаний шины.

### Источники

1. ГОСТ 52736-2007. Методы расчета электродинамического и термического действия тока короткого замыкания.
2. Романовский В.Б. Теория колебаний шин и изоляторов под влиянием электродинамических усилий // Высоковольтное аппаратостроение. 1935.
3. Чунихин А.А. Электрические аппараты. М.: Энергия, 1975.
4. Гарнышова Е.В., Измайлова Е.В. Контроль отложений на поверхностях теплообменного оборудования методом свободных колебаний. Известия высших учебных заведений // Проблемы энергетики. 2024. № 26 (4). С. 55–64. DOI: <https://doi.org/10.30724/1998-9903-2024-26-4-55-64>.
5. Чанчина В.Е., Кондратьев А.Е., Анцупов Н.А. Модальный анализ волн Лэмба стального трубопровода с кальциевыми отложениями. Известия высших учебных заведений // Проблемы энергетики. 2024. № 26 (4). С. 29–40. DOI: <https://doi.org/10.30724/1998-9903-2024-26-4-29-40>.

## ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ И 3D-ПЕЧАТИ В НАУКЕ И ПРОИЗВОДСТВЕ

Дмитриева Софья Юрьевна<sup>1</sup>, Хамитова Динара Вилевна<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

<sup>1</sup>sofoshkadmitrieva@gmail.com, <sup>2</sup>orhidey-din@mail.ru

Статья анализирует проблемы, возникающие при использовании 3D-моделирования и 3D-печати в науке и производстве. Хотя технологии аддитивного производства стали важной частью многих отраслей, для их успешной интеграции необходимо решить ряд значительных проблем.

**Ключевые слова:** 3D-моделирование, 3D-печать, аддитивное производство, точность моделей, качество материалов, инновационные технологии.

## PROBLEMS OF APPLICATION OF 3D-MODELING AND 3D-PRINTING METHODS IN SCIENCE AND PRODUCTION

DmitrievaSofyaYurievna<sup>1</sup>, Khamitova Dinara Vilevna<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan

<sup>1</sup>sofoshkadmitrieva@gmail.com, <sup>2</sup>orhidey-din@mail.ru

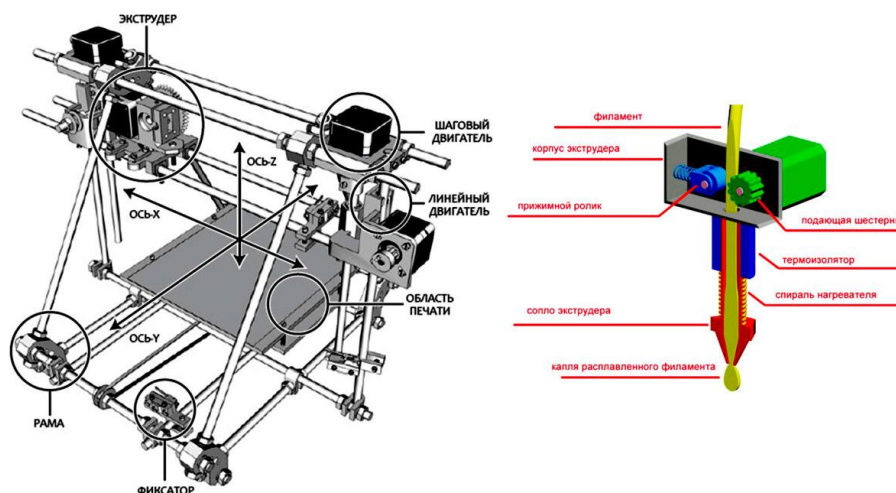
The article analyzes the problems that arise when using 3D modeling and 3D printing in science and production. Although additive manufacturing technologies have become an important part of many industries, a number of significant challenges must be solved for their successful integration.

**Keywords:** 3D modeling, 3D printing, additive manufacturing, model accuracy, material quality, innovative technologies.

С развитием технологий 3D-моделирования и 3D-печати, эти методы стали неотъемлемой частью многих отраслей науки и производства. Однако, несмотря на все преимущества, существуют значительные проблемы, которые ограничивают широкое применение этих технологий.

Одной из главных проблем является ограниченное разнообразие материалов, доступных для 3D-печати. Хотя существует множество полимеров, металлов и композитов, многие из них имеют ограничения по прочности, термостойкости и долговечности [1, 2].

Также существуют размерные ограничения печатаемых объектов. Большинство 3D-принтеров имеют малую рабочую зону, что затрудняет создание крупных деталей. Для этого требуется модульный подход, разбивающий большие объекты на части, что усложняет сборку и увеличивает затраты на производство (см. рисунок).



Устройство 3d принтера

Первоначальные инвестиции в 3D-принтеры и оборудование могут быть высокими, что создает трудности для малых и средних предприятий. Затраты на лицензии и расходные материалы также значительно варьируются, увеличивая финансовые риски. Хотя 3D-печать позволяет быстро создавать прототипы и небольшие партии, она не всегда эффективна для массового производства, где традиционные методы могут быть более экономичными.

Интеграция новых технологий в уже существующие производственные системы может быть сложной задачей. Это требует времени и ресурсов, а также изменения бизнес-процессов. Процесс интеграции может замедлить общий процесс производства. Кроме того, для успешного внедрения технологий 3D-моделирования и печати необходимы специалисты с соответствующими навыками, работникам может потребоваться дополнительное обучение для освоения новых технологий [3–5].

Экологические проблемы становятся все более важными из-за изменений климата. Производство пластиковых изделий с помощью 3D-печати может загрязнять окружающую среду. Необходимо внедрение практик устойчивого развития в производственные процессы для минимизации негативного воздействия на окружающую среду.

В заключение можно сказать, что несмотря на множество преимуществ, применение методов 3D-моделирования и 3D-печати в науке и производстве сталкивается с рядом серьезных проблем, решение которых откроет новые возможности для эффективного использования технологий 3D-моделирования и печати в будущем, способствуя дальнейшему развитию науки и промышленности.

### **Источники**

1. Зиангиров А.Ф. 3D моделирование и 3D печать / А.Ф. Зиангиров, М.М. Фархутдинов, Д.В. Хамитова // Материалы Международной научно-практической конференции им. Д.И. Менделеева, посвященной 90-летию профессора Р.З. Магарила: материалы конференции: Тюмень: ТИУ, 2022. С. 407–408.

2. Анисимов В.А. 3D моделирование в промышленном производстве / В.А. Анисимов, И.И. Шарипов // Современные цифровые технологии: проблемы, решения, перспективы. Матер. национальной (с международным участием) науч.-практ. конф. (Казань, 19–20 мая 2022 г.) / под общ. ред. ректора КГЭУ Э.Ю. Абдуллазянова. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2022. С. 191–194.

3. Лавриков В.А. Современные технологии 3D моделирования: проблемы, решения и перспективы / В.А. Лавриков, В.В. Титенков, В.А. Рукавишников // Международная молодежная научная конференция «Тинчуринские чтения – 2023 «Энергетика и цифровая трансформация»: электронный сборник статей по материалам конференции: [в 3 томах] / под общей редакцией ректора КГЭУ Э. Ю. Абдуллазянова. Казань: КГЭУ, 2023. Т. 2. С. 313–316.

4. Скороходов Д.М. Анализ технологических возможностей различных методов 3d-печати / Д.М. Скороходов, А.Ю, Бабченко // Наука без границ. № 12 (52). 2020. С. 22–24.

5. Зиангиров А.Ф. 3D печать цифровой модели / А.Ф. Зиангиров, А.М. Мугинов, Д.В. Хамитова // Международная молодежная научная конференция "Тинчуринские чтения – 2022 "Энергетика и цифровая трансформация": электронный сборник статей по материалам конференции: в 3 т. / под общей редакцией ректора КГЭУ Э.Ю. Абдуллазянова. Казань: КГЭУ, 2022. Т. 3. С. 51–53.

## ОРГАНИЗАЦИЯ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ НА ЗАНЯТИЯХ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

Завада Галина Владимировна<sup>1</sup>, Реймер Мария Валерьевна<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «КГУ им. К.Э. Циолковского», г. Калуга

<sup>1</sup>g.zavada@mail.ru

Одним из критериев эффективного образования является обеспечение системы обратной связи со студентами, позволяющей выявить затруднения, недопонимание и, в дальнейшем, скорректировать педагогическую технологию. Анализ занятий преподавателей вуза, который проводился в течение осеннего семестра 2024-25 учебного года, позволяет сделать выводы о недостаточном внимании к данному аспекту педагогической деятельности и его методам.

**Ключевые слова:** образование, студент, преподаватель, обратная связь, образовательные технологии.

## ORGANIZATION OF FEEDBACK IN THE CLASSROOM AT A TECHNICAL UNIVERSITY

Zavada Galina Vladimirovna<sup>1</sup>, Reimer Maria Valeryevna<sup>2</sup>

<sup>1</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan

<sup>2</sup>FGBOU VO "K.E.Tsiolkovsky KSU", Kaluga

<sup>1</sup>g.zavada@mail.ru

One of the criteria for effective education is to provide a feedback system with students that allows them to identify difficulties, misunderstandings and, in the future, adjust the pedagogical technology. The analysis of the university teachers' classes, which was conducted during the autumn semester of the 2024-25 academic year, allows us to draw conclusions about the lack of attention to this aspect of pedagogical activity and its methods.

**Keywords:** education, student, teacher, feedback, educational technologies.

Реализацию обратной связи на занятии можно определить как процесс анализа информации получаемой от обучающихся в ответ на определенные действия преподавателя в образовательном процессе, соотносимой с результатами обучения [1]. Проблему реализации своевременной и конструктивной обратной связи в современной научно-педагогической литературе рассматривают с различных сторон: общей дидактики, методик предметного обучения, содержания образования,

профессиональных компетенций преподавателя, методов и технологий реализации и др. [2]. Одним из актуальных направлений исследований обратной связи в образовательной практике является определение эффективных инструментов, технологий и методов их реализации.

Для организации обратной связи на занятиях в техническом вузе можно использовать следующие подходы:

- **Интеллектуальные компьютерные системы и образовательные платформы.** Они дают широкие возможности для поэтапного контроля процесса обучения, определения места возникновения ошибок, распознавания причин их появления и формирования рекомендаций по их устранению. Образовательные платформы создают условия для персонификации процесса обучения через фиксацию как целей обучения, так и конкретных результатов, выстраиваемых исходя из содержания, темпа и формата заданий [3].

- **Аудиторные системы обратной связи.** С их помощью, например, на лекции, в презентацию включаются слайды с вопросами, которые могут носить проблемный характер или быть направлены на проверку уровня усвоения материала. Причем не обязательно для проведения обратной связи использовать информационные технологии: опросники могут быть представлены устно, в виде фронтальных опросов, проблемных заданий, адресно задаваемых вопросов.

- **Сервисы для экспресс-опросов в режиме реального времени.** Преподаватель показывает вопросы на экране (интерактивной доске), а студенты отвечают на вопросы, используя планшеты или телефоны [4]. Интересные возможности для этого дает российский конструктор различных дидактических опросов и презентаций Unislide.

- **Электронная почта и социальные сети.** Эти форматы предполагают следующую возможную схему: получение электронной информации от преподавателя, её изучение и обработка – обратная связь в виде электронного письма или сообщения о затруднениях – получение консультации от преподавателя – успешное завершение задания. Этот вариант реализации обратной связи понятен студенту, так как является отражением его каждодневного общения и способом коммуникации с другими людьми [5,6].

Рассматриваемые подходы и форматы реализации обратной связи формируют систему требований к преподавателям, связанную с овладением педагогическими методами и навыками в цифровой и психологической сферах [7].

Рассматриваемые подходы позволяют преподавателю оперативно решать возникающие у студентов проблемы в усвоении учебного материала, применять корректирующие воздействия. Систематизация указанной работы создает ситуацию успешности для студента, повышая эффективность всего процесса.

### Источники

1. Корнев А.А. Обратная связь в обучении и педагогическом общении // Рема. 2018. № 2. С. 112–127.

2. Стариченко Б.Е., Егоров А.Н. Оценка учебной активности студентов на лекциях посредством аудиторной системы обратной связи: // Альманах современной науки и образования. Тамбов: Грамота. 2012. № 4 (59). С. 201-203.

3. Гибадуллина Р. Н. Персонализированное обучение в вузе // Современные цифровые технологии: проблемы, решения, перспективы : нац. (с международ. уч.) науч.-практич. конф. Казань: Казанский государственный энергетический университет. 2022. С. 285–290.

4. Стародубцев В.А. Организация обратной связи на занятиях с использованием персональных средств интернет-коммуникаций [Электронный ресурс]. URL: [https://portal.tpu.ru/SHARED/s/STARODUBTSEV\\_V\\_A/FPK/3/org.pdf](https://portal.tpu.ru/SHARED/s/STARODUBTSEV_V_A/FPK/3/org.pdf) (дата обращения: 07.11.2024).

5. Ляукина Г.А., Никитина Т.Н. Сетевое взаимодействие со студентами как фактор реализации студенческого самоуправления // *Primo Aspectu*. 2021. № 3 (47). С. 50–54.

6. Шиян Н.В., Лукоянова Л.В. Оптимизация учебной деятельности студентов на основе организации дополнительных обратных связей с использованием интернет-ресурсов // *Современные проблемы науки и образования*. 2014. № 3. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=13764> (дата обращения: 07.11.2024).

7. Гарифуллина Р.Р., Романова Л.М. Программа повышения квалификации по развитию научно-методической компетентности преподавателя высшей школы // *Казанский педагогический журнал*. 2015. № 5-1 (112). С. 34–39.



## **ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОЗНАНИЯ МОЛОДЕЖИ**

Замалетдинова Лилия Равилевна  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань  
Lilia384@mail.ru

Статья посвящена проблеме формирования экологического сознания молодежи. Повышение экологической осведомленности молодежи выходит за рамки конкретных кампаний, призывающих их к переработке отходов, или заявлений в пользу окружающей среды из уст их кумиров. Хотя все помогает, на самом деле только образование, начинающееся в юности, позволит достичь цели: сделать их информированными гражданами с критическим духом, поскольку только понимание и любовь к природе будет способствовать ее сохранению. Экологическая сознание приведет к уверенности в том, что о природных ресурсах необходимо заботиться, защищать и использовать ответственным и рациональным образом с целью обеспечения благополучия планеты, на которой мы живем.

**Ключевые слова:** экологическое сознание, экосистема, окружающая среда, экологическое образование.

## **ECOLOGICAL PRINCIPLES OF YOUTH CONSCIOUSNESS FORMING**

Zamaletdinova Lilia Ravilevna  
FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
Lilia384@mail.ru

The article is devoted to the problem of developing environmental consciousness among young people. Raising environmental consciousness among young people goes beyond specific campaigns urging them to recycle or statements in favor of the environment from their idols. Although everything helps, in reality, only education starting in youth will achieve the goal: to make them informed citizens with a critical spirit, since only a nature understanding and love will contribute to its preservation. Environmental consciousness will lead to the belief that natural resources must be cared for, protected and used in a responsible and sustainable manner to ensure the well-being of the planet we live on.

**Keywords:** ecological consciousness, ecosystem, environment, environmental education.

Проблема состояния окружающей среды беспокоит все мировое сообщество. Именно поэтому формирование экологического сознания особенно важно в наши дни. Сформированное экологическое сознание молодежи позволит им понимать, что человечество и природа составляют единую экосистему, целью которой является двухстороннее удовлетворение потребностей [2]. Правильное функционирование этой системы поможет им не только решать глобальные экологические проблемы настоящего и будущего, но и предотвращать их еще до появления.

С целью привлечения внимания молодых людей к экологической ситуации и определения уровня экологического сознания молодежи города Казани мы провели исследование с помощью анкетирования среди студентов казанских вузов первого курса (39%), второго (37%) и третьего курса (24%) обучения. Экологию необходимой дисциплиной образовательной программы вуза считают 77% студентов, всего 13% опрошенных отнесли дисциплину по экологии ненужным предметом в учебном плане. При этом, 93% студентов считают экологическую обстановку в России критической, с большим количеством проблем. Безразличными к состоянию окружающей среды в России остались 7%. Но лишь по значимости дисциплины экология для студентов вывод о состоянии экологического сознания молодежи сделать не представляется возможным. Таким образом, анкета включала вопросы, относящиеся и к личной ответственности молодежи за сохранение окружающей среды.

Исследователи выделяют следующие факторы формирования экологического сознания [1, с.10]: государственная политика, деятельность общественных экологических движений, средств массовой информации, общественное мнение. Что касается молодежи наиболее важным в процессе формирования их экологического сознания являются образование и воспитание.

Проведенный среди студентов опрос показал, что молодежь слабо владеет экологическими знаниями и умениями, то есть экологическая грамотность молодежи в г. Казани находится не на самом высоком уровне. Большая часть молодежи получает информацию в области экологии посредством СМИ и практически не обращаются к научным [4], более достоверным источникам, что не позволяет сформировать правильные установки в отношении экологии города и страны в целом. Вот почему крайне важно разрабатывать и применять на практике такие мероприятия, как:

- классификация и переработка отходов;

- уход за садами в учебных заведениях;
- прогулки по экологическим тропам;
- пропаганда дебатов и лекций, связанных с устойчивым развитием экологического сознания;
- развитие волонтерского движения и проектов, которые будут направлены на повышение экологического сознания молодежи [4, с. 558].

Креативная переработка отходов, в том числе набирает обороты в качестве ресурса, который развлечет молодых людей и откроет им целый мир возможностей, которыми они могут воспользоваться в своих интересах. Молодежь может открыть для себя, что выброшенные или уже не используемые предметы можно превратить в действительно полезные и приятные [3, с. 82], при этом на своем опыте поймут важность разделения отходов, а также контроля за их утилизацией.

Экологическое образование молодежи – процесс, который позволяет студентам исследовать экологические проблемы, участвовать в их решении и предпринимать действия для улучшения состояния окружающей среды. В результате студенты достигают более глубокого понимания экологических проблем и имеют инструменты для принятия обоснованных и ответственных решений. В условиях обострения проблемы климата и развития цивилизационного кризиса образование в области устойчивого развития экологического сознания является требованием к образовательному процессу, учитывая важность формирования сознательного экологического поведения студентов для построения и поддержания устойчивого общества. Экологическое образование может пробудить у молодежи интерес к предложению решений экологических проблем и содействию рациональному использованию природных ресурсов, стимулируя изменение отношения к поиску качества жизни, а также, например, уважения к природе. Экологическое сознание имеет четкий призыв к действию: оно призывает нас изменить наши повседневные привычки и понять, что небольшими действиями мы можем добиться больших изменений.

### **Источники**

1. Аксариди П.Н. Экологическое сознание и экологическая культура – единственно верный путь к решению экологических проблем // Полиматис. 2017. № 8. С. 8–13.
2. Гулько Е.Ю. Проблемы экологического сознания и поведения студенческой молодежи // Социологический альманах. 2019. № 8.

3. Казанцева С.И. От экологического образования – к экологическому сознанию // Научно-методический журнал «Наука и образование: Новое время». 2019. № 1 (14). С. 80–82.

4. Медведева С.А. Экологическое сознание студенческой молодёжи // Биологическое разнообразие: изучение, сохранение, восстановление, рациональное использование: материалы II Международной научно-практической конференции. Симферополь, 2020. С. 556–560.

5. Титаренко Л.Г. Типы экологического поведения: Homo ecologus vs. Homo consumer // Социологический альманах. 2021. № 6.

## ИНТЕГРАЦИЯ НЕЙРОСЕТЕЙ В ПРОГРАММУ ОБУЧЕНИЯ ПО ИНЖЕНЕРНОМУ НАПРАВЛЕНИЮ

Коржнева Татьяна Геннадьевна<sup>1</sup>, Туранов Сергей Борисович<sup>2</sup>,  
Толкачева Ксения Петровна<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Томский политехнический университет, г. Томск

<sup>1</sup>korzhneva@tpu.ru, <sup>2</sup>turanov\_sb@tpu.ru, <sup>3</sup>tkp@tpu.ru

В условиях быстрого развития технологий на базе искусственного интеллекта система образования сталкивается с необходимостью пересмотра подходов к обучению, направленного на подготовку специалистов. В статье обсуждаются ключевые аспекты внедрения нейросетей в образовательный процесс, включая автоматизацию рутинных задач, индивидуализацию обучения и развитие креативного мышления у студентов. Приводятся примеры применения генеративного ИИ, акцентируется внимание на необходимости создания новых учебных курсов и практических занятий, направленных на освоение технологий ИИ в инженерной деятельности.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, высшее образование, процесс обучения, трансформация образования.

## NEURAL NETWORKS INTEGRATION INTO THE ENGINEERING EDUCATION PROGRAM

Korzhneva Tatiana Gennadievna<sup>1</sup>, Turanov Sergey Borisovich<sup>2</sup>,  
Tolkacheva Ksenia Petrovna<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Tomsk Polytechnic University, Tomsk

<sup>1</sup>korzhneva@tpu.ru, <sup>2</sup>turanov\_sb@tpu.ru, <sup>3</sup>tkp@tpu.ru

In the context of rapid development of artificial intelligence-based technologies, the education system is faced with the need to revise approaches to training aimed at training specialists. The article discusses key aspects of introducing neural networks into the educational process, including automation of routine tasks, individualization of learning and development of creative thinking in students. Examples of the use of generative AI are given, attention is focused on the need to create new training courses and practical classes aimed at mastering AI technologies in engineering activities.

**Keywords:** artificial intelligence, higher education, learning process, transformation of education.

В настоящее время в связи с высокими темпами развития технологических решений на базе генеративного искусственного интеллекта (ИИ) системе образования приходится пересматривать практические и теоретические подходы обучения. Задачей любого высшего учебного заведения является не только выпуск специалистов, но и вовлечение студентов в процесс обучения принципиально новым технологиям, их адаптация к реальным условиям производственной среды [1].

Высшее образование особенно подходит для технологий ИИ, поскольку является познавательной и исследовательской деятельностью, требующей больших знаний и компетенций. Приложения ИИ созданы для познания и решения проблем на основе алгоритмов и баз данных и могут эффективно поддерживать и дополнять возможности преподавателей и учащихся, выполнять оценку и администрирование [2, 3].

В 2019 году (с изменениями и дополнениями от 2024 г.) в России принята Национальная стратегия развития ИИ на период до 2030 года. Основными задачами реализации которой являются повышение уровня компетенций в области искусственного интеллекта и уровня информированности граждан о технологиях искусственного интеллекта, а также стимулирование внедрения технологий искусственного интеллекта в отраслях экономики и социальной сферы [4].

В этих условиях целесообразно формирование развернутых системных представлений о технологиях нейросетей для бакалавров и магистрантов, подготовка которых ориентирована на инженерные области (в частности, по направлению «Оптотехника»), связанные с проектированием в различных программных комплексах, формированием новых концепций и решений, проведением научных исследований, обработкой массива данных. Способствовать решению данной задачи может введение в подготовку студентов учебных дисциплин, практических и лабораторных работ организация которых построена с использованием технологий генеративного ИИ.

Так, новые возможности открывает использование платформ ИИ генерации текста в изображение в стадии концептуального инженерного проектирования, которое является элементом проектно-исследовательской работы студентов, а также одной из ключевых стадий в инженерной деятельности и требует не только технических навыков, но и креативного мышления. Технология позволяет быстро получить изображения, которые можно использовать для презентаций, обсуждений и сбора отзывов. Это особенно полезно в командных проектах, где важно донести идею, обойтись без сложных графических редакторов и уделить больше времени обсуждению концепций. Вторым значительным аспектом является возможность создания нестандартных решений и расширение креативности. Генеративные модели могут предложить неожиданные вариации, которые студент-разработчик, возможно, не рассматривал.

Для реализации заданий по разработке и проектированию оптических и светотехнических приборов представляется перспективным генерация нейросетями программных кодов на базе языке Python и их последующая интеграция в компьютерные программы для моделирования, такие как

Blender и SketchUp. Основными положительными аспектами этой возможности являются автоматизация рутинных процессов в моделировании, таких как создание объектов, настройка материалов и освещения, а также расширение функциональности, что добавляет новые функции по созданию инструментов для работы с геометрией, анимацией или текстурами.

Нейросети могут группировать идеи, предложенные студентами во время научных семинаров и мозговых штурмов, по темам или категориям. Это помогает визуализировать и структурировать информацию, что облегчает дальнейшее обсуждение и выбор наиболее перспективных идей [5].

Таким образом, применение технологий искусственного интеллекта в образовательном процессе студентов оптотехников, позволило не только автоматизировать проектирование световых и оптических приборов, но и оказало заметное влияние на повышение качества и доступности образовательного пространства.

### **Источники**

1. Ахметова И.Г., Гарипова Л.И, Халикова Д.Р., Зарипова Р.С. Формирование целевых ориентиров и стратегий развития университета в условиях цифровой экономики // Вестник КГЭУ. 2024. Т. 16. № 3 (63). С. 94–105.

2. Иванченко И.С. Оценка перспектив применения искусственного интеллекта в системе высшего образования // Science for education today. Т. 13, № 4. С. 170–194.

3. Капанский А.А. Современные стратегии использования искусственного интеллекта для предотвращения аварий в технических системах ресурсоснабжения // Вестник КГЭУ. 2024. Т. 16. № 1 (61). С. 38–51.

4. Указ Президента РФ от 10 октября 2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями от 15 февраля 2024 г.).

5. Лукичев П.М., Чекмарев О.П. Применение искусственного интеллекта в системе высшего образования // Вопросы инновационной экономики. 2023. Т. 13, № 1. С. 485–502.

## TRAINING OF QUALIFIED SPECIALISTS AND ON THE ROLE OF PROFESSIONAL PEDAGOGY IN TECHNICAL UNIVERSITIES

Mirzaeva Gulmira Makhmanazarovna, Ishmuradova Gulbakhor Izmuradovna,  
Umarova Saida Urakovna  
“Karshi State University”, Karshi, Republic of Uzbekistan  
sadikovjd57@inbox.ru

In professional pedagogy, the dominant place is occupied by the methodology of vocational training, on which much depends. Relying on psychology, physiology, professional pedagogy, drawing from them the scientific justification of the methods of training and upbringing, the methodology of professional training pays special attention to the study and generalization of the best pedagogical experience of the best teachers and masters of industrial training and educational institutions in general.

**Keywords:** education, professional pedagogy, vocational training methodology.

Currently, much attention is paid to professional pedagogy as a component of general pedagogy. Why professional pedagogy? The answer is appropriate here – it is professional pedagogy that lays the foundations for the professionalism of future specialists in technical universities.

The personality of a modern teacher is currently subject to many requirements related both directly to the educational process itself and to the general requirements imposed on a modern employee. Definition of a professional pedagogika as sciences is a vazhkny theoretical and practical problem as she acts osnovaniky, methodology for implementation of the practical program today – formations of the competent personality modern prokfessional [1].

The methodology of vocational training is an industry of professional pedagogy that studies the patterns of training in certain subjects and industrial training and, on this basis, identifies ways, methods and means of implementing the content of educational subjects and industrial training in training centers of the employment service and other educational institutions conducting vocational training. In our opinion, as in any direction of pedagogy in professional pedagogy, great attention should be paid to pedagogical professionalism.

Pedagogical professionalism should be understood as the teacher's perfect possession of psychological and pedagogical knowledge and skills, which should be combined with a good knowledge of the essence of the subject, knowledge and ability to use innovative pedagogical technologies, with the teacher's moral and aesthetic attitude to life, his ability to understand pedagogical goals, to carry out their practical achievement.

The professional being of a person at the time change determines the social and personal trajectory of professional development, race covers the content, reveals the specifics this being of a person in society. As you know, the subject



of study of professional pedagogy is a person in the system – professional and educational social relations. Professional pedagogy pays great attention to this aspect.

The role of vocational education in the life of every young person is growing more and more every year. Many appreciated the convenience of this way of acquiring knowledge, skills and abilities. Vocational education is the least time-consuming and more effective than higher education.

In professional pedagogy, the dominant place is occupied by the methodology of vocational training, on which much depends. Relying on psychology, physiology, professional pedagogy, drawing from them the scientific justification of the methods of training and upbringing, the methodology of professional training pays special attention to the study and generalization of the best pedagogical experience of the best teachers and masters of industrial training and educational institutions in general. The main methods of scientific research in the methodology of vocational training are observation, theoretical research, experiment, study and generalization of advanced pedagogical experience.

In our opinion, the foundations of vocational education are laid in pre-vocational education, on which it is necessary to focus attention in order to improve the results in vocational education. Conventionally, the following mutually related stages of the pre professional image can be distinguished:

1. Preschool - children have a positive attitude towards people of labor and their occupations, the first initial labor skills begin to form in the types of activities available to the child.

2. Primary school - through participation in various types of cognitive, play, labor activity – younger students have an understanding of the role of labor in the life of a person and society, showing interest in the professions of parents, etc.

3. The first step of the main school (5-7 - e klaska) - participation in different types of a practical dekyatelnost among which leaders are informative and labor teenagers postepenno realize the interests, abilities and obkshchestvenny values connected with the choice of a profkessiya.

4. The next stage of the main school (grades 8-9) is the beginning of the formation – professional self-awareness. Schoolchildren correlate their ideals and real opportunities with society, the goals of choosing the field of future activity. At this stage, they are involved in active educational and labor activities, but at same time they are assisted in mastering methods of diagnostics in the interests of choosing about fesses.

5. Full secondary educational institution - professional orientation on the basis of in depth study of individual educational subjects.

It should be noted that it is pre-vocational education that is a solid foundation for vocational education in general.

In the conclusion it would be desirable to note that a main objective of professional education - training of the kvaklifitsirovanny expert of the

appropriate level and a profile competitive in labor market, competent, responsible which is masterfully using the profession and focused in adjacent areas of a deyatelnoksta and satisfaction of needs of a lichknost for receiving the corresponding obrazokvaniye.

Vocational education does not develop outside context of events occurring outside walls of educational institutions. As the main factor in the renewal of vocational education, they advocate requests for the development of the economy and social sphere, science, technology, technologies, regional and territorial labor markets, as well as the specific needs their development. And that is why the system vocational education in Uzbekistan is in constant development, it develops depending on the requirements of society, socio-economic conditions, as a result of which it responds in a timely manner to changes in the requirements for modern personnel.

### **Sources**

1. Гершунский Б.С. Профессиональная педагогика / под ред. С.Я. Батышева и А.М. Новикова. М.: Издательство Эгвес, 2009. С. 184.

## ПОСЕЩАЕМОСТЬ ЗАНЯТИЙ – ПРОБЛЕМА ПРЕПОДАВАТЕЛЯ

Миронова Елена Анатольевна  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
mironova.energo@yandex.ru

Проблема низкой посещаемости учебных занятий студентами не может быть ограничена и решена только тотальным контролем без выяснения ее причин. Причины пропусков занятий многообразны, они связаны и с индивидуальными особенностями студентов, и с организацией учебного процесса и требуют индивидуального подхода к их устранению. Но, безусловно, роль педагога, преподавателя является во многом решающей при решении этой проблемы.

**Ключевые слова:** учебные занятия, посещаемость, мониторинг, мотивация успешность обучения, интерес, осмысленность, педагог.

## CLASS ATTENDANCE IS A TEACHER'S PROBLEM

Mironova Elena Anatolyevna  
FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
mironova.energo@yandex.ru

The problem of low student attendance cannot be solved and is limited only by total control without clarifying its causes. The reasons for missing classes are diverse, they are related to the individual characteristics of students and the organization of the educational process and require an individual approach to their elimination. But, of course, the role of a teacher is in many ways decisive in solving this problem.

**Keywords:** training sessions, attendance, monitoring, motivation, learning success, interest, meaningfulness, teacher.

Одна из проблем, которую уже отнесли к разряду "вечных" – склонность студентов всего мира прогуливать занятия. Посещаемость, как систематическое присутствие студента на занятии, всегда была одной из первоочередных проблем ВУЗов. Как предпосылки низкой академической успеваемости, систематическое отсутствие студента на занятии приводит к снижению качества подготовки специалистов, которые не смогли эффективно освоить весь потенциал образования [1].

Пропуски занятий создают проблемы для студентов и для учебного заведения. Для самих обучающихся низкая посещаемость не позволяет успешно освоить учебный материал, создает сложности в период сессии, формирует отсутствие интереса к профессиональной деятельности, и в целом приводит к низкому уровню образования и нежеланию или невозможности трудоустройства по полученной специальности.

Для учебного заведения низкая посещаемость сопряжена с тратой административного и преподавательского времени, поскольку требует усиления контроля над посещаемостью. Проверка отсутствующих на занятиях и выяснение причин их отсутствия требует от преподавателя затрат драгоценного времени, оторванного от учебного процесса. Передача полномочий по контролю посещаемости старостам не всегда объективна. А вынужденные проверки присутствия студентов со стороны администрации порой нарушают течение учебного занятия.

На первые курсы в вуз студенты, как правило, приходят из средней школы. Все годы обучения посещение уроков контролируется и со стороны учителей, администрации и в первую очередь родителей, которые особенно в начальной школе имеют возможность контроля и могут принять соответствующие меры. Сейчас в средней школе делается все сложнее сбежать с уроков – на помощь учителям приходят современные технические средства. В вузах подобная практика не принята. Но возможность использования такого канала влияния на студента, как родители есть: по итогам контрольных точек и результатам сессии отправлять сообщения родителям студентов [2].

Причин отсутствия студентов на занятиях может быть множество. К ним относятся низкая мотивация учения, сложности в учебе и отсутствие реальных успехов; отсутствие взаимосвязи семьи и учебного заведения; отсутствие регулярного мониторинга посещаемости, недостаточный уровень профессионализма преподавателей, отсутствие адекватных условий обучения.

Причины пропуска занятий во многом относятся к организации воспитательного процесса, проблемам семейного плана и лишь одна причина – мотивация, интерес к учебе, касается образовательного процесса. Но во всей этой сложной и разнообразной системе борьбы за посещаемость, почему-то мало уделяется роли педагога, преподавателя. А ведь именно он является связующим звеном в цепочке студент-педагог-учебное заведение. Две недели учебы в дистанционном режиме показали, как сложно сделать учебный процесс эффективным удаленно, без личного контакта преподавателя со студентами.

Поэтому, рассматривая проблему посещаемости занятий необходимо выявить основную мотивацию, связанную в целом с обучением, то есть при взаимодействии с педагогом [3]. Здесь можно выделить следующие направления: успешность обучения; появление интереса к обучению; активное общение с товарищами, преподавателями; осмысленность процесса обучения. И во всех направлениях четко прослеживается роль педагога, формирующего интерес к профессиональным знаниям;

уважительно относящегося к интересам и возможностям студента, как личности, для успешного освоения учебного материала с учетом его индивидуальных особенностей; раскрывающего перспективы образования и делающим обучение более осмысленным с учетом ближних и дальних перспектив, и помогающим выстроить индивидуальную траекторию образования в профессиональном плане [4,5].

Мониторинг посещаемости является эффективным средством управления образовательным процессом. Но преподаватель, как основной проводник знаний, является тем связующим звеном между студентом и учебным заведением, который во многом бы мог снять остроту этой проблемы.

### **Источники**

1. Гребенщикова М.М., Миронова Е.А. Этапы внедрения цифровых технологий в контент профессионального образования // Современные цифровые технологии: проблемы, решения, перспективы: матер. Нац. (с междунар. участием) науч.-практ. конф. / под общ. ред. ректора КГЭУ Э.Ю. Абдуллазянова. Казань, 2022. С. 326–329.

2. Гусев О.К., Афанасьева Н.А., Костюкевич Е.К. Непрерывная система образования «Школа – университет» // Инновации и перспективы: Минск, 2022. С. 255–259.

3. Миселимян Т.Л., Метелица М.Т. Влияние посещаемости занятий учащимися на качество образовательного процесса // Успехи современного естествознания: 2005, №5. С.76–79.

4. Гребенщикова М.М., Миронов М.М., Миронова Е.А. Профессиональная ориентация и формирование значимых компетенций в условиях интеграции образовательного учреждения и производства // Проблемы образования. Кадры решают все: сб. матер. V Междунар. науч.-практ. конф. / под ред. Г.В. Кривцовой. Чебоксары, 2019. С. 27–31.

5. Цифровая система мониторинга повреждений на линиях электропередачи /А.И. Федотов [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23, № 1. С. 146–155.

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ АЙТРЕКИНГА В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Михин Олег Андреевич<sup>1</sup>, Черкашина Алина Александровна<sup>2</sup>,  
Коржнева Татьяна Геннадьевна<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск  
<sup>1</sup>Oleg.Mihin2002@mail.ru, <sup>2</sup>shanshina229@mail.ru, <sup>3</sup>korzhneva@tpu.ru

В статье рассматривается потенциал применения технологии айтрекинга в области архитектурного освещения, где она способна значительно повысить качество проектов и ускорить их реализацию. Показано, что айтрекинг позволяет выявить зрительные предпочтения и паттерны восприятия, что особенно важно в субъективной сфере архитектурного освещения. Интеграцией айтрекинга в систему инженерного образования может способствовать развитию новых подходов к решению задач, стоящих перед инженерным проектированием.

**Ключевые слова:** архитектурное освещение, айтрекинг, зрительное восприятие, световой дизайн, проектирование освещения.

## APPLICATION OF EYE TRACKING TECHNOLOGY IN EDUCATIONAL PROJECT ACTIVITIES

Mikhin Oleg Andreevich<sup>1</sup>, Cherkashina Alina Aleksandrovna<sup>2</sup>, Korzhneva Tatiana  
Gennadievna<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>National Research Tomsk Polytechnic University  
<sup>1</sup>Oleg.Mihin2002@mail.ru, <sup>2</sup>shanshina229@mail.ru, <sup>3</sup>korzhneva@tpu.ru

The article discusses the potential of eye-tracking technology in the field of architectural lighting, where it can significantly improve the quality of projects and speed up their implementation. It is shown that eye-tracking allows us to identify visual preferences and patterns of perception, which is especially important in the subjective sphere of architectural lighting. The integration of eye-tracking into the engineering education system can contribute to the development of new approaches to solving problems facing engineering design.

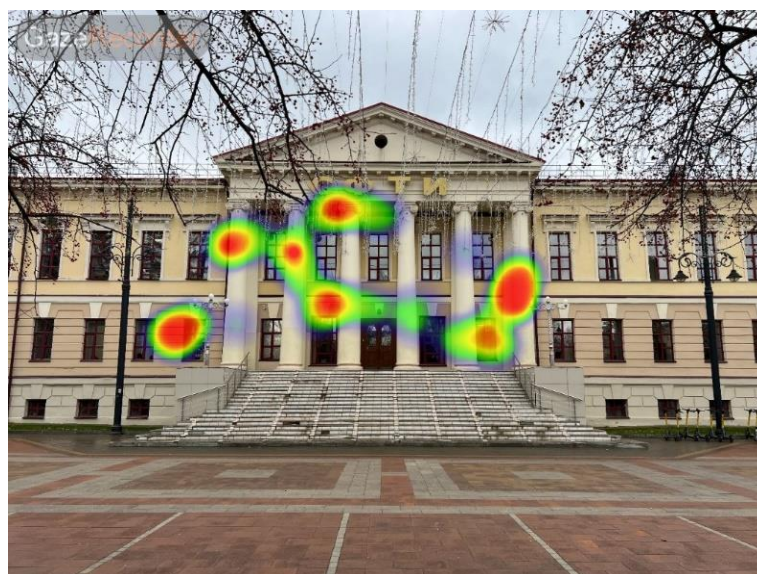
**Keywords:** architectural lighting, eye-tracking, visual perception, lighting design, lighting project.

Современные тенденции развития инженерного образования диктуют необходимость внедрения инновационных технологий в учебный процесс. Одной из таких технологий является айтрекинг – метод отслеживания движений глаз, который находит все большее применение в различных областях науки и техники [1, С. 104–111; 2, С. 64–70].

Проектирование архитектурного освещения, основы которого рассматриваются в дисциплинах по направлению «Оптотехника» НИ ТПУ, является важным аспектом и оказывает значительное влияние на восприятие и привлекательность городских объектов в ночное время. Однако это сложная и во многом субъективная задача, требующая учета множества факторов: от стилистики и назначения объекта до предпочтений зрителей. Основной целью работы инженера-проектировщика в данной области является создание светового дизайна, который одновременно подчеркнет уникальность архитектуры и будет художественно привлекательным для наблюдателей [3, С.71–79].

Архитектурное освещение, в отличие от функционального света, не имеет чётких правил или стандартов, определяющих, что именно делает световой проект «красивым» или «эффективным». Каждый проект освещения уникален и ориентирован на конкретную аудиторию. Поэтому дизайнеры и проектировщики стремятся использовать инструменты, позволяющие понять визуальные предпочтения зрителей [4, С.12; 5, С.15].

Технология айтрекинга позволяет путем анализа данных о движении глаз выявить паттерны зрительного восприятия, которые невозможно обнаружить традиционными методами проектирования.



Данные, полученные с помощью технологии айтрекинга

На рисунке представлена тепловая карта, созданная с помощью платформы онлайн-отслеживания взглядов GazeRecorder, которая использует веб-камеру компьютера в качестве источника входных данных. Красные зоны – максимальный зрительный интерес, жёлтые и зелёные зоны – менее значительный интерес, синие – минимум интереса.

Пример применения технологии айтрекинга в учебном процессе может выглядеть следующим образом: студенты получают задание спроектировать освещение для конкретного здания или помещения. После создания первоначального проекта они проводят тестирование с использованием айтрекеров. Анализ данных позволяет определить, какие области привлекают наибольшее внимание пользователей, а какие остаются незамеченными. На основе этих результатов студенты могут вносить изменения в свой проект, улучшая его до тех пор, пока он не достигнет желаемого уровня эффективности и эстетики.

Таким образом, технология айтрекинга представляет собой перспективный инструмент для повышения качества подготовки специалистов в области инженерии, особенно в сфере архитектурного освещения. Ее внедрение в образовательный процесс позволит студентам получить практические навыки работы с современными технологиями и улучшить свои профессиональные компетенции.

### **Источники**

1. Завада Г.В., Реймер М.В. Элементы методического обеспечения формирования и развития компетенций самообразования у студентов // Вестник КГЭУ. 2018. № 3 (39). С. 104–111.

2. Юшков Л.В. Проектная деятельность в образовательной программе университета как подготовка студентов к построению стратегии жизни // Вестник КГЭУ. 2017. № 1 (33). С. 64–70.

3. Зуева О.С., Шамсутдинов Э.В. Особенности развития исследований в российских вузах в современных условиях // Вестник КГЭУ. 2017. № 1 (33). С. 71–79.

4. Кравцов В. Влияние света на выявление тектоники стены [Электронный ресурс] // CyberLeninka. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-sveta-na-vyyavlenie-tektoniki-steny> (дата обращения: 05.11.2024).

5. Иванов С.С. Тектонический образ архитектурного объекта в условиях искусственного освещения: автореф. дис. ... канд. арх. М., 2015. URL: <http://www.dslib.net/restavracja/tektonicheskij-obraz-arhitekturnogo-obekta-v-uslovijah-iskusstvennogo-osveweniya.html> (дата обращения: 05.11.2024).



## СОВРЕМЕННЫЕ ОРИЕНТИРЫ В ПОДГОТОВКЕ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ

Нуриахметова Флюра Мубаракзяновна  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
nuriahmetova.fm@kgeu.ru

Совершенствование качества подготовки инженерных кадров на современном этапе связано с новыми экономическими и технологическими вызовами. Автор полагает, что достижение технологического суверенитета возможно с учетом новых тенденций многополярного мира. Это должно найти отражение в преподавании как технических, так и гуманитарных дисциплин, необходимых для будущих инженеров, ориентированных на отечественный рынок труда.

**Ключевые слова:** инженерная подготовка, гуманитарное образование, технологический суверенитет, многополярный мир.

## MODERN ORIENTIRS IN THE TRAINING OF ENGINEERING PERSONNEL

Nuriakhmetova Flyura Mubarakzaynovna  
FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
nuriahmetova.fm@kgeu.ru

Improving the quality of training of engineering personnel at the current stage is connected with new economic and technological challenges. The author believes that the achievement of technological sovereignty is possible considering the new trends of the multipolar world. This should be reflected in the teaching of both technical and humanitarian disciplines, necessary for future engineers, oriented to the domestic labor market.

**Keywords:** engineering preparation, humanitarian education, technological sovereignty, multipolar world.

В современный период особое внимание уделяется повышению качества инженерного образования и поиску решения проблем, связанных с подготовкой специалистов с учетом возрастающих требований рынка труда. Сегодня система образования в целом и подготовка инженерных кадров в частности сталкивается с новыми вызовами, к которым относятся, прежде всего, отсутствие у инженерных кадров опыта работы в условиях санкционных ограничений, нехватка отечественного оборудования для оснащения образовательных учреждений и недостаточная интеграция университетов с реальным сектором экономики, что отражается на профессиональных компетенциях молодых специалистов.

В связи с этим в рамках государственной программы «Научно-технологическое развитие Российской Федерации» реализуется Федеральный проект «Передовые инженерные школы», который открывает новые возможности для подготовки инженерных кадров [1]. Ассоциация инженерного образования России и другие профессиональные сообщества активно включаются в процесс разработки концепции технологического развития страны. Министерство промышленности и торговли Российской Федерации представило комплексную программу, направленную на усиление специализации в подготовке инженерных кадров. Программа предусматривает налоговые льготы для бюджетных образовательных учреждений [2], что будет способствовать доступности инженерного образования и его адаптации к потребностям инновационной экономики.

С учетом дальнейшего развития роботизации технологических процессов, возрастает потребность в специалистах, обладающих навыками работы с искусственным интеллектом. Наряду с этим не менее важной остается воспитательная составляющая образования молодежи, формирующая мировоззренческую позицию будущих инженеров и умение анализировать современную политическую обстановку. Поэтому представляет особое значение необходимость пересмотра ориентиров в содержании цикла гуманитарных дисциплин с учетом новых подходов в трактовке отечественной истории и современных международных отношений.

Безусловно, совершенствованию инженерного образования необходимо уделять особое внимание на всех уровнях подготовки, начиная с профессионального образования (училища и колледжи), высшего образования (институты и университеты) и системы дополнительного образования (второе высшее, курсы подготовки и переподготовки), что позволит повысить не только профессиональные характеристики молодых специалистов, но и заложить основы конституционного правосознания.

Существующая в Российской Федерации система гуманитарной подготовки была основана на либеральных концепциях глобализации мировой экономики и западных демократических ценностей. В тоже время цифровизация образовательных дисциплин гуманитарного цикла предоставляет широкие возможности визуального восприятия исторической ретроспективы и позволяет преодолеть односторонность освещения исторических событий, характерных для ряда зарубежных университетов.

Изучение основ российской государственности в процессе подготовки инженеров, продиктовано предстоящими изменениями в Федеральном государственном образовательном стандарте [3, С. 134].

Новые приоритеты многополярного мироустройства, возникающие на основе равноправного международного сотрудничества стран БРИКС, свидетельствуют о том, что Россия является инициатором переустройства социально-экономических отношений с целью свободного перемещения новых технологий, финансового и человеческого капитала, которые сегодня блокируются странами коллективного Запада [4, 5].

В этой связи автор полагает, что понимание профессорско-преподавательским составом современных тенденций в отечественной истории и мировой экономике, актуализирует гуманитарную составляющую обучения. Это поможет будущим инженерам в их адаптации к новым условиям, тем самым повысит востребованность российских специалистов на стратегических направлениях отечественного производства.

### Источники

1. Новая модель инженерного образования: синтез, традиции, инновации [Электронный ресурс]. URL: <https://engineers2030.ru/press/news/6686/> (дата обращения 25.10.2024).

2. Современное состояние инженерного образования в России в 2023 году [Электронный ресурс]. URL: <https://begemot.ai/projects/1085870-sovremennoe-sostoianie-inzenernogo-obrazovaniia-v-rossii-v-2023-godu> (дата обращения: 15.10.2024).

3. Манукян А.Р. Роль образования в формировании «мягкой силы» современного государства // социально-гуманитарные знания. 2023. № 3. С. 133–137.

4. XVI саммит БРИКС. [Электронный ресурс]. <https://www.brics-russia2024.ru/summit/> (дата обращения: 07.11.2024).

5. Итоги саммита Брикс: цифры и факты [Электронный ресурс]. URL: <https://realnoevremya.ru/articles/320781-itogi-sammita-briks-cifry-i-fakty> (дата обращения 03.11.2024).

## 3D-ПЕЧАТЬ КАК НОВОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ НАПРАВЛЕНИЕ

Ойекан Айомиде Фортунате<sup>1</sup>, Хамитова Динара Вилевна<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>oyekanfortunate05@gmail.com, <sup>2</sup>orhidey-din@mail.ru

В статье подчеркивается преобразующий потенциал 3D-печати в различных отраслях промышленности, подчеркиваются ее преимущества в ускорении прототипирования, создании сложных конструкций и персонализации продуктов. 3D-печать представлена как более эффективная и надежная альтернатива традиционным методам производства, в конечном счете, стимулирующая инновации и эффективность.

**Ключевые слова:** Аддитивное производство, 3D-печать, традиционное производство, инновации, эффективность, цифровые технологии, прототипирование, персонализация.

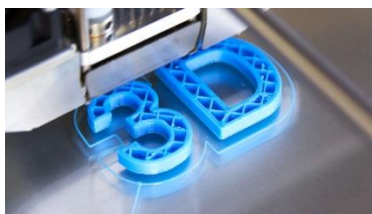
## 3D PRINTING AS A NEW SCIENTIFIC AND TECHNICAL DIRECTION

Oyekan Ayomide Fortunate<sup>1</sup>, Khamitova Dinara Vilevna<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
<sup>1</sup>oyekanfortunate05@gmail.com, <sup>2</sup>orhidey-din@mail.ru

This article highlights the transformative potential of 3D printing across various industries, emphasizing its benefits in accelerating prototyping, creating complex designs, and personalizing products. It presents 3D printing as a more effective and reliable alternative to traditional manufacturing methods, ultimately driving innovation and efficiency.

**Keywords:** Additive Manufacturing, Industrial Applications, 3D Printing, Conventional Manufacturing, Innovation, Efficiency, Digital Technologies, Prototyping, Personalization.



3D-печать, или аддитивное производство, — это революционная технология, меняющая подходы к проектированию и производству. 3D-печать включает создание трехмерных объектов путем послойного добавления материала на основе цифровой модели. В отличие от традиционного производства, 3D-печать позволяет создавать компоненты с нуля, что предоставляет уникальные преимущества в различных отраслях. Машиностроение и энергетика активно используют эту технологию для стимулирования инноваций, снижения затрат и повышения эффективности. С развитием новых материалов и цифровых решений применение 3D-печати становится все

более широким, обещая изменить производственные процессы в разных областях [1,2]. В последние годы 3D-печать в машиностроении значительно ускорила разработку и повысила эффективность прототипирования. Быстрое создание и тестирование прототипов ускоряет инновационный цикл, позволяя инженерам исследовать больше вариантов конструкций. Традиционные методы часто требуют длительного изготовления оснастки, что делает аддитивное производство идеальным для прототипирования и малосерийного производства. 3D-печать позволяет создавать сложные формы и внутренние структуры, которые трудно изготовить традиционными методами. Например, детали с внутренними каналами или изогнутыми поверхностями могут быть произведены без необходимости сборки, что упрощает процесс и улучшает механические свойства изделий. Это особенно важно в аэрокосмической и автомобильной отраслях, где снижение веса критично для производительности.

Энергетическая отрасль активно использует 3D-печать для повышения эффективности ключевых компонентов. Технология позволяет создавать сложные детали для газовых турбин и теплообменников, улучшая энергоотдачу и снижая выбросы. 3D-печать обеспечивает точное изготовление охлаждающих каналов, что позволяет энергетическим компаниям разрабатывать более эффективное оборудование с меньшими эксплуатационными затратами. 3D-печать в энергетике снижает вес деталей, уменьшая нагрузку на оборудование и продлевая его срок службы. Оптимизированные 3D-печатные теплообменники повышают тепловую эффективность и сокращают использование материалов, делая оборудование более экологичным. Технология также позволяет быстро изготавливать запасные части для старого оборудования, что уменьшает время простоя и обеспечивает непрерывную работу, особенно для удалённых объектов [3, 4].

Компании, такие как General Electric (GE), активно используют 3D-печать в энергетическом секторе. GE применяет аддитивные технологии для производства компонентов газовых турбин, что снижает вес деталей на 25% и улучшает эффективность, а также снижает расход топлива. Этот пример демонстрирует значительные преимущества 3D-печати в экономии затрат и экологической устойчивости. Современные тенденции включают использование цифровых двойников для оптимизации процессов и предсказания потребностей в обслуживании. Новые высокоскоростные методы и многоматериальная печать делают массовое аддитивное производство реальностью, что может изменить производственные цепочки и открыть новые бизнес-модели, делая 3D-печать важным инструментом в машиностроении и энергетике.

В заключение, 3D-печать меняет производственные процессы в машиностроении и энергетике. Её преимущества – ускорение прототипирования, создание сложных форм и персонализация продукции — делают её важной для современных промышленных отраслей. С дальнейшим развитием 3D-печать будет способствовать инновациям и повышению эффективности производства.

### Источники

1. Колегова О.С., Хамитова Д.В. Роль моделирования в создании технологического оборудования // Материалы национальной (с международным участием) научно-практической конференции «Цифровые системы и модели: теория и практика проектирования, разработки и применения» 10-11 апреля 2024 г.: электронный сборник статей по материалам конференции / под общ. ред. И.Г. Ахметовой. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2024. С. 248–250

2. Хамитова Д.В. Широкий спектр возможностей программы КОМПАС-3D / Д.В. Хамитова, С.С. Филимонов // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: материалы VIII Национальной научно-практической конференции (Казань, 8-9 декабря 2022 г.): / редкол.: Э.Ю. Абдуллазянов (гл.редактор) и др. Казань: КГЭУ, 2023. С. 593–595.

3. Анисимов В.А. 3D моделирование в промышленном производстве / В.А. Анисимов, И.И. Шарипов // Современные цифровые технологии: проблемы, решения, перспективы. Матер. национальной (с международным участием) науч.-практ. конф. (Казань, 19–20 мая 2022 г.) / под общ. ред. ректора КГЭУ Э.Ю. Абдуллазянова. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2022. С. 191–194.

4. Зиангиров А.Ф. 3D моделирование и 3D печать / А.Ф. Зиангиров, М.М. Фархутдинов, Д.В. Хамитова // Материалы Международной научно-практической конференции им. Д.И. Менделеева, посвященной 90-летию профессора Р.З. Магарила: материалы конференции. Тюмень: ТИУ, 2022. С. 407–408.

## **ПОВЫШЕНИЕ КВАЛИФИКАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ: АКСИОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ**

Романова Людмила Михайловна  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
l.romanova76@mail.ru

В статье описаны специфика педагогической аксиологии, система ценностей и ценностных отношений преподавателя высшей школы, необходимость и значимость повышения квалификации в рамках непрерывного образования и самообразования.

**Ключевые слова:** ценности, аксиология, педагог, преподаватель высшей школы, повышение квалификации, педагогическая культура.

## **ADVANCED TRAINING OF HIGHER EDUCATION TEACHERS: AXIOLOGICAL ASPECT**

Romanova Lyudmila Mikhailovna,  
FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
l.romanova76@mail.ru

The article describes the specifics of pedagogical axiology, the system of values and value relations of a higher education teacher, the need and importance of advanced training in the framework of continuous education and self-education.

**Keywords:** values, axiology, teacher, higher education teacher, advanced training, pedagogical culture.

Педагогическая аксиология как относительно самостоятельная область педагогического знания появилась в конце XX в. Предметом педагогической аксиологии является формирование ценностного сознания, ценностного отношения и ценностного поведения субъектов образовательного процесса.

История развития педагогической аксиологии начинается с трудов Я.А. Коменского (середина XVII в.), где автор разработал и обосновал программу всеобщего воспитания на основе веры в непрерывность образования всех и всего посредством творческого труда и стремления к созданию комплексного метода формирования личности и общества. В его работах особое место уделяется значимости учителя [1]. С точки зрения, Я.А. Коменского учительство является не столько профессией, сколько призванием. Учитель должен иметь солидную теоретическую подготовку, прежде чем приниматься за этот труд, и постоянно совершенствоваться в своих знаниях и умениях [2].

В обобщенном виде «ценность» понимается как мировоззренческий компонент, определяющий значимость объекта окружающего мира для человека, группы людей или общества в целом. Является структурным элементом различных личностных показателей (характер, направленность, интеллект и т.п.), указывает на степень зависимости и вовлеченности в сферу человеческой жизнедеятельности, интересов, социальных отношений, проявляется в различных формах духовной культуры. В то же время, феномен ценности имеет сложную многоуровневую внутреннюю структуру и может проявляться в таких вариантах, как цель, принцип, значение, отношение, норма, идеал.

В нашей стране аксиологические аспекты образования изучали М.В. Ломоносов, К.Д. Ушинский, Б.М. Бим-Бад, М.В. Богуславский, А.М. Булынин, Б.С. Гершунский, В.И. Гинецинский, Б.Г. Кузнецов, В.М. Розин, В.А. Сластенин, Е.Н. Шиянов, Н.К. Щепкина и др. В результате педагогического анализа отмечено, что формирование ценностных сознания, отношений и поведения сопрягается с воспитательной функцией образования и способствует, в первую очередь, этическому просвещению и развитию личности воспитанника [3].

Исходя из аксиологических аспектов можно выделить следующие цели образования для всех субъектов: развитие духовных сил, способностей и умений, позволяющих человеку преодолевать жизненные препятствия; формирование характера и моральной ответственности в различных ситуациях; обеспечение возможностей для личностного и профессионального роста и осуществления самореализации; овладение средствами для достижения интеллектуально-нравственной свободы и счастья; создание условий для саморазвития творческой индивидуальности личности и раскрытия ее потенциала [4].

Таким образом, в качестве одного из направлений образовательной политики следует рассматривать создание условий для реализации вышеназванных требований к системе высшего и дополнительного профессионального образования. Они также направлены на повышение роли личности педагога, который должен стать важнейшим фактором гуманизации общественных отношений и формирования системы новых ценностей у подрастающего поколения.

Важность идеи ценностного наполнения содержания и процедур педагогической деятельности и развития ПВШ обусловлена тем фактом, что зачастую он ориентируется в ситуации, целях и задачах, заданных потребителями образовательных услуг (государство, вуз, общество, работодатели, студенты), а «не опирается на собственный замысел, как это могло бы быть, стань он актором своей профессиональной жизни» [5].



Основными ценностными элементами педагогической деятельности преподавателя вуза должны стать: уважение к личности студента; ответственность за результаты деятельности; профессионально-педагогическая направленность; стремление к самоактуализации и повышению квалификации; развитие творческих способностей; активная научно-исследовательская деятельность; расширение предметно-научных знаний и изучение инновационных технологий.

Интерииоризация гуманистических ценностей педагогической деятельности создает фундамент для формирования общей и профессиональной культуры преподавателя высшей школы. На сегодняшний день эти требования отражены в Кодексах этики работников образовательных учреждений.

Аксиологизация процесса непрерывного образования преподавателя позволит ему: вовлечь научный багаж современного знания в сферу актуального содержания своей профессиональной деятельности; приобрести новые возможности для развития своей профессии и собственного мировоззрения; содействовать оценке продуктивности своей деятельности. Кроме этого, аксиологизация будет способствовать освоению новых способов ценностно-ориентированного подхода к проектированию самообразования на основе комплексного анализа профессиональных явлений, формулированию оперативных целей и определению адекватных способов реализации профессиональных идей [3].

Педагогические ценности регламентируют профессиональную деятельность преподавателя высшей школы и выполняют функции когнитивно-аналитического звена между сложившимся общественным мировоззрением в области образования и деятельностью педагога. На этом основании можно выделить социально-педагогические (общечеловеческие, гуманистические), профессионально-групповые (гностические, этические) и индивидуальные (личная культура) ценности [6].

По нашему мнению, повышение квалификации ПВШ окажется эффективным, если обучающиеся станут активными участниками образовательного процесса, что способствует раскрытию потенциала личностной и профессиональной самореализации. Это возможно только при соблюдении определенных принципов, таких как: гуманизация, дифференциация, индивидуализация, саморазвитие, направленность на создание креативной среды, контекстность и практико-ориентированность. Рассматривая аксиологические аспекты в деятельности ПВШ, можно сделать вывод, что теория ценностей более широкая по отношению к гуманистической направленности, затрагивает все сферы деятельности и его непрерывного образования, в т.ч. развитие профессионально-педагогической культуры.

## Источники

1. История образования и педагогической мысли: учеб. для студ. высш. учеб. заведений. М.: Изд-во ВЛАДОС-ПРЕСС, 2003. 352 с.
2. Избранные педагогические сочинения / Я. Коменский; переводчики Н.П. Степанов, Д.Н. Корольков, А.А. Красновский. М.: Изд-во Юрайт, 2024. 440 с.
3. Шафранова О.Е. О профессиональной подготовке преподавателя вуза (аксиологический аспект) // Высшее образование в России. 2012. № 3. С. 71–76.
4. Мокрицкая Е.А. «Мастеринг» этических знаний в университетском образовании // Вестник ОГУ. 2011. № 2 (121). С. 230–235.
5. Постановление Совета Российского Союза проректоров (проект кодекса профессиональной этики от 25 июня 2012 г. № 3) [Электронный ресурс]. URL: [https://ar.usue.ru/public/files/novosti/P\\_2512.pdf](https://ar.usue.ru/public/files/novosti/P_2512.pdf) (дата обращения: 23.10.2024).
6. Вереина Д.В. Аксиологический аспект структуры профессионально-педагогической культуры преподавателя высшей школы // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. 2021. № 200. С. 153–163.

## ЛИДЕРСТВО В ЭПОХУ ЦИФРОВИЗАЦИИ: КАК ТЕХНОЛОГИИ МЕНЯЮТ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ НА ПРИМЕРЕ

Салахутдинова Алина Руслановна<sup>1</sup>, Овчинников Александр Викторович<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup> ФГБОУ ВО «Казанский Государственный Энергетический Университет», г. Казань  
<sup>1</sup>sal2001@mail.ru, <sup>2</sup>ovchinnikov8\_831@mail.ru

Статья рассматривает ключевые аспекты лидерства в условиях цифровизации, подчеркивая необходимость адаптации традиционных моделей управления к новым технологиям. Авторы выделяют критически важные навыки для современных лидеров: адаптивность, технологическую грамотность и инновационное мышление. Также предлагаются стратегии эффективного лидерства, акцентирующие внимание на культуре инноваций и использовании данных для принятия решений. Обсуждаются вызовы, такие как управление изменениями и этические вопросы, на примерах успешных компаний. В заключение подчеркивается важность эмоционального интеллекта и инклюзивности в будущем лидерства.

**Ключевые слова:** лидерство, цифровизация, инновации, управление изменениями, команды, технологии, предпринимательство, адаптивность.

## LEADERSHIP IN THE ERA OF DIGITALIZATION: HOW TECHNOLOGY IS CHANGING THE APPROACH TO MANAGEMENT BY EXAMPLE

Salakhutdinova Alina Ruslanovna<sup>1</sup>, Ovchinnikov Alexander Viktorovich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup> FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>sal2001@mail.ru, <sup>2</sup>ovchinnikov8\_831@mail.ru

The article examines key aspects of leadership in the context of digitalization, emphasizing the need to adapt traditional management models to new technologies. The authors highlight critical skills for modern leaders: adaptability, technological literacy, and innovative thinking. They also offer strategies for effective leadership that focus on the culture of innovation and the use of data for decision-making. Challenges such as change management and ethical issues are discussed using examples of successful companies. The authors conclude by emphasizing the importance of emotional intelligence and inclusivity in the future of leadership.

**Keywords:** leadership, digitalization, innovation, change management, teams, technology, entrepreneurship, adaptability.

В современном мире, где технологии развиваются стремительно, понятие лидерства претерпевает изменения. Цифровизация охватывает все сферы жизни и требует от лидеров адаптации к новым вызовам. Традиционные модели управления становятся недостаточными, и необходимо использовать цифровые инструменты для эффективного

управления командами. В статье рассматриваются ключевые аспекты лидерства в условиях цифровизации, включая необходимые навыки, стратегии и вызовы, с акцентом на уникальные качества, которые помогут лидерам справляться с изменениями и использовать новые возможности.

#### 1. Понятие лидерства в эпоху цифровизации.

Лидерство в эпоху цифровизации характеризуется способностью влиять на людей и процессы в условиях быстрого изменения технологий. Это требует от лидеров не только стратегического мышления, но и гибкости, открытости к новым идеям и готовности к экспериментам [1].

#### 2. Ключевые навыки современных лидеров

- **Адаптивность:** Лидеры должны уметь быстро реагировать на изменения в окружающей среде и адаптировать свои стратегии.

- **Технологическая грамотность:** Понимание технологий и их влияния на бизнес-процессы становится обязательным для успешного лидерства.

- **Коммуникационные навыки:** Эффективное взаимодействие с командой через различные цифровые платформы критически важно.

- **Инновационное мышление:** Способность генерировать новые идеи и внедрять инновации является ключевым фактором успеха.

#### 3. Стратегии эффективного лидерства в цифровую эпоху

- **Создание культуры инноваций:** Лидеры должны поощрять эксперименты и риски, создавая атмосферу, где сотрудники чувствуют себя свободно для высказывания идей.

- **Использование данных для принятия решений:** Анализ данных помогает принимать более обоснованные решения и предсказывать будущие тренды.

- **Фокус на развитии команды:** Лидеры должны инвестировать в обучение и развитие сотрудников, чтобы они могли адаптироваться к новым условиям [2].

#### 4. Вызовы лидерства в условиях цифровизации

- **Управление изменениями:** Лидеры сталкиваются с необходимостью постоянно обновлять свои знания и навыки в условиях быстрого технологического прогресса [3].

- **Сопротивление изменениям:** Не все сотрудники готовы к изменениям, и лидерам необходимо уметь управлять этим сопротивлением.

- **Этика и ответственность:** Вопросы этики становятся особенно актуальными в эпоху цифровизации, когда технологии могут использоваться как во благо, так и во вред.

#### 5. Пример успешного лидерства в цифровую эпоху: Компания XYZ

Компания XYZ успешно адаптировалась к цифровым изменениям в сфере розничной торговли, внедрив несколько ключевых инициатив:

1. Agile-методологии: Переход на гибкие подходы позволил командам быстрее реагировать на изменения и выводить новые продукты на рынок.

2. Цифровая культура: Создание среды, способствующей обучению сотрудников новым технологиям и поддержке инноваций, стало приоритетом для руководства.

3. Удаленная работа: В условиях пандемии компания внедрила гибкие графики и инструменты для дистанционного управления, что повысило продуктивность [4].

#### Внедрение цифровых технологий

А. Создание онлайн-платформы. Создание удобного веб-сайта и мобильного приложения для онлайн-покупок.

Б. Использование больших данных. Использование данных для персонализации предложений и повышения удовлетворенности клиентов.

В. Внедрение омниканального подхода. Интеграция физической и онлайн-продаж через услуги «клик и собери». и возможность возврата товаров в магазинах. Это создало удобный и бесшовный опыт для клиентов, что улучшило их лояльность к бренду.

#### Адаптация стратегии управления

А. Культура инноваций. Поощрение сотрудников предлагать идеи через внутренние платформы.

Б. Обучение и развитие сотрудников. Инвестиции в программы обучения по новым технологиям.

В. Лидерство через примеры. Руководство активно участвует в цифровых инициативах, вдохновляя сотрудников.

Эти меры позволили компании XYZ успешно справиться с вызовами рынка и укрепить свои позиции [5].

#### Результаты изменений

Компания XYZ успешно адаптировалась к цифровым изменениям, что привело к значительному увеличению продаж как в онлайн, так и в оффлайн-каналах. Уровень удовлетворенности клиентов вырос, что повысило лояльность к бренду. Сокращение затрат на маркетинг стало возможным благодаря точному таргетированию аудитории и улучшению эффективности рекламных кампаний [6].

Лидеры в эпоху цифровизации должны быть готовы к изменениям, использовать технологии для повышения эффективности и создавать культуру инноваций. Пример компании XYZ показывает, как традиционный бизнес может успешно адаптироваться к требованиям цифровой эпохи, что стало ключевым фактором их успеха.

## Источники

1. Иванова Е.М. Анализ эффективности внедрения информационной системы в страховом агентстве. // Информационные технологии в бизнесе. 2015. № 3.
2. Шевченко Д.А. Продвижение товаров и услуг: Практическое руководство : учебное пособие / Д.А. Шевченко, Е.В. Пономарева. М.: Дашков и К, 2021. С. 95–136.
3. Пашковская И.Г. Внешняя энергетическая политика Европейского союза / И.Г. Пашковская // Мировая экономика и международные отношения. 2009. № 1. С. 61–69.
4. Смирнов Ю.Н., Сидорова Е.А. Методика обоснования эффективности инвестиций в инновационный процессно-продуктовый менеджмент // ИНТЕГРАЛ. 2010. № 3. С. 78–79.
5. Махиянова А.В., Фахрутдинова А.Ф. Специфика применения классических теорий идентификации и социализации к анализу современных тенденций // Вестник Челябинского государственного университета. 2010. № 31 (212). С. 106–109.
6. Махиянова А.В. Телевидение как агент социализации // Научные труды Центра перспективных экономических исследований. 2015. № 9. С. 109–113.

## СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К КОРПОРАТИВНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СФЕРЕ

Себегатов Камилль Зуфарович<sup>1</sup>, Завада Галина Владимировна<sup>2</sup>,  
Замалетдинова Лилия Равилевна<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

<sup>1</sup>Kamil384@mail.ru

В статье рассмотрены профильные интересы энергетической сферы для организации корпоративного обучения, проведен комплексный анализ состояния корпоративного обучения сотрудников крупных энергетических компаний с целью определения противоречий и последующего поиска путей их разрешения. Предложены стратегии решения задач для удовлетворения современных требований к корпоративному образованию в энергетической сфере.

**Ключевые слова:** трансформация, инновационная энергетика, корпоративное обучение, профильные интересы.

## MODERN REQUIREMENTS TO CORPORATE EDUCATION IN THE ENERGY SECTOR

Sebegatov Kamil Zufarovich<sup>1</sup>, Zavada Galina Vladimirovna<sup>2</sup>,  
Zamaletdinova Lilia Ravilevna<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan

<sup>1</sup>Kamil384@mail.ru

The article examines the core interests of the energy sector for organizing corporate training, conducts a comprehensive analysis of the corporate training state for employees in large energy companies in order to identify contradictions and subsequently find ways to resolve them. Strategies for solving problems to meet modern requirements for corporate education in the energy sector are proposed.

**Keywords:** transformation, innovative energy, corporate training, core interests.

Энергетический сектор переживает самый важный момент трансформации прошлого столетия. Энергетический переход, который произойдет в ближайшие десятилетия, во многом благодаря развитию возобновляемых источников энергии, появлению новых бизнес-моделей, требует, чтобы специалисты поддерживали непрерывный процесс обучения, который позволит им идти в ногу со временем.

Совершенствование требований к подготовке квалифицированных кадров в сфере инновационной энергетики, влияние корпоративного образования на конкурентоспособность России являются приоритетными задачами образовательной системы.

Теоретические и методологические вопросы организации и оценки качества корпоративного обучения стали предметом исследований следующих экспертов [1, с. 546]: А. Р. Алавердова, А. Г. Асмолова, Э. Ф. Зеер, В. Е. Гимпельсона, С. Н. Григорьева, Е. А. Рыкова, В. А. Леднева, Л. Л. Любимова, М. А. Лукашенко, Т. Лукман, К. Кристенсена, В. Г. Мартынова, Ю. Б. Рубина, В. А. Самойлова, Л. Спенсера, А. В. Стеганцев, Ю. В. Фролова, В. Д. Шадрикова и других.

Корпоративное образование в энергетической сфере направлено на реализацию таких интересов, как:

- создание условий для совершенствования профессиональной деятельности работников энергетической сферы;
- обеспечение возможностей трудоустройства и поддержание занятости населения в энергетической сфере;
- повышение результативности оперативного взаимодействия клиентов и поставщиков в энергетической сфере;
- обеспечение эффективности коммуникаций аффилированных лиц подразделений энергетической структуры;
- поддержание разнообразия направлений и форм предложения услуг корпоративного обучения, в рамках развития национальной системы профессионального образования в целях повышения ее качества и конкурентоспособности [2, с. 65].

Энергетическим структурам целесообразно использовать перечень профильных интересов энергетической сферы для организации внутрикорпоративной системы обучения, стратегического и операционного управления профессиональным развитием работников, обеспечения конкурентоспособности [7].

Технологическая революция стала катализатором трансформации корпоративного образования, открыв эпоху, когда стратегия и инновации легли в основу корпоративного обучения. Интеграция цифровых инструментов изменила определение охвата и эффективности программ обучения, обеспечив немедленный доступ к ресурсам и знаниям в энергетической сфере. Платформы электронного обучения, виртуальная реальность, искусственный интеллект и анализ данных теперь являются ключевыми элементами стратегии обучения, предлагая опыт, который не только привлекает внимание сотрудников, но и способствует более глубокому и длительному сохранению знаний.

Комплексный анализ состояния корпоративного обучения сотрудников крупных энергетических компаний позволил выделить ряд противоречий:



- между потребностью крупных энергетических компаний в высококвалифицированных работниках, обладающих требуемыми квалификациями и компетенциями, и действующей системой корпоративного обучения, в которой механизмы формирования содержания обучения сотрудников функционируют не на должном уровне, что снижает мотивацию работников к профессиональному и личностному росту, и не позволяет отвечать потребностям компании.

- между объективной потребностью теоретического осмысления компетентностного подхода к разработке программ корпоративного обучения на основе профессиональных стандартов и недостаточной разработанностью методологических инструментов проектирования данных стандартов, исключение их из структуры и содержания корпоративного обучения.

- между необходимостью применения модульной организации учебного процесса в системе корпоративного обучения сотрудников и недостаточной обоснованностью комплекса условий ее оптимизации в крупных компаниях энергетической сферы [5, с. 202].

Таким образом, корпоративным образованием в энергетической сфере в нынешних условиях представляется собой уникальный набор задач: от поддержания вовлеченности сотрудников в виртуальной среде до персонализации обучения среди разнообразных сотрудников. Однако каждая задача приносит с собой возможность для инноваций и поиска стратегических решений, которые не только преодолевают эти препятствия, но и укрепляют структуру корпоративного обучения. Ключевой стратегией решения этих проблем является внедрение технологий адаптивного обучения, которые могут персонализировать образовательный опыт для каждого сотрудника, гарантируя, что материал будет актуальным и интересным. Кроме того, развитие культуры непрерывного обучения, в которой любопытство ценится и вознаграждается, может помочь поддерживать высокий уровень вовлеченности и мотивации.

### **Источники**

1. Алавердов А.Р. Управление человеческими ресурсами организации: учебник. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Университет Синергия, 2019. 680 с.
2. Заболотняя Е.А., Серегина В.В., Середина М.Н. Требования рынка труда к человеческому капиталу молодежи // Современная экономика: проблемы и решения. 2020. № 10 (130). С. 64–76.

3. Кристенсен К. Теория инноваций как инструмент предсказания отраслевых изменений Пер. с англ. М., 2016. 400 с.

4. Мачхелян Г.Г. Актуальные проблемы перестройки системы образования в современной России //Уровень жизни населения регионов России. 2023. Том 19. № 1 С. 47–60

5. Сайченко О.А. Формирование навыков рабочей силы для развития устойчивой энергетики / О.А. Сайченко // Экономика и управление: проблемы, решения. 2024. Т. 6, № 3 (144). С. 200–208.

6. Хлюбко Д.А. Имплементации целей устойчивого развития в сфере бизнеса в Российской Федерации: сложности и перспективы / Д.А. Хлюбко, А.Ю. Миненкова // Умаровские чтения-2021: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Грозный, 11 октября 2021 г. Махачкала: Чеченский государственный педагогический университет; ИП Овчинников Михаил Артурович (Типография Алеф), 2021. С. 326–335.

7. URL: <https://fastercapital.com/es/contenido/Gestion-Energetica--Educacion-Energetica--La-importancia-de-la-educacion-energetica-en-la-gestion.html> (дата обращения: 23.10.2024).

## ПОЛИТИКА БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА: ОПЫТ ЗАРУБЕЖНЫХ ПРАКТИК

Селезнев Даниил Кириллович<sup>1</sup>, Юсупова Ирина Валерьевна<sup>2</sup>,  
Арзамасов Давыд Евгеньевич<sup>3</sup>, Арзамасова Альфия Габдулловна<sup>4</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «КНИТУ-КХТИ», г. Казань

<sup>2</sup>Казанский национальный исследовательский технический университет  
им. А.Н. Туполева, г. Казань

<sup>3,4</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

<sup>1</sup>selez2009.li@yandex.ru, <sup>2</sup>bigbossutrinis229@gmail.com, <sup>3</sup>davarzam1@mail.ru

Основой успеха любого предприятия является высокая организация производственной деятельности. Достичь высокого уровня позволяет создание четкой цепочки зонального разделения ответственности на каждом этапе производственной системы. Концепция «Бережливого производства» является ведущей стратегией индустриального развития.

**Ключевые слова:** бережливое производство, политика предприятия, индустриализация.

## LEAN MANUFACTURING POLICY: THE EXPERIENCE OF FOREIGN PRACTICES

Seleznev Daniil Kirillovich<sup>1</sup>, Yusupova Irina Valerievna<sup>2</sup>,  
Arzamasov Davyd Evgenievich<sup>3</sup>, Arzamasova Alfiya Gabdullovna<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Kazan National Research Technological University, Kazan

<sup>2</sup>Kazan National Research Technical University A.N. Tupolev, Kazan

<sup>3,4</sup>FGBOU VO «Kazan State Power Engineering University», Kazan

<sup>1</sup>selez2009.li@yandex.ru, <sup>2</sup>bigbossutrinis229@gmail.com, <sup>3</sup>davarzam1@mail.ru

The basis for the success of any enterprise is the high organization of production activities. To achieve a high level, it is possible to create a clear chain of zonal division of responsibility at each stage of the production system. The concept of "Lean manufacturing" is the leading strategy of industrial development.

**Keywords:** lean manufacturing, enterprise policy, industrialization.

Идея концепции бережливого производства возникла во второй половине XX века и традиционно связана с компанией «Тойота», которая смогла успешно развить внутренний автомобильный рынок и потеснить американцев на их собственном автомобильном рынке [1].

Управление развитием производственной системы корпорации «Тойота» имеет ряд характеристик.

Во-первых, концентрация на глобальном расположении своего производства.

Во-вторых, использование интеграционных возможностей: основные принципы TPS распространяются на все компании корпорации. Таким образом, местное население принимается во все иностранные компании (тогда как японские менеджеры занимают ключевые позиции).

В-третьих, особое внимание уделяется социальным аспектам труда, в частности, развитию человеческого капитала. Например, в компании действует система непрерывного обучения сотрудников [2, с. 93].

Чтобы предприятие могло повысить конкурентоспособность и значительно увеличить прибыль, необходимо начинать с небольших улучшений в части повышения бережливости, снижая потери, повышая производительность труда. При разработке TPS было подсчитано, что потери появляются в том случае, когда предприятие производит один вид продукта в значительных объемах. Поэтому с точки зрения бережливого производства выгоднее пользоваться таким принципом, как «один товар за один раз», чтобы не возникали лишние запасы, которые и образуют потери.

5S – фундаментальная система и действенный инструмент TPS, который следует рассматривать не просто как процедуру наведения порядка, а как корпоративную культуру компании, в том числе, посредством развития простых навыков сортировки, упорядочения и создания чистоты. В постоянной системной работе по их совершенствованию создаётся общее отношение к своему труду, труду коллег, ресурсам, ценностям компании [3, с. 78].

Зарубежные страны переняли опыт создания производственной системы корпорации «Тойота». Концепция бережливого производства была разработана в ряде стран, в частности в США. Культура, которая была перенята, использовалась достаточно жестко и имела ряд своих особенностей [4, с. 8].

Рассмотрим основные цели производственных систем «бережливых» предприятий.

1. Производственные системы «бережливых» предприятий нацелены на полное снижение и устранение потерь, постоянное улучшение всех производственных процессов, начиная с небольших улучшений, в частности в производственных подразделениях, цехах, участках. Весь коллектив компании, от рядовых сотрудников до высшего руководства, участвует в повседневной работе с целью предотвращения всевозможных потерь и постоянного улучшения.

2. Руководители «бережливых» предприятий принимают решения, учитывающие перспективы дальнейшего развития, при этом текущие финансовые интересы не являются решающими. Способность видеть и решать проблемы на рабочем месте ценится каждым членом коллектива, от высшего руководства до сотрудников.

3. Предприятия используют инструменты, которые могут помочь решить конкретную проблему производственного процесса. Однако, стоит учесть, что применять инструменты бережливого производства лучше на всем производственном этапе, а конкретно на участках по изготовлению готовой продукции. Так, если применять инструменты только на одном технологическом процессе, результаты будут минимальны, но при этом будет затрачено много сил, финансовых вложений, человеческих ресурсов [5, с. 6].

Рассмотрим основные свойства производственных систем:

- результативность связана с созданием продукции и предоставлением услуг. Если предприятие может точно вовремя изготовить качественную продукцию, потратив на ее создание минимальное количество времени, то результат будет виден на конечных показателях экономической эффективности как отдельного участка, так и предприятия в целом;

- надежность: стабильная работа, способность обнаруживать в сравнительно небольших участках системы негативные последствия стохастических нарушений, возникающих в системе и во внешней среде;

- гибкость: способность адаптировать производственные системы к изменяющимся условиям окружающей среды, в частности, для повышения уровня конкуренции, изменения потребностей рынка и т. д.;

- управляемость: характеристика процесса управления предприятием как системой. Управляемой система считается в том случае, если она может достичь основных целей управления за определенный промежуток времени при существовании ограниченных ресурсов [3, с. 143].

Применяя методы и инструменты бережливого производства, можно повысить качество, нарастить объемы, сократить время цикла, увеличить производительность труда. И все это можно сделать не на 5 – 10 %, а в 2 раза и больше.

### **Источники**

1. Батталова А.А. Основные этапы и методики становления бережливого производства / А.А. Батталова, О.Ю. Хрипунова, А.М. Батталов // Экономика и управление: научно-практический журнал. 2019. № 1 (145). С. 41-43.

2. Кирсанов Н.Ю. Возникновение и развитие концепции бережливого производства // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2018. № 6. С. 91–96.

3. Джордж М.Л. Майкл. «Бережливое производство + шесть сигм» в сфере услуг: Как скорость бережливого производства и качество шести сигм помогают совершенствованию бизнеса / М.Л. Джордж; пер. с англ. Москва: Альпина Бизнес Букс, 2020. 402 с.

4. Дзагоева М.Р. Особенности развития производственных систем предприятий: зарубежный и российский опыт / М.Р. Дзагоева, З.К. Айларова, Л.Э. Комаева //Управление экономическими системами: электронный научный журнал. 2014. № 3.

5. Вумек, Дж. Бережливое производство: Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании / Дж. Вумек, Д. Джонс; пер. с англ. 6-е изд. М.: Альпина Пабlishерз, 2020. 472 с.

## ФОРМИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ПРИНЦИПАХ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Селезнев Даниил Кириллович<sup>1</sup>, Юсупова Ирина Валерьевна<sup>2</sup>,  
Арзамасов Давыд Евгеньевич<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «КНИТУ-КХТИ», г. Казань

<sup>2</sup>Казанский национальный исследовательский технический университет  
им. А.Н. Туполева, г. Казань

<sup>3</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

<sup>1</sup>selez2009.li@yandex.ru, <sup>2</sup>bigbossutrinis229@gmail.com, <sup>3</sup>davarzam1@mail.ru

Формирование и развитие производственной системы на принципах бережливого производства дает преимущество каждой организации в виде определенных изменений, как во внутренней среде организации, так и во внешней: повышается конкурентоспособность, мотивация у рабочего персонала, улучшается производительность труда. Общеизвестно, что основу производственной системы предприятий, внедряющих бережливое производство, составляют люди, которые являются неотъемлемой частью производства. По мнению авторов, выстраивание общей стратегии развития производственной системы предприятия, основанной на принципах бережливого производства с опорой на интеллектуальный и творческий потенциал вовлеченного производственного коллектива, может оказать большое влияние на показатели эффективности предприятия.

**Ключевые слова:** бережливое производство, эффективность производства, конкурентоспособность, производственные системы, модернизация предприятий.

## FORMATION OF THE COMPANY'S PRODUCTION SYSTEM BASED ON THE PRINCIPLES OF LEAN MANUFACTURING

Seleznev Daniil Kirillovich<sup>1</sup>, Yusupova Irina Valerievna<sup>2</sup>,  
Arzamasov Davyd Evgenievich<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Kazan National Research Technological University, Kazan

<sup>2</sup>Kazan National Research Technical University A.N. Tupolev, Kazan

<sup>3</sup>FGBOU VO «Kazan State Power Engineering University», Kazan

<sup>1</sup>selez2009.li@yandex.ru, <sup>2</sup>bigbossutrinis229@gmail.com, <sup>3</sup>davarzam1@mail.ru

The formation and development of a production system based on the principles of lean production provides an advantage to each organization in the form of certain changes, both in the internal environment of the organization and in the external: competitiveness increases, motivation among the workforce, and productivity improves. It is well known that the basis of the production system of enterprises implementing lean manufacturing consists of people who are an integral part of production. According to the authors, building an overall strategy for the development of an enterprise's production system based on the principles of lean manufacturing, based on the intellectual and creative potential of the involved production team, can have a major impact on the company's performance indicators.

**Keywords:** lean manufacturing, production efficiency, competitiveness, production systems, modernization of enterprises.

Главной целью функционирования производственной системы является повышение эффективности производства за счет непрерывности функционирования всей системы [1]. Экономический эффект в этом случае создается только в период функционирования производственной системы; в период ее простоя (например, в выходные дни) эффект не создается, а часть ресурсов расходуется (на отопление, освещение, охрану, сюда также относится физический и моральный износ зданий, сооружений, оборудования). Повысить эффективность производственной системы на принципах бережливого производства можно следующим образом:

- провести обучение руководства и персонала предприятия принципам бережливого производства и избавить их от ложного представления о том, что бережливое производство связано с жесткой экономией;

- сформировать корпоративную философию производственной системы, основанную на принципах бережливого производства;

- определить собственные принципы и пути совершенствования функционирования производственной системы; наличие взаимосвязи между принципами и целями развития производственной системы; разработка мероприятий по непосредственному вовлечению сотрудников в процесс преобразований.

Бережливое производство, ориентированное на создание ценности для потребителя с помощью построения непрерывного потока создания ценности, охватывающего все процессы производства, постоянно совершенствует их через вовлечение персонала и устранение всех видов потерь.

Для развития производственных систем, которое зависит от регулирующих процессов производства с учетом влияния, как внешних факторов, так и внутрифирменных изменений и управленческих воздействий, бережливое производство – разумная стратегия построения успешного бизнеса [2].

Уместно напомнить, что родина системы бережливого производства – Япония и появилась данная система как вынужденная мера: после Второй мировой войны в Японии практически не было спроса на новые автомобили, поэтому закупка такой мощной производственной линии, как в Ford, не была бы рентабельна. Первоисточник бережливого производства – производственная система «Тойота», чьи менеджеры научились поддерживать разнообразие ассортимента в условиях невысокого спроса на конкретную модель автомобиля. Это была новая задача, поскольку до того все автомобильные компании работали по принципам массового производства.



Основной стратегией производственной системы «Тойота» (Toyota Production System – TPS) является повышение эффективности производства за счет выявления различных видов потерь, в том числе тех, которых сложно заметить в процессе деятельности (незаметные и скрытые). TPS - это модель коммуникаций, взаимодействия, отношений между элементами и, в особенности, людей. Все это создано для одной лишь цели – сокращения затрат.

Со временем выяснилось, что совершенствованию бизнес-процессов нет предела: система бережливого производства идеально работает не только в сложные для компании времена, но и в периоды экономического подъема.

### **Источники**

1. Бережливое производство. Проблемы внедрения // «ЮНИДО в России». № 6. URL: [http://www.unido-russia.ru/archive/num6/art6\\_14/](http://www.unido-russia.ru/archive/num6/art6_14/) (дата обращения: 08.10.2024).

2. Дзагоева М.Р. Особенности развития производственных систем предприятий: зарубежный и российский опыт / М.Р. Дзагоева, З.К. Айларова, Л.Э. Комаева // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. 2014. № 3.

## ОБРАЗОВАНИЕ В РОССИИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

Слесаренко Зарина Ринатовна<sup>1</sup>, Герич Андрей Анатольевич<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>rzarina78@mail.ru

Система образования – это комплексный процесс обучения и воспитания человека в течении всей его жизни. Данный процесс должен быть последовательным и постоянным с учётом изменений в современном мире, выводя субъект образования на совершенно новый уровень.

**Ключевые слова:** образование в России, система образования, применение новых технологий и методов в образовательном процессе.

## EDUCATION IN RUSSIA AT THE PRESENT STAGE

Slesarenko Zarina Rinatovna<sup>1</sup>, Gerich Andrey Anatolyevich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
<sup>1</sup>rzarina78@mail.ru

The education system is a complex process of education and upbringing of a person throughout his life. This process should be consistent and constant, taking into account changes in the modern world, bringing the subject of education to a completely new level.

**Keywords:** education in Russia, the education system, the application of new technologies and methods in the educational process.

Образование всегда имело важное значение как в России, так и за рубежом. Это неотъемлемая часть развития каждого государства и отдельного человека.

Вообще, образование понимается как система, направленная на обучение и воспитание человека, а также как отдельный элемент культуры. Образование является перманентным процессом в истории человечества в целом, а также отдельного взятого человека.

С юридической точки зрения, образование в России – единый целенаправленный процесс воспитания и обучения, являющийся общественно значимым благом и осуществляемый в интересах человека, семьи, общества и государства, а также совокупность приобретаемых знаний, умений, навыков, ценностных установок, опыта деятельности и компетенции определенных объема и сложности в целях интеллектуального, духовно-нравственного, творческого, физического и профессионального развития человека, удовлетворения его образовательных потребностей и интересов [5].

С исторической точки зрения, образование в России всегда рассматривалось как целенаправленный и непрерывный процесс обучения и воспитания, осуществляющий с момента появления человека. Каждый гражданин своей страны имел право получить дошкольное, среднее и высшее образование, ибо это являлось значимым как для развития государства, так и индивидуально для самого человека (семьи). Образование включало в себя совокупность приобретаемых умений, знаний, навыков. Следует понимать, что в процессе образования процессе постоянно происходят изменения – реформы, которые с начала XXI века на наш взгляд усилились.

Сегодня, в XXI веке, процесс образования в России переживает довольно серьезные и достаточно быстрые изменения, по соотношению с другими, предыдущими временными и эпохами. Одна из причин таких быстрых изменений в образовательном процессе – это развитие страны в русле государственной идеологии и экономических трендов. В этом случае любая реформа образования осуществляется для его качества, доступности, а также для ускорения экономического роста и эффективной адаптации молодого поколения к жизненным реалиям. К примеру, проект Стратегии развития России до 2024 года. Одновременно готовится проект развития России до 2035 г. В основе предложений по развитию образования – идея человеческого капитала как двигателя экономического роста [1].

Вторая причина, способствующая быстрым изменениям, видится в развитие техники, информационных технологий и их довольно быстрое внедрение в вышеупомянутый процесс. Использование новой техники и технологий, в том числе информационных, требует от человека больших усилий получения знаний, большого объема знаний, широкий кругозор, что, в свою очередь, определяет повышение нагрузки на педагога и ученика (студента, слушателя, то есть ученика в самом широком смысле этого слова). Однако, это не означает, что традиционализм (традиционные методы и приемы) в образовательном процессе уже не имеет значения. Во все времена, сочетание традиционных, основанных на национальных традициях, и современных методов приводило и приводит к высоким результатам и показателям в системе образования [4].

Наша страна вовлечена в процесс внедрения новых технологий в образование также, как и все остальные государства. При этом следует помнить, что образовательный процесс включает в себя еще и воспитательный процесс. Образование и воспитание – это неотъемлемая часть системы образование вне зависимости от времени и пространства. Также известный тезис – нельзя обучать, не воспитывая и нельзя воспитать, не обучая.

Для сравнения из истории страны, в 1990-ых начале 2000-ых годов Россия столкнулась с рядом сложных моментов в жизни государства, включая систему образования: недостаточное финансирование отрасли, разрыв между системой высшего образования и рынком труда, углубляющееся неравенство в доступе к образованию, выезд большого числа молодых людей за границу для получения образования, отказ от старой советской модели в образовательном процессе и попытка внедрить полностью зарубежные опыт, теорию и практику в систему образования, уменьшение количества педагогических кадров всех звеньев и ряд других привели к снижению качества образования в нашей стране [3].

Начиная с 2010-ых годов вышеперечисленные процессы резко замедлились, некоторые вопросы даже удалось решить с положительным результатом, но не все. Однако в настоящее время роль высшего образования в достижении устойчивого социального развития и макроэкономического роста резко возрастает. В условиях высокой турбулентности внешней среды, общей социально-экономической нестабильности и глобальных угроз, развитие высшего образования становится важнейшим приоритетом государственного управления [2]. Увеличение числа высококвалифицированных специалистов, создание объектов интеллектуальной собственности, повышение общего уровня образованности населения определяют способность нации к эффективному использованию знаний, дают ей шанс избежать маргинализации, не остаться на периферии мирового прогресса [3].

Все эти процессы дают основание полагать, что качественное и положительное изменение в системе образования в нашей стране приведут к прогрессу в развитии государства.

### **Источники**

1. 25 лет эволюции российского образования // Национальный исследовательский университет ВША [Электронный ресурс]. <https://25.hse.ru/development/story1> (дата обращения: 31.10.24)

2. Нуриахметова Ф.М., Холоднов В.Г. Технологическая сингулярность цифровой образовательной среды: вызовы и риски // Эффективные системы менеджмента: Качество. Циркулярная экономика. Технологический суверенитет: сб. тр. XI Междунар. науч.-практич. форума. Казань. 2024. С. 152–156.

3. Самохвалова М.С. Факторы и механизмы модернизации высшего образования в России: автореферат. ... дис. канд. соц. наук. М., 2016 [Электронный ресурс]. <https://www.dissercat.com/content/factory-i-mekhanizmu-modernizatsii-vysshego-obrazovaniya-v-rossii/read> (дата обращения: 31.10.24).

4. Федотов С.В., Гарифуллина Р.Р., Завада Г.В. Определение эффективности существующих методов и форм профессиональной ориентации учащихся в энергетическом образовательном кластере // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: сб. тр. IX Нац. Науч.-практич. Конф., посвященной 55-летию КГЭУ. Казань. 2024. С. 634–636.

5. ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ (ред. от 17 февраля 2021 г.). Статья 2 [Электронный ресурс]. URL: <https://273-фз.пф/zakonodatelstvo/federalnyy-zakon-ot-29-dekabrya-2012-g-no-273-fz-ob-obrazovanii-v-rf#st2> (дата обращения: 31.10.2024).

## ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА НА БЫТИЕ ЧЕЛОВЕКА

Умурзаков Азамат Кенесович<sup>1</sup>, Федорова Жанна Викторовна<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>azamatumurzakov552@gmail.com

В данной работе рассматривается влияние технологического прогресса (техники и технологий) на бытие человека. Дается оценка современным взаимоотношениям между техникой, технологиями и человеком.

**Ключевые слова:** бытие, технологический прогресс, техногенный мир, зависимости, техника и технологии.

## THE IMPACT OF TECHNOLOGICAL PROGRESS ON HUMAN EXISTENCE

Umurzakov, Azamat Kenesovich<sup>1</sup>, Fedorova Zhanna Viktorovna<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO «Kazan State Power Engineering University», Kazan  
<sup>1</sup>azamatumurzakov552@gmail.com

This paper examines the impact of technological progress (technology and technology) on human existence. The assessment of the current relationship between technology, technology and man is given.

**Keywords:** being, technological progress, man-made world, dependencies, technology and technology.

Современный мир невозможно представить без высоких технологий и научно-технического прогресса, которые сегодня являются ключевыми факторами в определении направления дальнейшего развития человечества. Это делает особенно актуальным изучение влияния технологического прогресса на бытие человека. Особенность данной темы заключается в стремлении человека установить независимость от природы и желании подчинить ее себе, скрыв несовершенство и уязвимость за техникой и технологиями (результатами технологического прогресса). Однако это желание внести в мир организовано-рациональное взамен органически-иррационального [1], в чем и заключается цель техники, несет за собой определенные последствия в социальной и культурной жизни, а также в сфере индивидуального человеческого бытия, создав информационную матрицу проявлений [2, с.188]. Как результат, человек, уничтожая растительно-животную зависимость от природы, создает новую – технизированную – природу, попадая в технически-машинную зависимость от нее.

В последнее время тенденция развития техники и технологий обуславливалась желанием заместить человеческий труд механизмами, что позволило облегчить, ускорить и масштабировать рабочие процессы, а также сделать их более точными и безопасными для человека [3, с. 23]. Подобное усложнение процессов помимо положительного влияния на социум и человека как индивида, также несет в себе скрытую угрозу. Современное общество отличается от предыдущих простотой поиска информации и ее переизбытком, а также большой плотностью общения, высоким уровнем цифровизации. Современный человек зачастую предпочитает использовать мессенджеры, а не общаться вживую. Как следствие такого необратимого развития происходит процесс обезличивания в обществе, а возможность остаться анонимным становится одной из причин кризиса нравственности [4].

Человек безоговорочно доверяет технике и технологиям, уверенный в их полной подконтрольности, но при этом наделяет их все большей властью и самостоятельностью. Усложняются все процессы в жизни человека, а перекладывание ответственности за принятие решений на машины, ведет к уменьшению мотивации в обществе повышать свои знания. Это создает риск попадания человека в полную зависимость и подчинение машинам, с потерей контроля над происходящим.

Можно утверждать, что взаимоотношения между техникой, технологиями и человеком могут привести к появлению различных негативных зависимостей от технических средств, потере истинной реальности, замещение ее виртуальной [5, с. 20], проблемам с самоопределением человека, снижению контроля со стороны человека за важными жизненными процессами, предвзятому отношению к знаниям ввиду их легкой доступности. Положительные моменты подобных взаимоотношений отдаляют человека от истинного мира, усиливая роль техники и технологий в жизни человека.

Закономерно влияние информационной революции и сопутствующих ей паттернов. Трансформация социальных связей, действий, практик, институтов и процессов актуализирует осмысление роли новых digital-технологий в структуре общественных отношений и их влияния на характер научно-технического прогресса.

### **Источники**

1. Молчанов М.В. Анализ взглядов немецких и французских философов-экзистенциализма в раскрытии влияния техники на бытие человека // Современный мир: стратегии развития, технологии и образы

будущего: материалы Международной научно-практической конференции, Москва, 24–25 октября 2019 года. М.: Издательство ФГБОУ ВПО «НИУ «МЭИ», 2020. С. 92–97.

2. Фомин К.Д., Рахманкулов Ш.Ф., Федорова Ж.В. Механизмы трансформации сознания в информационном обществе // Современные исследования и научные достижения в эпоху цифровизации: новые ориентиры и возможности. Материалы I Всероссийской научно-практической конференции. Ставрополь, 2023. С. 188–190.

3. Розин В.М. К различению и уточнению понятий «техника», «технология», «техническая среда» // Философская мысль. 2022. № 4. С. 21–33.

4. Брагинская Н.М. Экзистенциализм как исследование уникальной неповторимости человеческого бытия // Стратегические ресурсы тюменского АПК: люди, наука, технологии: Сборник трудов XVIII международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2024. С. 105–109.

5. Гуторович О.В. Сущность информационно-технологической парадигмы и последствия ее укоренения в обществе // Дискурс. 2019. Т. 5. № 2. С. 16–23.



## **АКТУАЛЬНЫЕ ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В СФЕРЕ ЭНЕРГЕТИКИ**

Федотов Станислав Владимирович<sup>1</sup>, Левина Елена Юрьевна<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань  
<sup>1</sup>stanislav.fedotov.v@tatar.ru

В условиях модернизации и перехода к устойчивым источникам энергии в России инженерное образование должно обеспечивать подготовку кадров, способных эффективно адаптироваться к новым технологическим вызовам. В статье анализируются современные педагогические подходы и их потенциал для подготовки специалистов энергетического профиля. На основе анализа методов, применяемых в профессиональном образовании, обоснована необходимость перехода от компетентностного подхода к проблемно-ориентированному и проектному обучению. Предлагаются адаптивные педагогические стратегии, направленные на развитие трансверсальных навыков и способности студентов к междисциплинарной интеграции.

**Ключевые слова:** инженерное образование, педагогические подходы, энергетика, проблемно-ориентированное обучение, трансверсальные навыки, проектное обучение.

## **CURRENT PEDAGOGICAL APPROACHES IN ENGINEERING EDUCATION: ISSUES AND PROSPECTS FOR TRAINING SPECIALISTS IN THE ENERGY SECTOR**

Fedotov Stanislav Vladimirovich<sup>1</sup>, Levina Elena Yurievna<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>stanislav.fedotov.v@tatar.ru

In the context of modernization and the transition to sustainable energy sources in Russia, engineering education must ensure the training of personnel capable of effectively adapting to new technological challenges. This article analyzes modern pedagogical approaches and their potential for preparing specialists in the energy sector. Based on an analysis of methods used in professional education, the necessity of shifting from a competency-based approach to problem-based and project-based learning is substantiated. Adaptive pedagogical strategies are proposed, aimed at developing transversal skills and students' ability to integrate across disciplines.

**Keywords:** engineering education, pedagogical approaches, energy sector, problem-based learning, transversal skills, project-based learning.

Энергетическая отрасль в России, особенно в контексте перехода на устойчивые источники и повышения энергоэффективности, нуждается в кадрах, которые обладают не только специализированными техническими знаниями, но и гибкостью, способностью к адаптации

и критическим мышлением. Эти требования к специалистам, занятым в энергетике, указывают на необходимость пересмотра традиционных подходов к подготовке инженеров [1, С. 5].

Компетентностный подход, на протяжении долгого времени доминирующий в профессиональном образовании, позволяет студентам приобретать узкоспециализированные навыки. Однако он ограничивает их способность к решению междисциплинарных задач и креативному подходу, что может тормозить развитие инновационного потенциала в условиях динамично меняющейся отрасли [2, С. 7]. Важным направлением для российской системы образования является поиск педагогических моделей, которые будут способствовать интеграции знаний и развивать способность к самообучению и междисциплинарному взаимодействию.

Методологический подход к данному исследованию основан на анализе существующих педагогических подходов и их применении в образовательных учреждениях России. Выбор проектного и проблемно-ориентированного обучения был обусловлен их признанным потенциалом для развития трансверсальных навыков, таких как критическое мышление, гибкость и способность к междисциплинарному взаимодействию. Для проведения анализа были использованы источники, опубликованные в международных и российских журналах за последние десять лет, чтобы оценить как теоретическую, так и практическую ценность каждого из подходов. Основной акцент сделан на исследования, которые подтверждают эффективность этих методов в условиях изменяющегося технологического ландшафта.

Традиционный компетентностный подход в профессиональном образовании, основанный на наборе стандартизированных навыков, долгое время доминировал в учебных заведениях России и других стран. К.Хекель отмечает, что такая модель обучения направлена на выполнение конкретных задач, что формирует фрагментированное понимание профессии [3, С. 25]. С.Биллет добавляет, что компетентностный подход затрудняет развитие гибкости и критического мышления, поскольку образовательный процесс становится более инструментальным, нежели интегративным [4, С. 197].

Современные исследования подтверждают, что проблемно-ориентированное обучение (ПОУ) и проектное обучение (ПРО) представляют собой эффективные альтернативы, которые помогают студентам развивать как практические, так и междисциплинарные навыки. Б. Лукас подчеркивает, что ПОУ способствует формированию критического мышления и способности решать задачи в условиях неопределенности, что является важным для российской энергетики [5, С. 20].

Эти подходы позволяют студентам адаптироваться к новым требованиям и эффективно решать сложные задачи, связанные с устойчивым энергетическим развитием.

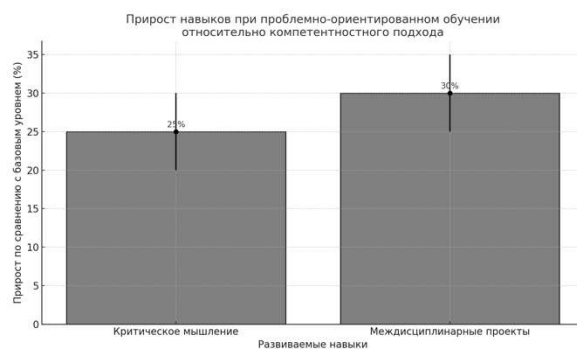
Проектное и проблемно-ориентированное обучение основаны на принципах конструктивизма, где обучение происходит через активное участие и построение новых знаний на основе предыдущего опыта. Также они связаны с деятельностным подходом, ориентированным на выполнение практических задач, и теорией социального взаимодействия, где процесс обучения включает в себя сотрудничество между студентами и преподавателями. Применение этих педагогических теорий обеспечивает более глубокое усвоение знаний и развивает навыки, необходимые для работы в условиях междисциплинарных проектов.

Компетентностный подход, хотя и позволяет приобрести конкретные профессиональные навыки, ограничивает возможности студентов развивать критическое мышление и адаптивные навыки. В российской энергетической сфере, которая требует гибкости и быстрого освоения новых технологий, эти ограничения могут негативно сказываться на качестве подготовки кадров [10, С. 25].

Проблемно-ориентированное и проектное обучение способствуют развитию навыков адаптации, междисциплинарного мышления и командного взаимодействия, что является ключевым для современной российской энергетики. Эти методы обучения дают возможность студентам осваивать знания в реальных или смоделированных условиях, что повышает их готовность к работе в динамичной среде [11, С. 30].

Для подтверждения необходимости внедрения проблемно-ориентированного обучения в российских университетах были рассмотрены данные об успеваемости студентов в различных педагогических подходах. По результатам исследований, проведенных в ряде технических вузов России, было установлено, что студенты, участвующие в проблемно-ориентированных и проектных методах обучения, показывают на 25 % более высокие результаты в развитии навыков критического мышления и на 30% больше склонны к участию в междисциплинарных проектах, по сравнению с теми, кто обучается по компетентностной модели [12, С. 33].

Включение практико-ориентированных методов, таких как лабораторные работы и симуляции, позволяет студентам применять теоретические знания на практике, что необходимо для подготовки инженеров, работающих в сложных условиях энергетической отрасли [13, С. 35].



### Прирост навыков при проблемно-ориентированном обучении относительно компетентностного подхода

В условиях российского рынка труда специалисты, обладающие навыками междисциплинарного взаимодействия и критического мышления, становятся особенно востребованными. ПОУ и ПРО помогают формировать у студентов способность решать комплексные задачи, требующие учета различных факторов — от технических до экономических и экологических [14, С. 38].

Современное инженерное образование в России нуждается в адаптации к вызовам энергетической отрасли, требующей специалистов с широким спектром навыков и гибким подходом к работе. Результаты исследования подчеркивают необходимость использования проблемно-ориентированного и проектного обучения, которые не только улучшают профессиональную подготовку, но и способствуют развитию трансверсальных навыков. Такие методы позволяют выпускникам быстрее адаптироваться к условиям реальной работы и эффективно решать задачи устойчивого энергетического развития.

### Источники

1. Уильямс Дж. Педагогические подходы к профессиональному образованию // Curtin University, 2020. С. 5.
2. Хекель К., Филд С., Джустесен Т.Р., Ким М. Обучение для работы: обзоры профессионального образования и обучения ОЭСР. Париж: ОЭСР, 2008. С. 25.
3. Биллет С. За пределами компетентности: процессный подход к профессиональному образованию // Международный журнал исследований в области обучения. 2016. Т. 14, № 3. С. 197–214.
4. Лукас Б. Педагогика профессионального обучения: отчет ЮНЕСКО-УНЕВОК о виртуальной конференции 12–26 мая // ЮНЕСКО-УНЕВОК, 2014. С. 20.

5. Поллард В., Винсент А., Уилсон Е. Обучение для бытия в профессиональных образовательных степенях // На горизонте. 2016. Т. 23, № 1. С. 7–15.
6. Смит П., Блейк Д. Содействие обучению через эффективное преподавание // Национальный центр исследований в области профессионального образования, 2006. С. 23.
7. Лейв Дж., Венгер Э. Ситуационное обучение: Легитимное периферийное участие // Кембриджский университет, 1991. С. 33.
8. Уилахан Л. Могут ли результаты обучения быть отделены от процесса обучения? // Конференция AVETRA, 2008. С. 35.
9. Кеммис С., Грин А. Педагогические представления учителей профессионального образования // Международный журнал исследований в области обучения. 2013. Т. 11, № 2. С. 30.
10. Ходж С. Обучение на основе компетенций: углубление критики, воображение альтернатив // Международный журнал исследований в области обучения, 2016. Т. 14, № 3. С. 171–179.
11. Робертсон И. Развитие педагогической номенклатуры в австралийском профессиональном образовании // Международный журнал исследований в области обучения, 2009. Т. 7, № 2. С. 106–121.
12. Сефтон Р., Уотерхаус П., Дикин. Возвращение жизни в обучение: Модель интегрированного обучения // Министерство занятости, образования и подготовки Австралии, 1994.
13. Шульман Л. Фирменные педагогики в профессиях // Дедалус, 2005. Т. 134. С. 52–59.

## ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭСТЕТИКИ

Филимонов Сергей Сергеевич<sup>1</sup>, Фёдорова Жанна Викторовна<sup>2</sup>  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
serfv43@gmail.com

В работе проводится анализ технической эстетики как раздела инженерии в контексте визуальной суггестии механизмов и устройств, сочетающих практическое применение и образность. Автор рассматривает механизм как артефакт, наделенный социокультурными смыслами, что позволяет сочетать эстетизацию формы и практичность содержания.

**Ключевые слова:** эстетика, техника, механизм, суггестия, визуальность, практичность.

## PRACTICE-ORIENTED ANALYSIS OF TECHNICAL AESTHETICS

Filimonov Sergey Sergeevich<sup>1</sup>, Fedorova Zhanna Viktorovna<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
serfv43@gmail.com

The paper analyzes technical aesthetics as a branch of engineering in the context of visual suggestion of mechanisms and devices combining practical application and imagery. The author considers the mechanism as an artifact endowed with socio-cultural meanings, which makes it possible to combine the aestheticization of form and the practicality of content.

**Keywords:** aesthetics, technique, mechanism, suggestion, visual, practicality.

В современном мире многие промышленные средства и механизмы, проектируемые инженерами, воспринимаются как некий предмет, несущий единственную – прикладную – функцию. Именно поэтому у дизайнеров и инженеров, создающих продукт, достаточно часто возникают конфликты, связанные с мнением дизайнеров, что механизм или устройство должно не только исполнять свою функцию, но и содержать эстетическую составляющую [1], связанную с визуальным наполнением вещи.

Образоцентричное мышление человека XXI века обусловило восприятие мира в первую очередь в качестве визуальной системы, представляющей собой различные формы выражения ценностей и смыслов: «В визуальных символах, которые становятся инструментом самопрезентации и самоорганизации <...>, фиксируется социокультурное содержание» [2, с. 4]. В этом контексте сформировался «дискурс об образах» [3, с. 86], частью которого стала дискуссия об имагинизации социальной и культурной жизни, о возросшей роли изображения» [4, с. 134].

Техническая эстетика как система визуализации представляет собой теоретический базис, который направляет идеи конструктора на гуманизацию механизма или предмета, имеющего практическое применение, что находит отражение в формах, общей композиции, а в дальнейшем – и в общем проекте какого-либо устройства [5].

XXI век как столетие высоких технологий вносит коррективы в понимание и восприятие технической эстетики, в связи с чем многие производители стремятся следовать тенденции минимализма и «природности». Например, формы многих современных автомобилей повторяют естественные природные формы. Сочетанием «экологичности» и футуризма является Tesla Cybertruck (рис.1), кузов с остроконечными углами которой напоминает большой камень. Такой вид автомобиля сочетает природные элементы и практическое применение: благодаря своеобразным формам и габаритам инженерам удалось достичь хороших аэродинамических показателей и включить в кузов необходимые технические решения. Отчасти автомобиль напоминает космический корабль, олицетворяющий эпоху футуризма и технологичности.



Рис. 1. Tesla Cybertruck в контексте технической эстетики

Любая инновационная продукция визуально должна воздействовать на глубинные субъективные предпочтения человека, который стремится к сближению с природой. Дизайнеры Tesla уделили особое внимание тому, насколько данный автомобиль будет вписываться в общую картину современного мира, присутствует ли связь между составляющими салона и имеется ли общая композиция. Дизайнеру при проектировании необходимо уделять особое внимание каждому элементу создаваемого продукта для того, чтобы изделие олицетворяло целесообразность каждого решения, реализованного в нём, а также техническую законченность. Это делает формы изделия выразительными, притягательными на подсознательном уровне, что непосредственно наделяет продукт эстетической ценностью.

Техническая эстетика проявляется в теории художественного конструирования и проектирования. Она присутствует в общей теории дизайна, функционирует посредством взаимодействия техники, искусства и природы.

Компетентность в данной отрасли определяется корреляцией социально-гуманитарных, технических и естественнонаучных знаний, что обуславливает «взаимодействие естественных наук и других – точных, технических, социальных, гуманитарных, экономических – отраслей научного знания» [6, с. 408–409], при этом технические науки должны строиться на идеях гуманизма и ответственности.

### Источники

1. Соколова В.А. Технология. Конструирование и моделирование. М.: Дрофа, 2015. 144 с.
2. Авдошин Г.В., Федорова Ж.В. Digital-текст: визуальные практики и нарративные возможности // Реклама и связи с общественностью: традиции и инновации: материалы X Международной научно-практической конференции. Р-н-д.: РГУПС, 2023. С. 4–7.
3. И.Н. Взаимосвязь материального и смыслового в иконическом опыте // Вестник Томского гос. пед. ун-та. Философия. Социология. Политология. 2011. № 4 (16). С. 86–93.
4. Савчук В.В. Иконический поворот // Философские науки. 2010. № 5. С. 134–139.
3. Тимиркаева А.В. Техническая эстетика в технологии и дизайне [Электронный ресурс] // StudNet. 2021. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnicheskaya-estetika-v-tehnologii-i-dizayne> (дата обращения: 06.11.2024).
6. Федорова Ж.В. Взаимодействие естественнонаучных и социально-гуманитарных наук в системе образования // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве. Материалы VII Национальной научно-практической конференции. Казань: КГЭУ, 2022. С. 406–409.



## ВЛИЯНИЕ МОТИВАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИИ

Халиулина Диляра Наилевна<sup>1</sup>, Замалетдинова Лилия Равилевна<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань  
<sup>1</sup>khaliul2004@gmail.com, <sup>2</sup>lilia384@mail.ru

В статье излагается определяющая роль мотивационных факторов, дается определение стимулирующих факторов и их значение на рабочий процесс. Рассмотрены виды материальных и нематериальных стимулов в управлении, а также приведен анализ мотивационных факторов

**Ключевые слова:** управление, мотивационные факторы, стимул, рабочий процесс, анализ, управление персоналом.

## THE INFLUENCE OF MOTIVATIONAL FACTORS ON THE EFFICIENCY OF WORK IN THE ENTERPRISE

Khaliulina Dilyara Nailevna<sup>1</sup>, Zamaletdinova Lilia Ravilevna<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>khaliul2004@gmail.com, <sup>2</sup>lilia384@mail.ru

The article outlines the determining role of motivational factors, defines stimulating factors and their importance on the workflow. The types of material and non-material incentives in management are considered, as well as an analysis of motivational factors

**Keywords:** management, motivational factors, incentive, workflow, analysis, personnel management.

Мотивация персонала – это комплекс мер, направленных на повышение производительности и продуктивности работников. Стимулирование сотрудников заключается в действиях руководства, нацеленных на привлечение и удержание интересных предприятию кадров, с целью получения максимальной отдачи от их труда. Эффективно трудиться будет только тот наемный работник, который положительно относится к своей деятельности, получает от нее удовольствие и выгоду, видит дальнейшие перспективы.

Правильно работающая система мотивации должна:

1. Повышать у персонала желание усердно выполнять служебные обязанности.
2. Стимулировать их к активности и инициативности в своей ежедневной рабочей деятельности.
3. Поддерживать целеполагание и стремление к достижению поставленных целей.

Для человека мотивация – это важнейший элемент, побуждающий человека к достижению своих личных целей. В рамках организации мотивация является важной для повышения удовлетворенности сотрудников. Кроме того, мотивация побуждает человека расширять свои знания, исследовать и раскрывать все свои возможности и потенциал. Соответственно, с организационной точки зрения мотивация ведет к эффективному отношению к труду, быстрой адаптации к изменениям и большей креативности [12, с. 59].

Основа успешной работы на современных предприятиях – это, прежде всего, справедливая оплата труда. Чтобы работа соответствовала результатам и имела достойную оплату, необходимо учитывать такие показатели, как квалификация, опыт и стаж работы, профессионализм, инициатива, стремление к совершенствованию и т.д. Если руководитель объективно оценивает работу персонала и при этом непредвзято относится к своим коллегам, это вдохновляет сотрудников на работу и раскрывает их потенциал. И наоборот, если руководитель ставит сотрудников в сравнение между собой и выделяет кого-либо, это вызывает недовольство персонала и повышает текучесть кадров [4].

Материальные методы мотивации персонала могут в себя включать:

1. Стабильная оплата труда с выплатой зарплаты в полном объеме.
2. Полный социальный пакет с оплатой больничных и разнообразными компенсациями
3. Приобретение путевок в дома отдыха (санатории).

Материальная мотивация трудовой деятельности персонала в организации – почти беспроблемный вариант. Важно установить четкие критерии ее получения, чтобы у сотрудников был стимул трудиться эффективнее ради вознаграждения сверх стандартного оклада.

Нематериальные методы мотивации предполагают:

1. Проведение различных корпоративных мероприятий для сплочения команды и поднятия ее боевого духа (тимбилдинг).
2. Организация тренингов, направленных на повышение квалификации персонала.
3. Налаживание обратной связи от персонала к руководителям, возможность быть услышанным для каждого рядового сотрудника.

Нематериальные методы мотивации сложнее применять в управлении, так как становится необходимым учитывать особенности характера сотрудников, их предпочтения и межличностные отношения в коллективе. Мотивация персонала является важнейшим фактором достижения экономических и социальных целей предприятий, способствует не только их выживанию, но и развитию. Вместе с тем на многих российских предприятиях проблемы мотивации персонала стали не только типичными, но и застаревшими. Об этом свидетельствуют исследования, посвященные вопросам отчужденности труда от собственности, управления, распределения доходов [15].

Для повышения интереса к работе можно рекомендовать также использование метода «инициативной группы», когда самых активных сотрудников включают в группу принимающих решения, касающиеся всего коллектива. Например, какие изменения можно внести в процесс работы, чтобы увеличить скорость обработки кредитных заявок и т.п. Это позволяет сотрудникам чувствовать свою ответственность и ощущать значимость [Cohen, 1999]. Мотивационное состояние сотрудников в полной мере влияет на производительность труда, поэтому важно учитывать не только материальные и нематериальные стимулы труда, но и другие факторы. К факторам, влияющим на мотивационные состояния работников организации, относятся такие, как потребности, мотивы, установки, сила воли человека, социализация личности, мотивационные ожидания, ценностные ориентации, эмоции и другие факторы [107].

Таким образом, роль мотивационных факторов на рабочий процесс, на предприятии имеет важное значение. В ходе анализа влияния различных мотивирующих факторов на работу сотрудников было установлено, что правильно организованная система стимулов является ключевым инструментом, способным значительно повысить производительность и уровень удовлетворенности сотрудников. В современных условиях, когда конкуренция за талантливых работников становится все более острой, работодателям необходимо уделять особое внимание разработке всесторонних и всевозможных систем мотивации. Ключевым фактором, способствующим улучшению рабочих показателей, является система материальных и нематериальных стимулов.

### **Источники**

1. Бонйани А. Влияние мотивации персонала на эффективность деятельности предприятия [Электронный ресурс] // Human Progress. 2021. Том 7, Вып. 1. С. 1. URL: [http://progresshuman.com/images/2021/Том7\\_1/Vonyani.pdf](http://progresshuman.com/images/2021/Том7_1/Vonyani.pdf), свободный. DOI: 10.34709/ИМ.171.1.
2. Одегов Ю.Г., Руденко Г.Г., Апенько С.Н., Мерко А.И. Мотивация персонала: учеб. пособие, практ. задания (практикум). М.: АльфаПресс, 2010. 640 с.
3. Russian Journal of Management. 2017. Т. 5, № 4.
4. Лобанова Т.Н. Взаимосвязь увлеченности, мотивационных и гигиенических факторов с трудовыми интересами работников // Психологические исследования. 2022. Т. 15, № 81. С. 7.
5. Токарева, Ю.А. Мотивация трудовой деятельности персонала: комплексный подход: монография / Ю.А. Токарева, Н.М. Глухенькая, А.Г. Токарев; Урал. федер. ун-т им. Б.Н. Ельцина, Шадр. гос. пед. ун-т. Шадринск : ШГПУ, 2021. 216 с.

## НЕКОТОРЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ТРАНСФОРМАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Чечин Илья Игоревич<sup>1</sup>, Завада Галина Владимировна<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

<sup>1</sup>chechin.2018@mail.ru, <sup>2</sup>g.zavada@mail.ru

В тезисе показаны некоторые направления трансформации энергетического дополнительного профессионального образования. Среди основных направлений выделены: разработка специализированных программ повышения квалификации исходя из контекста тем, связанных с преобразованием энергии; адаптация содержания программ к потребностям отрасли; использование цифровых технологий и онлайн-обучения; практические стажировки и программы дуального обучения; интеграция междисциплинарных знаний и др.

**Ключевые слова:** дополнительное профессиональное образование, повышение квалификации трансформация

## SOME DIRECTIONS OF TRANSFORMATION OF ENERGY ADDITIONAL PROFESSIONAL EDUCATION

Чечин Илья Игоревич<sup>1</sup>, Zavada Galina Vladimirovna<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan

<sup>1</sup>chechin.2018@mail.ru, <sup>2</sup>g.zavada@mail.ru

The thesis shows some directions of transformation of energy additional professional education. Among the main areas highlighted are: the development of specialized professional development programs based on the context of topics related to energy conversion; adaptation of the content of programs to the needs of the industry; the use of digital technologies and online learning; practical internships and dual training programs; integration of interdisciplinary knowledge, etc.

**Keywords:** additional professional education, professional development transformation

Сегодня трансформация энергетики рассматривается как сложный процесс перехода от ископаемого топлива к возобновляемым источникам, включающий в себя: развитие технологий солнечной, ветровой и водородной энергетики; повышение энергоэффективности и минимизацию потерь энергии; внедрение цифровых технологий для управления и оптимизации энергетических систем. Энергетическая трансформация в системе повышения квалификации является важным направлением, позволяющим адаптировать уже работающих специалистов, преподавателей и студентов к меняющимся потребностям рынка труда в области устойчивой энергетики.

Выявим некоторые направления трансформации энергетического дополнительного профессионального образования:

1. Разработка специализированных программ повышения квалификации исходя из контекста тем, связанных с преобразованием энергии:

- основы возобновляемых источников энергии (энергия солнца, ветра, гидро- и биомассы);
- энергоэффективность и энергосбережение зданий, промышленных объектов и транспорта;
- экологический менеджмент и устойчивое развитие — обучение экологически обоснованным практикам и внедрению устойчивых решений в производственные и бытовые процессы.

Эти программы могут быть адаптированы для различных уровней подготовки: от базовых курсов для начинающих до специализированных модулей для продвинутых специалистов [1].

2. Адаптация содержания программ к потребностям отрасли.

Важно, чтобы программы повышения квалификации были ориентированы на реальные потребности рынка и соответствовали новым технологиям и требованиям законодательства [2], такие как:

- знания в области установки и обслуживания оборудования для использования возобновляемых источников энергии;
- навыки управления проектами по модернизации энергетической инфраструктуры;
- понимание правил и стандартов, связанных с устойчивым развитием.

3. Использование цифровых технологий и онлайн-обучения.

Онлайн-форматы позволяют студентам из разных регионов и стран получать знания в области устойчивой энергетики без необходимости физического присутствия. Такие программы включают в себя вебинары и семинары с приглашенными экспертами из энергетической отрасли; виртуальные тренажеры, позволяющие моделировать энергетические системы и изучать их работу в условиях изменяющихся параметров.

4. Практические стажировки и программы дуального обучения.

Для более глубокого погружения в профессию и приобретения практических навыков могут быть организованы стажировки на предприятиях, работающих в сфере возобновляемой энергетики. В рамках дуального образования студенты могут проводить часть своего времени в аудиториях, изучая теоретические основы, а затем применять знания на практике в реальных условиях работы [3].

5. Интеграция междисциплинарных знаний.

Для комплексного подхода к преобразованию энергетики полезно ввести междисциплинарные курсы, охватывающие: физику и механику возобновляемых источников энергии; экономику и финансирование проектов в области устойчивой энергетики; правовые аспекты, связанные с экологическими стандартами и регулированием энергопотребления; социология и психология для формирования культуры устойчивого потребления.

Такие курсы позволяют специалистам увидеть более полную картину трансформации энергетики и решать задачи на стыке разных областей знаний [4].

#### 6. Оценка компетентности и сертификация.

Программы повышения квалификации должны включать систему сертификации, подтверждающую, что выпускники обладают необходимыми знаниями и навыками. Например, успешное прохождение курсов может быть подтверждено сертификатами, признанными в профессиональном сообществе, которые будут полезны при трудоустройстве или продвижении по службе.

#### 7. Мотивация и поддержка преподавателей в области преобразования энергии.

Для эффективного обучения необходимо, чтобы сами преподаватели также проходили обучение по новым направлениям в области устойчивой энергетики [5]. Для этого можно организовать курсы повышения квалификации для преподавателей, предлагая программы по современным методам преподавания и использования цифровых технологий в образовании; инновационным практикам в области устойчивой энергетики и др.

#### 8. Развитие образовательных экосистем для непрерывного обучения.

Трансформация энергетики требует постоянного обновления знаний, поскольку технологии развиваются быстрыми темпами. Для этого можно создавать образовательные экосистемы, в рамках которых сотрудники и специалисты смогут получать поддержку и консультации экспертов, пользоваться онлайн-библиотеками, участвовать в онлайн-сообществах и обмениваться опытом.

Энергетическая трансформация в системе повышения квалификации направлена на подготовку специалистов, способных решать задачи устойчивого развития и перехода на возобновляемые источники энергии. Это предполагает разработку специализированных программ, учитывающих текущие потребности отрасли и включающих изучение новых технологий, энергоэффективности и экологического менеджмента.

В конечном счете, такая система обучения позволяет адаптироваться к быстрым изменениям и готовит специалистов, способных внести свой вклад в устойчивое и экологически безопасное будущее студентов.

### **Источники**

1. Развитие «зелёной» экономики в развивающихся странах: проблемы и перспективы Гурбанов М., Атаева Г., Алиджанова М.

2. Кравец М. Разработка и вывод на рынок инновационных программных продуктов

3. Зязева О.Д. Теоретические аспекты внедрения практико-ориентированного (дуального) обучения в образовательный процесс колледжа // Инновационное развитие профессионального образования. 2017. № 2 (14). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/teoreticheskie-aspekty-vnedreniya-praktiko-orientirovannogo-dualnogo-obucheniya-v-obrazovatelnyy-protsess-kolledzha> (дата обращения: 30.10.2024).

3. Воротницкий В.Э. О цифровизации в экономике и электроэнергетике.

4. Борисенко К.Е., Болотова О.В. Аттестация как инструмент мотивации и профессионального роста сотрудников

5. Фоломеев Ю.Н. Проблемы характеристики научно-исследовательской деятельности / Ю.Н. Фоломеев, Т.В. Фоломеева // Человеческий капитал: электронный журнал. 2019. 10 дек. URL: <https://humancapital.su/publikacii/vypusk-12-132-2019/> (дата обращения: 10.10.2024).

## **АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ПО ЭКСЕРГЕТИЧЕСКИМ, ЭКОНОМИЧЕСКИМ И ЭКОЛОГИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ**

Шагеев Марат Фаридович

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
m\_f\_sh@rambler.ru

Рассмотрен комплексный метод анализа, основанный на энергетических, эксергетических, экономических и экологических оценках. Метод применяется к отдельным процессам преобразования энергии в энергетических объектах. Предложены общие соображения об эффективности различных подходов. Выбросы в окружающую среду также оцениваются. Соответственно определяются и обсуждаются подходящие показатели эффективности, разработанные в рамках предлагаемой методологической основы.

**Ключевые слова:** хранение энергетических ресурсов, эксергетический анализ, экология, оценка жизненного цикла.

## **ANALYSIS OF ENERGY CONVERSION PROCESSES BY EXERGY, ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL PARAMETERS**

Shageev Marat Faridovich

FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
m\_f\_sh@rambler.ru

A comprehensive analysis method based on energy, exergy, economic and environmental assessments is considered. The method is applied to individual energy conversion processes in energy facilities. General considerations on the effectiveness of various approaches are proposed. Emissions to the environment are also assessed. Accordingly, suitable performance indicators developed within the proposed methodological framework are determined and discussed.

**Keywords:** energy resource storage, exergy analysis, ecology, life cycle assessment.

Проблемы, связанные с энергетикой будут становиться все более и более важными в последующие годы. Растущий спрос на энергию в различных странах связан с ежедневным снижением хранилища энергоресурсов, рост стоимости первичного топлива и значительное воздействие на окружающую среду связанные с их эксплуатацией, являются последствиями, не стабильной политической обстановкой в мире.

Сложность проблем, которые необходимо учитывать при оценке энергетических систем в рамках социальной и экологической динамики, предполагает комбинированное и комплексное использование нескольких методов, каждый из которых касается конкретных аспектов и дает лишь один фрагмент всей мозаики.



Поскольку явные отношения между различными аспектами одного и того же процесса очень трудно найти, полезные сведения о поведении системы можно получить путем сравнения эмпирических и расчетных параметров и индексов, полученных с помощью разных, но дополняющих друг друга методов.

Было предложено несколько методов для анализа систем преобразования энергии и предоставления информации с разных точек зрения. В области энергетических исследований следует особо отметить метод оценки жизненного цикла (ОЖЦ) [1], термоэкономическую теорию [2, 3], эксергетический анализ [4–6], экологическую теорию [7].

Метод ОЖЦ довольно популярный, но не способный охарактеризовать качество энергии согласно второму закону баланса, и классической термоэкономической теории, не направленных на оценку потребности процесса в поддержке окружающей среды.

Был использован эффективный инструмент оценки эффективности процессов преобразования энергии с разных точек зрения и предложен набор подходящих показателей для многокритериальной оценки. Рассмотрено несколько подходов, уже используемых для эксергетического, экономического и экологического анализа.

Когда целью оценки является минимизация количества затрат (энергии, материалов или денег), требуемых на единицу продукции, границей системы вполне могут быть ее физические границы. Когда оптимизация и распределение ресурсов должны оцениваться по иным критериям, чем минимизация, граница может быть расширена до локального или регионального масштаба, чтобы включить цепочку процессов или рыночные механизмы. Анализ встроенной энергии, экономический анализ, ОЖЦ и другие подходы, основанные на эксергии, очень хорошо работают в данном случае. Другие подходы решают проблемы, выходящие за рамки процессов и региональных масштабов, и пытаются оценить динамику экологической поддержки системы с учетом более крупного масштаба биосферы, загрязнителей.

Подход, основанный на интеграции нескольких методов анализа процессов преобразования энергии, приводит к лучшему пониманию эксергетических, экономических и экологических характеристик процесса преобразования энергии. Использование такого подхода для планирования использования энергии и ресурсов может поддерживать стратегии по сохранению ресурсов и лучшему соотношению использования с качеством ресурсов.

## Источники

1. Badino V, Baldo GL. LCA, instructions for use. Bologna: Progetto Leonardo Ed; 1998.
2. Aghbashlo M, Rosen M.A. Consolidating exergoeconomic and exergo-environmental analyses using the emergy concept for better understanding energy conversion systems // J. Clean. Prod. 2018. Vol. 172. Pp. 696–708.
3. Lozano M/A, Valero A. Theory of the exergetic cost // Energy. 1993. Vol. 18, Iss. 9. Pp. 939–960.
4. Sciubba E. Beyond thermoeconomics? The concept of extended exergy accounting and its application to the analysis and design of thermal systems // Exergy An. Int. J. 2001. Vol. 1. Pp. 68–84.
5. Szargut J. Depletion of unrestorable natural exergy resources as a measure of the ecological cost // Proceedings of ECOS – 99. Tokyo, Japan. 1999. Pp. 42–45.
6. Назмеев Ю.Г., Шагеев М.Ф., Будилкин В.В. Тепловой и термодинамический анализ эффективности резервного мазутного хозяйства ТЭС с трубопроводным снабжение мазутом // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2001. № 5-6. С. 8–18.
7. Aghbashlo M, Rosen M.A. Exergoeconoenvironmental analysis as a new concept for developing thermodynamically, economically, and environmentally sound energy conversion systems / J. Clean Prod. 2018. Vol. 187. Pp. 190–204.

## ЭКСЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБЩЕСТВА

Шагеев Марат Фаридович

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

m\_f\_sh@rambler.ru

Дана оценка эксергии материальных потоков в обществе. Общий ежегодный вклад эксергии на душу населения в обществе варьировался более чем на один порядок. Обсуждается метод эксергетического анализа общества. Такой анализ можно использовать в качестве средства для повышения осведомленности о понятии качества энергии и деградации.

**Ключевые слова:** эксергия, общество, экология, термодинамика, эксергетический анализ, эксергетическая эффективность.

## EXERGY EFFICIENCY OF SOCIETY

Shageev Marat Faridovich

FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan

m\_f\_sh@rambler.ru

An assessment of the exergy of material flows in society is given. The total annual per capita exergy contribution in society varied by more than one order of magnitude. A method for exergy analysis of society is discussed. Such analysis can be used as a means to raise awareness of the concept of energy quality and degradation.

**Keywords:** exergy, society, ecology, thermodynamics, exergy analysis, exergy efficiency.

Эффективное использование энергии было в центре внимания общественных дебатов в течение многих десятилетий [1]. Общественность и политики требовали, а инженеры и промышленность поставляли автомобили с меньшим расходом топлива или электромобили, холодильники, потребляющие меньше электроэнергии, дома с лучшей изоляцией и электростанции с более высоким КПД. Однако меньше внимания уделяется структуре энергопотребления в обществе; то есть, для чего в обществе используют энергию, и какую форму энергии в обществе используют. Традиционный автомобиль может потреблять меньше бензина, а электромобиль может потреблять меньше электроэнергии, но если мы ездим больше, мы все равно используем больше бензина (электроэнергии). Один дом может нуждаться в меньшем количестве тепла, но изменения в структуре семьи приводят к увеличению числа домов. Электростанции более эффективны, но потребители используют больше электроэнергии.

Увеличение потребления электрической энергии приводит к загрязнению окружающей среды электростанциями. Такие вопросы связаны с личными решениями, принимаемыми отдельными людьми, и не могут быть решены инженерами. Однако можно использовать термодинамику, чтобы пролить свет на эти вопросы.

Для термодинамики вышеперечисленные вопросы связаны с первым законом термодинамики. Термин «энергия» относится к теплотворной способности энергоносителя, будь то топливо, электричество, геотермальное или солнечное тепло. Сочетание первого и второго начала термодинамики приводит к понятию эксергии. Это максимальная механическая работа, которую теоретически можно получить от количества энергии. Его можно рассматривать как меру качества энергии. Таким образом, энергия имеет не одно, а два значения: количество тепла и количество работы. Для большинства политиков это далеко за пределами «сложных дел». Поэтому существует острая необходимость в разработке инструментов, которые могут визуализировать понятие качества энергии и использования эксергии [2, 3]. Одним из таких инструментов является эксергетический анализ общества.

Конкретной термодинамической системой является общество, например, страны или региона. Из ежегодников и других статистических изданий нам известны энергетические балансы для таких систем. Балансы эксергии для тех же систем не так уж и обычны. На самом деле таких анализов немного.

Эксергетический анализ стран можно разделить на два типа. Первый тип анализа соответствует подходу Рейстада [4]. Здесь рассматриваются потоки энергоносителей для использования энергии. Конечное использование делится на три сектора: промышленность, транспорт и жилищно-коммерческий сектор. Последний включает дома, офисы, коммунальные услуги, здравоохранение, гостиницы, торговлю и т. д. Энергетический сектор с нефтепереработкой, производством и распределением электроэнергии рассматривается отдельно или может быть легко отделен от промышленного сектора. Потоки энергоносителей для неэнергетического использования не включены в этот анализ.

Второй тип анализа соответствует подходу Уолла [5, 6]. Здесь учитываются все виды энергетических и материальных потоков. Помимо энергоносителей для энергетического использования, эти потоки охватывают древесину для строительных материалов и для целлюлозно-бумажной промышленности, заготовленные продукты питания и корма, нефть и газ для нефтехимической промышленности, руды и полезные ископаемые, а также продукты из этого сырья. Кроме того, в этом подходе конечное использование детализируется в различных секторах. Это требует более подробной статистики и моделей использования энергии.

Первый вывод состоит в том, что общая эффективность эксергии кажется независимой от использования эксергии на душу населения. Вклад на душу населения колеблется в пределах одного порядка. Во-вторых, почти все анализы дают эксергетическую эффективность конечного использования в диапазоне примерно от 20 до 30%.

Средние отраслевые эксергетические эффективности получают двумя способами. Для некоторых секторов известны как входные, так и выходные параметры. Так обстоит дело, например, с металлургической и бумажной промышленностью. Для других секторов затраты известны, тогда как эксергетическая эффективность и выпуск основаны на определенных допущениях.

### **Источники**

1. Velenturf, A.P.M., Purnell, P. Principles for a sustainable circular economy. *Sustain. Prod. Consum.* v.27, 2021, 1437-1457.
2. Szargut J. Depletion of unrestorable natural exergy resources as a measure of the ecological cost *Proceedings of ECOS'99, Tokyo, Japan 1999* p. 42-5.
3. Назмеев Ю.Г., Шагеев М.Ф., Будилкин В.В. Тепловой и термодинамический анализ эффективности резервного мазутного хозяйства ТЭС с трубопроводным снабжением мазутом// *Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики.* 2001. № 5-6. С. 8-18.
4. Reistad GM. Available energy conversion and utilization in the United States. *ASME J Eng Power* 1975;97:429–34.
5. Wall G. Exergy — a useful concept within resource accounting. Report No. 77-42. Go'teborg (Sweden): Institute of Theoretical Physics, Chalmers University of Technology and University of Go'teborg, 1977.
6. Wall G. Exergy conversion in the Swedish society. *Resour Energy* 1987;9(1):55–73.

## ВНЕДРЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАЗОВАНИЕ В СФЕРЕ ИНЖЕНЕРИИ

Шипиловских Никита Александрович<sup>1</sup>, Щербенев Николай Андреевич<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>retman41@mail.ru, <sup>2</sup>kolasi0978@mail.ru

В данной работе анализируется внедрение современных технологий в инженерное образование в регионах с целью повышения качества обучения и подготовки специалистов к изменяющимся условиям рынка труда. Предлагаются практические рекомендации по созданию учебных программ и методик, а также акцентируется внимание на значимости сотрудничества между вузами, предприятиями и государственными органами для успешной интеграции инноваций в образовательный процесс.

**Ключевые слова:** инновационные подходы, подготовка специалистов, образовательная система, развитие территорий, технологические достижения, прогресс в учебном процессе, обучение студентов, улучшение качества образования, инженерные навыки.

## INTRODUCTION OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN ENGINEERING EDUCATION

Shipilovskikh Nikita Aleksandrovich.<sup>1</sup>, Scherbenev Nikolay Andreevich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>retman41@mail.ru, <sup>2</sup>kolasi0978@mail.ru

This paper analyzes the introduction of modern technologies in engineering education in the regions in order to improve the quality of education and training of specialists to the changing conditions of the labor market. Practical recommendations for the creation of training programs and methods are offered, as well as the importance of cooperation between universities, enterprises and government agencies for the successful integration of innovations in the educational process is emphasized.

**Key words:** innovative approaches, training of specialists, educational system, territorial development, technological achievements, progress in the educational process, student learning, improving the quality of education, engineering skills.

В современном обществе всё больше осознаётся важность инженерного образования для прогресса и развития [1]. С учётом растущих технологических вызовов и необходимости постоянной адаптации к быстро меняющемуся миру, методы преподавания в инженерных учебных заведениях активно развиваются. Одной из главных задач этих изменений является повышение качества обучения и внедрение новых методик

и подходов, которые помогут выпускникам инженерных специальностей успешно справляться с будущими вызовами и реализовывать инновационные идеи.

Инновации в инженерном образовании включают использование онлайн-платформ для получения обратной связи, разработку индивидуализированных учебных планов, организацию наставничества и реализацию междисциплинарных проектов, что способствует развитию коммуникативных навыков студентов [2, 3]. Международное сотрудничество позволяет участникам глобальных проектов расширять свои горизонты. Основная цель инженерного образования заключается в подготовке студентов к успешной карьере, обеспечивая их необходимыми техническими и мягкими навыками, такими как гибкость мышления, способность работать в команде и осознание социальных и экологических аспектов.

Студенты, работая над реальными проектами, развивают навыки анализа и решения сложных задач, применяя свои знания на практике. Учебные заведения предлагают стажировки, что позволяет получить ценный опыт и развить профессиональные навыки. Переход к междисциплинарным программам расширяет горизонты студентов и улучшает качество решения современных проблем [4]. Например, курс "Наука о материалах" охватывает свойства, методы производства и применение материалов в различных сферах. Практическое и междисциплинарное обучение играет важную роль в подготовке студентов к требованиям рынка труда, развивая их технические, творческие и аналитические способности.

В современных проектах важно сотрудничество специалистов из разных областей, таких как дизайн, биология и юриспруденция, для создания инновационных и устойчивых решений. Интеграция междисциплинарных знаний в инженерное образование способствует развитию не только технических навыков, но и способности работать в команде [5]. Ультразвуковая диагностика становится ключевым инструментом в инженерии, позволяя обнаруживать дефекты в материалах и оценивать их влияние на прочность изделий. Это особенно актуально в сферах, где безопасность имеет первостепенное значение, таких как авиация, медицина и энергетика, обеспечивая более точные и надежные проверки.

В заключение стоит подчеркнуть, что внедрение инновационных технологий в инженерное образование на региональном уровне является ключевым элементом развития образовательной системы. Это способствует тому, чтобы студенты осваивали актуальные инженерные навыки и были готовы к успешной профессиональной деятельности в будущем.

Развитие образования через инновации не только улучшает качество обучения, но и усиливает конкурентоспособность региональных экономик в целом. Важно продолжать совершенствовать педагогические методы, активно интегрировать цифровые технологии и обеспечивать постоянное повышение квалификации преподавателей, чтобы образование соответствовало современным требованиям и вызовам времени.

### **Источники**

1. Жанназарова Г.К. Научно-технический прогресс – положительные и отрицательные стороны / Г.К. Жанназарова, Р.Н. Талипова // Молодой ученый. 2016. № 21.1 (125.1). С. 16–19.

2. Воробьева И.М. Усиление роли инженерного образования и практической составляющей образовательных программ в техническом вузе / И.М. Воробьева // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). С. 1304–1307.

3. Серова О.В. Применение проектного метода в организации учебного процесса студентов / О.В. Серова // Проблемы и перспективы развития образования: матер. I Междунар. науч. конф. Пермь : Меркурий, 2011. Т. 2. С. 132–134.

4. Тимошенко С.П. инженерное образование в России / С.П. Тимошенко. М.: Вините, 1997. 83 с.

5. Шайдулина А.А. О применении инновационных подходов в процессе обучения / А.А. Шайдулина, О.О. Мамадалиев // Молодой ученый. 2016. № 6 (110). С. 839–841.



## Направление 5. ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

УДК 621.37

### МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ

Ахметвалеева Ляля Вахитовна<sup>1</sup>, Калинин Дмитрий Николаевич<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>alvkgeu@mail.ru, <sup>2</sup>dmitrij\_kalinin\_85@list.ru

В современном мире, развитие и усовершенствование систем безопасности, охранных сигнализаций, систем контроля доступа, напрямую и неразрывно связано с процессами, отвечающими за автоматизацию и интеграцию, касающиеся не только собственных систем безопасности, но и всех систем, созданных для автоматизации управления жизнеобеспечением и функционированием объекта, будь то жилой дом, офис, предприятие. Модернизация блоков управления и отображения информации является одним из ключевых требований в системах безопасности.

**Ключевые слова:** центральный процессорный блок, сетевые устройства, терминал управления, контроль доступа.

### MODERNIZATION OF SECURITY ALARM SYSTEMS

Akhmetvaleeva Lyalya Vakhitovna<sup>1</sup>, Kalinin Dmitry Nikolaevich<sup>2</sup>,  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
1alvkgeu@mail.ru, 3dmitrij\_kalinin\_85@list.ru

In the modern world, the development and improvement of security systems, burglar alarms, access control systems is directly and inextricably linked with the processes responsible for automation and integration, concerning not only their own security systems, but also all systems created to automate life support and operation management object, be it a residential building, office, enterprise. Modernization of control units and information display is one of the key requirements in security systems.

**Key words:** central processing unit, network devices, control terminal, access control.

Структурно информационные системы безопасности (ИСБ) представляют собой специализированную локальную вычислительную сеть (ЛВС), состоящую из основного прибора – БЦП, к которому подключаются сетевые приборы (СУ). В таких устройствах включение СУ к БЦП выполняется при поддержке интерфейса RS-485. Данный интерфейс представляет собой разновидность интерфейсов поочередной передачи данных для создания локальных сетей контроллеров управления, специализированных для промышленного использования, и, в соответствии с этим, содержит довольно высокую помехоустойчивость и скорость

передачи данных [1]. В качестве физической среды передачи данных применяется симметричная витая пара проводов. Основные качества RS-485 - большая длина части связи (1200 м), высокая помехоустойчивость, низкая степень напряжения в части связи интерфейса. Стандартный интерфейс RS-485 не допускает ветвления части связи на участках[2],[3]. Это связано с тем, что ответвления нарушают волновое противодействие части связи и в соответствии с этим затрудняют ее согласование. Для согласования волнового сопротивления части связи в интерфейс нужно подключить согласующие резисторы. Резисторы подключаются к части связи в 2-ух более удаленных точках пространства включения СУ.

В случае надобности прирастить линию связи с СУ, мы используем приборы БРЛ-03, которые дают возможность гарантировать удлинение части связи с СУ, гальваническую развязку участков части связи, а еще ветвление части связи. Схема включения БРЛ-03 в линию связи приведена на рисунке 1.

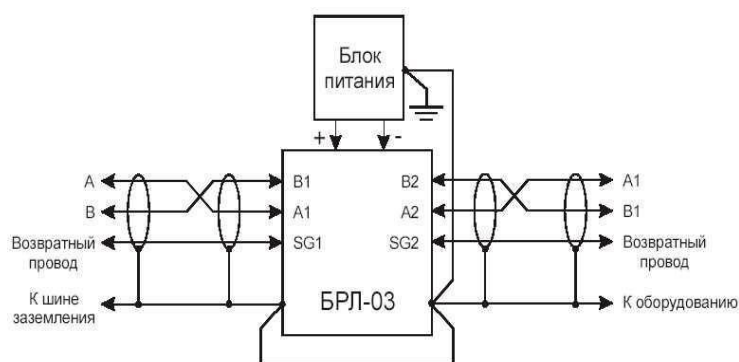


Рис. 1. Схема подключения БРЛ в линию связи

Для увеличения стойкости к электрическим помехам мы рекомендуем применять экранированную витую пару, а заземление экрана выполнить в одной точке - в точке заземления БЦП, как это представлено на рисунке 2. В связи с этим, линия связи с СУ в большинстве систем безопасности реализуются с внедрением интерфейса последовательной передачи данных RS-485[4].

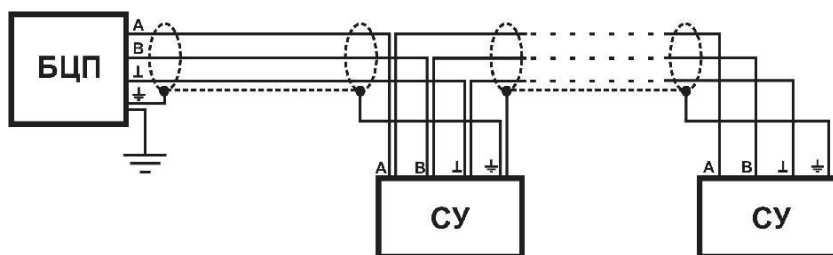


Рис. 2. Заземление БЦП

Этот интерфейс имеет свои достоинства. Однако временами возникает задача обеспечения связи между СУ в системе, в которой или использование витой пары не видится вероятным (наличие мощных источников ЭМ излучения, географические, архитектурные, особенности объекта, гигантская удаленность и т.д.), или нужно применить существующие каналы связи (*Ethernet*, ВОЛС, выделенные телефонные линии).

### Источники

1. Информационно-технический журнал «Техника охраны». М.: НИЦ «Охрана» ВНИИПО МВД России, 2017. 111 с.
2. Крахмалев А.К. Принципы построения комплексов технических средств безопасности. // Информатизация правоохранительных систем – 99: сб. тез. докл. VIII Междунар. конф. М.: Академия управления МВД РФ. 2018. 354 с.
3. Иванова В.Р., Иванов И.Ю., Новокрещенов В.В. Структурный и параметрический синтез алгоритмов противоаварийного управления для реализации адаптивной частотной делительной автоматики электротехнических систем // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2019. Т. 22, № 4. С. 66–76.
4. Крахмалев А.К. Электронные системы безопасности. Интеграция технических средств // «Живая электроника России. Приборы – Системы – Интегрированные системы». 2018. 215 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ И ИНТЕГРИРОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ В МИКРОКОНТРОЛЛЕРАХ СЕРИЙ AVR ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

Ахметвалеева Ляля Вахитовна<sup>2</sup>, Кадыров Рамиль Радикович<sup>1</sup>  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,  
г. Казань

<sup>1</sup>alvkgeu@mail.ru, <sup>2</sup>ramil.caditov2017@gmail.com

В статье описывается возможность интеграции интеллектуальных систем в микроконтроллеры серии AVR, а именно семейств megaAVR и xmegaAVR. Рассматриваются их возможности и ограничения.

**Ключевые слова:** интеллектуальные системы, вычисления, алгоритм, интеграция, микроконтроллер, AVR, TinyML, TensorFlow Lite for Microcontrollers.

## RESEARCH AND INTEGRATION OF INTELLIGENT SYSTEMS IN AVR SERIES MICROCONTROLLERS IN THE DESIGN OF ELECTRONIC DEVICES

Akhmetvaleeva Lala Vahitovna<sup>1</sup>, Kadyrov Ramil Radickovich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>alvkgeu@mail.ru, <sup>2</sup>ramil.caditov2017@gmail.com

The article describes the possibility of integrating intelligent systems into the AVR series of microcontrollers, specifically, the megaAVR and xmegaAVR families. The capabilities and limitations of these devices are examined.

**Keywords:** intelligent systems, computing, algorithm, integration, microcontroller, AVR, TinyML, TensorFlow Lite for Microcontrollers.

В условиях активного развития технологий всё чаще применяются интеллектуальные системы для решения сложных задач, в следствии возникает необходимость их интеграции в различные устройства и платформы. Основной целью работы является исследование подхода к интеграции обученной модели в микроконтроллер AVR, который мог бы применяться для различных практических задач.

Микроконтроллеры серии AVR, разработанные *Atmel* (ныне *Microchip Technology*), базируются на 8-битной архитектуре RISC. Они разделены на три семейства: *tinyAVR* (*ATtinyxxx*), *megaAVR* (*ATmegaxxx*) и *xmegaAVR* (*ATxmegaxxx*). Они обладают энергоэффективными ядрами, поддержкой множества периферийных устройств и оперативной памятью (*SRAM*) и флэш-памятью для программного кода [1], [2]. Однако семейство

*tinyAVR* не обладает минимально достаточными характеристиками для внедрения интеллектуальных систем, поэтому ближе всего подходят второе и третье семейство. Эти семейства способствуют к выполнению будущих поставленных задач и имеют минимальные требования.

Первый способ интеграции интеллектуальной системы — это обучение модели на более мощных вычислительных машинах, например, ПК. Код сначала проходит обучения, после оптимизируется и сжимается. Но из-за сжатия алгоритм становится менее точным. Микроконтроллер способен выполнять сразу несколько поставленных задач.

Второй способ — это интеграция в несколько *AVR* и организация слаженной работы между ними. Тогда код проходит те же этапы что и в первом способе, но из-за того, что микроконтроллеров несколько, можно разделить их задачи и сжатие обученной машины не будет настолько сильной, что повлияет на её точность. Они способны выполнять несколько задач, но более с лучшей точностью, чем в первом способе

Для написания моделей применяем технологию *TinyML*, который представляет собой метод машинного обучения, который объединяет облегчённые и оптимизированные варианты машинного обучения, требующие комплексных решений [3]. Её фреймворк – *TensorFlow Lite for Microcontrollers* поможет в написании кода в объёмах памяти и при отсутствии операционной системы [4]. Для удобства будем использовать *ArduinoIDE*.

Для обучения алгоритма будем использовать базу данных ключевых слов или жестов из *TensorFlow Datasets*. После того как алгоритм начнёт выдавать нам нужные результаты, переведём модель из формата с высоким уровнем точности (32-бит) в формат с меньшей разрядностью (8-бит) с помощью квантования [5]. Так, модель уменьшается в объёме примерно в 4 раза и оптимизируется для микроконтроллера *AVR*.

Оптимизированный алгоритм загружаем в микроконтроллер *AVR*. Так, она сможет регулировать самостоятельно скорость вращения, например, в работе [6] или такая модель может решать одну или несколько классов задач, таких как: распознавание звуковых команд, прогнозирование, распознавание жестов.

Микроконтроллеры *AVR* обладают потенциалом для интеграции интеллектуальных систем при условии оптимизации и сжатии алгоритмов и рационального использования их ресурсов. Внедрение таких систем открывает возможности для создания умных устройств в энергоэффективных и компактных приложениях. Однако из-за малой флэш-памяти и низкой вычислительной мощности существуют сложности по обработке данных и вычислению сложных алгоритмов, а также из-за особенностей архитектуры ограничен параллелизм, что означает одновременная обработка нескольких задач затруднена.

## Источники

1. Ахметвалеева Л.В., Еникеева Г.Р., Кулагина Л.Г., Компьютерные технологии в формировании исследовательских навыков при подготовке специалистов электронной техники // Актуальные вопросы инженерного образования: содержание, технологии, качество: матер. VII межвузов. науч.-метод. конф., посвящ. 70-летию Ю.Г. Назмеева. Казань, 2016. Т. 2. С. 31–35.
2. AVR [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/AVR> (дата обращения: 30.10.2024)
3. Что такое TinyML и что в нем такого важного? [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/companies/otus/articles/540276/> (дата обращения: 19.10.2024).
4. How to get started with TensorFlow Lite for Microcontrollers [Электронный ресурс]. URL: <https://pic-microcontroller.com/how-to-get-started-with-tensorflow-lite-for-microcontrollers/> (дата обращения: 01.11.2024).
5. Model Quantization Methods In TensorFlow Lite – Study Machine Learning [Электронный ресурс]. URL: <https://studymachinelearning.com/model-quantization-methods-in-tensorflow-lite/> (дата обращения: 02.11.2024).
6. Галимуллин Н.Р., Ахметвалеева Л.В. Возможности режима широтно-импульсной модуляции в дистанционных системах управления // Информационные технологии в электротехнике и электроэнергетике: тр. Всерос. науч.- техн. конф., 2020 г., Чебоксары. С. 489–491.

## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ДЛЯ АНАЛИЗА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ АКУСТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ИЗОЛЯТОРОВ

Вагапов Айдар Ильшатович

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
aydar.vagapoff@yandex.ru

Надежность и безопасность энергосистем напрямую зависят от состояния высоковольтных изоляторов. Своевременное обнаружение дефектов в них имеет решающее значение для предотвращения аварий и обеспечения бесперебойного электроснабжения. Акустический контроль является эффективным методом неразрушающего контроля, позволяющим выявлять скрытые дефекты в изоляторах. Однако анализ полученных акустических данных представляет собой сложную задачу, требующую применения специальных алгоритмов.

**Ключевые слова:** высоковольтные изоляторы, дефекты, акустический контроль, анализ данных, обработка сигналов, машинное обучение, прогнозирование.

## DEVELOPMENT OF ALGORITHMS FOR ANALYSIS AND PROCESSING OF ACOUSTIC CONTROL DATA OF HIGH-VOLTAGE INSULATORS

Vagapov Aidar Ilshatovich

FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
aydar.vagapoff@yandex.ru

The reliability and safety of power systems directly depend on the condition of high-voltage insulators. Timely detection of defects in them is crucial to prevent accidents and ensure uninterrupted power supply. Acoustic testing is an effective non-destructive testing method that allows detecting hidden defects in insulators. However, the analysis of the obtained acoustic data is a complex task that requires the use of special algorithms.

**Keywords:** high-voltage insulators, defects, acoustic control, data analysis, signal processing, machine learning, forecasting.

Высоковольтные изоляторы играют критическую роль в обеспечении надежности и безопасности электроэнергетических систем. Несвоевременное обнаружение дефектов, таких как трещины, сколы и нарушения целостности поверхности, может привести к авариям, перебоям в электроснабжении и значительным экономическим потерям (рис. 1) [1, 2]. Акустический контроль, основанный на анализе звуковых волн, проходящих через изолятор, является эффективным методом неразрушающего контроля, позволяющим выявлять такие скрытые дефекты [3].



Рис. 1. Трещины на поверхности изолятора

Однако анализ полученных акустических данных является сложной задачей, требующей применения специальных алгоритмов. В последнее время алгоритмы машинного обучения стали популярным инструментом для анализа данных акустического контроля. Благодаря высокой точности, автоматизации и адаптивности, модели машинного обучения обеспечивают более эффективное и надежное выявление дефектов в изоляторах.

Одним из перспективных алгоритмов машинного обучения для анализа акустических данных является метод  $k$ -средних (*k-means*) [4]. Этот алгоритм позволяет группировать данные по схожим акустическим характеристикам, выделяя аномальные сигналы, которые могут свидетельствовать о дефектах [5]. Обучение алгоритма на данных, полученных с дефектных и не дефектных изоляторов, позволяет классифицировать новые сигналы, относя их к определенному типу дефекта (рис. 2).

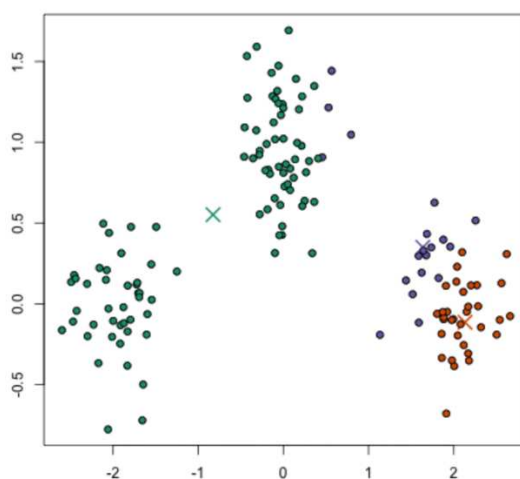


Рис. 2. Кластеризация данных по дефектам изоляторов

В данной работе представлены результаты исследования применения алгоритма  $k$ -средних для анализа данных акустического контроля высоковольтных изоляторов. Полученные результаты показывают, что



метод  $k$ -средних позволяет эффективно выявлять дефекты, но его точность может быть ограничена сложностью акустических сигналов. Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку более совершенных алгоритмов, способных эффективно анализировать акустические данные и повысить точность обнаружения дефектов в изоляторах.

### Источники

1. Кучинский Г.С. Частичные разряды в высоковольтных конструкциях. Л.: Энергия, 1979. 233 с.
2. Вдовико В.П. Частичные разряды в диагностировании высоковольтного оборудования. Новосибирск: Наука, 2007. 155 с.
3. Иванов Д.А., Садыков М.Ф., Ярославский Д.А., Голенищев-Кутузов А.В., Галиева Т.Г. Система контроля акустического излучения разрядных процессов на электрической подстанции для целей диагностики технического состояния изоляционного оборудования // Известия РАН. Серия физическая. 2021. Т. 85, № 11. С. 1597–1601.
4. K-Means clustering [Электронный ресурс]. URL: [https://bookdown.org/robert\\_statmind/kmeans\\_ebook/k-means-clustering.html](https://bookdown.org/robert_statmind/kmeans_ebook/k-means-clustering.html) (дата обращения: 30.09.2024).
5. Реализация кластеризации методом  $k$ -средних на Python (с визуализацией). URL: <https://habr.com/ru/articles/585034/> (дата обращения: 30.09.2024).

## УНИВЕРСАЛЬНОЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО С ПРОГНОЗИРУЮЩИМ АНАЛИЗОМ В КАЧЕСТВЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА

Валюк Анастасия Сергеевна<sup>1</sup>, Аминова Камиля Рамилевна<sup>2</sup>,  
Акбулатова Азалия Данисовна<sup>3</sup>, Алексеев Владислав Вадимович<sup>4</sup>,  
Патунин Владислав Александрович<sup>5</sup>, Жалмаганбетова Севара Тугеловна<sup>6</sup>  
<sup>1,2,3,4,5,6</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,  
г. Казань

<sup>1</sup>anastasia.valyuk@mail.ru, <sup>2</sup>creationcam9@mail.ru, <sup>3</sup>azaliaak@mail.ru, <sup>4</sup>vlad280104@mail.ru

В статье представлены аналоги устройств для диагностики энергетического оборудования. Цель данной работы – разработать и внедрить универсальное интеллектуальное устройство с прогнозирующим анализом в качестве системы мониторинга с использованием двух типов датчиков: бесконтактных и контактных. Бесконтактный метод позволяет проводить диагностику изоляции (масло) в силовых трансформаторах, а контактный метод – диагностику разрядов в изоляционном оборудовании, таком как изоляторы, трансформаторы тока и напряжения, ограничители перенапряжений, кабели и провода ЛЭП и др.

**Ключевые слова:** система мониторинга, ультразвуковые датчики, контактная диагностика, бесконтактная диагностика, прогнозирующий анализ.

## A UNIVERSAL INTELLIGENT DEVICE WITH PREDICTIVE ANALYSIS AS A MONITORING SYSTEM

Valyuk Anastasia Sergeevna<sup>1</sup>, Aminova Kamilya Ramilevna<sup>2</sup>, Akbulatova Azalia Denisovna<sup>3</sup>,  
Potanin Vladislav Alexandrovich<sup>4</sup>, Alekseev Vladislav Vadimovich<sup>5</sup>, Zhalmaganbetova  
Sevara Tugelovna<sup>6</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan

<sup>1</sup>anastasia.valyuk@mail.ru, <sup>2</sup>creationcam9@mail.ru, <sup>3</sup>azaliaak@mail.ru, <sup>4</sup>vlad280104@mail.ru

The article presents analogues of devices for diagnostics of power equipment. The purpose of this work is to develop and implement a universal intelligent device with predictive analysis as a monitoring system using two types of sensors: contactless and contact. The non-contact method allows for the diagnosis of insulation (oil) in power transformers, and the contact method is the diagnosis of discharges in insulating equipment such as insulators, current and voltage transformers, surge arresters, cables and wires of power lines, etc.

**Keywords:** monitoring system, ultrasonic sensors, contact diagnostics, non-contact diagnostics, predictive analysis.

В современном мире всё больше отраслей и инфраструктур зависят от сложного энергетического оборудования. Поэтому эффективная диагностика и мониторинг приобретают особую значимость. Традиционные методы

проверки и диагностики могут быть трудоёмкими, затратными и рискованными. Однако благодаря новым технологиям мы можем предложить интеграцию контактных и бесконтактных диагностических систем [1, С. 545]

Мониторинг состояния энергетического оборудования становится крайне важным в условиях высокой нагрузки и быстрого развития технологий. Это позволяет быстро реагировать на проблемы, планировать профилактические мероприятия и повышать эффективность работы энергетических систем [2, С. 15].

Бесконтактные системы, использующие такие технологии, как инфракрасная термография и акустический мониторинг, предлагают удалённый мониторинг и мониторинг в реальном времени без физического контакта [3, С. 255]. Эти системы обеспечивают непрерывный мониторинг, раннее обнаружение дефектов и прогнозирующее обслуживание, что повышает надёжность оборудования и сокращает время простоев электроэнергии.

Предлагается использовать прибор для оценки технического состояния оборудования подстанций с применением ультразвуковых датчиков. Эти датчики размещаются по периметру подстанции и синхронизируются друг с другом. В лаборатории КГЭУ было проведено исследование с использованием ультразвукового прибора — NL-камеры, чтобы обнаружить дефекты изоляторов. Использовались повреждённый стеклянный высоковольтный изолятор и изолятор без дефектов, подавая на них напряжение 9 кВ с помощью АИД70М. Измерение камерой производилось на расстоянии 2 метров от объекта исследования. Было обнаружено, что интенсивность разряда возрастает со временем и может вызвать полное разрушение изоляции. На основе нашего анализа рекомендуется провести ремонт или замену повреждённых компонентов для предотвращения полного разрушения изоляции (рис. 1).



Рис. 1. Проведённые испытания в лаборатории КГЭУ

Интеллектуальный прибор для диагностики энергетического оборудования с ультразвуковыми датчиками обеспечивает точное обнаружение дефектов и прогнозирование отказов. Преимущества включают высокую точность, предиктивный анализ, удобство использования, облачное хранение данных и удалённый мониторинг, а также экономию времени и ресурсов. Создание такого прибора важно для повышения надёжности, безопасности, экономической эффективности и производительности [4, 5, С. 83].

Существующие аналоги используют только один метод диагностики: контактный или бесконтактный. Кроме того, многие из них не выполняют предиктивный анализ и не предоставляют рекомендаций по дальнейшим действиям (см. таблицу).

### Сравнение аналогов

Прибор	Возможность бесконтактной и контактной работы	Датчик фазы	Определение технического состояния оборудования в реальном времени
NL Camera	-	-	+
Разрабатываемый интеллектуальный прибор	+	+	+
Ultraprobe	-	-	-
DIM-Loc	-	-	-

Для проведения предиктивного анализа опирались на результаты собственных исследований и использовали готовые данные. Например, для бесконтактного метода применялся стандарт ПАО «Россети» «Локализация дефектов и измерение уровня разрядной активности в высоковольтном оборудовании акустическим методом с помощью ультразвуковых детекторов». А для контактного анализа брались данные из монографии Вдовико В. П. «Частичные разряды в диагностировании высоковольтного оборудования» (Наука, 2007).

Таким образом, данная разработка будет являться инновационной разработкой, которая включает современные технологии для точной диагностики энергетического оборудования с использованием предиктивного анализа. Это повышает надёжность и безопасность работы оборудования. Устройство объединяет передовые технологии ультразвуковой диагностики и возможности предиктивного анализа, что позволяет быстро обнаруживать проблемы в энергетическом оборудовании и предотвращать аварии.

## Источники

1. Хохлов А.В., Воркунов О.В., Афанасьева Т.И. Анализ современных методов и средств диагностики изоляторов воздушной линии электропередачи // Вестник современных исследований. 2018. Т. 20, № 5-3. С. 545–547
2. Вдовико В.П. Методология системы диагностики электрооборудования высокого напряжения // Электричество. 2010. № 2. С. 14-20
3. Овсянников А.Г. Частичные разряды и диагностирование оборудования высокого напряжения / А.Г. Овсянников. Новосибирск: Монографии НГТУ, 2023. 255 с.
4. Русов В.А. Измерение частичных разрядов в изоляции высоковольтного оборудования. Екатеринбург : УрГУПС, 2011. 368 с.
5. Хальясмаа А.И. Опыт реализации комплексной системы диагностики высоковольтного оборудования / А.И. Хальясмаа, В.З. Манусов // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2020. Т. 12, № 1 (45). С. 82–91.

## ФОТОИНДУЦИРОВАННОЕ ФОРМИРОВАНИЕ ДОМЕННЫХ СТРУКТУР В ПРИМЕСНЫХ КРИСТАЛЛАХ НИОБАТА ЛИТИЯ

Голенищев-Кутузов Александр Вадимович<sup>1</sup>, Семенников Антон Владимирович<sup>2</sup>,  
Калимуллин Рустем Ирекович<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>alex.kutuzov@mail.ru, <sup>2</sup>camrosebe@gmail.com, <sup>3</sup>kalru@yandex.ru

Рассмотрен экспериментальный способ формирования периодических доменных структур при образовании фотоиндуцированных полей в кристаллах ниобата лития, допированных ионами железа, с использованием разработанной лазерной установки. Показано значительное влияние примесных ян-теллеровских ионов железа на описываемые процессы.

**Ключевые слова:** ниобат лития, ян-теллеровские ионы, доменная структура, кристаллическая решетка, поляризация.

## PHOTOINDUCED FORMATION OF DOMAIN STRUCTURES IN IMPURITY CRYSTALS OF LITHIUM NIOBATE

Golenishchev-Kutuzov Alexander Vadimovich<sup>1</sup>, Semennikov Anton Vladimirovich<sup>2</sup>,  
Kalimullin Rustem Irekovich<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>alex.kutuzov@mail.ru, <sup>2</sup>camrosebe@gmail.com, <sup>3</sup>kalru@yandex.ru

An experimental method for the formation of periodic domain structures in lithium niobate crystals doped with iron ions is considered. The formation of photoinduced fields has been studied. The use of the developed laser installation is described. The significant influence of impurity Yang-Teller iron ions on these processes has been shown.

**Keywords:** Lithium Niobate, Yang-Teller Ions, Domain Structure, Crystal Lattice, Polarization.

В современной опто- и акустоэлектронике одним из наиболее перспективных материалов является ниобат лития ( $\text{LiNbO}_3$ ). Практическое применение этого материала включает создание периодических доменных структур (ПДС), голографических решеток и модуляторов. Эти технологии базируются на использовании больших фотоиндуцированных полей (до  $10^8$  В/м), изменении показателя преломления, а также влиянии ян-теллеровских ионов (Я-Т) [1].

Чтобы оценить степень влияния Я-Т ионов на процесс формирования ПДС в образцах  $\text{LiNbO}_3$ , допированных ионами железа, была разработана экспериментальная установка (рис. 1). На противоположные торцы образцов, ориентированных перпендикулярно поляриной оси Z, через электроды

прикладывалось регулируемое постоянное напряжение. Оптическое облучение вдоль оси Z создавалось с помощью остросфокусированного лазерного пучка шириной 30 мкм второй гармоники лазера на иттрий-алюминиевом гранате (ЛТИ-709). Плотность мощности в импульсе контролировалась через ослабляющие светофильтры и колебалась в пределах от  $1 \cdot 10^6$  до  $5 \cdot 10^7$  Вт·м<sup>-2</sup>.

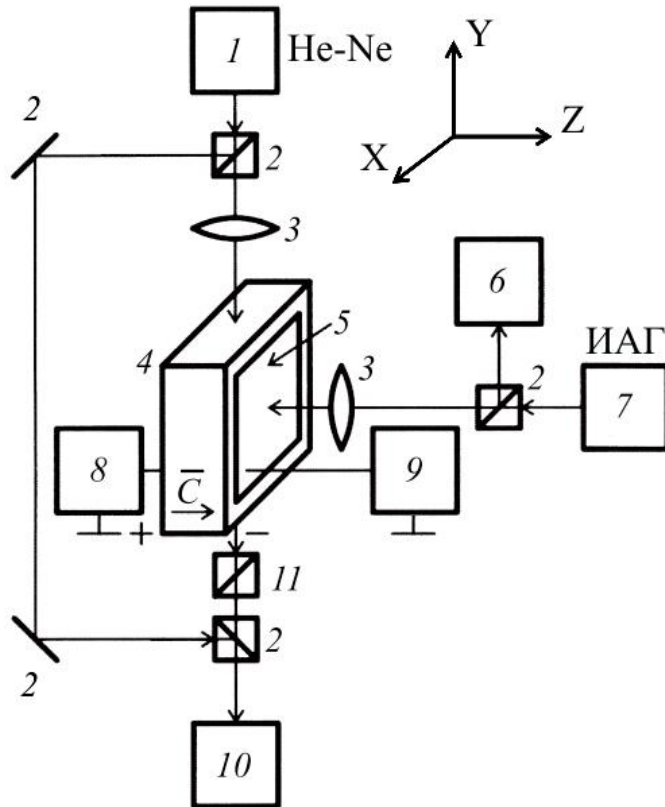


Рис. 1. Блок-схема экспериментальной установки: 1 – вспомогательный He-Ne лазер, 2 – зеркала и бипризмы, 3 – фокусирующие линзы, 4 – образец, 5 – прозрачные электроды, 6 – измеритель мощности, 7 – силовой ИАГ лазер, 8 – измеритель тока, 9 – источник высокого напряжения, 10 – фотодетектор, 11 – компенсатор Береча,  $\bar{C}$  – направление поля спонтанной поляризации образца

Оптимальное соотношение концентрации Я-Т ионов  $Fe^{2+}$  и  $Fe^{3+}$  (для формирования фоторефрактивного поля) было установлено на уровне 0,25 - 0,35 за счет термического обжига в восстановительном режиме [2]. Концентрация ионов  $Fe^{2+}$  определялась по спектру поглощения вблизи 500 нм.

При воздействии внешнего электрического поля  $E_s$  на образцы было зафиксировано локальное изменение знака поля поляризации в области лазерного облучения, что можно расценивать как появление фотоиндуцированного домена внутри материала (рис. 2). Такой домен сохранялся в течение длительного времени (вплоть до десятков часов).

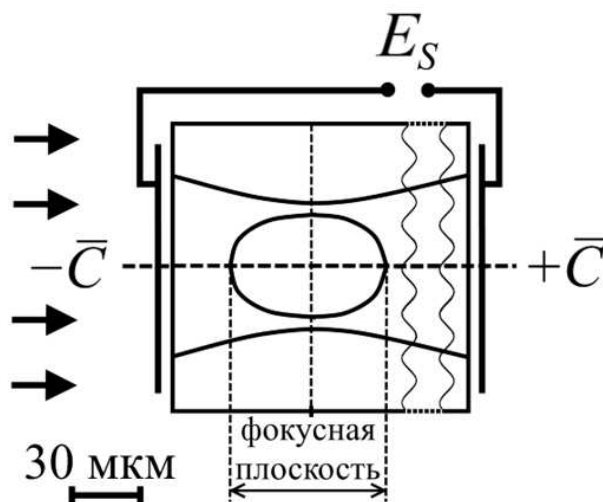


Рис. 2. Структура домена, сформированного лазерным пучком

В дальнейших экспериментах была произведена запись двух доменов шириной 50 мкм методом последовательного перемещения сфокусированного лазерного пучка в виде полосы вдоль оси X. Промежуток между доменами с инверсной поляризацией расценивался как домен с первоначальной поляризацией. Полученная структура являлась ПДС типа "голова-хвост" [3, 4].

Механизм формирования фотоиндуцированных полей можно разделить на два этапа: на первом происходит фотогенерация электронов примесных ионов  $\text{Fe}^{2+}$  (доноров), что нарушает равномерное распределение ионов  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{3+}$  по образцу. На втором этапе фотоиндуцированные электроны, перемещаясь из зоны оптического облучения вдоль оси поляризации, поглощаются ионами  $\text{Fe}^{3+}$  (акцепторами) вблизи границы неосвещенной области из-за фотовольтаического эффекта в ниобате лития.

Однако величина фотоиндуцированного поля  $E_{ph}$  недостаточна для переполяризации и формирования доменов. Согласно нашей модели, дополнительное увеличение  $E_{ph}$  и закрепление фотоиндуцированных решеток и доменов связано с ростом концентрации Я-Т ионов  $\text{Fe}^{2+}$  в области облучения, ближе к полюсу спонтанной поляризации (+) [5]. Можно утверждать, что дефектными центрами, ответственными за фотоиндуцированные оптические эффекты, являются примесные ионы железа, замещающие ионы лития в кристаллической решетке.

### Источники

1. Голенищев-Кутузов А.В., Голенищев-Кутузов В.А., Калимуллин Р.И. Индуцированные доменные структуры в электро- и магнитоупорядоченных веществах. М.: Физматлит, 2003. 135 с.



2. Buse K., Breer S., Peithmann K., et. al. Origin of thermal fixing in photorefractive lithium niobate crystals // *Phys. Rev. B*. 1997. Vol. 56. P. 1225.

3. Голенищев-Кутузов В.А., Голенищев-Кутузов А.В., Калимуллин Р.И., Семенников А.В. Направленное изменение оптических, электронных и упругих характеристик беспримесных и допированных кристаллов ниобата лития // *Известия РАН. Сер. физ.* 2021. Т. 85. № 12. С. 1678–1681.

4. Sandmann C., Dierolf V. The role of defects in light induced domain inversion in lithium niobate // *Phys. Stat. Sol.* 2005. Vol. 2. P. 136–140.

5. Семенников А.В. Влияние ян-теллеровских ионов на электронные и упругие свойства электро- и магнитоупорядоченных оксидов металлов: автореф. дис. канд. физ.-мат. наук. Казань, 2017.

## ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЁННОСТИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ СОЛНЕЧНОЙ ПАНЕЛИ

Комлева Марина Юрьевна<sup>1</sup>, Шириев Равиль Рафисович<sup>2</sup>  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>sunxollqwerty@gmail.ru, <sup>2</sup>shrr@list.ru

В работе рассматривается влияние загрязнённости поверхности фотоэлектрических элементов на эффективность производства электрической энергии.

**Ключевые слова:** фотоэлектрические модули, окружающая среда, загрязнённость, панель.

## THE EFFECT OF CONTAMINATION OF PHOTOVOLTAIC CELLS ON THE PERFORMANCE OF A SOLAR PANEL

Komleva Marina Yuryevna<sup>1</sup>, Shiriev Ramil Rafisovich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup> FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
<sup>1</sup>sunxollqwerty@gmail.ru, <sup>2</sup>shrr@list.ru

The paper examines the effect of contamination of the surface of photovoltaic cells on the efficiency of electric energy production.

**Keywords:** photovoltaic modules, environment, pollution, panel.

В настоящее время энергоресурсосберегающие технологии получают активное развитие, такие как фотоэлектрические модули, которые работают за счёт возобновляемого источника энергии – солнечной радиации. Эта технология имеет достаточно высокую эффективность в регионах, где наблюдается высокая солнечная активность. Но как правило, в таких регионах достаточно часто появляются песчаные бури, что непосредственно влияет на эффективность выработки электроэнергии на таком энергетическом оборудовании.

Воздействие измельчённых мельчайших частиц с размером менее 500 микрометров на покрытие фотоэлектрических элементов ограничивает должное попадание солнечного света на панель.

Снижение коэффициента полезного действия фотоэлектрической панели зависит от массы и размера самих частиц пыли, которые появляются на поверхности. От материала фотоэлектрических элементов солнечных панелей зависит их производительность при загрязнении.

Авторами работы [1] проведены исследования по оценке эффективности работы солнечной панели. Важно отметить, что исследование проводилось четыре дня, а снижение интенсивности генерации электро-

энергии объясняется тем, что в последние два дня наблюдалась облачность, но при этом средняя генерируемая мощность для модуля составляет около 151 Вт (рис. 1) [2]. Мощность запыленного модуля за рассматриваемый период снизилась на 46,64 % относительно заявленной производителем номинальной мощности солнечного модуля.

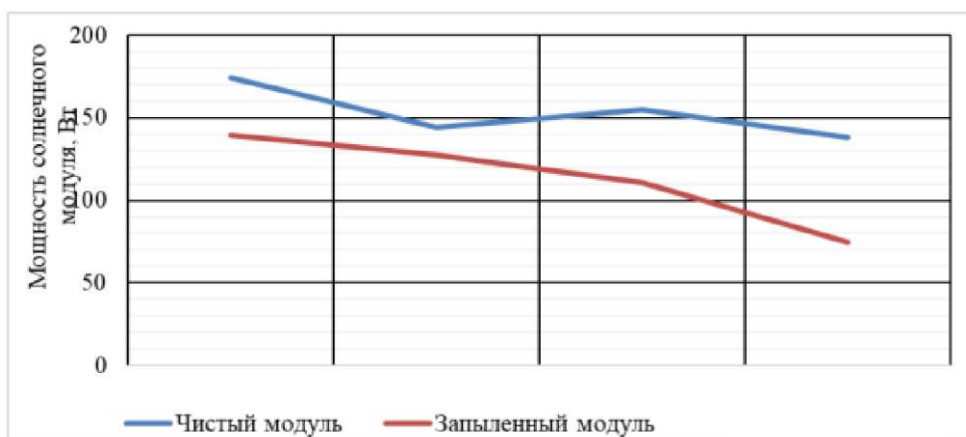


Рис. 1. Определение мощности фотоэлектрических элементов в зависимости от уровня загрязнённости пылью

Анализируя данный график, можно выявить, что в регионах с повышенной запылённостью и засушливостью необходимо проводить систематическую очистку поверхности солнечных модулей во избежание снижения эффективности генерации электроэнергии вплоть до 20% [3, 4]. Если не проводить ежемесячную систематическую очистку панелей, то эффективность генерации будет постепенно снижаться по мере того, какой слой пыли будет лежать на фотоэлектрическом элементе [5].

Подводя итоги, можно сказать, что в сезон пылевых бурь необходимо проводить систематическую очистку поверхности фотоэлектрических элементов. Помимо этого, борьба с загрязнением фотоэлектрических элементов имеет перспективу в направлении автоматизации очистки поверхности солнечных панелей.

### Источники

1. Кирпичникова И.М., Махсумов И.Б., Шестакова В.В. Снижение генерации электрической энергии солнечными модулями в условиях запыленности местности // *iPolytech Journal*. 2023. Т. 27. № 1. С. 83–93.

2. Hussain A., Batra A., Pachauri R. An experimental study on effect of dust on power loss in solar photovoltaic module // *Renewables*. 2017. Vol. 4. Iss. 9.

3. Goudie A.S. Dust storms: recent developments // Journal of Environmental Management. 2009. Vol. 90. Iss. 1. P. 89–94
4. Adinoyi M.J., Said S.A.M. Effect of dust accumulation on the power outputs of solar photovoltaic modules // Renewable Energy. 2013. Vol. 60. P. 633–636.
5. Rajput D.S., Sudhakar K. Effect of dust on performance of solar PV panel // International Journal of ChemTech Research. 2013. Vol. 5. Iss. 2. P. 1083–1086.

## АНАЛИЗ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, ВЛИЯЮЩИХ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ

Комлева Марина Юрьевна<sup>1</sup>, Шириев Равиль Рафисович<sup>2</sup>  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>sunxollqwerty@gmail.ru, <sup>2</sup>shrr@list.ru

В работе проанализировано влияние температуры окружающей среды на функционирование солнечных модулей. Определено влияние отрицательных температур на эффективность работы фотоэлектрических панелей.

**Ключевые слова:** фотоэлектрические модули, окружающая среда, температура, панель.

## ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL FACTORS AFFECTING THE OPERATIONAL CONDITION OF PHOTOVOLTAIC MODULES

Komleva Marina Yuryevna<sup>1</sup>, Shiriev Ramil Rafisovich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup> FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
<sup>1</sup>sunxollqwerty@gmail.ru, <sup>2</sup>shrr@list.ru

The paper analyzes the influence of ambient temperature on the functioning of solar modules. The influence of negative temperatures on the efficiency of photovoltaic panels has been determined.

**Keywords:** photovoltaic modules, environment, temperature, panel.

В настоящее время актуален вопрос использования возобновляемых источников энергии для получения электроэнергии. Это актуально в труднодоступных для строительства электростанций территориях, например: Крайний Север России, Арктика или Дальний Восток.

Исходя из этих сложных условий ПАО «РусГидро» разработана Программа инновационного развития с перспективой до 2029 года по внедрению технологий гелиоэнергетики [1].

По состоянию на 2021 год в Республике Саха (Якутия) используется более 21 электростанции на фотоэлектрических элементах. Такие энергетические установки могут вырабатывать до 1,3 МВт·ч в год электроэнергии и экономить около 360 тонн ископаемого топлива.

Данные факты очень важны, т.к. генерация такого объема электроэнергии достаточна для питания небольшого посёлка. Определим факторы, влияющие на эффективность выработки электроэнергии в данных климатических условиях.

Анализируя работы разных авторов определено следующее:

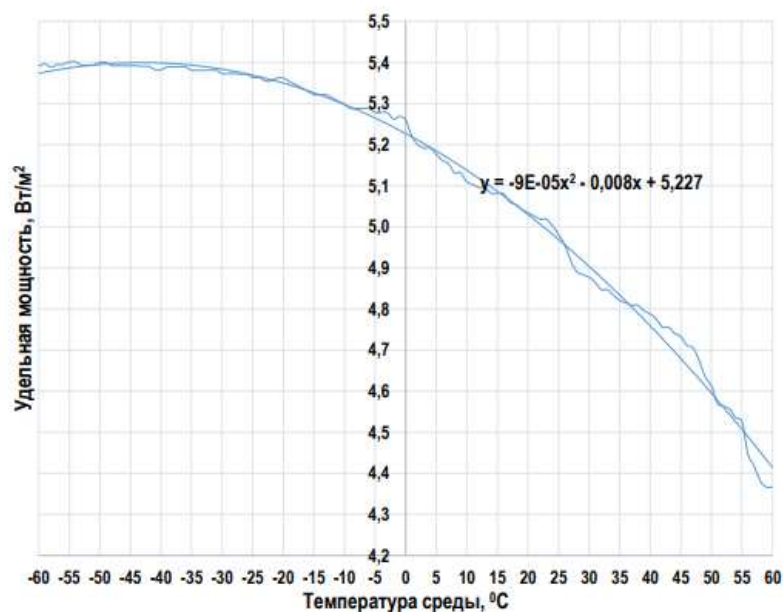
– при моделировании физических процессов, протекающих в фотоэлектрических панелях удалось установить, что при низких температурах (в исследовании выставлено  $-2^{\circ}\text{C}$ ) ток в панели и проводниках практически не изменялся, а мощность и напряжение энергетической установки увеличилась  $\approx 10\%$ . При более низких температурах ( $-20^{\circ}\text{C}$ ) показания тока в проводнике незначительно увеличились, а напряжение и мощность выросли до  $25\%$ . Это показывает, что при низкой температуре воздуха общая энергоэффективность солнечных панелей существенно возрастает;

– натурные испытания автономных фотоэлектрических панелей на антарктической станции «Восток» показали, что при очень низких температурах наружного воздуха ( $-45^{\circ}\text{C}$ ) техническое состояние солнечных панелей не изменяется. Принимая во внимание этот факт, можно выделить, что надежность использования фотоэлектрических модулей в неблагоприятном климате достаточно высокая;

– в условиях высоких температур эффективность солнечных панелей снижается.

Исходя из результатов данных исследований можно провести исследования по выявлению соотношения температура окружающей среды/мощность фотоэлектрического модуля. Авторы [2] провели исследования по определению зависимости мощности и температуры. В основе использовалась климатическая камера «М-75/150-1000 КТВХ», в которой находилась солнечная панель. Ключевыми аспектами проведения эксперимента являлись: использование тридцатиминутного промерзания солнечной панели и стационарного источника света; изменение температуры с шагом в один градус Цельсия; диапазон температур исследования составляет от  $-60^{\circ}\text{C}$  до  $+60^{\circ}\text{C}$  [3]. На рисунке приведены результаты проведения эксперимента в климатической камере. В ходе построения данного графика проведены расчёты, где выявлено, что кривая зависимости удельной мощности фотоэлектрической установки имеет полиномиальную зависимость. Сопоставляя полученные зависимости получена формула, описывающая данную зависимость.

Подводя итоги, можно сказать, что в условиях отрицательных температур эффективность генерации электроэнергии при использовании фотоэлектрических модулей достаточно высока. Данное направление необходимо изучать дальше, так как для установления потенциала энергоэффективности солнечных панелей необходимо проводить больше исследований с различными фотоэлектрическими модулями и температурными условиями.



Зависимость удельной мощности фотоэлектрической установки от температуры окружающей среды

### Источники

1. Васильев П.Ф., Местников Н.П. Исследование влияния резко-континентального климата Якутии на функционирование солнечных панелей // Международный технико-экономический журнал. 2021. № 1. С. 57–64.
2. Местников Н.П., Васильев П.Ф., Давыдов Г.И., Хоютанов А.М., Альзаккар А.М.-Н. Исследование возможности применения фотоэлектрических солнечных установок внутри купольного строения в условиях Севера // iPolytech Journal. 2021. Т. 25. № 4. С. 435–449.
3. Литвин Н.В. Моделирование физических процессов работы солнечных фотоэлектрических батарей // Мониторинг. Наука и технологии. 2020. № 1. С. 46–53.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ГРУНТА ДИЭЛЬКОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Кочеткова Азалия Адиповна<sup>1</sup>, Шакирзянов Марат Альбертович<sup>2</sup>,  
Багинский Дмитрий Витальевич<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>azalkakarimova.16@mail, <sup>2</sup>maratlol@mail.ru, <sup>3</sup>DymitriuszB@yandex.ru

В данной статье рассматриваются методы измерения влажности грунта с последующей разработкой экспериментальной установки для измерения влажности грунта диэлькометрическим методом. Данный метод основан на измерении диэлектрической проницаемости грунта и позволяет проводить быстрые и точные измерения влажности в различных слоях грунта. В статье представлены результаты экспериментальных исследований, проведённых с использованием разработанной установки. Описаны основные принципы работы установки, методика проведения измерений и обработки полученных данных.

**Ключевые слова:** влажность грунта, плотность скелета грунта, строительство дорог, лабораторный стенд, диэлькометрический метод.

## EXPERIMENTAL INSTALLATION FOR MEASURING SOIL MOISTURE BY THE DIELECTRIC METHOD

Kochetkova Azaliya Adipovna<sup>1</sup>, Shakirzyanov Marat Albertovich<sup>2</sup>,  
Baginsky Dmitry Vitalievich<sup>3</sup>

FGBOU VO «Kazan State Power Engineering University», Kazan  
<sup>1</sup>azalkakarimova.16@mail, <sup>2</sup>maratlol@mail.ru, <sup>3</sup>DymitriuszB@yandex.ru

This article discusses methods for measuring soil moisture with the subsequent development of an experimental installation for measuring soil moisture by the dielectric method. This method is based on measuring the dielectric constant of the soil and allows for fast and accurate measurements of humidity in various soil layers. The article presents the results of experimental studies conducted using the developed installation. The basic principles of the installation operation, the method of measurement and processing of the received data are described.

**Keywords:** soil moisture, density of the soil skeleton, road construction, laboratory bench, dielectric method.

Диэлектрическая проницаемость воды при температуре +20 °С имеет  $\varepsilon = 80$ . В то же время диэлектрическая проницаемость сыпучих материалов, требующих контроля влажности, варьируется от трех до тридцати [1]. Фактически, постоянная диэлектрическая проницаемость конкретного материала состоит из реальной и мнимой частей. Радарная методика *TRIME-TDR* функционирует в оптимальном диапазоне частот



от 500 МГц до 1 ГГц. Вмешательство мнимой составляющей минимально, что указывает на оправданность связи между реальной составляющей и содержанием воды и возможность пренебречь негативным влиянием мнимой составляющей в значительной степени [2]. Следовательно, для диэлькометрического метода предлагается использовать высокие частоты. Таким образом, была разработана установка для измерения влажности грунта диэлькометрическим методом на частотах от 200 до 500 МГц [3]. Установка включает в себя: измерительную ячейку 1; кювету с образцом 2; анализатор спектра АКПП 4205/2 3. Экспериментальная установка представ-лена на рисунке 1.

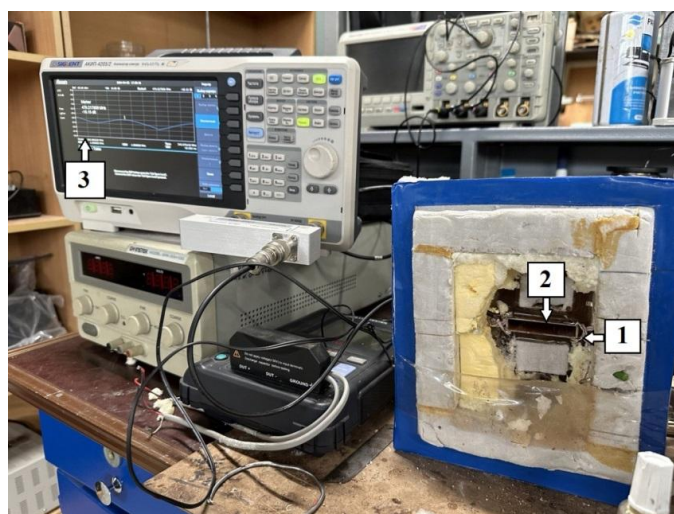


Рис. 1. Экспериментальная установка для измерения влажности грунта диэлькометрическим методом

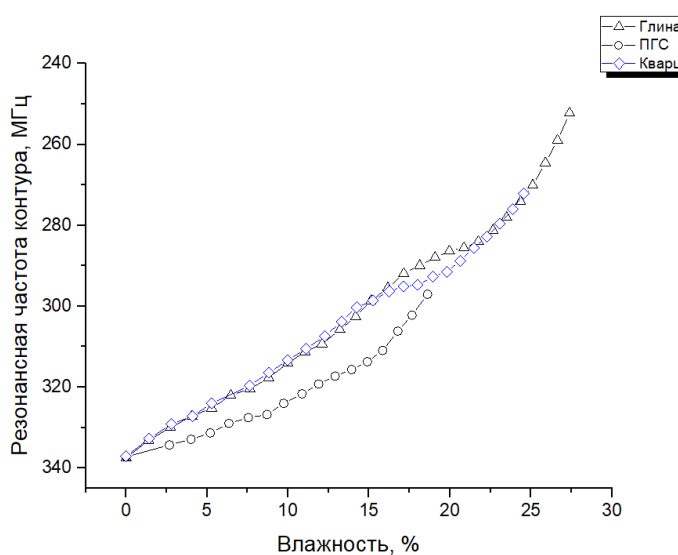


Рис. 2. График зависимости резонансной частоты контура от влажности испытуемых образцов при 300 МГц

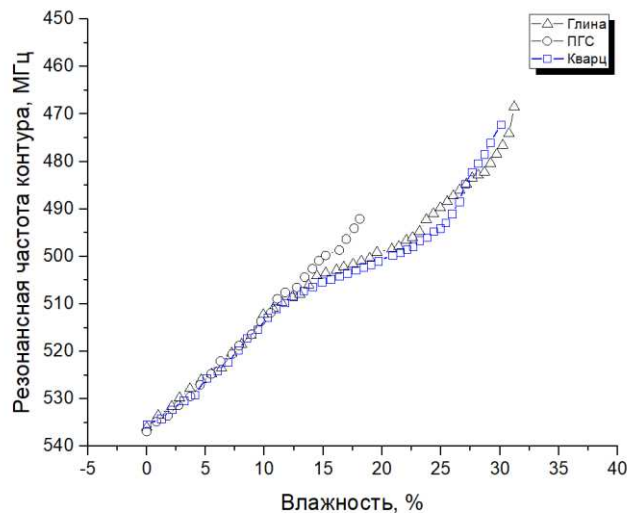


Рис. 3. График зависимости резонансной частоты контура от влажности испытуемых образцов при 500 МГц

**Вывод.** Зависимость от диэлектрических свойств: на более высокой частоте (500 МГц) диэлектрические свойства материалов могут стать менее значимыми, и связь между частотой и влажностью может стать более универсальной для различных материалов [4]. Например, кварц, глина и песчано-гравийная смесь могут иметь схожие диэлектрические свойства на более высокой частоте, что приводит к совпадающим графикам зависимости [5].

### Источники

1. Сазонова С.А., Румянцев С.Д. Применение экспресс-методов для определения характеристик насыпных грунтов // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. 2017. Т. 8, № 3. С. 113–120.
2. Сазонова С.А., Пономарев А.Б. О некоторых результатах исследований насыпных грунтов // Изв. вузов. Строительство. 2016. № 2 (686). С. 109–116.
3. Усманова Х.А., Тургунбаев А. Теоретические основы диэлькометрического метода измерения влажности // Приборы. 2017. № 8 (206). С. 34–40.
4. Fleming P.R., Frost M.W., Lambert J.P. A review of the lightweight deflectometer (lwd) for routine insitu assessment of pavement material stiffness.
5. Панкова Т.А. Применение современных методов определения влажности почвы // Научная жизнь. 2016. № 4. С. 130–137.

## МЕТОД РАСЧЕТА ИМПУЛЬСНОГО ОТКЛИКА АПОДИЗИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОДНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НА ПОВЕРХНОСТНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛНАХ

Кротов Владимир Иванович

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
vikrotov1@mail.ru

Предлагается метод расчета импульсного отклика, необходимого для разработки топологии акустоэлектронных устройств, в частности, полосовых фильтров. Данный метод сравнительно простой и может применяться в частотно-временном анализе при разработках аподизированных преобразователей, а также использоваться в учебном процессе в качестве исследования «виртуального» встречно-штыревого преобразователя.

**Ключевые слова:** импульсный отклик, аподизация, частотная характеристика, поверхностная акустическая волна, встречно-штыревой преобразователь.

## A METHOD FOR CALCULATING THE PULSE RESPONSE OF AN APODIZED ELECTRODE TRANSDUCER ON SURFACE ACOUSTIC WAVES

Krotov Vladimir Ivanovich

FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
vikrotov1@mail.ru

A method is proposed for calculating the pulse response required for the development of the topology of acousto-electronic devices, in particular, bandpass filters. This method is relatively simple and can be used in time-frequency analysis in the development of apodized converters, as well as used in the educational process as a study of a "virtual" counter-pin converter.

**Keywords:** pulse response, apodization, frequency characteristic, surface acoustic wave, counter-pin converter.

В работе [1, с.3] предложена простая методика расчета частотной характеристики встречно-штыревого преобразователя (ВШП) на поверхностных акустических волнах (ПАВ) [2, с.72], которая для преобразователя с одинаковой длиной электродов имеет вид функции  $\sin x/x$ , причем:

$x = \pi\theta(f - f_0) = (N - 1) \frac{\pi}{2} \frac{f - f_0}{f_0}$ ,  $\theta$  – длительность импульсного отклика

(ИО) равна активной длине преобразователя  $L = (N - 1)d$ , деленной на скорость волн Рэлея, а именно:  $\theta = \frac{(N - 1)d}{V_R} = \frac{(N - 1)}{2f_0}$ ,  $d$  – расстояние

между противофазными электродами,  $f_0$  – центральная частота ИО и соответственно преобразователя,  $N$  – общее количество электродов; тогда частотная характеристика такого преобразователя имеет вид:

$$S(f) = U_m \theta \left\{ \frac{\sin \left[ (N-1) \frac{\pi (f-f_0)}{2 f_0} \right]}{(N-1) \frac{\pi (f-f_0)}{2 f_0}} \right\}.$$

В силу симметрии преобразования Фурье для формирования прямоугольной частотной характеристики преобразователя ИО должен иметь форму  $\sin x / x$ :

$$h(i) = U_m \cdot \theta \sum_{i=0}^{N-1} (-1)^i \frac{\sin \frac{\pi \Delta f}{2 f_0} i}{\frac{\pi \Delta f}{2 f_0} i}.$$

Как правило, максимальную апертуру электродов выбирают равной  $W_0 = 100 \cdot \lambda_A$ , где  $\lambda_A$  – скорость ПАВ на свободной поверхности звукопровода [3, с. 7]. Практика показывает, что достаточно оставить один боковой лепесток импульсной характеристики фильтра. Длительность половины импульсного отклика, максимальное количество штырей справа и слева от центра ВПП и общее количество штырей имеет вид соответственно:

$$T = \frac{n+1}{\Delta f} = \frac{1+1}{\Delta f}, N_{\max} = 2 \cdot f_0 \cdot T, N = 2 \cdot N_{\max} + 1.$$

Длина штырей в зависимости от порядкового номера  $i$  в обе стороны от центра ВПП ( $i = 0$ ):

$$l_i = (-1)^i \cdot \left| \frac{\sin \frac{\pi \Delta f}{2 f_0} i}{\frac{\pi \Delta f}{2 f_0} i} \cdot F_i \right| \cdot W_0, \text{ при } 0 < |i| \leq N_{\max}.$$

Достаточно хорошие результаты в частотной области полосовых фильтров получаются при аподизации ВПП функцией Хемминга [4, с. 62]

$$F_i = 0,08 + 0,92 \cdot \cos^2 \left( \frac{\pi}{4 f_0 T} \cdot i \right).$$

Формулы, приведенные выше, позволяют проводить частотно-временной анализ при разработке преобразователя с аподизацией (например, для полосового фильтра) в представлении «Импульсный отклик – частотная характеристика» [5, с. 14].

### Источники

1. Кротов В.И. Методика расчета частотной характеристики электродного преобразователя на поверхностных акустических волнах // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: материалы IX Национальной научно-практической конференции, посвященной 55-летию КГЭУ. Казань, 2024. С. 653–655.

2. Кротов В.И. Устройства на поверхностных акустических волнах: учеб. пособие. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2006. 160 с.

3. Интегральные устройства РЭ: методические указания по лабораторным работам / сост. И.В. Белова. Ульяновск: УлГТУ, 2006. 114 с.

4. Интегральные пьезоэлектрические устройства фильтрации и обработки сигналов: справ. пособие / В.В. Дмитриев [и др.]; под ред. Б.Ф. Высоцкого, В.В. Дмитриева. М.: Радио и связь, 1985. – 176 с.

5. Исследование амплитудно-частотной характеристики электродного преобразователя ПАВ в программной среде Multisim: методические указания к лабораторной работе / сост. В.И. Кротов. Казань: КГЭУ, 2017. 16 с.

## СОЗДАНИЕ ШИМ СИГНАЛА ДЛЯ ЗАДАНИЯ УГЛА ПОВОРОТА СЕРВОПРИВОДА ПРИ РАЗРАБОТКЕ УЧЕБНОГО СТЕНДА НА МИКРОКОНТРОЛЛЕРЕ STM32

Маслов Савелий Юрьевич<sup>1</sup>, Хамидуллин Ильдар Ниязович<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,  
г. Казань, Республика Татарстан  
<sup>1</sup>saveli2000@gmail.com, <sup>2</sup>ildar.ildar-xam2017@yandex.ru

В статье представлен процесс создания ШИМ сигнала в разрабатываемом учебном стенде, собранном на базе отладочной платы *STM32F103C8T6*, который необходим для задания требуемого угла поворота сервопривода. Данные об угле поворота поступают с матричной клавиатуры 4x4 и выводятся на дисплей с драйвером *TM1637*.

**Ключевые слова:** ШИМ сигнал, сервопривод, учебный стенд, программирование, обучение.

## CREATION OF A PWM SIGNAL TO SET THE ROTATION ANGLE OF THE SERVO DRIVE WHEN DEVELOPING A TRAINING BENCH ON THE STM32 MICROCONTROLLER

Maslov Saveliy Yurievich<sup>1</sup>, Khamidullin Ildar Niyazovich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup> FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>saveli2000@gmail.com, <sup>2</sup>ildar.ildar-xam2017@yandex.ru

The article presents the process of creating a PWM signal in the developed training stand, assembled based on the *STM32F103C8T6* debug board, which is necessary for setting the required rotation angle of the servo drive. The rotation angle data comes from the 4x4 matrix keyboard and outputs them to the display with the *TM1637* driver.

**Keywords:** PWM signal, servo drive, training stand, programming, training.

В промышленности, военной технике зачастую возникают задачи управления положением рабочих частей, в частности задания угла положения отдельных элементов рабочих систем. В связи с этим широкое распространение получили сервоприводы, устройства (электроприводы), обеспечивающие изменение положения регулирующего или рабочего органов различных производственных машины и механизмов с требуемой точностью, в соответствии с управляющими сигналами [1].

В рамках данной статьи при помощи отладочной платы *STM32F103C8T6*, был собран учебный стенд, позволяющий путем задания угла поворота с матричной клавиатуры 4x4 менять положение вала сервопривода на заданный угол, и выводить информации о нем на дисплей *TM1637*.

В качестве сервопривода использован *TowerPro SG90*, который управляется сигналом широтно-импульсной модуляции (далее ШИМ) (*PWM*), запитывается от 5 вольтового питания (+5 V) и земля (*GND*).

Частота ШИМ сигнала для управления сервоприводом должна быть равной 50 Гц, то есть период сигнала равен 20 мс. Исходя из технической документации максимальный угол поворота сервопривода равен 180°, что соответствует периоду импульса равному 2 мс (скважность 10). Период импульса 1,5 мс соответствует углу поворота 90°, а 1 мс соответствует 0°. (скважность 13,33 и 20 соответственно) [2,3].

Временные задержки на отладочной плате *STM32F103C8T6* формируются при помощи таймеров. В состав платы входят: таймер расширенного управления *TIM1*, три таймера общего назначения (*TIM2, TIM3, TIM4*), два сторожевых таймера и таймер *SysTick* [3].

В данной работе используется таймер общего назначения *TIM2*, имеющий два канала, который подключен к шине *APB2*, работающей с частотой микроконтроллера. Для получения требуемой задержки частоту тактирование задали равной 9 МГц.

Второй канал таймера *TIM2* (*Chanel 2*) конфигурирован в режим создания ШИМ сигнала. Для получения заданной частоты 50 Гц, используются пред делитель (*Prescaler*) частоты и таймер счетчик периода (*Counter Period*). Расчет производится согласно формуле [4]

$$f_{\text{ШИМ}} = \frac{f_{\text{PB2}}}{(n_p + 1) * (n_{\text{CP}} + 1)}$$

Таймер счетчик периода, делит период сигнала на заданный интервал времени ( $n_{\text{cp}} + 1$ ). Зная величину периода, можно вычислить время равное одному тикку таймера:

$$t_{\text{ТИК}} = \frac{T}{(n_{\text{CP}} + 1)}$$

Для удобства период ШИМ сигнала разделен на 3600 частей ( $n_{\text{cp}} = 3599$ ). Соответственно для 9 МГц необходимая величина пред делителя ( $n_p = 49$ ), а величина  $t_{\text{мик}}$  будет примерно равна 5,5 мкс. Значит для заданных интервалов времени значения тиков периода будут следующими: 182 соответствует 1 мс (0°), 272–1,5 мс (90°), а 364 -2 мс (180°) [5].

Задание времени импульса ШИМ сигнала происходит программным путем записывая в регистр *CCR2* (режиме захвата сигнала) значения от 182 до 364 (полный оборот вала на 180°).

Программа обрабатывает значения, считанные с матричной клавиатуры, в диапазоне от 0 до 180 (в случае если значение задано не корректно выводит на экран ошибку). Далее значение попадает в подпрограмму задания угла поворота, где указанное значение преобразуется в необходимое количество тиков таймера, после чего записывается в соответствующий регистр, а значение угла, на который необходимо повернуть вал двигателя выводится на дисплей *TM1637* (см. рисунок).

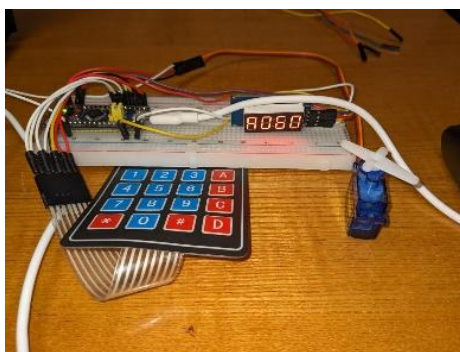


Рис. 1. Внешний вид экспериментальной модели учебного стенда

### Источники

1. Сервопривод // Докл. науч.-метод. семинара. М.: Издательство МЭИ, 2013. С. 5–23 с.
2. SG909g Micro Servo Friendlywire.com [Электронный ресурс]. URL: <https://www.friendlywire.com/projects/ne555-servo-safe/SG90-datasheet.pdf> (дата обращения: 01.11.2024).
3. STM32F103C8 ST [Электронный ресурс]. URL: <https://www.friendlywire.com/projects/ne555-servo-safe/SG90-datasheet.pdf> (дата обращения: 01.11.2024).
4. Программирование прямого и комплементарного ШИМ-сигналов с настройкой «мертвого времени» на микроконтроллере *STM32* / А.А. Емельянов [и др.] // Молодой ученый. 2017. № 24 (158). С. 1–10.
5. Таймеры stm32 HAL – часть первая STd [Электронный ресурс]. URL: <https://istarik.ru/blog/stm32/118.html> (дата обращения: 01.11.2024).



## **РАЗРАБОТКА УЧЕБНОГО СТЕНДА, ДЕМОНИСТРИРУЮЩЕГО ПРИНЦИП РАБОТЫ МАТРИЧНОЙ КЛАВИАТУРЫ И ВЫВОДОМ ПОЛУЧЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ДИСПЛЕЙ *TM1637***

Маслов Савелий Юрьевич<sup>1</sup>, Хамидуллин Ильдар Ниязович<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>saveli2000@gmail.com, <sup>2</sup>ildar.ildar-xam2017@yandex.ru

Активное развитие науки и техники неизбежно приводит к росту вычислительных мощностей, созданию новых систем, использующий в своем составе микроконтроллеры. Результатом становится повышение спроса на специалистов, обладающих навыками разработки и отладки таких устройств. В связи с этим в данной статье представлена экспериментальная модель учебного стенда, позволяющая студентам, познакомиться с основами работы с микроконтроллерными системами.

**Ключевые слова:** учебный стенд, микроконтроллер, дисплей на *TIM1637*, матричная клавиатура, программирование, обучение.

## **DEVELOPMENT OF A TRAINING STAND FOR STUDYING THE OPERATION OF A MATRIX KEYBOARD AND DISPLAY ON *TM1637* ON AN *STM32* MICROCONTROLLER**

Maslov Savely Yurievich<sup>1</sup>, Hamidullin Ildar Niyazovich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>saveli2000@gmail.com, <sup>2</sup>ildar.ildar-xam2017@yandex.ru

The active development of science and technology inevitably leads to an increase in computing power, the creation of new systems using microcontrollers in their composition. The result is an increase in demand for specialists with the skills to develop and debug such devices. In this regard, this article presents an experimental model of a training stand that allows students to get acquainted with the basics of working with microcontroller systems.

**Keywords:** training stand, microcontroller, display on *TIM1637*, matrix keyboard, programming, training.

Задачей микроконтроллерных систем, является программное управления периферийными устройствами, часть из которых выступает в роли входных, используется для считывания данных, а другая в роли выходных, служит для вывода полученных данных [1, 2]. В связи с этим в рамках данной стати предложен учебный стенд, показывающий работу простого целочисленного калькулятора, данные поступают с матричной клавиатуры, обрабатываются МК и выводятся на дисплей.

Для подключения периферии к микроконтроллеру используются порты ввода вывода (*I/O ports*). В зависимости от конкретной задачи происходит их конфигурация и задание режима работы.

Для матричной клавиатуры 4x4 используются порты *PA8-PA11* и *PB12-PB15*, соответствующие значениям строк и столбцов, а также порты *PB8-PB9* (*DIO,CLK*) для подключения к дисплею на *TM1637* по интерфейсу близкому к *I2C*. При этом порты *PA8-PA11*, *PB8-PB9* конфигурированы на выход (работают в активном режиме изменяя свое состояние от сигнала логического нуля, до сигнала логически единицы) и имеют начальное состояние 0. Порты *PB12-PB15* конфигурированы на вход, и при помощи подтягивающего резистора подтянуты к земле [3]. Схема подключена представлена на рисунке 1.

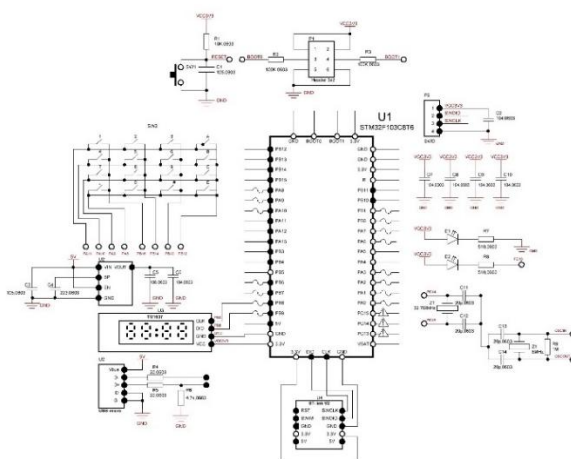


Рис. 1. Схема подключения матричной клавиатуры и дисплея на *TM1637* отладочной платы *STM32F103C8T6*

Опрос клавиатуры начинается с установки одного из выходных портов *PA8-PA11*, соответствующего строкам, в состояние логической единицы, при этом, входные порты *PB12-PB15* считывают изменение своего состояния с логического нуля на логическую единицу. В случае если изменение не произошло, то выбранный выходной порт устанавливается в логической ноль, и процесс повторяется. Опрос продолжается до тех пор, пока значение на одном из входных портов изменится и в программу обработки попадает сигнал, соответствующий нажатой клавише [4].

При помощи клавиш от 0 до 9 в программу записывается соответствующее значение, которое увеличивает свой разряд с последующим нажатием. Клавиши *A,B,C* являются командными и соответствуют математическим операциям сложение, вычитание, умножение, а клавиша *D* выступает в роли знака равенства. После нажатия этой клавиши данные с полученным после операции значением выводятся на дисплей *TM1637*. При получении значения выше 9999 выводятся ошибка «EROR». Клавиши # и \* отвечают за обнуление калькулятора и удаление одного разряда, соответственно [5].

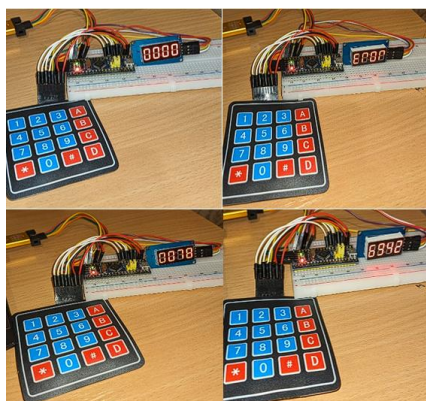


Рис. 2. Тестирование учебного стенда

При написании программы и прошивки микроконтроллера использована программная среда *STM32CubeIDE* и библиотеки *HAL*, библиотека, которая позволяет упростить работу с регистрами МК, *DWT*, библиотека, которая задает временные задержки, а также библиотека для работы с *TIM1637*.

### Источники

1. Кривченко И., Ламбер Е., Золотухов Р. Микроконтроллеры семь ярких лет становления. Что дальше? Часть 2. Ядро и периферийные блоки AVR второго поколения // Компоненты и Технологии. 2004. № 37. С. 120–126.

2. Бродин Владимир, Перевозчиков Петр Аппаратно-программный комплекс на базе универсального лабораторного стенда для изучения 8, 16 и 32-разрядных микроконтроллеров // Компоненты и Технологии. 2008. № 85. С. 154–160.

3. STM32F103 // ST URL: <https://www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors/stm32f103.html> (дата обращения: 30.10.2024).

4. Максимова Т.А. Разработка контроллера матричной клавиатуры на базе микроконтроллера ATMEGA16 // Инновационное развитие науки и образования: сборник статей XII Международной научно-практической конференции. Пенза, 2020. С. 12–14.

5. STM32 - дисплей TM1637 [Электронный ресурс] // stD URL: <https://istarik.ru/blog/stm32/132.html> (дата обращения: 30.10.2024).

## ТЕПЛОВИЗИОННЫЙ КОНТРОЛЬ КАК МЕТОД ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Мухутдинов Камиль Раисович<sup>1</sup>, Хамитов Айнур Радикович<sup>2</sup>,  
Калимуллин Рустем Ирекович<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>79872359491mk@gmail.com, <sup>2</sup>ainurkhamitov322@gmail.com, <sup>3</sup>kalru@yandex.ru

В статье рассматривается метод тепловизионного контроля состояния электрооборудования. Акцент делается на его использовании для диагностики и обнаружения неисправностей оборудования, его преимуществах и недостатках, а также на способах его применения.

**Ключевые слова:** тепловизионный контроль, инфракрасное излучение, электрооборудование, неисправность, диагностика, термограмма.

## THERMAL IMAGING CONTROL AS A METHOD OF DIAGNOSING THE CONDITION OF ELECTRICAL EQUIPMENT

Mukhutdinov Kamil Raisovich<sup>1</sup>, Khamitov Ainur Radikovich<sup>2</sup>, Kalimullin Rustem Irekovich<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>79872359491mk@gmail.com, <sup>2</sup>ainurkhamitov322@gmail.com, <sup>3</sup>kalru@yandex.ru

The article discusses the method of thermal imaging control of electrical equipment. The emphasis is on its use for the diagnosis and detection of equipment malfunctions, its advantages and disadvantages, as well as the ways of its application.

**Keywords:** thermal imaging control, infrared radiation, electrical equipment, malfunction, diagnostics, thermogram.

В современном мире надежность и безопасность электрооборудования имеют первостепенное значение. С ростом потребления электроэнергии и усложнением энергосистем возрастает необходимость в эффективных методах диагностики и мониторинга. Одним из таких методов является тепловизионный контроль, который позволяет выявлять неисправности на ранних стадиях и предотвращать аварийные ситуации.

Тепловизоры – это устройства, которые преобразуют инфракрасное излучение в видимое изображение [1]. Каждый объект с температурой выше абсолютного нуля излучает инфракрасные волны, интенсивность которых зависит от температуры поверхности. Тепловизионные камеры фиксируют это излучение и создают термограммы, на которых можно увидеть распределение температуры [2]. Термограммы позволяют визуализировать температурные аномалии, которые могут указывать на потенциальные проблемы, такие как перегрев, плохие соединения или износ компонентов.

Тепловизионный контроль широко применяется для диагностики различных элементов электрооборудования. В трансформаторах изменение температуры на поверхности обмоток или сердечника может указывать на перегрузку или внутренние повреждения. В выключателях и разъединителях повышенная температура в зонах контактов может свидетельствовать о плохом контакте или износе. В кабелях перегрев в местах соединений часто является признаком плохого контакта или коррозии. В электродвигателях изменения температурного профиля могут указывать на проблемы с подшипниками или обмотками [3].

Преимуществами тепловизионного контроля являются быстрота и точность, ненавязчивость, безопасность и экономическая эффективность. Этот метод обследования занимает минимальное время, что позволяет оперативно локализовать проблемные зоны и реагировать на потенциальные угрозы [4].

Одним из ключевых достоинств тепловизионного контроля является то, что он не требует отключения оборудования. Это означает, что диагностику можно проводить без прерывания производственного процесса, что особенно важно для предприятий, где каждая минута простоя может привести к значительным потерям.

Кроме того, тепловизоры позволяют проводить обследование на безопасном расстоянии, что снижает риск для персонала. Это особенно актуально в случаях, когда речь идет о высоковольтном оборудовании или потенциально опасных зонах.

Раннее выявление неисправностей, благодаря тепловизионному контролю, способствует снижению затрат на ремонт и предотвращает дорогостоящие простои.

Несмотря на множество преимуществ, тепловизионный контроль имеет и свои недостатки. Во-первых, этот метод фиксирует только поверхностную температуру, что может не всегда отражать состояние внутренних компонентов [5]. Например, в случае перегрева оборудования внешняя температура может оставаться в норме, в то время как внутренние элементы уже подвергаются значительному стрессу.

Во-вторых, на точность измерений могут влиять такие факторы, как окружающая температура, влажность и ветер. Эти условия могут исказить данные, что делает результаты менее надежными [6].

Кроме того, интерпретация термограмм требует специальных знаний и опыта. Неправильная интерпретация может привести к ложным выводам, что в свою очередь может повлечь за собой серьезные последствия.

Таким образом, хоть тепловизионный контроль и является ценным инструментом, важно учитывать его ограничения и применять его в сочетании с другими методами диагностики для достижения наилучших

результатов. Он способствует повышению надежности и безопасности энергосистем, снижению эксплуатационных затрат и предотвращению аварийных ситуаций. В условиях растущих требований к эффективности и устойчивости энергосистем, тепловизионный контроль становится важным элементом в стратегии управления активами.

### **Источники**

1. Митрофанов С.В. Методика тепловизионного обследования: учеб. пособие / С.В. Митрофанов, О.И. Кильметьева. Оренбург: Оренбургский гос. ун-т, 2019. 102 с.
2. Михеев С.В. Основы инфракрасной техники: учеб. пособие / С.В. Михеев. Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2017. 127 с.
3. Сухичев М.И. Теория и методы тепловизионного контроля: учеб. пособие / М.И. Сухичев. Санкт-Петербург: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. 316 с.
4. Петров О.Н. Методы неразрушающего контроля: учеб. пособие / О.Н. Петров, А.Н. Сокольников, В.И. Верещагин [и др.]. Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2021. 129 с.
5. Зарипова А.Д., Зарипов Д.К., Усачев А.Е. Критерии выявления дефектов оборудования для тепловизионной системы контроля электрической подстанции // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017. Т. 19. № 5-6. С. 51–57.
6. Андреев Н.К., Галеев Д.Р. Коррекция неоднородности фото-чувствительных элементов для тепловизионного контроля энергетических объектов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2009. № 1-2. С. 113–117.

## СТРАТЕГИИ УЛУЧШЕНИЯ СВЕТОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ

Потапов Андрей Александрович  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
aapot@ya.ru

В статье рассматриваются ключевые стратегии, направленные на повышение световой эффективности светодиодных светильников, что становится особенно актуальным в условиях растущих требований к энергоэкономии и устойчивости освещения. Комплексный подход к интеграции перечисленных в статье стратегий позволяет не только повысить световую эффективность светодиодных светильников, но и снизить их воздействие на окружающую среду.

**Ключевые слова:** светодиод, светодиодный драйвер, световая отдача, световая эффективность.

## STRATEGIES FOR IMPROVING THE LUMINOUS EFFICIENCY OF LED LUMINAIRES

Potapov Andrey Alexandrovich  
FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
aapot@ya.ru

The article discusses key strategies aimed at improving the luminous efficiency of LED luminaires, which becomes especially relevant in the context of growing requirements for energy saving and sustainable lighting. An integrated approach to the integration of the strategies listed in the article allows not only to increase the luminous efficiency of LED luminaires, but also to reduce their impact on the environment.

**Keywords:** LED, LED driver, luminous efficiency, luminous efficiency.

Светодиоды (LED) стали основным источником освещения в современных приложениях благодаря своей высокой энергоэффективности, долговечности и возможностям миниатюризации [1]. Однако с учетом глобальных усилий по сокращению энергетических затрат и увеличению устойчивости освещения, важным направлением становятся стратегии улучшения световой эффективности LED-светильников. В этой статье рассматриваются ключевые стратегии, которые могут способствовать увеличению световой отдачи и оптимизации работы светодиодов.

Первая стратегия связана с улучшением конструкции светильников и предполагает использование более эффективной оптики и диффузоров, а также совершенствование радиаторов для лучшего теплоотведения [2]. Оптимизация оптической конфигурации светильников с помощью высококачественных линз и отражающих поверхностей позволяет более эффективно направлять свет. Выбор правильного диффузора для оптической системы улучшает визуальное восприятие освещения, снижая нагрузку на глаза. Эффективное теплоотведение критически важно для устойчивого функционирования светодиодов. Применение радиаторов с высокой теплопроводностью и правильно подобранной конфигурацией охлаждающих элементов, эффективно рассеивающих выделяемое тепло, снижает температуру работы светодиодов, что в свою очередь увеличивает световую отдачу и продлевает срок их службы.

Следующая стратегия направлена на использование качественных полупроводников для производства светодиодов. Использование светодиодов, которые имеют лучшие характеристики яркости и светового потока, значительно повышают общую световую эффективность. Внедрение новых технологий, таких как квантовые точки [3] или органические светодиоды (OLED), может привести к улучшению качества света и увеличению его яркости.

Стратегия энергетической оптимизации направлена на разработку эффективных драйверов для управления светодиодами. Современные драйверы должны обеспечивать высокую эффективность преобразования электрической энергии. Применение технологий с высоким коэффициентом мощности позволяет снизить потери энергии. А регулируемые драйверы, которые могут снижать яркость света в зависимости от условий освещения, помогают экономить энергию.

Стратегия по оптимизации спектра излучения позволяет улучшить индекс цветопередачи и использовать различную цветовую температуру светодиодов для различных приложений, что позволяет повысить качество освещения [4]. Например, для офисов рекомендованы более холодные цветовые температуры, тогда как для жилых помещений и декоративной подсветки лучше подходят теплые тона.

Стратегия по внедрению интеллектуальных систем управления [5]. Внедрение интеллектуальных систем, основанных на датчиках движения и освещенности, которые автоматически регулируют яркость в зависимости от наличия людей и уровня внешнего освещения, позволяет значительно уменьшить потребление энергии. Интеграция с интернетом вещей (IoT), так называемые «Умные сети освещения», позволяет более эффективно управлять услугами освещения, что в свою очередь способствует повышению световой эффективности.



Важно помнить про экологические аспекты при производстве и эксплуатации светодиодных светильников. При проектировании LED-светильников желательно использование перерабатываемых и экологически безопасных материалов. Создание программ по восстановлению и переработке светодиодов после окончания их жизненного цикла помогает снизить негативные последствия для окружающей среды.

Улучшение световой эффективности светодиодов – это комплексная задача, требующая интеграции различных технологий и инновационных решений. Применение оптимизированной оптики, современных полупроводников, энергоэффективных драйверов, интеллектуальных систем управления и экологически чистых материалов создаст качественное и экономически выгодное освещение.

### **Источники**

1. Борисов Д.С. Кузнецов Д.И. Понимание эволюции и применения светоизлучающих диодов (LED) // Современные инновации, системы и технологии. 2023. Т. 3, № 4. С. 601–614.

2. Калабкин А.А., Горбунов А.А. Анализ конструкции, особенностей и характеристик современных светодиодных светильников для низковольтных сетей // XLVIII Огарёвские чтения: материалы научной конференции. В 3-х частях, Часть 1. Саранск, 2020. С. 173–178.

3. Харченко С.Б. Применение квантовых точек в светодиодной и солнечной электронике // Экономика и управление: проблемы, решения. 2024. Т. 7, № 9 (150). С. 35–43.

4. Калимуллин Р.И., Успажиев Р.Т., Зубхаджиев М.А.В. Люминофора с красным излучением: кристаллическая структура, люминесцентные свойства // Естественные и технические науки. 2024. № 6 (193). С. 53–56.

5. Муратова З.А. Актуальность и проблемы информационных систем в управлении системами освещения // Universum: технические науки. 2022. № 4-1 (97). С. 46–49.

## РЕМОНТ И МОДЕРНИЗАЦИЯ ДЕМОНСТРАЦИОННОГО СТЕНДА «ДОБЫВАЙ ЭНЕРГИЮ САМ»

Рахмонов Фарход Юлдош угли, Башмаков Марат Анварович<sup>1</sup>,  
Потапов Андрей Александрович<sup>2</sup>  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>rahmonovfarhod2004@gmail.com

В статье рассматривается ремонт и модернизация учебного стенда «Добывай энергию сам», предназначенного для изучения энергосбережения и работы электрических цепей. Описаны проблемы сборки и предложены решения с использованием Arduino UNO, транзисторов и резисторов с радиаторами, а также вопросы стабильности схемы при нагрузках и демонстрация потребления энергии с помощью регулирования сопротивления.

**Ключевые слова:** энергосбережение, демонстрационный стенд, электрическая цепь, микроконтроллер Arduino, резистор, транзистор, генерация энергии, физическая нагрузка, учебное оборудование.

## REPAIR AND MODERNIZATION OF THE "EXTRACT ENERGY YOURSELF" DEMONSTRATION STAND

Rahmonov Farkhod Yuldosh ugli Bashmakov Marat Anvarovich<sup>1</sup>,  
Potapov Andrey Alexandrovich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>rahmonovfarhod2004@gmail.com

The article discusses the repair and modernization of the "EXTRACT ENERGY YOURSELF" training stand, designed to study energy conservation and the operation of electrical circuits. Assembly problems are described and solutions using Arduino UNO, transistors and resistors with radiators are proposed, as well as issues of circuit stability under loads and demonstration of energy consumption using resistance regulation.

**Keywords:** energy saving, demonstration stand, electrical circuit, Arduino microcontroller, resistor, transistor, energy generation, physical activity, educational equipment.

В настоящее время мало кто задумывается о масштабах добычи и потребления электроэнергии, сколько тратится невозобновляемых ресурсов, и какая часть полученной энергии уходит на совершение полезной работы, а какую часть эксплуатируют в неразумных целях [1, 2]. В качестве наглядного примера можно привести обычный жилой дом, в котором большое количество электрооборудования. Объём электроэнергии, потребляемый этими приборами обычно не велик, но бывают моменты, когда одновременно подключают большое количество приборов, и на сеть дома приходится большая нагрузка, но не все эти приборы могут быть необходимыми в этот момент.

Экономии электроэнергии лучше всего приучать с раннего возраста [3]. Для лучшего понимания детям необходимы наглядные примеры, а их демонстрация может вызывать некоторые затруднённости [4]. Для этих целей в Казанском государственном энергетическом университете был разработан учебный демонстрационный стенд «ДОБЫВАЙ ЭНЕРГИЮ САМ» [5].

Этот стенд представляет собой конструкцию из нескольких блоков, на каждом из которых изображено определённое устройство и потребляемая мощность данного устройства. Рядом со стендом находится вело-генератор. При раскручивании педалей вело-генератора с нарастающим усилием каждый блок стенда последовательно начинает подсвечиваться, и постепенно раскручивать педали становится сложнее по причине возникновения большего сопротивления на обмотках генератора, что напоминает принцип работы электродвигателя.

Однако, электрическая схема данного стенда была не устойчива к приложению большой физической силы на вело-генераторе, что могло повлечь за собой выработку огромного тока и разрушение электрической схемы. Поэтому было принято решение модернизировать данную схему во избежание поломок и аварий при проведении испытаний и мастер-классов на данном стенде.

Первым решением была предложена схема последовательного соединения конденсаторных батарей в цепи нагрузки генератора. Изначально они предполагались как метод постепенного включения нагрузки для увеличения тяжести прокручивания педалей. Но решение оказалось неудачным из-за следующих причин:

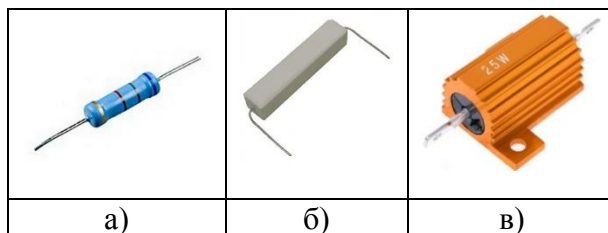
- большие габариты и не эргономичность собранной схемы;
- конденсаторы начинали быстро заряжаться и перегорать из-за нестабильности напряжения и тока.

Вторым решением была сборка схемы, в основе которой используются следующие электронные компоненты: микроконтроллер Arduino UNO, транзистор IRF530N, диодный мост KBPC5010 и набор резисторов для нагрузки [6]. Сложности в проведении отладочных работ были с резисторами, которые не выдерживали большой ток, проходящий через них, и выходили из строя.

Опыты проводились над несколькими типами резисторов. Первый тип – это постоянные резисторы с проволочными выводами (см.рис. а). Были собраны несколько видов соединений для достижения большего сопротивления, но это также способствовало снижению эргономичности и дальнейшей безопасной эксплуатации собранной схемы.

Далее использовался резистор проволочный керамический CRL15W-1R (см.рис. б). Данный резистор выдерживал более высокие температуры и токи, но был особо уязвим к физическим повреждениям, а также рассеивание температуры происходило медленно, что могло повлечь за собой перегорание схемы.

В конце концов было принято решение использовать выводные резисторы с радиаторами (см.рис. в) которые лишены недостатков, присущих первым двум типам резисторов.



Виды резисторов, использованных в проведённых опытах

Увеличение нагрузки кручения педалей осуществляется путём открытия очередной транзисторной схемы, работающей на резистивную нагрузку. Управление отпиранием транзисторов осуществляется при помощи микроконтроллера Arduino UNO, в который написан специальный код, позволяющий при достижении определённого значения мощности открывать первый, второй, и последующие транзисторы, способствуя утяжелению кручения педалей.

В результате ремонта и модернизации демонстрационного стенда «ДОБЫВАЙ ЭНЕРГИЮ САМ» были улучшены его эксплуатационные характеристики, надёжность и эргономичность.

### Источники

1. Яшунин Д.А. Ресурсосбережение как важнейший фактор экономической независимости страны / Д.А. Яшунин // Контентус. 2015. № 3 (32). С. 28–38.
2. Архипов Н.А. Ресурсосбережение как фактор снижения затрат / Н.А. Архипов // Трибуна ученого. 2020. № 1. С. 365–372.
3. Метечко Л.Б. Экология и энергосбережение – стиль жизни современного человека / Л.Б. Метечко, А.Е. Сорокин, А.С. Кабанов // Научные труды Вольного экономического общества России. 2018. Т. 213, № 5. С. 365–383.
4. Потапов А.А. Применение активных методов для повышения мотивации студентов к обучению по дисциплине «Силовая электроника» / А.А. Потапов, И.В. Павлова // Непрерывное образование: XXI век. 2020. № 1 (29). С. 60–67.
5. Павлова И.В. Опыт разработки лабораторных стендов студентами в рамках проектного обучения / И.В. Павлова, А.А. Потапов // Преподаватель XXI век. 2021. № 1-1. С. 114–121.
6. Погарский Д.А. Современные микроконтроллеры и их применение // Электроника и автоматизация. 2020. Вып. 12.

## ПРИМЕНЕНИЕ ОПТРОНОВ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ ДО 1000 В

Романов Антон Сергеевич<sup>1</sup>, Синицин Алексей Михайлович<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>antonfromkazan@vk.com

В статье рассматриваются особенности применения оптических пар в различных электроустановках до 1000 Вольт. Были рассмотрены виды оптронов и выявлены наиболее часто используемые в электроустановках до 1000 В.

**Ключевые слова:** электроустановка, оптрон, излучатель, фотоприёмник, оптический канал.

## APPLICATION OF OPTOCOUPERS IN ELECTRICAL INSTALLATIONS UP TO 1000 VOLTS

Romanov Anton Sergeevich<sup>1</sup>, Sinitsin Alexey Mikhailovich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO «Kazan State Power Engineering University», Kazan  
<sup>1</sup>antonfromkazan@vk.com

The article discusses the features of the use of optical pairs in various electrical installations up to 1000 Volts. The types of optocouplers were considered and the most commonly used in electrical installations up to 1000 Volts were identified.

**Keywords:** electrical installation, optocoupler, emitter, photodetector, optical channel.

Электроустановкой принято называть совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями), предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи, потребления и распределения электрической энергии и преобразования её в другой вид энергии [1].

Оптрон является электронным узлом, который наиболее часто встречается в электроустановках, работающих в электросетях с напряжением до 1000 Вольт. Это обусловлено в первую очередь тем, что их применение довольно разнообразно в связи с их разнообразным устройством.

Оптроны – это полупроводниковые приборы, чувствительные к инфракрасному излучению, свету, электромагнитному, коротковолновому или корпускулярному излучению, специально предназначенные либо для преобразования энергии такого излучения в электрическую энергию, либо для управления электрической энергией с помощью такого излучения [2]. Существует несколько видов оптронов, классифицируемых по различным признакам, таким как тип оптического канала, тип фотоприемника, тип источника света и степень интеграции [3].

По типу оптического канала различают оптроны с открытым и закрытым каналами. Отличие оптрона с оптическим каналом открытого типа от оптрона закрытого типа заключается в среде передачи фотонов, так как в оптронах закрытого типа средой передачи фотонов могут выступать и воздух, и вакуум, и стекло, но в случае оптической пары открытого типа средой передачи могут выступать только воздух или вакуум, а наличие корпуса у устройства не является обязательным [4].

Оптроны с открытым оптическим каналом используются в качестве сенсоров наличия препятствия, а потому они имеют очень широкий спектр применения. Их можно встретить в таких электроустановках до 1 кВ, как: светильники, принтеры, электросушилки для рук, различное промышленное оборудование.

Оптроны с закрытым типом конструкции имеют более узкий спектр применения. Их, в основном, используют в качестве гальванической развязки на платах электроустановок для предотвращения выхода из строя чувствительных к резким перепадам напряжения, что обусловлено возникновением резонанса на высших гармониках в электрической сети, где главной причиной повышенного содержания ВГ в токах и напряжениях является работа электроприёмников с нелинейными вольтамперными характеристиками [5].

### **Источники**

1. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей / отв. ред. В.А. Обручев. М.: Эксмо, 2007.
2. Патент № 2201017 С2 Российская Федерация, МПК Н01L 31/173. оптрон : № 2000126909/28 : заявл. 26.10.2000 : опубл. 20.03.2003 / Д. М. Барановский, Ю. П. Череповский.
3. Оптрон [Электронный ресурс]. <https://ru.wikipedia.org/wiki?curid=523118> (дата обращения: 10.11.2024).
4. Романов А.С. Принцип действия и применение диодных оптронов с оптическим каналом открытого типа / А.С. Романов, И.И. Шакиров // XXVII Всероссийский аспирантско-магистерский научный семинар, посвященный Дню энергетика и 55-летию КГЭУ: материалы докладов, Казань, 05–06 декабря 2023 года. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2023. С. 228–230.
5. Зубова Е.В., Федосов Д.С. Исследование условий возникновения резонанса на высших гармониках в электрической сети, питающей нелинейную нагрузку // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2024. № 26 (3). С. 83–95.

## АНАЛИЗ НАРУШЕНИЙ ПРАВИЛ ВВОДА В ЭКСПЛУАТАЦИЮ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ В ГОРОДЕ МОСКВЕ

Федотов Кирилл Алексеевич<sup>1</sup>, Микаева Светлана Анатольевна<sup>2</sup>,  
Журавлёва Юлия Алексеевна<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>ФГБОУ ВО «РТУ МИРЭА», г. Москва  
<sup>1</sup>kirillkvasov055@gmail.com, <sup>2</sup>mikaeva\_s@mirea.ru

В статье анализируется проблема нарушения правил ввода в эксплуатацию жилых зданий в г. Москве, где интенсивное строительство жилья обостряет эту проблему. Исследование основано на статистике за первое полугодие 2024 г и выявляет наиболее распространенные нарушения: несоблюдение экологических норм, качества грунта, инженерных сетей, а также качества строительных работ. Для анализа выбраны несколько жилых комплексов одного сегмента рынка, чтобы выявить и проанализировать ошибки, допущенные строительными компаниями. Результаты представлены в виде таблицы.

**Ключевые слова:** строительство, жилье, нарушения, ввод в эксплуатацию, жилой комплекс, экология, качество, инженерные сети, СНиП, ГОСТ, безопасность.

## ANALYSIS OF VIOLATIONS OF THE RULES FOR COMMISSIONING RESIDENTIAL BUILDINGS IN MOSCOW

Fedotov Kirill Alekseevich<sup>1</sup>, Mikaeva Svetlana Anatolievna<sup>2</sup>, Zhuravleva Julia Alekseevna<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>FGBOU VO "RTU MIREA", Moscow  
<sup>1</sup> kirillkvasov055@gmail.com, <sup>2</sup>mikaeva\_s@mirea.ru

The article analyzes the problem of violation of the rules for commissioning residential buildings in Moscow, where intensive housing construction exacerbates this problem. The study is based on statistics for the first half of 2024 and identifies the most common violations: non-compliance with environmental standards, soil quality, engineering networks, as well as the quality of construction work. Several residential complexes of the same market segment were selected for analysis in order to identify and analyze mistakes made by construction companies. The results are presented in the form of a table.

**Keywords:** construction, housing, violations, commissioning, residential complex, ecology, quality, engineering networks, SNiP, GOST, safety.

Нарушение правил ввода в эксплуатацию жилых зданий. В настоящее время в связи со строительством и вводом в эксплуатацию ежегодно большого числа жилых зданий, все острее стоит проблема нарушения строительными организациями правил, связанных с нормами ввода этих объектов в эксплуатацию [1-6]. Наиболее выражено это проявляется в крупных городах, где темпы ввода нового жилья увеличиваются с каждым годом. Часто эти проблемы остаются не выявленными, до момента заселения этих домов первыми жильцами. За первое полугодие 2024 в г. Москве было построено 2193 жилых

помещения, общая площадь которых составила 1735,7 тысяч квадратных метров, в эксплуатацию введены 103 жилых корпуса в 39 строительных проектах, среди них четырнадцать относятся к массовому сегменту, семнадцать к бизнес-классу, три к премиум-классу, пять к элитному сегменту [2, 5]. Основное количество проблем фиксируется в жилье относящемся к массовому сегменту, где более 40% из всех построенных зданий имеют проблемы, связанные с нарушениями норм строительства, у жилья, относящегося к бизнес-сегменту это процент достигает 10%, у элитного жилья и жилья-премиум-класса это процент не превышает 5% от общего числа введенных в эксплуатацию зданий [4]. Проблемы, которые наиболее часто встречаются при сдаче объектов их собственникам следующие: нарушены и не учтены такие аспекты как экология, состав грунта, не везде есть необходимые инженерные сети и коммуникации, также качество строительных работ у многих новостроек является неудовлетворительным. Присутствует также отход от соблюдения норм и стандартов (СНиП, ГОСТ и др.) а также требований безопасности.

Для анализа были выбраны несколько введенных в 2024 г жилых комплексов от разных застройщиков, но относящихся к одному сегменту, для их проверки на соблюдение правил ввода в эксплуатацию жилых зданий, а также описания и разбора ошибок, допущенных этими строительными компаниями. Результаты этого исследования будут представлены в таблице [1].

#### Нарушение норм и правил ввода в эксплуатацию жилых зданий

Технические правила	Выявленные нарушения «ЖК1»	Выявленные нарушения «ЖК2»	Норма
Экология	Превышение допустимых уровней шума от строительной техники в жилых зонах, загрязнение почвы и воды (используя пробоотборники для почвы и воды, в почве и воде выявлены наличие нефтепродуктов и тяжелых металлов), сброс сточных вод и строительных отходов на территории, не предусмотренные для этого.	Превышение допустимых уровней шума от строительной техники в жилых зонах.	СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96 СанПиН 2.1.6.1032-01 СанПиН 2.1.7.1322-03



Технические правила	Выявленные нарушения «ЖК1»	Выявленные нарушения «ЖК2»	Норма
Качество строительных работ	Качество строительных работ не соответствует нормам. При осмотре наружной укладки обнаружено множество дефектов. Лазерный уровень показал, что неровно установлены окна (неровные оконные проемы), а также неправильные углы между стенами.	Качество строительных работ не соответствует нормам. Лазерный уровень показал, что дефекты обнаружены в перегородках и стенах здания.	ГК РФ Статья 721. Качество строительных работ должно соответствовать условиям договора и требованиям предъявляемым такого рода работам.
Соблюдение норм и стандартов	Не соблюдены все нормы «СНиП». Нарушение технологии бетонирования, что привело к наличию множества трещин, стены и перекрытия не соответствуют проектным размерам, при помощи влагомера обнаружено множество подтеков.	Не соблюдены все нормы «СНиП». Недостаточная прочность материалов (установлено при помощи ультразвукового тестера), нарушение теплотехнических характеристик (неправильная укладка теплоизоляции, что приводит к потере тепла, установлено при помощи тепловизора).	Нормы СНиП и ГОСТ.
Объекты благоустройства	Присутствуют не все объекты благоустройства, не обнаружено: зеленых зон, достаточного количества систем водоотведения.	Все объекты благоустройства присутствуют.	ГК РФ. СНиП 2.07.01-89 СНиП 30-02-97 СНиП 2.08.02-89.
Проверка на безопасность	Нарушение по пожарной безопасности, в подъездах недостаточное количество дым детекторов.	Нарушений по безопасности не обнаружено.	ГК РФ. СП 14.13330.2014 СП 48.13330.2011 ГОСТ Р 50906-96 СНиП 12-03-2001
Техническое состояние	Обнаружены трещины в стенах и перекрытиях (обнаружены при помощи термографической камеры и лазерного уровня), неудовлетворительное качество материалов, установлено при помощи (анализатора материалов).	Обнаружена деформация о осадку фундамента (при помощи тахеометра, уровня и датчика деформации).	ГК РФ. Технические регламенты. СП 20.13330.2016 ГОСТ Р 51256-99 ГОСТ 27751-88

Технические правила	Выявленные нарушения «ЖК1»	Выявленные нарушения «ЖК2»	Норма
Инженерные сети и коммуникации	Обнаружена недостаточная изоляция электрических сетей: Отсутствие должной изоляции (может вызвать короткое замыкание и привести к пожару).	Нарушений, связанных с инженерными сетями и коммуникациями не обнаружено.	СП 40-102-2000 ГОСТ 25100-2011 ГОСТ Р 50597-93
Документация	Несоответствие проектной документации: после сравнения фактического состояния с проектной документацией с помощью визуального осмотра и измерительных инструментов (рулетки, лазерного дальномера).	Нарушений в проектной документации не обнаружено, документация в норме.	ГК РФ. СНиП 12-01-2004 ГОСТ

Для поиска нарушений правил ввода в эксплуатацию жилых зданий использовались приборы: лазерный уровень, измерительные инструменты, анализаторы материалов, геодезические инструменты, влагомеры, топографические приборы и системы мониторинга.

### Источники

1. Микаева С.А., Микаева А.С. Установки для обеззараживания воздуха и воды // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2012. № 5. С. 41–46.
2. Шорохова А.С. Актуальные проблемы государственного управления в сфере развития жилищно-коммунального хозяйства в России // Вектор экономики. 2021. № 1 (55). С. 44.
3. Микаева А.С., Микаева С.А., Польшяева А. И. Российское приборостроение: состояние и проблемы его развития // Новая наука: финансово-экономические основы. 2017. № 3. С. 154–156.
4. Мамонова А.О. Оптимизация технологий энергосбережения в сфере ЖКХ г. Казани // Фундаментальные научные исследования: сборник научных трудов по материалам XXIX Международной научно-практической конференции. Анапа, 2020. С. 44–48.
5. Микаева С.А., Журавлева Ю.А. Полупроводниковые приборы и источники света. цифровые электронные устройства. Алгоритмы обработки цифровой информации: практикум. Вологда, 2025.
6. Микаева С.А., Микаева А.С. Промышленная электроника. экономическая безопасность в приборостроении. Москва, 2024.

## УЧЕБНЫЕ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЕ ПЛАТФОРМЫ НА МИКРОКОНТРОЛЛЕРЕ С ПЕРИФЕРИЙНЫМИ МОДУЛЯМИ

Хамидуллин Ильдар Ниязович<sup>1</sup>, Маслов Савелий Юрьевич<sup>2</sup>,  
Иванов Дмитрий Алексеевич<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>ildar.ildar-xam2017@yandex.ru

Современное общество предъявляет все больше требований к новейшим разработкам в промышленной электронике, микроэлектронной промышленности, однако повсеместное внедрение новых технологий требует подготовку высококвалифицированных. Отличительным фактором в развитии специалистов является внедрение модульной структуры учебного стенда. Этому вопросу посвящена данная статья.

**Ключевые слова:** учебный стенд, микроконтроллеры, периферийные модули, программирование.

## EDUCATIONAL HARDWARE AND SOFTWARE PLATFORMS ON A MICROCONTROLLER WITH PERIPHERAL MODULES

Khamidullin Ildar Niyazovich<sup>1</sup>, Maslov Savely Yurievich<sup>2</sup>  
Ivanov Dmitry Alekseevich<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
<sup>1</sup>ildar.ildar-xam2017@yandex.ru

Modern society places increasing demands on the latest developments in industrial electronics and the microelectronic industry, but the widespread introduction of new technologies requires the training of highly qualified specialists. A distinctive factor in the development of specialists is the introduction of a modular structure of the training stand. This article is devoted to this issue.

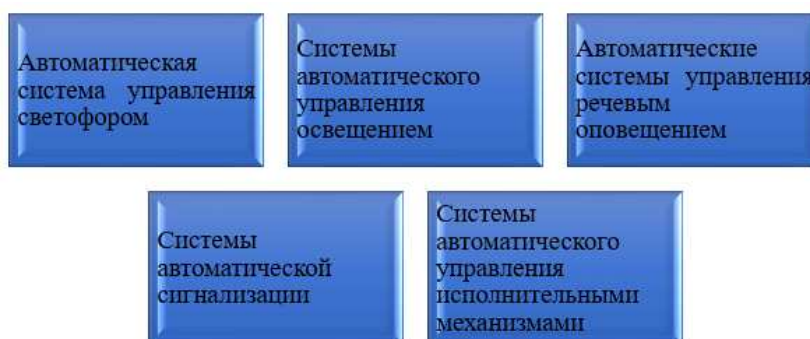
**Keywords:** training stand, microcontrollers, peripheral modules, programming.

Обзор научной литературы показывает, что существует множество различных учебных лабораторных стендов. Все изученные стенды предназначены для выполнения лабораторных работ.

**Учебный лабораторный стенд «Программирование микроконтроллеров» (исполнение настольное, компьютеризированное).** Данный лабораторный стенд предназначен для выполнения лабораторных работ по изучению восьмиразрядных микроконтроллеров семейства AVR фирмы Atmel. Стенд содержит микроконтроллер Atmega8535 и необходимые элементы для его программирования и изучения работы периферийных устройств. А также позволяет изучать

систему команд, функционирование регистров общего назначения, стека, прерываний, цифровых портов ввода/вывода, аналого-цифрового преобразователя, таймеров/счетчиков, внешних прерываний контроллера, а также принципы работы динамической индикации и управления электродвигателем

**Учебный стенд «Микроконтроллеры и устройства ввода-вывода».** Комплект лабораторного оборудования «Микроконтроллеры и устройства ввода-вывода» предназначен для проведения лабораторно-практических занятий в учреждениях начального профессионального, среднего профессионального и высшего профессионального образования, для получения базовых и углубленных профессиональных знаний, и навыков. В комплект лабораторного оборудования входят:



**Учебный лабораторный стенд «Микроконтроллер Vostok».** Стенд предназначен для проведения практических занятий со студентами высших, средних и профессиональных учебных заведений по приобретению знаний, опыта и навыков работы на микроконтроллерах Vostok и различных периферийных устройствах российской компании ДК «Восток». В ходе практических занятий в лаборатории студенты знакомятся с функциями и характеристиками микроконтроллеров. Используя встроенные в модуль периферийные устройства, они узнают, как микроконтроллер взаимодействует с этими периферийными устройствами, используя различные интерфейсы и протоколы взаимодействия. Лабораторные работы могут проводиться по следующим направлениям: «микропроцессорные системы», «встраиваемые системы», «архитектура компьютера». В ходе лабораторных занятий студенты создают программы для микроконтроллеров и углубляют свои знания по программированию на языках C, C++ и ассемблере. Для упрощения процесса обучения и снижения порога работы на стенде может использоваться среда Arduino IDE, а модуль и периферийные устройства полностью совместимы.

Проведенный нами анализ существующих вариантов свидетельствует о том, для учебного процесса в вузах крайне необходимы стенды для работы с микроконтроллерами и периферийными модулями. Представленные варианты показали свою эффективность и выполняют задачу обучения в полном объеме.

### **Источники**

1. Аристов Е.В., Хузин Р.А. Создание учебных стендов на основе современного оборудования // Недропользование. 2006. № 1. С. 162–164.

2. Иванова В.Р., Фетисов Л.В. Разработка учебного стенда для эффективной и безопасной эксплуатации резервного электроснабжения на промышленных предприятиях // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2018. № 20 (9-10). С. 120–128.

3. Кожевников А.А., Артамонова А.А. Проектирование первичных элементов учебного стенда МПЦ и АБ // Транспорт: наука, образование, производство. 2019. С. 55–58.

4. Перспективы развития робототехнических учебных стендов для высшего специального образования в области робототехники, автоматике и мехатроники / А.Л. Печников [и др.] // Сборник научных трудов SWorld. 2012. Т. 5, № 2. С. 89–95.

5. Роботизированные учебные стенды с компьютерным управлением / С.С. Панов [и др.] // Новые образовательные технологии в вузе. Часть 2. 2009. Т. 2. № 6. С. 288–291.

6. Петров Т.И., Галеева Р.У., Шакурова З.М., Мифтахова Н.К., Хасанов Ш.Р., Ranjan Kumar Vehera. Работа с программным обеспечением DVT CUSTOMER при взаимодействии с учебным стендом имитации работы автомобиля // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2024. Т. 16, № 1 (61). С. 27–37.

7. Юсупов Б.З. Разработка учебного стенда охранно-пожарной системы для обучения студентов // Программные системы и вычислительные методы. 2023. № 2. С. 40–48.

## ОПТИКО-ЭМИССИОННЫЙ МЕТОД ДИАГНОСТИКИ РАЗРЯДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ ИЗОЛЯЦИИ

Шакирзянов Марат Альбертович<sup>1</sup>, Кочеткова Азалия Адиповна<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>maratlol@mail.ru, <sup>2</sup>azalkakarimova.16@mail.ru

Оптический метод диагностики высоковольтной изоляции демонстрирует высокую чувствительность и точность [1], что делает его эффективным для обследования электрических систем.

**Ключевые слова:** подвесные изоляторы, стеклянные изоляторы, оптический метод, разрядные процессы.

## OPTICAL EMISSION METHOD FOR DIAGNOSTICS OF DISCHARGE PROCESSES IN HIGH-VOLTAGE INSULATION

Shakirzyanov Marat Albertovich<sup>1</sup>, Kochetkova Azaliya Adipovna<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO «Kazan State Power Engineering University», Kazan  
<sup>1</sup>maratlol@mail.ru, <sup>2</sup>azalkakarimova.16@mail.ru

The optical method for diagnosing high-voltage insulation demonstrates high sensitivity and accuracy, which makes it effective for examining electrical systems.

**Keywords:** suspended insulators, glass insulators, optical method, discharge processes.

Эксперимент проводился с помощью ультрафиолетовой (УФ) камеры *CoroSAM 7*, которая используется для контроля высоковольтных электроустановок, работающих под напряжением от 3,3 кВ, поиска разрядов.

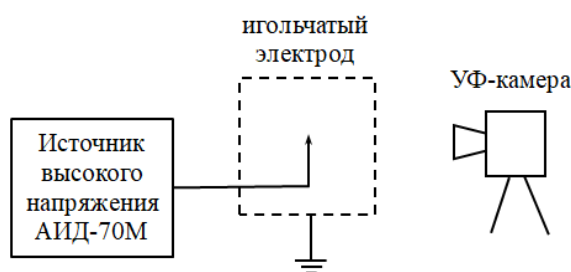


Рис. 1. Схема эксперимента

Условия эксперимента: расстояние от УФ-камеры до игольчатого электрода – 135 см, влажность – 36,7 %; температура – 23,9 °С.



Рис. 2. Проведение эксперимента

**1 часть.** Была подвешена «гирлянда» из стеклянных изоляторов ПС70Е, один из которых был с дефектом. При повышении напряжения с 1 кВ до 50 кВ наблюдался рост числа разрядов, наблюдаемых в виде красных пятен на экране камеры. Увеличение напряжения также привело к росту количества фотонов [3], что обозначено на рис. 4.



Рис. 3. Разряды при 10 кВ (слева) и 40 кВ (справа)

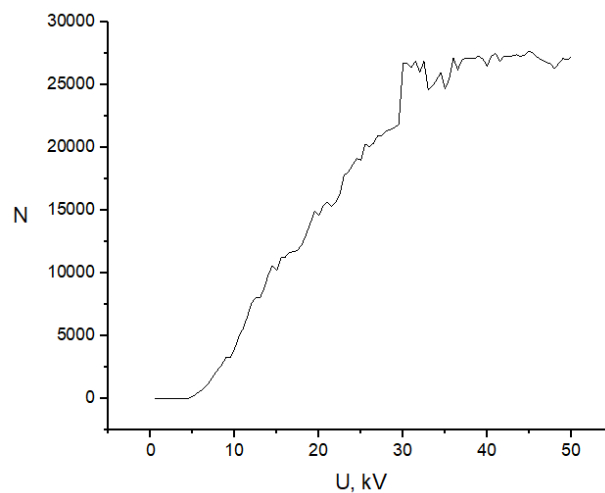


Рис. 4. График зависимости числа фотонов от напряжения при исследовании разрядных процессов на игольчатом электроде

**2 часть.** Для данного эксперимента были подготовлены стеклянные высоковольтные изоляторы ПС70Е, загрязненные суспензией, состоящей из 40 граммов каолина, 1000 мл воды и соли (NaCl) в зависимости от уровня загрязнения. На изоляторы подавалось переменное напряжение.



Рис. 5. Стеклянные изоляторы различной степени загрязнения:  
1 – «нормальное» состояние изолятора (плотность покрытия  $0,06 \text{ мг/см}^2$ );  
2 – «ухудшенное» состояние изолятора (плотность покрытия  $0,2 \text{ мг/см}^2$ );  
3 – «предаварийное» состояние изолятора (плотность покрытия  $0,4 \text{ мг/см}^2$ )



Рис. 6. Фотография «нормального» изолятора

**Вывод.** В ходе эксперимента были исследованы три изолятора находящиеся в разных степени загрязнения. Результаты показали, что в «нормальном» состоянии количество фотонов было минимальным, тогда как в «ухудшенных» и «предаварийных» состояниях число разрядов возросло, что зафиксировала УФ-камера. Таким образом, можно заключить, что количество разрядных процессов зависит от состояния изоляторов [2].

### Источники

1. Ушаков В.Я. Изоляция установок высокого напряжения. М.: Энергоатомиздат, 1994. 496 с.
2. Техника высоких напряжений / Л.Ф. Дмоховская [и др.]. М: Энергия, 1976. 473 с.
3. Вдовико В.П. Частичные разряды в диагностировании высоковольтного оборудования. Новосибирск: Наука, 2007. 155 с.



## РАЗРАБОТКА ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Шалаумов Сергей Сергеевич<sup>1</sup>, Мурзахметов Данир Ильнурович<sup>2</sup>,  
Зулькарнаев Равиль Нурисламович<sup>3</sup>, Власовский Виктор Сергеевич<sup>4</sup>  
<sup>1,2,3,4</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>Shalaumov\_cergey@mail.ru, <sup>2</sup>hanmurzahmetov@gmail.ru, <sup>3</sup>zravil04@mail.ru,  
<sup>4</sup>Vitek-Vkakoito@yandex.ru

В данной статье рассматривается создание искусственного интеллекта нацеленного на оптимизацию энергопотребления промышленных предприятий. Данная разработка имеет большое значение, так как она поможет существенно снизить экономические издержки, уменьшить вредные выбросы и улучшить использование энергоресурсов.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, энергоэффективность техническое состояние, платформа, роботизированное устройство, диагностика, базы данных.

## DEVELOPMENT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO OPTIMIZE THE ENERGY CONSUMPTION OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

Shalaumov Sergey Sergeevich<sup>1</sup>, Murzakhmetov Danir Ilurovich<sup>2</sup>,  
Zulkarnaev Ravil Nurislamovich<sup>3</sup>, Vlasovsky Viktor Sergeevich<sup>4</sup>  
<sup>1,2,3,4</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>Shalaumov\_cergey@mail.ru, <sup>2</sup>hanmurzahmetov@gmail.ru, <sup>3</sup>zravil04@mail.ru,  
<sup>4</sup>Vitek-Vkakoito@yandex.ru

This article discusses the creation of artificial intelligence aimed at optimizing the energy consumption of industrial enterprises. This development is of great importance, as it will help significantly reduce economic costs, reduce harmful emissions and improve the use of energy resources.

**Keywords:** artificial intelligence, technical condition, robotic device, platform, diagnostics, databases, voltage.

В современном мире наблюдается растущая необходимость в эффективном управлении энергопотреблением. Из-за увеличения стоимости энергии, ограниченности ресурсов и отрицательному влиянию на экологию [1, С. 6]. Поэтому всё больше внимания уделяется разработке и использованию передовых технологий, включая искусственный интеллект, для оптимизации энергопотребления и улучшения энергоэффективности.

Искусственный интеллект (ИИ) играет важную роль в управлении энергопотреблением, предоставляя новые возможности для оптимизации и рационального использования энергии. Он позволяет автоматизировать процессы контроля, анализа и принятия решений, что приводит к снижению затрат на энергию, увеличению энергоэффективности и уменьшению негативного воздействия на окружающую среду [2, С. 44].

**Прогнозирование и анализ данных.** Искусственный интеллект может применяться для прогнозирования и изучения информации, связанной с энергопотреблением. Например, с использованием ИИ можно создать модели, которые определяют будущий спрос на энергию на основе исторических данных и внешних факторов, таких как погода, экономическая ситуация и так далее. Это помогает энергетическим предприятиям и клиентам планировать и оптимизировать свою работу, чтобы улучшить энергосбережение и увеличить энергоэффективность.

**Автоматизация и оптимизация процессов.** Искусственный интеллект открывает большие возможности в области автоматизации и повышения эффективности управления энергопотреблением [3, С. 111].

Благодаря искусственному интеллекту можно анализировать большие объёмы данных и выявлять закономерности в потреблении энергии. Алгоритмы машинного обучения используются для оптимизации процессов передачи и распределения электроэнергии с учётом динамических изменений в нагрузке.

Применение нейронных сетей в управлении сетями обеспечивает более гибкую реакцию на изменения в потреблении и производстве энергии. Благодаря этому можно адаптироваться к различным условиям и эффективно использовать имеющиеся ресурсы [4, С. 3].

**Управление энергетическими системами.** Искусственный интеллект может быть использован для управления распределёнными энергетическими системами, такими как сети солнечных панелей, фермы ветряных генераторов, электромобили и др. С помощью ИИ можно разработать алгоритмы, которые улучшат распределение и использование энергии в таких системах, учитывая различные факторы, такие как доступность источников энергии, ограничения сети и потребности потребителей [5, С. 42]. Это позволит повысить эффективность использования возобновляемых источников энергии и снизить зависимость от традиционных источников энергии.

Таким образом, искусственный интеллект оказывает значительное влияние на управление энергопотреблением, предоставляя новые возможности для оптимизации и рационального использования энергетических ресурсов. Благодаря ему становится возможным автоматизировать процессы,

прогнозировать и изучать информацию, а также контролировать распределённые энергетические системы. Из-за этого снижаются затраты на энергию, повышается энергоэффективность и уменьшается негативное воздействие на окружающую среду.

### **Источники**

1. Массель Л.В. Современный этап развития искусственного интеллекта и применение методов и систем ии в энергетике // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2021. № 4. С. 5–19.

2. Веселов Ф.В., Дорофеев В.В. Интеллектуальная энергосистема России как новый этап развития электроэнергетики в условиях цифровой экономики // Энергетическая политика. 2018. Т. 43. № 5. С. 43–52.

3. Хренников А.Ю., Любарский Ю.А. Использование элементов искусственного интеллекта: компьютерная поддержка оперативных решений в интеллектуальных энергетических сетях. М.: Литрес, 2021. 140 с.

4. Любарский Ю.Я. Оперативный диспетчерский анализ нештатных ситуаций в электрических сетях промышленных предприятий. Компьютерная поддержка на основе технологии экспертных систем // Промышленная энергетика. 2017. № 9. С. 2–6.

5. Капанский А.А. Современные стратегии использования искусственного интеллекта для предотвращения аварий в технических системах ресурсоснабжения // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2024. Т. 16, № 1 (61). С. 38–51.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ GAN-ТРАНЗИСТОРОВ В СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКЕ

Юсупова Диляра Айратовна<sup>1</sup>, Калимуллин Рустем Ирекович<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>yusupova\_d18@mail.ru, <sup>2</sup>kalru@yandex.ru

В условиях глобального перехода к более устойчивым и энергоэффективным технологиям *GaN*-приборы представляют собой решение для повышения плотности мощности и снижения энергопотерь в системах преобразования энергии. Данная статья посвящена полупроводнику третьего поколения, который считается наиболее перспективным.

**Ключевые слова:** Нитрид галлия (*GaN*), нитрид алюминия-галлия (*AlGaN*), МОП-транзисторы, перспективы, силовая электроника.

## PROSPECTS FOR THE USE OF GAN TRANSISTORS IN POWER ELECTRONICS

Yusupova Dilara Ayratovna<sup>1</sup>, Kalimullin Rustem Irekovich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>yusupova\_d18@mail.ru, <sup>2</sup>kalru@yandex.ru

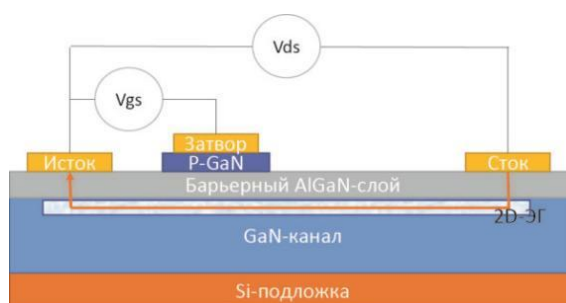
In the context of the global transition to more sustainable and energy-efficient technologies, *GaN* devices represent a solution for increasing power density and reducing energy loss in energy conversion systems. This article is devoted to the third generation semiconductor, which is considered the most promising.

**Keywords:** Gallium nitride (*GaN*), aluminum-gallium nitride (*AlGaN*), MOSFETs, prospects, power electronics.

На сегодняшний день электроэнергия составляет 40% от общего объема потребляемой в мире энергии, и ожидается, что к 2040 году эта доля вырастет примерно на 60%. Переход на полупроводники с широкой запрещенной зоной, такие как карбид кремния (*SiC*) и нитрид галлия (*GaN*), может сократить общее потребление электроэнергии на 20-25% по всему миру. Спрос на высокоэффективные решения в области силовой электроники продолжает расти, особенно в бытовой технике, где наблюдается увеличение энергопотребления [1].

Полевой *GaN*-транзистор представляет собой тип полевого транзистора, который отличается от других *MOSFET*-транзисторов своей боковой структурой. Первый был продемонстрирован Ганом и др. в 1993 году [1]. Структура данного транзистора (см. рис.) состоит в следующем:

на кремниевой подложке формируется защитный слой из алюминия нитрида ( $AlN$ ), на котором затем создается гетероструктура  $GaN/AlGaN$ . После этого добавляются защитный диэлектрический слой и электроды.  $GaN$  и  $AlGaN$  обладают полярной природой, что приводит к спонтанной поляризации на границе их соединения в процессе роста, в результате чего возникают поверхностные заряды [2]. Кроме того,  $GaN$  демонстрирует значительные пьезоэлектрические свойства, что означает, что он дополнительно поляризуется под воздействием механических напряжений и деформаций. Поскольку решетки  $GaN$  и  $AlGaN$  не совпадают, такие напряжения неизбежно возникают на границе их раздела. В результате этих процессов поляризации формируется заряд в виде двумерной плоскости, известной как двумерный электронный газ ( $2DEG$ ) [3]. Ток утечки между клеммами стока и истока изменяется в зависимости от температуры и представляет собой совокупные компоненты сопротивления внутри транзистора.



Структура  $GaN$  на  $Si$ -транзисторе

На практике максимальная температура стабильной работы  $GaN$ -транзисторов составляет около  $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Однако теоретически они могут сохранять работоспособность при температурах до  $500\text{ }^{\circ}\text{C}$  благодаря широкой запрещенной зоне, которая составляет примерно  $3,4\text{ эВ}$ . Благодаря своим уникальным свойствам материал  $GaN$  может удовлетворять требованиям различных промышленных применений к высокой температуре, высокой частоте и высокой мощности, включая бурение глубоких скважин, автомобилестроение и аэрокосмическую промышленность. Поскольку  $GaN$  имеет широкую запрещенную зону, он обеспечивает поддержку более высоких напряжений.  $GaN$ -транзисторы могут переключаться в 10 раз быстрее, чем  $MOSFET$ , и в 100 раз быстрее, чем  $IGBT$  [4]. Это позволяет значительно уменьшить потери энергии при переключении и повысить общую эффективность работы устройств. Работы по разработке  $GaN$ -технологий СВЧ-приборов ведутся также в России. Например, на ФГУП НПП «Пульсар» были получены

работающие образцы *GaN* на эпитаксиальных структурах ЗАО «Элма-Малахит», которые продемонстрировали максимальную выходную мощность 1,4 Вт/мм и КПД 33% на частоте 35 ГГц при ширине затвора 60 мкм. При должной поддержке это направление может оказаться более перспективным для отечественной электроники по сравнению с развитием *GaAs*-технологий и быстрее даст практические результаты, например, в создании СВЧ-модулей. Устройства на основе *GaN* будут значительно меньше при равной выходной мощности, что особенно важно для России, где не ожидается резкого роста потребности в мощных СВЧ-приборах. Минимизируя размеры приборов при тех же технологических характеристиках, можно существенно повысить их надежность и снизить себестоимость изделий [5]. С учетом низкой стоимости высокопроизводительных приборов на *GaN*-подложках, можно ожидать, что будущие схемы преобразования энергии будут включать сотни мощных устройств вместо нескольких, как это происходит сейчас.

#### Источники

1. Khan M.A., Kuznia J.N., Bhattaral A.R., Olsen D.T. Metal semiconductor field effect transistor based on single crystal GaN // *Appl. Phys. Lett.* 2023. V. 62. No. 15. P. 1786–1787.
2. Никитин Д. Обзор GaN-транзисторов компании United Monolithic Semiconductors // *Компоненты и технологии.* 2023. № 2(139). С. 14–15.
3. Zulauf G., Guacci M., Kolar J.W. Dynamic on-resistance in gan-on-si hems: Origins, dependencies, and future characterization frameworks. *IEEE Transactions on Power Electronics* 35. 2019. P. 5581–5588.
4. Гольцова М. Мощные GaN-транзисторы. Истинно революционная технология // *Электроника: Наука, технология, бизнес.* 2022. № 4 (118). С. 86–101.
5. Викулов И., Кичаева Н. GaN-технология. Новый этап развития СВЧ-микросхем // *Электроника: Наука, технология, бизнес.* 2019. № 4 (78). С. 80–85.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФИЛЬТРА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ В ИМПУЛЬСНЫХ ИСТОЧНИКАХ ПИТАНИЯ

Юсупова Диляра Айратовна<sup>1</sup>, Потапов Андрей Александрович<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>yusupova\_d18@mail.ru

Высокие частоты, на которых работают импульсные источники питания, приводят к возникновению гармоник тока, вызывающих электромагнитные помехи, что негативно сказывается на работе самих преобразователей. В данной статье затрагивается вопрос актуальности проектирования и применения фильтров для снижения электромагнитных помех в высокочастотных преобразователях.

**Ключевые слова:** Электромагнитные помехи, Электромагнитная совместимость, сеть стабилизации сопротивления линии, широтно-импульсная модуляция, фильтр электромагнитных помех, синфазный фильтр.

## DESIGNING AN ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE FILTER IN SWITCHING POWER SUPPLIES

Yusupova Dilara Ayratovna<sup>1</sup>, Potapov Andrey Alexandrovich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>yusupova\_d18@mail.ru

The high frequencies at which switching power supplies operate lead to current harmonics that cause electromagnetic interference, which negatively affects the operation of the converters themselves. This article addresses the issue of the relevance of designing and applying filters to reduce electromagnetic interference in high-frequency converters.

**Keywords:** Electromagnetic interference, Electromagnetic compatibility, line resistance stabilization network, pulse width modulation, electromagnetic interference filter, common-mode filter.

Электромагнитные помехи (ЭМП), создаваемые импульсными преобразователями, являются широкополосными и находятся в диапазоне от рабочей частоты преобразователя вплоть до ГГц [1]. Они влияют на электромагнитную совместимость этих преобразователей. Различают синфазные и дифференциальные ЭМП. Синфазные помехи — это высокочастотные помехи, находящиеся в одной фазе друг с другом, и их основной причиной являются паразитные ёмкости между точками системы с высокой скоростью изменения напряжения  $dv/dt$  [2]. Дифференциальные ЭМП вызваны паразитной индуктивностью контура, при высокой скорости нарастания тока  $di/dt$  [3].

В данной работе спроектирован фильтр синфазных помех для импульсного преобразователя, и проанализирован частотный спектр входных помех до и после внедрения фильтра. Для измерения ЭМП применялся анализатор спектра *HAMEG HMS3000* с использованием *LISN* (сеть стабилизации импеданса линии) между входом и тестируемым преобразователем [4]. Топология спроектированного однокаскадного фильтра ЭМП показана на рисунке 1. Синфазные шумы обычно направлены от нагрузки в сеть. Фильтр ЭМП пропускает шум через шунтирующие X-конденсаторы и блокирует его с помощью последовательных катушек индуктивности ( $L1-L2$ ). Синфазные катушки индуктивности обладают высоким сопротивлением к шуму, поглощая его и сбрасывая на землю через низкоомные Y-конденсаторы.

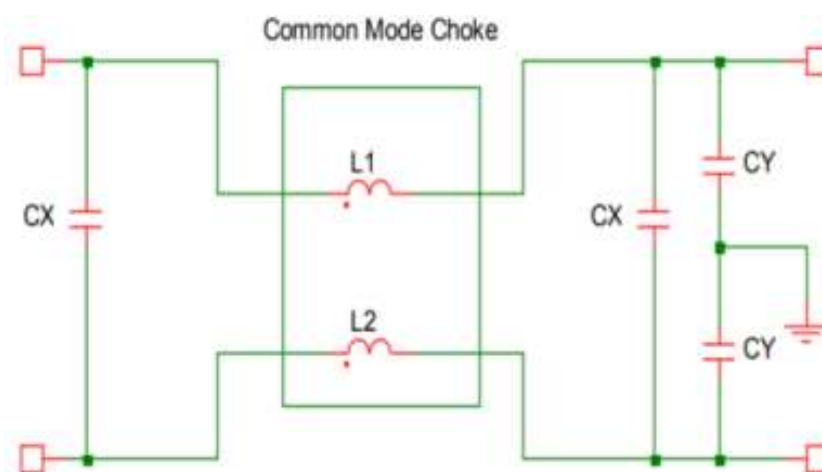


Рис. 1. Фильтр электромагнитных помех для силовых преобразователей

Значение синфазного дросселя, используемого в фильтре, составляет 80 мкГн. Частота его саморезонанса составляет около 7 МГц. В фильтре реактивных элементов есть паразитные параметры, из-за которых два идентичных фильтра могут вести себя по-разному [5]. Частотный спектр синфазных ЭМП, измеренный анализатором спектра без использования фильтра, показан на рисунке 2а. В спектре присутствуют гармоники четного и нечетного порядка. Основная частотная составляющая на частоте 3,45 МГц имеет самую высокую амплитуду - 104 дБмкВ. Следовательно, шум, который необходимо подавить лежит в диапазоне частот от 150 кГц до 30 МГц.

При использовании фильтра (рис. 2б) входной шум преобразователя подавляется в соответствии со стандартом с ограничениями класса А по требованию *CISPR 22*. Компонента основной частоты составляет 64 дБмкВ, то есть ослабляется на 40 дБмкВ.



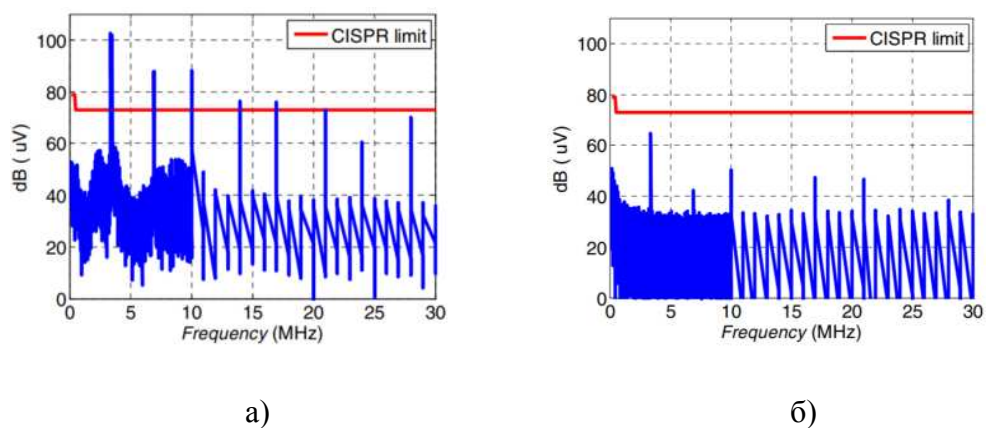


Рис. 2. Частотный спектр наводимых электромагнитных помех без фильтра (а) и после использования фильтра (б)

После измерения и анализа ЭМП, создаваемых импульсными преобразователями на частотах от 100 кГц и выше, можно сделать вывод, что необходимо проектировать синфазный фильтр, чтобы уровень шума не превышал допустимые нормы.

### Источники

1. Kotte H.B., Ambatipudi R., Bertilsson, K. High speed series resonant converter (SRC) using multilayered coreless printed circuit board (PCB) step-down power transformer // Telecommunications Energy Conference. 2011. IEEE 33<sup>rd</sup> International. Pp. 1–9.
2. Michael Tao Zhang Electrical, thermal, and emi designs of high-density, low-profile power supplies // PhD thesis Virginia Polytechnic Institute and State University. February 17, 1997.
3. Рентюк В. Влияние выбора компонентов, схемотехнического и конструктивного решений на вопросы ЭМС современных DC/DC-преобразователей. Часть 2 // Компоненты и технологии. 2018. № 3 (200). С. 105–113.
4. Павлова И.В. Опыт разработки лабораторных стендов студентами в рамках проектного обучения / И.В. Павлова, А.А. Потапов // Преподаватель XXI век. 2021. № 1-1. С. 114–121.
5. Chris Likely. Achieving EMC for DC-DC Converters [Электронный ресурс]. URL: [http://www.compliance-club.com/archive/old\\_archive/021132.htm](http://www.compliance-club.com/archive/old_archive/021132.htm) (дата обращения: 23.10.2024).

## Направление 6. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В СФЕРЕ ЖКХ

УДК 681.51

### АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ НА ОСНОВЕ ЛОГИЧЕСКИХ РЕЛЕ

Бакирова Рузиля Ралифовна<sup>1</sup>, Денисова Алина Ренатовна<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>r.bakirova2017@yandex.ru

В данной работе рассмотрены существующие системы автоматизированного наружного освещения, построенные на базе логических реле и контроллеров. Определены наиболее эффективные технические решения, сочетающие высокую надёжность и низкие капиталозатраты. Рассматриваются две системы освещения, построенные микроконтроллерных технологиях: самая сложная и совершенная, а также наиболее простая.

**Ключевые слова:** освещение, система, наружное освещение, логическое реле, контроллер, энергоэффективность.

### AUTOMATED OUTDOOR LIGHTING SYSTEMS BASED ON LOGIC RELAYS

Bakirova Ruzilya Ralifovna<sup>1</sup>, Denisova Alina Renatovna<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>r.bakirova2017@yandex.ru

In this paper, the existing automated outdoor lighting systems based on logic relays and controllers are considered. The most effective technical solutions combining high reliability and low capital costs have been identified. Two lighting systems based on microcontroller technologies are considered: the most complex and advanced, as well as the simplest.

**Keywords:** lighting, system, outdoor lighting, logic relay, controller, energy efficiency.

В настоящее время во многих городах производится замена старых дугоразрядных ламп на новые – светодиодные, которые являются более экономичными. Для того, чтобы повысить энергоэффективность использования, необходимо использовать современные технические решения, построенные на микроконтроллерах и логических реле.

Говоря о автоматизированных системах освещения необходимо выделить следующие требования, которые предъявляются к уличному освещению: обеспечение необходимого уровня освещённости уличного пространства; внедрение в системы такого оборудования, которое может осуществлять мониторинг и управлять уличным освещением; расширяемость сети уличного освещения за счёт наличия большого количества логических выходов [1].

Соответственно, вышеперечисленные требования должны сочетаться с невысокими финансовыми затратами, а также небольшими эксплуатационными издержками.

Множество систем автоматизированного освещения построено на следующих видах протоколов управления, которые напрямую определяют формат исходных данных, методы передачи информации, протоколы безопасности и шифрования: DALI 2 (Digital Addressable Lighting Interface) – наиболее распространённый протокол, который может чётко исполнять заданные временные графики, поддерживает диммирование, а также позволяет добавлять в систему SCADA неограниченное количество светильников и других параллельных устройств (рис. 1).

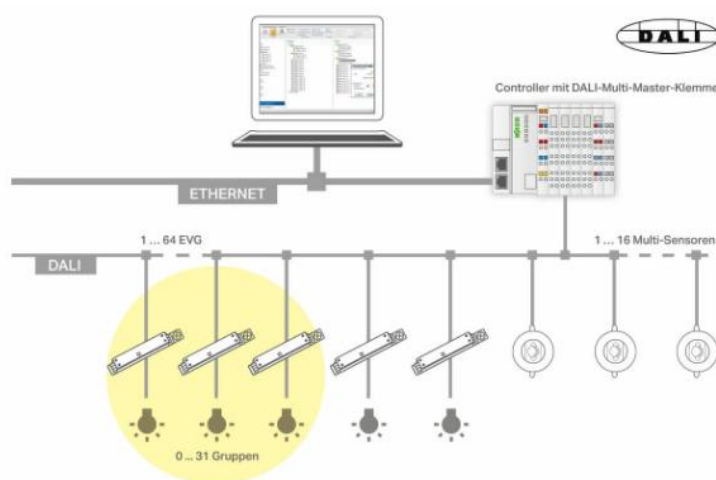


Рис. 1. Функциональная схема работы системы DALI 2

Данная система основана контроллере и соединяется при помощи адаптеров с устройствами – светильниками. Но к сожалению, такая универсальность достаточно сложна при пусконаладочных работах и совместимость данной системы ограничена [2; 3].

Наиболее простой автоматизированной системой освещения является просто программируемый микроконтроллер, который имеет отсчёт времени. На рис. 2 продемонстрирован простейший алгоритм отсчёта

времени – циклического включения/отключения освещения в зависимости от времени суток, основанный на логическом микроконтроллере ОВЕН PR100-R.

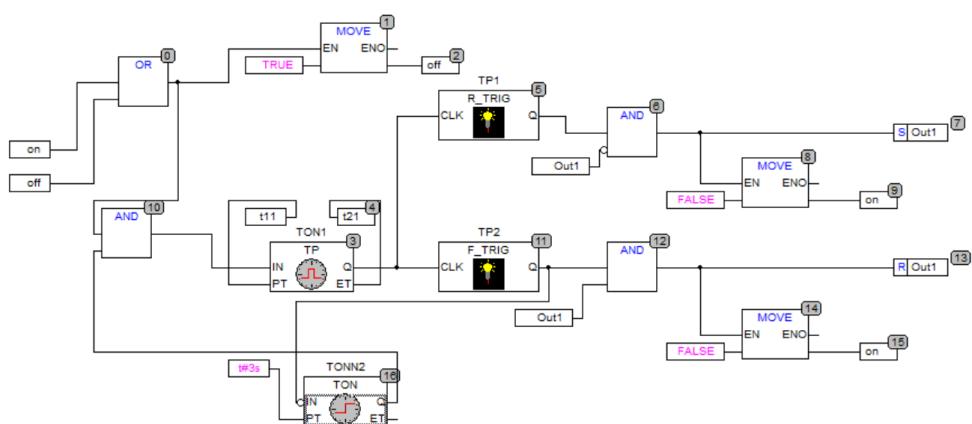


Рис. 2. Алгоритм срабатывания системы освещения

Данный алгоритм полностью повторяет логику работы реле времени: он не требует дополнительных затрат, т.к. однофазное питание заходит в сам контроллер.

Подводя итог, можно сказать, что существуют различные по сложности системы автоматизированного наружного освещения, которые необходимо правильно выбирать в зависимости от необходимости в точности циклов включения/отключения освещения, количества устройств, а также необходимости в диммировании.

## Источники

1. Автоматизированная система управления с динамическим модулем визуализации для муниципальных сетей уличного освещения / В.Х. Пшихопов [и др.] // Известия ТРТУ. 2004. № 7(42). С. 112–116.
2. Седаков А.С. Автоматизированная система управления освещением / А.С. Седаков // Наука и Образование. 2023. Т. 6, № 2.
3. Кононов Т.С. Автоматизированные системы управления наружным освещением // Проблемы и перспективы развития России: Молодежный взгляд в будущее : Сборник научных статей 5-й Всероссийской научной конференции. В 4-х томах, Курск, 20–21 октября 2022 года / Ответственный редактор А.А. Горохов. Том 3. Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. С. 94–96.

## СИСТЕМЫ НАКОПЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ

Бороздин Илья Евгеньевич<sup>1</sup>, Шакурова Зумейра Мунировна<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
badfox110@gmail.com

В работе предложено использование новой системы хранения энергии, включающая в себя электрически перезаряжаемое жидкое топливо в качестве среды хранения.

**Ключевые слова:** электрически перезаряжаемое топливо, среда хранения.

## ENERGY STORAGE SYSTEMS

Borozdin Ilya Evgenievich<sup>1</sup>, Shakurova Zumeira Munirovna<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
badfox110@gmail.com

The work proposes the use of a new energy storage system incorporating electrically rechargeable liquid fuel as the storage medium.

**Keywords:** electrically rechargeable fuel, storage medium.

Разработка новых технологий хранения энергии становится все более актуальной в условиях глобального перехода на возобновляемые источники энергии. Одним из перспективных направлений является использование электрически перезаряжаемого жидкого топлива, которое может служить эффективным средством для хранения и транспортировки энергии, вырабатываемой из возобновляемых источников [1, С.58].

Электротопливо представляет собой синтетическое топливо, производимое с использованием электроэнергии, получаемой из возобновляемых источников, таких как солнечная или ветровая энергия. Оно может включать в себя различные химические соединения, такие как водород, метанол и другие углеводороды, и обладает потенциалом стать углеродно-нейтральным источником энергии для достаточно разных в том числе и ЖКХ.

Основной принцип работы системы хранения на основе электрически перезаряжаемого жидкого топлива включает в себя несколько ключевых этапов:

При этапе производства энергия из возобновляемых источников используется для электролиза воды, что позволяет получать водород. Водород затем может быть синтезирован с углекислым газом (CO<sub>2</sub>) для

производства различных видов топлива, включая метанол и синтетическое дизельное топливо. На рисунке показана схема электронного топливного элемента работающего на электротопливе [2, с. 110].

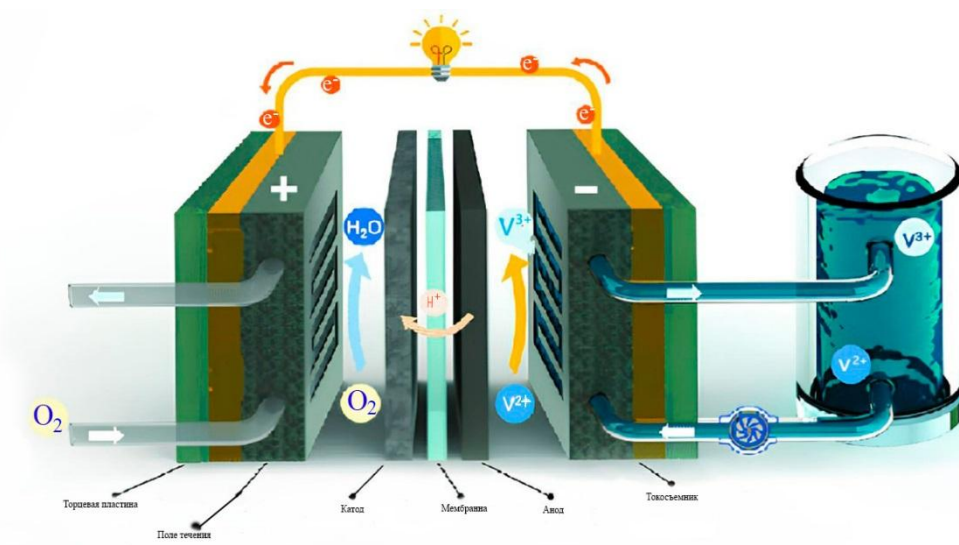


Схема электронного топливного элемента, работающего на электротопливе

Этап хранения отличается тем, что жидкое топливо может храниться в специальных резервуарах, что обеспечивает его длительное хранение и простоту транспортировки. Это особенно важно для регионов, где производство энергии из возобновляемых источников может быть непостоянным.

На этапе использования полученное топливо можно использовать в существующих двигателях внутреннего сгорания или для генерации электроэнергии, что делает его универсальным решением для различных секторов, включая транспорт и энергетику.

Основные преимущества электротоплива заключаются в углеродной нейтральности, так как использование CO<sub>2</sub> в процессе производства способствует снижению общего углеродного следа. Кроме того, жидкое топливо может быть использовано в существующей инфраструктуре, что облегчает переход на новые технологии. Жидкие топлива также обладают высокой плотностью энергии, что позволяет хранить больше энергии в меньшем объеме. Таким образом, система хранения на основе электрически перезаряжаемого жидкого топлива представляет собой перспективное решение для устойчивого энергетического будущего.

Помимо преимуществ у электротоплива есть и существенные недостатки, а именно производство электрически перезаряжаемого жидкого топлива, которое на данный момент является дорогим процессом по сравнению с традиционными видами топлива [3, с. 520].

Несмотря на существующий недостаток, перспектива использования электрически перезаряжаемого жидкого топлива выглядит многообещающим. С увеличением инвестиций в исследования и разработки технологий синтеза и хранения энергии можно ожидать снижения стоимости, а также повышения эффективности производства. Пример успешного проекта, такого как инициатива компании Porsche по производству синтетического метанола в Чили, показывает реальный потенциал этой технологии [4, с. 3].

Таким образом, электрически перезаряжаемое жидкое топливо может стать важным шагом к устойчивой энергетической системе будущего, обеспечивая надежное хранение и использование возобновляемых источников энергии [5, с. 20].

### **Источники**

1. Герасимова В.Г. Электротехнический справочник. Т. 2 : Электротехнические изделия и устройства. М.: Издательский дом МЭИ, 2017.

2. Чесноков С.А. Инженерные сооружения подземной энергетики : монография / С.А. Чесноков, А.Э. Кокосадзе, В.М. Фридкин. М.: Издательство АСВ, 2015. 120 с.

3. Бортник И.М. Основы современной энергетики в 2 т. Т. 2. Современная электроэнергетика: учебник для вузов / под ред. профессоров А.П. Бурмана и В.А. Строева; под общей редакцией чл.-корр. РАН Е.В. Аметистова. М.: Издательский дом МЭИ, 2016. 678 с.

4. Савин К.Н. Применение автоматизированных систем управления технологическими процессами ресурсосбережения В ЖКХ [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-avtomatizirovannyh-sistem-upravleniya-tehnologicheskimi-protsessami-resursosberezheniya-v-zhkh> (дата обращения: 30.10.2024).

5. Устинов А.П. Современные информационные технологии в управлении системами электроснабжения [Электронный ресурс]. URL: <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=870917> (дата обращения: 25.10.2024).

## О РАЗРАБОТКЕ СВЕТИЛЬНИКА С КОМБИНИРОВАННОЙ ЦВЕТОВОЙ ТЕМПЕРАТУРОЙ

Галиев Рашид Рамильевич<sup>1</sup>, Иванова Виля Равильевна<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>rashid.galiev@list.ru, <sup>2</sup>vr-10@mail.ru

В статье описывается разработка светодиодного светильника с комбинированной цветовой температурой, предназначенного для использования в жилых и коммерческих помещениях. Рассматриваются конструктивные особенности, используемые материалы, принципы работы и преимущества светильников с регулируемой цветовой температурой по сравнению с традиционными источниками света.

**Ключевые слова:** светодиодный светильник, комбинированная цветочная температура, световая отдача, энергоэффективность, спектральные характеристики.

## ON THE DEVELOPMENT OF A LUMINAIRE WITH COMBINED COLOR TEMPERATURE

Galiev Rashid Ramilyevich<sup>1</sup>, Ivanova Vilia Ravilyevna<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>rashid.galiev@list.ru, <sup>2</sup>vr-10@mail.ru

This article describes the development of an LED luminaire with a combined color temperature, designed for use in residential and commercial spaces. It examines the design features, materials used, operating principles, and advantages of luminaires with adjustable color temperature compared to traditional light sources

**Key words:** LED luminaire, combined color temperature, luminous efficacy, energy efficiency, spectral characteristics

Современные требования к освещению предполагают высокую энергоэффективность и возможность регулирования цветовой температуры в зависимости от условий эксплуатации. Светодиодные светильники с комбинированной цветовой температурой удовлетворяют этим требованиям, обеспечивая адаптацию освещения от тёплого света (2700 К) для жилых помещений до холодного (6500 К) для офисов и промышленных зон. Их универсальность, долговечность и эффективность позволяют снизить энергозатраты на 50-60 % по сравнению с лампами накаливания и люминесцентными лампами [1, с. 281].

Основой конструкции светильника являются светодиоды, способные изменять спектральные характеристики света. Использование различных типов светодиодов на одной плате позволяет точно регулировать интенсивность и спектральный состав света. В конструкцию входят светодиодные модули, система управления, драйвер питания и теплоотводящие элементы, что обеспечивает эффективное охлаждение и продлевает срок службы до 50 000–80 000 часов.



Система управления включает микроконтроллеры, регулирующие интенсивность света через диммеры и сенсорные панели. В промышленных и коммерческих помещениях применяется дистанционное управление через Wi-Fi или Bluetooth, что оптимизирует работу освещения, учитывая время суток и активность [2]. Это особенно полезно для офисов и производств, где регулирование цветовой температуры улучшает условия труда и снижает утомляемость.

Светодиоды обеспечивают световую отдачу до 150 лм/Вт, что значительно эффективнее люминесцентных ламп (60-80 лм/Вт). Регулируемая цветовая температура позволяет подстроить освещение под естественные ритмы человека: холодный свет (5000К–6500К) стимулирует внимание, а тёплый (2700К–3500К) создаёт комфортную обстановку в вечернее время [3].

Технические характеристики светильников включают диапазон цветовой температуры от 2700К до 6500К, световой поток до 8478 лм и мощность не более 35 Вт. Высокий коэффициент цветопередачи ( $CRI \geq 85$ ) делает их идеальными для помещений, где важна точная передача цветов, таких как лаборатории и производственные линии [4, с. 15]. Низкие затраты на обслуживание и срок службы более 50 000 часов также делают их выгоднее традиционных источников света.

По сравнению с альтернативными технологиями, такие светильники обеспечивают улучшенное качество освещения и значительное снижение энергопотребления. Например, установка светодиодов мощностью 35 Вт вместо люминесцентных ламп мощностью 100 Вт в офисе площадью 100 м<sup>2</sup> позволит сократить затраты на электроэнергию более чем в два раза [5, С. 236]. Гибкость настройки цветовой температуры помогает адаптировать освещение под конкретные задачи, улучшая условия труда и повышая производительность.

Таким образом, светодиодные светильники с комбинированной цветовой температурой являются эффективным и экономически оправданным решением. Они предлагают высокую энергоэффективность, долговечность и точную регулировку световых параметров, превосходя традиционные источники света по многим параметрам и предоставляя значительные экономические и технологические выгоды.

## **Источники**

1. Егорова Е.Л., Мазеина А.А., Фам М.Х., Шнайдер Е.В. Комбинированные светодиодные светильники с ИК-обогревателем // XVII Международная научно-практическая конференция. 2021. С. 281–283.

2. Технологии светильники с возможностью выбора мощности и цветовой температуры // Радуга Лайт. URL: <https://raduga-light.com/ru/news/tekhnologii-svetilniki-s-vozmozhnostyu-vybora-moshchnosti-i-tsvetovoy-temperatury/> (дата обращения: 13.10.2024).

3. Какое должно быть комбинированное освещение // Светодиодные светильники. URL: <https://ledrus.org/blog/svetodiodnye-svetilniki/kakim-dolzno-byt-kombinirovannoe-osveshchenie/> (дата обращения: 13.10.2024).

4. Вилисов А. Белые светодиоды / А. Вилисов, К. Калугин, В. Солдаткин, Е. Перминова // Полупроводниковая светотехника. 2019. Т. 4, № 18. С. 14-17.

5. Стасенко Ю.И., Шнайдер Е.В., Солдаткин В.С. Разработка комбинированного светодиодного светильника для общего и архитектурного динамического освещения // XVI Международная научно-практическая конференция. – 2020. – С. 234-236.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕВОЛЮЦИИ В КАБЕЛЬНОЙ СВЯЗИ: ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕДНЫХ И ОПТОВОЛОКОННЫХ КАБЕЛЕЙ В ЖКХ

Гарифуллин Ильназ Ильнурович  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань,  
ilnazng03@gmail.com

В работе рассматриваются основные отличия между медными и оптоволоконными кабелями в контексте современных телекоммуникационных технологий. Проведен сравнительный анализ энергетических характеристик обоих типов кабелей, а также их влияние на производительность сетей. Особое внимание уделяется преимуществам оптоволоконных решений, включая скорость передачи данных и устойчивость к внешним факторам. Результаты исследования подчеркивают важность выбора подходящих технологий для оптимизации работы современных информационных систем.

**Ключевые слова:** кабельная продукция, полимерные материалы, композитные материалы, проводимость, устойчивость, срок службы, энергетика.

## NEW TECHNOLOGIES OF CABLE PRODUCTS IN COMPARISON WITH TRADITIONAL ONES

Garifullin Ilnaz Ilnurovich  
FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
ilnazng03@gmail.com

The article examines the key differences between copper and fiber optic cables in the context of modern telecommunication technologies. A comparative analysis of the energy characteristics of both types of cables and their impact on network performance is presented. Special attention is given to the advantages of fiber optic solutions, including data transmission speed and resilience to external factors. The study's findings emphasize the importance of selecting appropriate technologies to optimize the performance of modern information systems.

**Keywords:** cable products, polymer materials, composite materials, conductivity, stability, service life, energy.

Кабельные технологии играют ключевую роль в передаче электроэнергии и данных, обеспечивая надежность и эффективность электросетей. Традиционные кабели и новые, современные решения обладают своими особенностями и характеристиками, влияют на экономику, безопасность и экологичность энергетических систем. Данная статья сосредоточится на сравнении традиционного однофазного медного кабеля с современным оптоволоконным кабелем с точки зрения энергетических характеристик, а также их применения в разных сферах.

Одним из наиболее распространенных решений для передачи электроэнергии является однофазный медный кабель. Его главные характеристики заключаются в высокой электропроводности меди, которая достигает 58 мСм/м при температуре 20 °С, что делает его идеальным материалом для передачи электрической энергии. Сечение таких кабелей может варьироваться, но обычно используется кабель с сечением 1,5 мм<sup>2</sup> для бытовых нужд и 2,5 мм<sup>2</sup> для более значительных нагрузок.

На примере медного кабеля с сечением 2,5 мм<sup>2</sup> можно рассмотреть его энергетические характеристики. При максимальном токе 16 А, который часто используется в домах, проводимость составляет около 3,68 Вт/м (при длине 100 м). При этом мощность, теряемая на сопротивлении при токе, равна 0,046 Ом, что приводит к потерям на 0,736 Вт на данном отрезке. С точки зрения долговечности, медные кабели, как правило, имеют срок службы 25–50 лет, в зависимости от условий эксплуатации.

С другой стороны, в последние годы в компании Largement внедряются оптоволоконные кабели, которые применяются для передачи данных. В отличие от традиционных медных кабелей, оптоволоконные кабели используют стеклянные или пластиковые волокна для передачи световых сигналов. Стекло, в отличие от меди, не подвержено коррозии и обеспечивает значительно более высокую скорость передачи данных, достигающую до 10 Гбит/с и выше.

Энергетические характеристики оптоволоконного кабеля, в отличие от медных, представляют собой минимализированные потери. Коэффициент затухания оптоволокна может составлять всего 0,2 дБ/км, что означает, что сигнал может быть передан на расстояния до десятков километров без необходимости повторной амплификации. Оптоволоконные кабели также абсолютно не подвержены электромагнитным помехам и обеспечивают большую безопасность, так как не проводят электрический ток.

Проведем сравнительный анализ на основе реальных данных из источника [3], сравнивающих эффективность медных и оптоволоконных кабелей в условиях городской инфраструктуры. В работе из источника [5] проведенной в 2021 году, были оценены затраты на установку и эксплуатацию каждого типа кабеля.

Исследование показало, что оптоволоконные кабели, несмотря на более высокие первоначальные затраты на установку (около на 30–50 % выше, чем у медных), в долгосрочной перспективе приводят к значительным экономиям благодаря снижению постоянных затрат на обслуживание и электроэнергию. В частности, расчетный срок окупаемости оптоволоконных систем составляет 7-10 лет благодаря минимальным потерям и высокой скорости передачи данных.

С точки зрения экосистемы, использование оптоволоконных технологий является более устойчивым выбором. Снижение затрат на электроэнергию, потребляемую для передачи данных, и минимизация рисков перегрева, обеспечивают меньшую нагрузку на энергетические сети

В результате полученных данных можно утверждать, что, несмотря на долговременное использование традиционных медных кабелей, современные оптоволоконные технологии предлагают высокие энергетические характеристики и более эффективное решение для передачи данных и электроэнергии. Выбор между ними должен учитывать как специфику применения, так и долгосрочные экономические и экологические последствия. В условиях постоянно растущих объемов данных и увеличенной нагрузки на энергетические системы, переход к оптоволоконным кабелям может стать более целесообразным и экономичным выбором.

### **Источники**

1. Смирнов А.А. Технологии передачи данных: медные и оптоволоконные решения // Вестник КГЭУ. 2021. Т. 1, № 2. С. 45–50.
2. Ковалев И.Е. Современные тенденции в энергетике: от меди к оптике // ИЗВУЗ. Проблемы энергетики. 2022. Вып. 3. С. 30–34.
3. Ларина Н.П., Павлов В.Т. Энергетические характеристики кабелей: сравнительный анализ // Вестник КГЭУ. 2020. Т. 3, № 1. С. 60–66.
4. Соловьев П.А. Оптоволоконные технологии: энергетические преимущества и перспективы // ИЗВУЗ. Проблемы энергетики, 2023. Вып. 2. С. 15–20.
5. Герасимов И.В. Инновационные решения в области кабельных технологий // Вестник КГЭУ. 2023. Т. 4, № 2. С. 75–80.

## О ПРЕИМУЩЕСТВАХ И НЕДОСТАТКАХ СОЛНЕЧНЫХ ЭНЕРГОУСТАНОВОК

Гарифуллин Дамир Ленарович<sup>1</sup>, Иванова Вилия Равильевна<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>dam2001gar@gmail.ru

В данной работе анализируется применимость и целесообразность применения солнечных концентраторов в обеспечении электроэнергией потребителей.

**Ключевые слова:** электроэнергия, концентратор, система, солнце.

## ABOUT THE ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF SOLAR POWER PLANTS

Garifullin Damir Lenarovich<sup>1</sup>, Ivanova Vilia Ravilievna<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>dam2001gar@gmail.ru

This paper analyzes the applicability and expediency of using solar concentrators in providing electricity to consumers.

**Keywords:** electric power, concentrator, system, sun.

Актуальным направлением получения электроэнергии в тёплых странах является солнечная энергетика. В климате с круглогодичными положительными температурами и большим количеством световых дней можно достаточно эффективно использовать солнечные панели. Данный вид энергии приобретает популярность, т.к. в условиях постоянного роста цен использование солнечной энергии является достаточно дешёвым источником электричества.

Фотоэлектрическая система (ФЭС) – это комплекс, состоящий из фотоэлектрических модулей и вспомогательного оборудования. Основным назначением ФЭС является обеспечение электропитанием [1]. Система электроснабжения автономного потребителя на базе фотоэлектрической солнечной батареи состоит из следующих компонентов:

Система солнечной энергетике включает в себя следующие компоненты:

– фотоэлектрические модули: осуществляют преобразование солнечной энергии в электрическую.

– контроллер заряда аккумуляторов: выполняет регулировку процесса зарядки, предотвращая глубокий разряд и перезаряд аккумуляторов, что способствует увеличению срока их службы.

– аккумуляторная батарея: служит для накопления и хранения электроэнергии, вырабатываемой фотоэлектрическими модулями в течение дня, с последующей отдачей по мере необходимости.

– инвертор: осуществляет преобразование постоянного тока в переменный ток напряжением 220 В с чистой синусоидой на выходе.

– энергоэффективные нагрузки: потребители как постоянного, так и переменного тока. [2, с. 98].

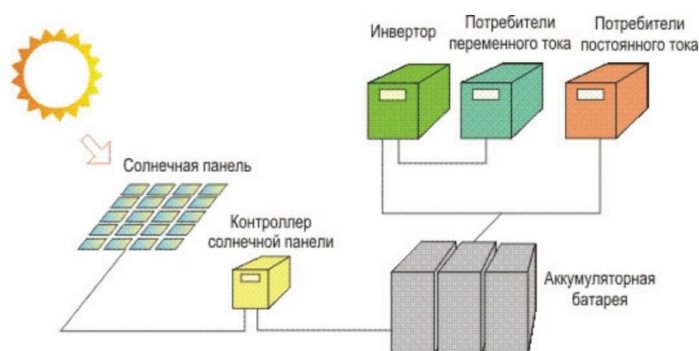


Рис. 1. Общая схема построения ФЭС

В качестве солнечной панели можно использовать концентраторы, которые отличаются от фотоэлектрических преобразователей генерируемой мощностью [3, с. 33; 4, с. 175].

Эффективность работы концентраторов солнечной энергии существенно снижается при наличии облачности, поскольку они способны улавливать только прямое солнечное излучение. По этой причине максимальная эффективность таких систем наблюдается в регионах с высоким уровнем солнечной радиации, таких как пустыни и экваториальные зоны. Для оптимизации сбора солнечной энергии концентраторы оснащаются специализированными системами слежения за солнцем. Эти системы гарантируют прецизионное позиционирование установок, направляя их непосредственно на источник света.

Поскольку стоимость солнечных концентраторов высока, а следящие системы требуют периодического обслуживания, их применение в основном ограничено промышленными системами генерации электроэнергии [5].

Установки такого типа могут быть интегрированы в гибридные системы, работающие на комбинации возобновляемых источников энергии и углеводородного топлива. Включение аккумуляторной системы в состав установки позволит оптимизировать затраты на производство электроэнергии за счет обеспечения непрерывной генерации.

## Источники

1. Бобовников Н.Ю. Классификация концентраторов излучения для ФЭП // Возобновляемая и малая энергетика – 2017. Энергосбережение. Автономные системы энергоснабжения стационарных и подвижных объектов: докл. Междунар. науч. конф. М., 2017.
2. Стребков Д.С. Солнечные электростанции с концентраторами для крупномасштабной солнечной энергетики / Д.С. Стребков, А.Е. Иродионов, Н.Ю. Бобовников // Инновации в сельском хозяйстве. 2016. № 5 (20). С. 96–108.
3. Васьковская Т.А. Проектирование рынка электроэнергии с накопителями энергии / Т.А. Васьковская, Б.А. Ключ // Электричество. 2020. № 12. С. 31–43.
4. Поулек В., Либра М., Стребков Д., Харченко В. Фотоэлектрическое преобразование солнечной энергии. Теория и практика использования солнечной энергии. Москва – Прага, 2013. 321 с.
5. Рахматулин И.Р., Кирпичникова И.М. Перспективы использования различных конструкций солнечных концентраторов на территории Российской Федерации [Электронный ресурс] // Вестник ИрГТУ. 2017. № 2 (121). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-ispolzovaniya-razlichnyh-konstruktsiy-solnechnyh-kontsentratorov-na-territorii-rossiyskoy-federatsii> (дата обращения: 01.11.2024).



## АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНСТРУКТИВНОГО ИСПОЛНЕНИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Гарифуллин Дамир Ленарович<sup>1</sup>, Иванова Вилия Равильевна<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
dam2001gar@gmail.ru

В работе анализируются солнечные концентраторы с формой полуцилиндра. Определяются достоинства и недостатки такого вида энергетических установок.

**Ключевые слова:** солнечная установка, концентратор, энергия, гелиоэнергетика.

## ANALYSIS OF SOLAR CONCENTRATING SYSTEMS

Garifullin Damir Lenarovich<sup>1</sup>, Ivanova Vilia Ravilievna<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>dam2001gar@gmail.ru

The paper analyzes solar concentrators with the shape of a half-cylinder. The advantages and disadvantages of this type of power plants are determined.

**Keywords:** solar installation, concentrator, energy, solar energy.

В настоящее время «зеленая» генерация становится особенно востребованной. Например, энергия Солнца. В рамках данной работы рассматриваются солнечные концентраторы различного исполнения с точки зрения новых модификаций энергетических установок гелиоэнергетики.

Необходимо выделить несколько видов систем концентрирования солнечной энергии: преломляющие: призмные концентраторы и линзы; отражающие: зеркала с образующими различных форм; люминесцентные солнечные концентраторы [1].

Солнечный фотоэлектрический модуль с полуцилиндрическим концентратором солнечной энергии, содержащий скоммутированные и установленные между двумя листами стекла двухсторонние солнечные элементы в виде полос, перпендикулярных основанию модуля. Недостатком такого типа фотоэлектрического модуля является низкий коэффициент концентрации и высокая стоимость модуля. Солнечный модуль с концентратором солнечной энергии содержит плоское защитное ограждение, нормаль к поверхности которого находится в меридиональной плоскости, и установленный на защитном прозрачном ограждении в фокусе линейно-фокусирующего цилиндрического концентратора приемник излучения в виде полосы (рис. 1.1) [2].

Для обеспечения бесперебойной работы солнечного модуля в течение всего года без внешнего вмешательства предусмотрена двойная система защиты [3].

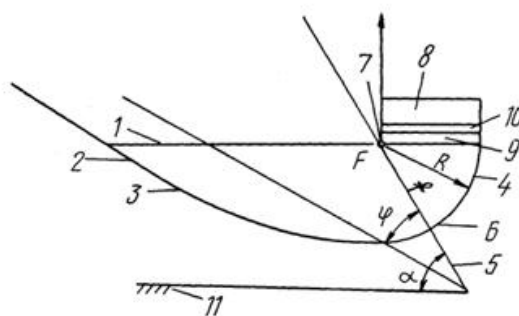


Рис. 1. Общий вид солнечного модуля с концентратором: 1 – защитное прозрачное ограждение; 2 – цилиндрический отражатель; 3 – параболоцилиндрический отражатель; 4 – круговой цилиндрический отражатель; 5 – плоскость симметрии; 6 – фокальная ось; 7 – приемник излучения; 8 – бак-аккумулятор; 9 – стеклопакет; 10 – фотоэлектрические преобразователи; 11 – горизонтальная поверхность

В дополнение к основному прозрачному ограждению, установлена вторая, параллельная ему защитная панель с зазором между ними. В этом зазоре размещены дистанционно управляемые горизонтальные жалюзи с фасетным покрытием, отражающим свет с обеих сторон. Ширина каждой фасеты в 3-4 раза больше расстояния между ними.

Рассматриваемый солнечный модуль, несмотря на определенные преимущества, обладает рядом недостатков: во-первых, значительные косинусные потери излучения возникают из-за отклонения плоскости симметрии параболоцилиндрического отражателя от нормали к рабочей поверхности модуля; во-вторых, наблюдаются оптические потери на пропускание в горизонтальных жалюзи с фасетами. При стационарной установке эффективность модуля снижается при высоких азимутальных углах, что характерно для утренних и вечерних часов [4-5].

Солнечные модули с концентраторами, содержащий зеркальный отражатель в виде основной ветви параболоцилиндрического концентратора со вторым полуцилиндрическим зеркальным отражателем, приемник с двухсторонней рабочей поверхностью в фокальной плоскости указанного концентратора (рис. 1.2).

Зеркальный отражатель, циркуляционный контур, бак-аккумулятор горячей воды являются несущим корпусом, т.к. изготовлены в виде однообъемной конструкции из металла или полимерного материала, а одна из сторон бака является приемным элементом, что позволяет увеличить диапазон рабочих углов концентратора.

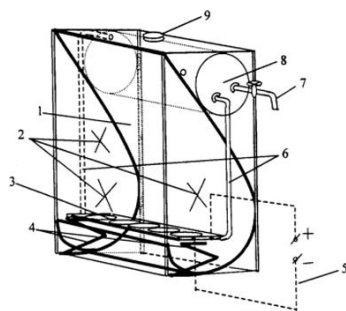


Рис. 1.2. Общий вид солнечного модуля с концентратором: 1 – фокусирующий зеркальный отражатель, 2 – защитное покрытие из стекла; 3 – приемник солнечного излучения; 4 – регулируемые кронштейны крепления приемника солнечного излучения; 5 – электрическая цепь фотоэлектрических преобразователей приемника солнечного излучения; 6 – циркуляционный контур; 7 – кран; 8 – бак-аккумулятор; 9 – заливная горловина с крышкой

Недостатками разработанного солнечного модуля являются низкий коэффициент полезного действия, большая материалоемкость, низкая эффективность преобразования солнечной энергии в теплоту за счет недостаточного теплового контакта солнечных элементов с каналами теплообменника в когенерационном модуле.

### Источники

1. Поулук В., Либра М., Стребков Д., Харченко В. Фотоэлектрическое преобразование солнечной энергии. Теория и практика использования солнечной энергии. Москва – Прага, 2013. 321 с.

2. Стребков Д.С., Иродионов А.Е., Филиппченкова Н.С. Анализ характеристик солнечных модулей с концентраторами // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2015. № 12. С. 21–23.

3. Стребков Д. С. Солнечные электростанции с концентраторами для крупномасштабной солнечной энергетики / Д.С. Стребков, А.Е. Иродионов, Н.Ю. Бобовников // Инновации в сельском хозяйстве. 2016. № 5 (20). С. 96–108.

4. Бобовников Н.Ю. Классификация концентраторов излучения для ФЭП // Возобновляемая и малая энергетика – 2017. Энергосбережение. Автономные системы энергоснабжения стационарных и подвижных объектов: докл. Междунар. науч. конф. М., 2017.

5. Стребков Д.С. Коэффициент концентрации солнечного излучения и методы его измерения в солнечных энергоустановках с концентраторами / Д.С. Стребков, Н.Ю. Бобовников // Вестник аграрной науки. 2017. № 6 (69). С. 88–92.

## О ПЕРСПЕКТИВНОМ НАПРАВЛЕНИИ В ОБЛАСТИ ОСВЕЩЕНИЯ ЖИЛЫХ И ОФИСНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Кабиров Адель Альфредович<sup>1</sup>, Иванова Вилия Равильевна<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>kabir2021@mail.ru, <sup>2</sup>vr-10@mail.ru

В последние годы все больше внимания уделяется биодинамическому освещению как одному из факторов, влияющих на продуктивность работников и общее состояние здоровья. Разработка концепции биодинамического освещения основана на изучении возможностей имитации естественного солнечного света, который, как известно, оказывает значительное влияние на человеческий организм. В этой статье мы рассмотрим научные аспекты биодинамического освещения, его влияние на продуктивность, а также практические примеры его внедрения.

**Ключевые слова:** биодинамическое освещение, циркадные ритмы, здоровье.

## THE IMPACT OF BIODYNAMIC LIGHTING ON PRODUCTIVITY: SCIENCE AND PRACTICE

Kabirov Adel Alfredovich<sup>1</sup>, Ivanova Viliya Ravilevna<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>kabir2021@mail.ru, <sup>2</sup>vr-10@mail.ru

In recent years, more and more attention has been paid to biodynamic lighting as one of the factors affecting employee productivity and overall health. The development of the concept of biodynamic lighting is based on the study of the possibilities of simulating natural sunlight, which, as is known, has a significant effect on the human body. In this article, we will look at the scientific aspects of biodynamic lighting, its impact on productivity, as well as practical examples of its implementation.

**Keywords:** biodynamic lighting, circadian rhythms, health.

Биодинамическое освещение — это подход к освещению помещений, который учитывает биоритмы человека и его потребности в естественном свете. В отличие от традиционного освещения, биодинамическое имеет возможность изменять спектр, цвет и яркость в зависимости от времени суток. Исследования показывают, что такое освещение может существенно влиять на уровень мелатонина, гормона, отвечающего за регуляцию сна и бодрствования [1].

Согласно исследованиям, правильное освещение может способствовать улучшению когнитивной функции, снижению уровня стресса и повышению общей продуктивности. Например, в случае недостатка яркого,

солнечного света офисные работники могут испытывать сонливость и снижение работоспособности. Биодинамическое освещение, имитируя солнечный свет, может помочь поддерживать естественные циклы бодрствования и отдыха, тем самым улучшая общее состояние здоровья сотрудников [2].

Во многих современных офисах уже активно применяются системы биодинамического освещения. Такие технологии позволяют управлять освещением в зависимости от времени суток: в утренние часы синий спектр света активирует и бодрит, в то время как во второй половине дня применяется более теплое освещение, способствующее расслаблению [3]. Практические примеры из компаний, внедривших такую систему, показывают значительное повышение продуктивности работников и снижение числа заболеваний, связанных с офисной средой [4].

Исследования в школах и университетах также демонстрируют, что соответствующее освещение может улучшать концентрацию учащихся. Учебные заведения, использующие биодинамическое освещение, отмечают, что студенты меньше устают, легче усваивают информацию и показывают результаты на экзаменах [5].

В больницах и клиниках применение биодинамического освещения помогает пациентам быстрее восстанавливаться. Освещение с учетом биоритмов позволяет улучшать качество сна и уменьшать уровень стресса, что критически важно для выздоровления [6]. Некоторые медицинские учреждения уже начали внедрять такую практику в своих палатах и холлах.

Биодинамическое освещение представляет собой перспективное направление в области дизайна освещения, способное значительно повысить продуктивность и улучшить качество жизни. Научные исследования подкрепляют его эффективность, а практический опыт внедрения подтверждает, что такая система освещения может стать важным элементом в офисах, образовательных учреждениях и здравоохранении. Внедрение биодинамического освещения — это шаг к более комфортной и здоровой среде, где человек может работать, учиться и восстанавливаться наилучшим образом.

## Источники

1. Figueiro, M. G., & Reed, D. (2019). Lighting and Health: The Role of Natural Light // *American Journal of Lifestyle Medicine*, 13(6), 594-603. DOI: 10.1177/1559827619832886.

2. Goncalves, T. P., & Cavaleiro, A. (2020). The effects of dynamic lighting on human performance and well-being: A systematic review // *Lighting Research & Technology*, 52(5), 559-578. DOI: 10.1177/1477153519863058.

3. Mäkelä, L., & Karppinen, J. (2016). The influence of daylight on productivity: A case study of a university library // *Journal of Architecture and Urbanism*, 40(4), 292-306. DOI: 10.3846/20297955.2016.1240108.
4. Räisänen, T., & Kalliola, S. (2017). Effects of light on psychological well-being in office environments: A review // *Building and Environment*, 112, 143-152. DOI: 10.1016/j.buildenv.2016.11.017.
5. Morris, J. G., & Smith, H. K. (2022). Adjustable lighting conditions influence student engagement and performance // *Educational Psychology*, 42(3), 253-268. DOI: 10.1080/01443410.2021.2015568.
6. Higgins, P., & Dinh, H. (2018). Biologically effective lighting in the workplace: Benefits and implementation // *Journal of Workplace Learning*, 30(5), 392-400. DOI: 10.1108/JWL-03-2018-0059.

## ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ СВЕТОДИОДНЫЕ СВЕТИЛЬНИКИ – ТЕХНОЛОГИЯ БУДУЩЕГО

Калабкин Александр Андреевич<sup>1</sup>, Ивлиев Сергей Николаевич<sup>2</sup>,  
Кузнецов Евгений Александрович<sup>3</sup>  
ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарева», г. Саранск  
<sup>1</sup>sskalabkin@yandex.ru, <sup>2</sup>ivliev\_sn@mail.ru, <sup>3</sup>kuzneczov\_ea@mail.ru

В данной статье описываются энергоэффективные светодиодные светильники, которые представляют собой передовую технологию, обеспечивающую высокую экономию энергии и длительный срок службы. В статье говорится, что светодиодные светильники потребляют значительно меньше электроэнергии по сравнению с традиционными источниками света, что снижает затраты на освещение и уменьшает негативное воздействие на окружающую среду.

**Ключевые слова:** светодиодный светильник, энергоэффективность, напряжение, экологическая безопасность.

## ENERGY-EFFICIENT LED LIGHTS ARE THE TECHNOLOGY OF THE FUTURE

<sup>1</sup>Kalabkin Alexander Andreevich, <sup>2</sup>Ivliev Sergey Nikolaevich,  
<sup>3</sup>Kuznetsov Evgeny Aleksandrovich  
<sup>1,2,3</sup>National Research Mordovia State University, Saransk  
<sup>1</sup>sskalabkin@yandex.ru, <sup>2</sup>ivliev\_sn@mail.ru, <sup>3</sup>kuzneczov\_ea@mail.ru

This article describes energy-efficient LED lights, which are an advanced technology that provides high energy savings and a long service life. The article says that LED lights consume significantly less electricity compared to traditional light sources, which reduces lighting costs and reduces the negative impact on the environment.

**Keywords:** LED lamp, energy efficiency, voltage, environmental safety.

Энергоэффективность и экологическая безопасность стали одними из ключевых приоритетов в современном мире. Осознавая необходимость уменьшения воздействия на окружающую среду и стремясь к снижению затрат на электроэнергию, многие компании и частные лица выбирают энергоэффективные технологии. Одним из лидеров в этом направлении стали светодиодные (LED) светильники, которые представляют собой инновационное и практичное решение для освещения [1, с. 75].

Светодиоды (Light Emitting Diodes, LED) — это полупроводниковые приборы, которые преобразуют электрическую энергию в свет. В отличие от традиционных ламп накаливания или даже люминесцентных ламп, светодиоды отличаются высокой энергоэффективностью и длительным

сроком службы. Благодаря этой технологии светодиодные светильники (рис. 1) стали популярны как в домашних, так и в коммерческих и промышленных помещениях [2, с. 128].



Рис. 1. Светодиодный светильник Navigator

Одним из главных преимуществ LED-светильников является их высокая энергоэффективность [3, с. 79]. Они потребляют до 80–90% меньше электроэнергии по сравнению с лампами накаливания и до 40–50% меньше, чем люминесцентные лампы. Это помогает значительно снизить затраты на электроэнергию как для частных домов, так и для крупных предприятий.

Светодиоды обладают продолжительным сроком службы. В среднем они могут работать от 25 000 до 100 000 часов, что в десятки раз превышает срок службы обычных ламп накаливания [4, с. 79]. Это снижает потребность в частой замене светильников и затраты на их обслуживание.

LED-светильники не содержат ртути и других вредных веществ, которые присутствуют, например, в люминесцентных лампах. Это делает их более безопасными как для людей, так и для окружающей среды. Кроме того, светодиоды можно перерабатывать, что минимизирует количество отходов [5, с. 38].

В отличие от ламп накаливания, которые выделяют много тепла, светодиоды практически не нагреваются, что делает их безопасными в эксплуатации и снижает нагрузку на системы кондиционирования воздуха.

Светодиодные светильники более устойчивы к вибрациям и ударам, что делает их идеальным выбором для использования в сложных условиях, например, на производствах или в транспортных средствах [6, с. 110].



Светодиоды можно использовать в самых разных областях, от внутреннего освещения квартир до уличных фонарей и промышленных предприятий. Также они могут быть интегрированы в системы "умного" дома для автоматического управления освещением.

Несмотря на то, что начальная стоимость светодиодных светильников может быть выше по сравнению с традиционными лампами, их высокая энергоэффективность и долговечность делают эти инвестиции выгодными в долгосрочной перспективе.

### **Источники**

1. Моргунов Д.Н., Васильев С.И. Анализ характеристик светодиодных источников света // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 6 (62). С. 75–77.

2. Влияние светодиодных светильников на электрические сети освещения / В.И. Бирюлин [и др.] // Современные ресурсоэффективные технологии и технические средства в АПК. 2021. С. 126–131.

3. Бирюлин В.И., Чернышев А.С., Куделина Д.В. Исследование работы светодиодных светильников // Auditorium. 2018. № 3 (19). С. 77–84.

4. Байнева И. И. Энергоэффективные светодиодные технологии // Научно-технический вестник Поволжья. 2016. № 6. С. 79–81.

5. Денисова А.Р., Сибгатуллин Э.Г. Повышение энергоэффективности при использовании системы автоматического регулирования светового потока // Электроэнергия. Передача и распределение. 2020. № 1. С. 38–39.

6. Тукшаитов Р.Х., Сайфутдинова В.Р., Алхамс Я.Ш., Шириев Р.Р. Обеспечение энергоресурсосбережения при питании светодиодных ламп от гальванических элементов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2010. № 11-12. С. 108–114.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛИФТА ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ НОВОГО АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ

Кондратьева Надежда Петровна<sup>1</sup>, Большин Роман Геннадьевич<sup>2</sup>  
Краснолуцкая Мария Геннадьевна<sup>3</sup>, Михайлов Иван Федорович<sup>4</sup>  
<sup>1,3,4</sup>ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный аграрный университет»,  
г. Ижевск, Удмуртская Республика

<sup>2</sup>Российский государственный аграрный университет – ТСХА имени К.А. Тимирязева,  
г. Москва, Российская Федерация

<sup>1</sup>aep\_isha@mail.ru, <sup>2</sup>bolshin@rgau-msha.ru, <sup>3</sup>maria\_isha@mail.ru, <sup>4</sup>Aep\_isha@mail.ru

В статье предложено использовать новый алгоритм управления лифтом для повышения его эффективности. В целом лифт представляют собой автоматизированную систему, действующую по командам пассажиров. Поэтому обеспечение эффективной работы лифта является целью работы. Программа имеет трехуровневую архитектуру и написана на языке C# с применением таких технологий, как Entity Framework и Microsoft Unity. Показатели лифта с новым алгоритмом в среднем на 5-6 % лучше, чем у лифта со старым алгоритмом.

**Ключевые слова:** эффективность, алгоритм управления лифтом, время простоя, время холостого пробега, время полезного пробега.

## INCREASING ELEVATOR EFFICIENCY THROUGH THE APPLICATION OF A NEW CONTROL ALGORITHM

Kondrateva Nadezhda Petrovna<sup>1</sup>, Bolshin Roman Gennadievich<sup>2</sup>  
Krasnolutskaia Maria Gennadievna<sup>3</sup>, Mikhailov Ivan Fedorovich<sup>4</sup>  
<sup>1,3,4</sup>Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
"Udmurt State Agrarian University", Izhevsk, Udmurt Republic

<sup>2</sup>Russian State Agrarian University - TSHA named after K.A. Timiryazeva,  
Moscow, Russian Federation

The article proposes to use a new elevator control algorithm to improve its efficiency. In general, elevators are an automated system that operates according to passenger commands. Therefore, ensuring the efficient operation of the elevator is the purpose of the work. The program has a three-tier architecture and is written in C# using technologies such as Entity Framework and Microsoft Unity. The performance of an elevator with the new algorithm is on average 5-6% better than that of an elevator with the old algorithm.

**Keywords:** efficiency, elevator control algorithm, downtime, idle run time, useful run time.

**Введение.** В современном городе ни один многоэтажный жилой дом не обходится без лифтового оборудования [1, с. 57; 2, с. 201; 3, с. 74]. Первые лифты были известны еще в Древнем Риме в I в. до н. э. В VI в. н.э.

использовался лифт в Египте в Синайском монастыре. В первой четверти XIII в. н.э. лифты появляются во Франции. В XVII в. н.э. ю я лифт в Англии в Виндзорского замка и т.д. В середине XIX в. в США появились лифты Э. Отиса с ловителями, удерживающими кабину от падения в случае обрыва канатов. С 60-х годов XIX в. появились лифты с паровым приводом, затем с гидравлическим, и только к началу XX в. появились электрические лифты. В целом лифт представляют собой автоматизированную систему, действующую по командам пассажиров [4, с.260; 5, с. 56; 6, с. 62]. Все операции по доставке пассажиров на требуемый этаж и по обеспечению безопасности перевозок выполняются автоматически. Поэтому обеспечение эффективной работы лифта является целью работы.

**Материалы и методы.** Анализ функционала исходной программы управления лифтом показал, что она исправно реализовывает практически запланированный функционал, но мониторинг алгоритма поведения показал, что в текущем алгоритме лифт может обрабатывать только вызов одного пассажира [7, с. 38; 8, с. 68; 9, с. 91]. Поэтому для повышения эффективности работы лифта необходимо разработать новый функционал программы и создать новый алгоритм поведения лифта для того, чтобы он «запоминал» вызовы и обрабатывает их в порядке очереди и совершал обход этажей при движении вниз. Программа имеет трехуровневую архитектуру и написана на языке C# с применением таких технологий, как Entity Framework и Microsoft Unity.

**Результаты исследований.** Рассмотрим подъезд многоэтажного жилого дома с лифтом. Пусть на каждом этаже имеется 4 квартиры с 3 жителями в каждой, т. е. 12 жителей на этаже. В будние дни жильцы утром идут на работу, а вечером возвращаются обратно. Зададим временные промежутки по 3 часа, начиная с полуночи и получим 7 промежутков времени с разной активностью пассажиров очень низкой в ночные часы и очень высокой утром. При этом утром жильцы обычно уходят на работу, т.е. лифт используется преимущественно для спуска с верхних этажей на первый. Днём активность снижается. К вечеру жильцы подъезда возвращаются с работы домой и используют лифт для подъема с первого этажа на какой-либо другой. К ночи активность вновь снижается. Кроме этого, с утра и до позднего вечера лифтом изредка могут пользоваться люди, не проживающие в подъезде – назовём их «гости». С помощью нового функционала, было произведено сравнение эффективности лифтов с новым и старым алгоритмами поведения путем сравнения статистических показателей, таких как пробег(был 6320 м, стал 6004 м), затраты энергии (были 85,12 кВт, стали 79,25 кВт), время холостого пробега (было 2631 с, стало 2582 с), время полезного пробега

(было 3294 с, стало 3084 с), количество перевезенных человек (было 335 чел, стало 337 чел.), количество человек, количество ушедших по лестнице людей (было 6 чел, стал 1 чел). Таким образом, анализ полученных результатов показывает, что пробег лифта со старым алгоритмом больше на 316 метров, время холостого пробега и время полезного пробега больше. Это говорит о том, что лифт со старым алгоритмом поведения тратит больше времени и энергии на перевозку пассажиров. Низкая эффективность старого алгоритма управления подтверждается и количеством человек, которые устали ждать лифт и пошли по лестнице.

**Заключение.** Показатели лифта с новым алгоритмом в среднем на 5-6% лучше, чем у лифта со старым алгоритмом, и это учитывая, что в ходе работы симулятора людей первый лифт перевез на 2 пассажира больше.

Таким образом, на основании показателей статистики, видно преимущество нового алгоритма по сравнению существующим.

### **Источники**

1. Kondrateva N.P., Bolshin R.G., Krasnolutsckaya M.G. Digital automation of energy-efficient in vitro irradiation of orchard plum micro cuttingS // Light & Engineering. 2023. Т. 31. № 6. С. 57-64.

2. Кондратьева Н.П., Большин Р.Г., Краснолуцкая М.Г. Перспективы развития сквозных цифровых технологий в электроэнергетике // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и ЖКХ. Материалы VIII Национальной НПК. Казань, 2023. С. 201-203.

3. Кондратьева Н.П., Шишов А.А., Сторчевой В.Ф., Большин Р.Г. и др. Изменение режима работы системы электроснабжения сети 6 кВ при переходе от изолированной нейтрали к резистивно-заземленной // Агроинженерия. 2023. Т. 25. № 2. С. 74-82.

4. Кондратьева Н.П., Большин Р.Г., Князев И.А. Повышение эффективности радиально-сверлильного станка 2A55P за счет работы цифровой системы автоматического управления электроприводом // Цифровые системы и модели: теория и практика проектирования, разработки и применения. Материалы национальной (с международным участием) НПК. Казань, 2024. С. 260-264.

5. Кондратьева Н.П., Большин Р.Г., Краснолуцкая М.Г. Применение частотного регулирования скорости вращения электродвигателя дымососа // Актуальные проблемы энергетики АПК в современной

реальности. Материалы Международной НПК, посвященной основателю факультета ЭЭ В. В. Фокину. Ижевск, 2024. С. 56-62.

6. Кондратьева Н.П., Большин Р.Г., Краснолуцкая М.Г., Князев И.А., Зворыгин И.В. Разработка цифровой системы автоматического управления электроприводом токарно-винторезного станка // Актуальные проблемы энергетики АПК в современной реальности. Материалы Международной НПК, посвященной основателю факультета энергетики и электрификации Валентину Васильевичу Фокину. Ижевск, 2024. С. 62-68.

7. Кондратьева Н.П., Большин Р.Г. Модернизация цифровой системы автоматического управления электроустройства с использованием элементов искусственного интеллекта // Тенденции развития науки и образования. 2024. № 106-9. С. 38-42

8. Большин Р.Г., Кондратьева Н.П. и др. Разработка цифровой системы для автоматического управления параметрами среды с использованием элементов нейросети // Тенденции развития науки и образования. 2024. № 112-6. С. 68-72.

9. Кондратьева Н.П., Большин Р.Г., и др. Использование сквозных цифровых технологий с элементами нейросети / искусственного интеллекта в современном производстве // Тенденции развития науки и образования. 2024. № 112-6. С. 91-94.

## ЛЮМИНОФОРЫ В СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКАХ СВЕТА

Кузнецов Андрей Викторович<sup>1</sup>, Ашрятов Альберт Аббясович<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Мордовский государственный университет им Н. П. Огарева»,  
г. Саранск, Республика Мордовия  
<sup>1</sup>andrey071797@yandex.ru, <sup>2</sup>ashryatov@rambler.ru

Люминофор играет определяющую роль в светодиодных источниках света. Так как непосредственно путем смешения цветов в люминофоре получается белый свет. В зависимости от способа получения белого света, используются различные люминофоры. В статье рассматриваются виды люминофоров, принципы действия, а также работа в источниках света.

**Ключевые слова:** люминофор, светодиод, источник света, световая отдача, длина волны света.

## PHOSPHORS IN LED LIGHT SOURCES

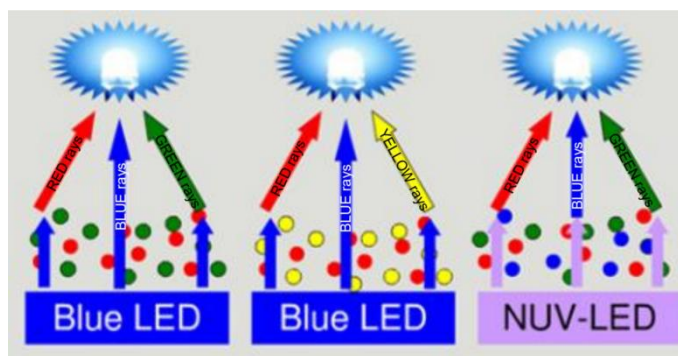
Kuznetsov Andrey Viktorovich<sup>1</sup>, Ashryatov Albert Abbyasovich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup> FGBOU VO "N.P. Ogarev Mordovia State University", Saransk, Republic of Mordovia  
<sup>1</sup>andrey071797@yandex.ru, <sup>2</sup>ashryatov@rambler.ru

Phosphor plays a crucial role in LED light sources. Since white light is obtained directly by shifting the colors in the phosphor. Depending on the method of obtaining white light, various phosphors are used. The article discusses the types of phosphors, principles of operation, as well as work in light sources.

**Keywords:** phosphor, LED, light source, luminous efficiency, wavelength of light.

Явление люминесценции известно уже на протяжении долгого времени. Так как данный эффект наблюдается в природе на примере различных организмов. Поэтому люминесценция довольно изучена. Принцип люминесценции состоит в возбуждении атомов люминофора и высвобождении энергии в виде квантов света. Среди видов люминесценции выделяют: триболоминесценцию, термолюминесценцию, фотолюминесценцию, хемилюминесценцию, электролюминесценцию и т. д. [1, С. 9].

В светодиодных источниках света процесс получения белого света непосредственно связан с участием люминофора по принципу фотолюминесценции. На рисунке условно показан принцип работы люминофора. В первом варианте, люминофор переизлучает часть энергии синего света в красные и зеленые лучи, во втором, используется люминофор с переизлучением в красном и желтом спектрах, в третьем, люминофор преобразует ультрафиолетовое излучение диода в красное, синие и зеленое свечение [2, С. 61]. Поэтому от типа люминофора зависит спектральный состав, цветовая температура, индекс цветопередачи и т. д.



Способы получения белого света в светодиодных источниках света

Для получения эффективного светодиодного освещения пиковая длина излучения чипа диода должна совпадать с длиной волны максимума поглощения люминофора и при этом оба элемента должны являться высокоэнергетически эффективными. В табл. 1 показан список люминофоров, которые применяются в светодиодной промышленности.

Таблица 1

Люминофоры для светодиодов

Структурная формула люминофора	$\lambda$ максимума излучения, нм	$\lambda$ максимума возбуждения люминесценции, нм
$\text{Si}_{12-x}\text{Al}_x\text{O}_{16-y}\text{N}_y(\text{Sr},\text{Ca}) : \text{Eu}$	580	410
$\text{Y}_3(\text{Al},\text{Si})_5(\text{O},\text{N})_{12} : \text{Ce}$	590	460
$\text{Sr}_2\text{Si}_5-x\text{Al}_x\text{O}_x\text{N}_{8-x} : \text{Eu}$	620, 640	Нет данных
$\text{Ca}_x\text{Al}_y\text{Si}_z\text{N}_3 : \text{Ce}$	565	460
$\text{Ca}_x\text{Si}_y\text{N}_2-z\text{O}_z : \text{Ce}$	630	530
$\text{Ca}_x\text{Si}_y\text{N}_2-z\text{O}_z(\text{Al}) : \text{Ce}$	560	460

Исходя из таблицы, видно, что перечень люминофоров для светодиодов довольно ограниченный. Больше всего люминофоров с максимумами возбуждения в 460 нм или в синем спектре. Использование чипов с синим излучением даст максимальные значения эффективности. Но при проектировании светодиодных источников света, необходимо учитывать так же и другие факторы, такие как температура, время воздействия возбуждающего излучения, распределение частиц люминофора по размерам.

Люминофор может непосредственно располагаться на чипе диода в «матрице» полимерного компаунда или путем размещения частиц люминофора на оптической части прибора. При расположении люминофора по первому варианту, происходит тепловое воздействие на люминофор, что оказывает негативное влияние на эффективность с течением времени [3, с. 86].

Несмотря на то, что использование люминофоров в светодиодах белого свечения является наиболее популярным, все же наблюдаются ряд проблем при их использовании. Необходимо оптимизировать размеры частиц люминофора для оптимального рассеивания света, уменьшить влияние переотражений синего света от люминофора обратно в сторону чипа для повышения световой отдачи, улучшить технологию нанесения люминофора, чтобы люминофор равномерно находился на светодиодной микросхеме и т. д. [4, с. 82].

Одним из перспективных направлений развития светодиодных источников с люминофорами является принцип удаленного люминофора. Данная технология решает множество проблем, но массово еще не применяется в виду своих особенностей [5].

### **Источники**

1. Жиров Н.Ф. Люминофоры. Светящиеся твердые составы. // Государственное издательство оборонной промышленности. Москва, 1940.
2. Бугров В.Е., Виноградова К.А. Оптоэлектроника светодиодов. // Учебное пособие. –СПб: НИУ ИТМО, 2013 – 174 с.
3. Мурашкевич А.Н. Технология неорганических люминофоров. // Учебное пособие – Минск: БГТУ, 2021. – Ч. 2. – 131 с.
4. Adrian Kitai. Luminescent materials and applications. // Wiley. 2008. 292 с.
5. Технология удаленного люминофора [Электронный ресурс]. <https://xn--80aaaf1tebbc3auk2aepkhr3ewjpa.xn--p1ai/tehnologiya-udalennogo-lyuminofova/?ysclid=m3a7yi9k7z32774727> (дата обращения: 08.11.24).



## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ДЛЯ РАСЧЁТА ДРАЙВЕРА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО СВЕТОВОГО ПРИБОРА

Кузнецов Евгений Александрович<sup>1</sup>, Ашрятов Альберт Аббясович<sup>2</sup>,  
Калабкин Александр Андреевич<sup>3</sup>

ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарева», г. Саранск

<sup>1</sup>kuzneczov\_ea@mail.ru, <sup>2</sup>ashryatov@rambler.ru, <sup>3</sup>sskalabkin@yandex.ru

В данной статье представлены результаты по разработке программы для расчета драйвера многофункционального светового прибора, основанного на микросхеме TPS6300x, работающей по топологии «buck-boost». Разработанная программа позволяет обеспечить инженерам удобный и быстрый способ расчета необходимых характеристик компонентов схемы при разработке светодиодного драйвера на основе микросхемы TPS6300x.

**Ключевые слова:** светодиодный драйвер, программа, микросхема, многофункциональный световой прибор, напряжение, электрическая схема, графический интерфейс.

## DEVELOPMENT OF A PROGRAM FOR CALCULATION OF A MULTIFUNCTIONAL LIGHTING DEVICE DRIVER

Kuznetsov Evgeny Aleksandrovich<sup>1</sup>, Ashryatov Albert Abbyasovich<sup>2</sup>,  
Kalabkin Alexander Andreevich<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>National Research Mordovia State University, Saransk

<sup>1</sup>kuzneczov\_ea@mail.ru, <sup>2</sup>ashryatov@rambler.ru, <sup>3</sup>sskalabkin@yandex.ru

This article presents the results of developing a program for calculating a driver for a multifunctional lighting device based on the TPS6300x microcircuit operating on the "buck-boost" topology. The developed program allows engineers to provide a convenient and fast way to calculate the necessary characteristics of the circuit components when developing an LED driver based on the TPS6300x microcircuit.

**Key words:** LED driver, program, chip, multifunctional lighting device, voltage, electrical circuit, graphic interface.

Современные многофункциональные световые приборы (МФСП) требуют высокоэффективных и универсальных решений для управления питанием светодиодных источников света. Одним из ключевых элементов МФСП является драйвер, который отвечает за стабилизацию тока и обеспечение надежной работы светодиодов при различных режимах питания [1, с.109]. При питании МФСП от аккумуляторов во время их разряда изменяется величина напряжения, подаваемого на вход драйвера. Оно может быть, как выше (при полном заряде), так и ниже напряжения на светодиодах.

Для схемотехнического решения данной проблемы была использована топология «buck-boost», обеспечивающая стабильные выходные напряжение и ток в некотором диапазоне входного напряжения (выше или ниже требуемого выходного), что делает ее универсальным выбором для различных сценариев применения [2, с. 460].

На рис. 1 представлена схема на основе микросхемы TPS6300x [3], для которой была разработана программа.

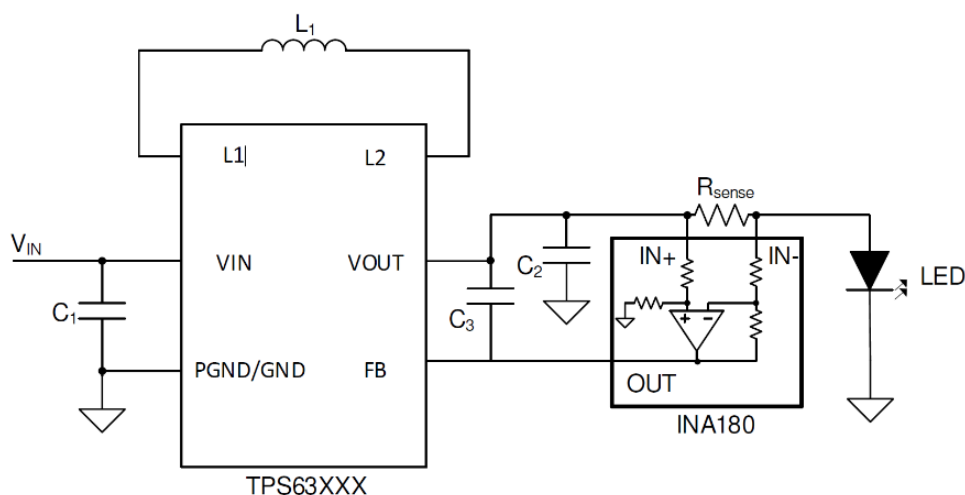


Рис. 3. Схема с усилителем тока *INA180*

В данной схеме ток светодиода измеряется с помощью резистора  $R_{sense}$ , расположенного между выходом преобразователя  $V_{OUT}$  и анодом светодиода. Дифференциальное напряжение с этого резистора подается на вход усилителя тока *INA180*. Это напряжение усиливается и напрямую подается на вывод обратной связи *FB*.

На основе схемы, представленной на рис. 1 была разработана программа для расчёта ее электрических компонентов (рис. 2) [4]. Программа была написана с использованием языка программирования общего назначения *Java* [5]. Для создания графического интерфейса применялась библиотека *Swing* [6].

Главное окно программы состоит из следующих основных элементов:

- электрическая схема;
- область с параметрами расчета схемы;
- область с рассчитанными компонентами схемы.

Таким образом, разработанная программа позволяет обеспечить инженерам удобный и быстрый способ расчета необходимых характеристик компонентов схемы при разработке светодиодного драйвера на основе микросхемы TPS6300x.

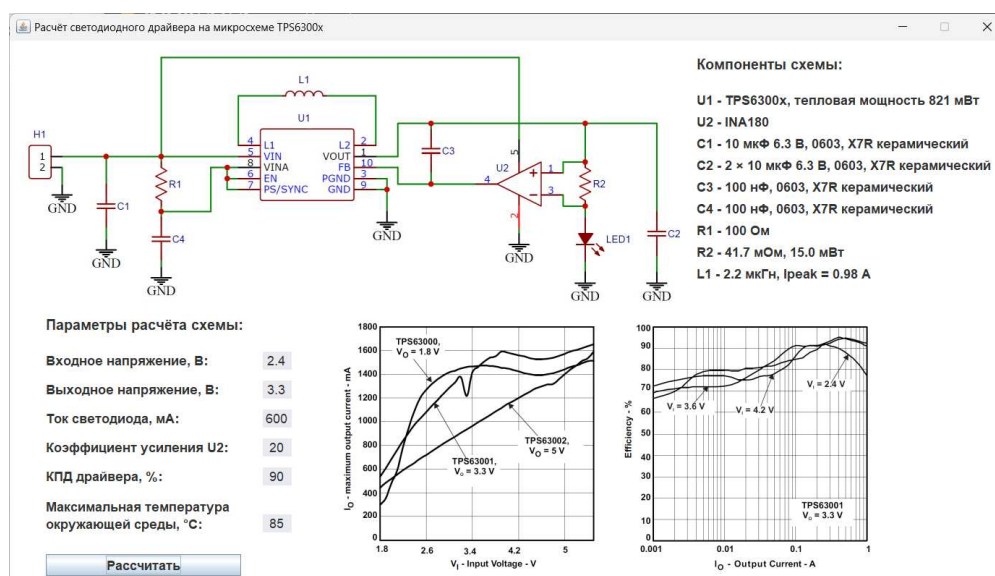


Рис. 2. Программа для расчёта драйвера на основе микросхемы TPS6300x

## Источники

1. Тукшаитов Р.Х., Сайфутдинова В.Р., Алхамс Я.Ш., Шириев Р.Р. Обеспечение энергоресурсосбережения при питании светодиодных ламп от гальванических элементов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2010. № 11-12. С. 108–114.

2. Малышев А.А. Выбор схемотехники светодиодного драйвера // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве. 2022. С. 459–462.

3. TPS63000DRCR, DC-DC преобразователь ADJ 1.2A BUCK-BOOST [VSON-10] // chipdip: сайт. URL: <https://www.chipdip.ru/product/tps63000drct-2> (дата обращения: 17.10.2024).

4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024663283 Российская Федерация. Программа расчета светодиодного драйвера на основе микросхемы TPS6300x для переносных световых приборов : № 2024662117 : заявл. 30.05.2024 : опубл. 05.06.2024 / А. А. Ащрятов, С. Н. Ивлиев, Е. А. Кузнецов, А. А. Калабкин ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва». – EDN AJBPJN.

5. Java онлайн для разработчиков // Все о Java и SQL: сайт. URL: <https://java-online.ru/> (дата обращения: 17.10.2024).

6. Библиотека Swing // Все о Java и SQL: сайт. URL: <https://java-online.ru/libs-swing.xhtml> (дата обращения: 17.10.2024).

## ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ДАТЧИКОВ ДВИЖЕНИЯ И ОСВЕЩЕННОСТИ НА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ ЗДАНИЙ

Меркулов Егор Сергеевич<sup>1</sup>, Микаева Светлана Анатольевна<sup>2</sup>,  
Шигапов Артём Эдуардович<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>ФГБОУ ВО «РТУ МИРЭА», г. Москва

<sup>1</sup>egormerkulov04@mail.ru, <sup>2</sup>mikaeva\_s@mirea.ru, <sup>3</sup>a.shigapov@liroptics.ru

Статья посвящена исследованию влияния различных типов датчиков движения и освещенности на энергосбережение в различных типах зданий. В статье анализируются преимущества и недостатки различных типов датчиков, рассматривается их эффективность в зависимости от типа здания и его функционального назначения. Также анализируется влияние различных факторов, таких как размер помещения, тип освещения и время суток, на эффективность работы датчиков.

**Ключевые слова:** датчики движения, датчики освещенности, энергосбережение, освещение, здания.

## THE EFFECT OF DIFFERENT TYPES OF MOTION AND LIGHT SENSORS ON ENERGY SAVING IN DIFFERENT TYPES OF BUILDINGS

Merkulov Egor Sergeevich<sup>1</sup>, Mikaeva Svetlana Anatolyevna<sup>2</sup>, Artyom Eduardovich Shigapov<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>FGBOU IN «RTU MIREA», Moscow

<sup>1</sup>egormerkulov04@mail.ru, <sup>2</sup>mikaeva\_s@mirea.ru, <sup>3</sup>a.shigapov@liroptics.ru

The article is devoted to the study of the influence of various types of motion and light sensors on energy saving in various types of buildings. The article analyzes the advantages and disadvantages of various types of sensors, considers their effectiveness depending on the type of building and its functional purpose. The influence of various factors, such as the size of the room, the type of lighting and the time of day, on the efficiency of the sensors is also analyzed.

**Keywords:** motion sensors, light sensors, energy saving, lighting, buildings.

Энергосбережение является актуальной задачей для всех типов зданий. Одним из наиболее эффективных способов сокращения потребления электроэнергии является оптимизация системы освещения. Использование датчиков движения и освещенности позволяет автоматически включать и выключать свет, только когда это необходимо, что значительно снижает потребление электроэнергии.

Обзор существующих технологий:

Существует множество различных типов датчиков движения и освещенности, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки.

[1].

- Датчики движения:

Инфракрасные датчики: работают, обнаруживая изменения в тепловом излучении. Они относительно недороги и просты в установке.

Ультразвуковые датчики: работают, испуская звуковые волны и анализируя их отражение. Они менее чувствительны к изменениям температуры, чем инфракрасные датчики.

Микроволновые датчики: работают, испуская микроволны и анализируя их отражение. Они могут обнаруживать движение сквозь стены и другие препятствия.

- Датчики освещенности:

Фоторезисторы: изменяют свое сопротивление в зависимости от уровня освещенности. Они относительно недороги и просты в установке.

Фотодиоды: генерируют электрический ток, пропорциональный уровню освещенности. Они более точны, чем фоторезисторы.

Методы исследования:

Для проведения исследования были выбраны различные типы зданий, включая офисные здания, жилые дома и учебное заведение. В каждом здании были установлены различные типы датчиков движения и освещенности, чтобы оценить их влияние на энергосбережение. Исследование проводилось в несколько этапов:

Установка оборудования: В каждом здании были установлены инфракрасные, ультразвуковые и микроволновые датчики движения, а также фоторезисторы и фотодиоды для измерения уровня освещенности. [3]

Сбор данных: В течение месяца собирались данные о потреблении электроэнергии в каждом здании. Датчики были настроены на автоматическое включение и выключение освещения в зависимости от движения и уровня естественного света.

Анализ данных: Собранные данные были проанализированы с использованием статистических методов для определения влияния каждого типа датчиков на энергосбережение. Также учитывались такие факторы, как размер помещения, тип освещения и время суток. [4-5]

Контрольные группы: В некоторых зданиях были оставлены контрольные группы без датчиков для сравнения потребления электроэнергии.

Результаты исследования показали, что использование датчиков движения и освещенности может значительно сократить потребление электроэнергии в различных типах зданий. Конкретные результаты включают:

Офисное здание: Использование микроволновых датчиков движения в сочетании с фотодиодами привело к сокращению потребления электроэнергии на 30% в сравнении с контрольной группой. Это связано с высокой точностью и возможностью обнаружения движения через препятствия.

Жилой дом: В жилых домах инфракрасные датчики движения в сочетании с фоторезисторами показали снижение потребления электроэнергии на 20%. Это объясняется простотой установки и достаточной точностью для небольших помещений.

Учебное заведение: Ультразвуковые датчики движения, установленные в коридорах и аудиториях, обеспечили снижение потребления электроэнергии на 25%. Их способность работать в условиях изменяющейся температуры оказалась особенно полезной в больших помещениях.

Результаты исследования показывают эффективность использования датчиков движения и освещенности для энергосбережения. Выбор типа датчиков должен быть индивидуальным и зависеть от конкретных условий эксплуатации. Например, в офисах, где требуется высокая точность, микроволновые датчики показали наилучшие результаты. В то время как в жилых домах, где важна простота и экономичность, инфракрасные и ультразвуковые датчики оказались более подходящими. Кроме того, исследование показало, что комбинированные системы, включающие в себя как датчики движения, так и датчики освещенности, обеспечивают максимальную эффективность. Это связано с возможностью более точного контроля за уровнем освещенности в зависимости от времени суток и активности в помещении. Использование датчиков движения и освещенности является эффективным способом сокращения потребления электроэнергии в зданиях. Выбор типа датчиков должен быть индивидуальным и зависеть от конкретных условий эксплуатации.

### **Источники**

1. Киреев Э.А. Электроснабжение в системах промышленного электро-снабжения / Т.В. Анчарова, С.С. Бодрухина. М.: «ИнтехэнергоИздат», «Теплоэнергетик», 2014. 304 с.

2. Справочная книга по светотехнике / Под ред. проф. Ю.Б. Айзенберга. М.: Издательство «Знак», 2006. С. 81.

3. Сассом Д.В. Рекомендации по проектированию автоматического управления освещением в зданиях с помощью датчиков присутствия, датчиков движения и датчиков освещенности в проектах систем освещения для экономии электроэнергии. М.: ООО «ИЗИЛЮКС РУС», 2012. 36 с.

4. Бадалян Н.П. Электрическое освещение: основы проектирования осветительных установок производственных и административных зданий : учеб. пособие / Н.П. Бадалян, Г.П. Колесник; Владим. гос. ун-т им. А.Г. и Н. Г. Столетовых. Владимир: Изд-во ВлГУ, 2022. 267 с.

5. Микаева С.А., Журавлева Ю.А. Полупроводниковые приборы и источники света. Цифровые электронные устройства. Алгоритмы обработки цифровой информации. Практикум / С.А. Микаева, Ю. А. Журавлева. Вологда: Инфра-Инженерия, 2025. 120 с.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТ ДАЛЬНОГО РЕЗЕРВИРОВАНИЯ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ДО 1000 В

Минанхузин Ильфир Илшатович<sup>1</sup>, Сидоров Александр Евгеньевич<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>minankhuzin@yandex.ru, <sup>2</sup>asidorini@rambler.ru

Статья посвящена актуальным проблемам обеспечения надежности электрических сетей, особенно в сельской местности, где протяженность сетей и удаленность потребителей создают риск аварийной ситуации. Основное внимание уделяется повышению эффективности защиты дальнего резервирования в распределительных сетях электроснабжения напряжением до 1000 В. Авторы подчеркивают, что надежность этих сетей напрямую влияет на экологические катастрофы и качество жизни населения, требуя современных технологий и эффективных методов управления и технического обслуживания.

**Ключевые слова:** защита дальнего резервирования, электроснабжение, защитные устройства, коммуникационные технологии, аварии.

## INCREASING THE EFFICIENCY OF LONG-RANGE REDUNDANCY PROTECTIONS IN POWER DISTRIBUTION NETWORKS UP TO 1000 V

Ilfir Ilshatovich Minankhuzina<sup>1</sup>, Sidorov Alexander Evgenievich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>minankhuzin@yandex.ru, <sup>2</sup>asidorini@rambler.ru

The article is devoted to the urgent problems of ensuring the reliability of electric networks, especially in rural areas, where the length of networks and the remoteness of consumers create the risk of an emergency situation. The main attention is paid to improving the efficiency of long-range redundancy protection in power distribution networks with a voltage of up to 1000 V. The authors emphasize that the reliability of these networks directly affects environmental disasters and the quality of life of the population, requiring modern technologies and effective management and maintenance methods.

**Keywords:** long-range backup protection, power supply, protective devices, communication technologies, accidents.

Актуальность проблемы обеспечения надежности электрических сетей определяется необходимостью стабильного и бесперебойного электроснабжения, особенно в сельской местности, где протяженность сетей и удаленность потребителей увеличивают риск аварий. Надежность сетей напрямую влияет на экономику и качество жизни населения, требуя внедрения современных технологий и эффективных методов управления и технического обслуживания.



Распределительные сети электроснабжения напряжением до 1000 В играют ключевую роль в обеспечении надежного и бесперебойного энергоснабжения потребителей. Одним из важных элементов таких сетей являются защитные устройства, в том числе системы дальнего резервирования. Повышение эффективности работы этих систем позволяет снизить количество аварийных отключений и улучшить качество электроснабжения [1].

В современных распределительных сетях электроснабжения до 1000 В часто возникают различные виды повреждений и ненормальных режимов работы, которые могут приводить к отключению потребителей. Для предотвращения распространения аварий и обеспечения непрерывности электроснабжения важную роль играют системы дальнего резервирования. Однако существующие решения не всегда обеспечивают необходимый уровень надежности и быстродействия защиты. Поэтому разработка методов повышения эффективности таких систем является актуальной задачей [2].

Для повышения эффективности защит дальнего резервирования в распределительных сетях до 1000 В можно выделить несколько основных направлений:

Совершенствование алгоритмов функционирования защитных устройств. Это предполагает оптимизацию логики работы, установок и параметров срабатывания, а также интеграцию современных цифровых технологий.

Применение интеллектуальных систем мониторинга и диагностики состояния сети. Использование датчиков, систем сбора и анализа данных позволяет оперативно выявлять возникающие неисправности и принимать соответствующие меры [3].

Внедрение адаптивных и селективных принципов построения защит. Такие решения обеспечивают более гибкое реагирование на изменяющиеся условия в сети и повышают избирательность отключения поврежденных участков.

Совершенствование координации работы различных ступеней защиты. Согласование установок, логики и алгоритмов функционирования основных и резервных защитных устройств позволяет минимизировать зоны отключения при авариях.

Применение современных коммуникационных технологий для обмена информацией между элементами системы защиты. Это обеспечивает более быстрое реагирование и повышает надежность передачи данных [4].

Для практической реализации мероприятий по повышению эффективности защит дальнего резервирования в распределительных сетях до 1000 В могут быть использованы следующие технические решения:

Внедрение микропроцессорных устройств релейной защиты с расширенными функциональными возможностями.

Использование интеллектуальных систем мониторинга и диагностики на основе современных сенсоров и средств передачи данных.

Применение адаптивных алгоритмов работы защитных устройств с учетом изменяющихся параметров сети.

Реализация селективных принципов отключения поврежденных участков с минимизацией зон обесточивания.

Внедрение цифровых каналов связи для обмена информацией между элементами системы защиты [5].

Повышение эффективности защит дальнего резервирования в распределительных сетях электроснабжения до 1000 В является важной задачей, решение которой позволяет повысить надежность и качество электроснабжения потребителей. Комплексный подход, включающий совершенствование алгоритмов, применение интеллектуальных систем мониторинга, адаптивных и селективных принципов защиты, а также современных коммуникационных технологий, обеспечивает достижение этой цели.

### **Источники**

1. Рубинчик В.А. Резервирование отключений коротких замыканий в электрических сетях. М.: Энергоатомиздат, 2021. 120 с.

2. Нагай В.И. Релейная защита ответвительных подстанций электрических сетей. М.: Энергоатомиздат, 2022. 312 с.

3. О мерах предотвращения развития аварий, связанных с недостаточно эффективным дальним резервированием // Сборник директивных материалов по эксплуатации энергосистем. Электротехническая часть. П. 4.19. М.: Энергоатомиздат, 2021. С. 91–94.

4. Шабад М.А. Защита трансформаторов распределительных сетей. Л.: Энергоатомиздат, 2021. 136 с.

5. Руководящие указания по релейной защите. Вып. 12. Токовая защита нулевой последовательности от замыканий на землю линий 110–500 кВ. Расчеты. М.: Энергия, 2020. 88 с.

## РАЗВИТИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В СФЕРЕ ЖКХ

Муртазин Айдар Рустемович<sup>1</sup>, Сандаков Виталий Дмитриевич<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>Aigarmyrtazin@mail.ru, <sup>2</sup>vitalysandakov@gmail.com

В данной статье рассматривается проблема энергосберегающей культуры в России и меры по их решению.

**Ключевые слова:** ЖКХ, энергосбережение, технологии, автоматизация.

## DEVELOPMENT OF ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES IN THE HOUSING AND UTILITIES SECTOR.

Murtazin Aidar Rustemovich<sup>1</sup>, Sandakov Vitaly Dmitrievich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup> FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>Aigarmyrtazin@mail.ru, <sup>2</sup>vitalysandakov@gmail.com

This article discusses the problem of energy-saving culture in Russia and measures to solve them.

**Keywords:** Housing and communal services, energy saving, technology, automation.

Жилищно-коммунальное хозяйство страны, региона или города – это большая и сложная социально-экономическая система, обеспечивающая предприятия разных форм собственности всеми необходимыми ресурсами [1]. Энергосберегающие технологии в сфере ЖКХ рассчитаны на снижение затрат в городах и промышленных предприятиях для экономии ресурсов. Таким образом новые технологии смогут улучшить экологическую ситуацию в стране и повысить экономический уровень, в следствии уменьшения затрат.

Проблема развития энергосберегающих технологий в России активно обсуждается последнее время. В современном мире, к сожалению, Россия отстает по всем показателям эффективности и рационализации использования всех ресурсов страны.

Данная проблема возникает по причине плохого состояния всех энергетических систем в стране. Основными причинами больших потерь в сфере энергетики считаются: устаревшее оборудование, из-за которого происходят большие потери при производстве и распределении энергии, высокая вероятность аварий при работе с таким оборудованием и низкая эффективность и количество продукта при работе. На данный момент времени в среднем около 60-70 % электрических сетей в России выработали свой физический и моральный ресурс [2].

В общей сложности для того, чтобы достичь максимальных показателей энергоэффективности на предприятиях сферы ЖКХ, важно применять именно комплексное энергосбережение [3]. Необходимо вводить новые технологии в сфере энергосбережения во всех предприятиях и жилых комплексах, для сокращения использования ресурса, ввести учет различных видов энергии и заниматься установкой новейшего оборудования на различных энергетических сетях, что повысит потенциал энергосбережения в отрасли. Под потенциалом энергосбережения авторами понимается финансовый, технологической, энергетический, социальный, физиологический или иной эффект, который может быть получен от реализации запланированных энергосберегающих мероприятий [1].

Рассмотрим самые популярные технологии в сфере энергосбережения в сфере ЖКХ, чтобы понять, какие меры могут предпринять для развития данной области в нашей стране.

Для повышения энергоэффективности в сфере отопления необходимо использовать индивидуальные счетчики тепла, для того чтобы жильцы могли самостоятельно регулировать и контролировать количество потребляемого ресурса. Так-же можно автоматизировать тепловые пункты, такая система позволит в зависимости от погоды регулировать температуру в зданиях и сократить количество потребляемого ресурса.

Для повышения энергоэффективности в сфере освещения необходимо устанавливать системы автоматизации управления светом. Такие системы смогут автоматически определять необходимость освещенности любого участка, как и на улице, так и в жилых помещениях и предприятиях, что позволит снизить количество потребляемой энергии и затрат на ресурсы.

Для повышения энергосбережения в сфере водоснабжения можно устанавливать более новые энергоэффективные насосы и насосные станции. Использование таких технологий поможет автоматизировать подачу воды, что позволит им работать только на необходимой мощности. Таким образом, возникает практическая задача качественного обеспечения потребителей горячим водоснабжением в системах, подключенных к одному теплоисточнику по разным схемам [4]. Так же необходимо устанавливать системы рециркуляции горячей воды, что снижает потерю тепла при подаче горячей воды и повышают скорость ее подачи в помещения.

Таким образом используя полный комплекс мер по повышению уровня энергосбережения в России, мы сможем сократить затраты для конечных потребителей, что повышает экономическую сферу, так же сможем повысить уровень комфорта для конечного покупателя и увеличим срок службы всех технологий по подаче и использования энергии в стране.

## Источники

1. Першина Т.А. Реализация потенциала энергосбережения предприятий ЖКХ: зарубежный и отечественный опыт / Т.А. Першина, Е.Ю. Провоторова // Вестник ВСГУТУ. 2016. № 04. С. 33–40.

2. Наумов И.В., Подъячих С.В., Полковская М.Н., Шерьязов С.К., Бастрон А.В. Оценка уровня надежности функционирования филиалов ПАО Россети России // Надежность. 2024. № 24 (2). С. 38–51.

3. Соколова С.А. Эффективное использование ресурсов при решении проблем градообразования и эволюции городов // Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире. 2014. Т. 2, № 6. С. 61–65.

5. Ротов П.В., Горшков А.В., Ротова М.А. О целесообразности изменения схемы подключения установок горячего водоснабжения // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2024. № 26 (5). С. 54–65.

## ПРОБЛЕМЫ НАВЕДЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ НА КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЯХ

Мухаметова Азалия Ренатовна  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
mukhametova.15@mail.ru

В работе рассматривается проблема наведенного напряжения на кабельных линиях, которая становится все более актуальной в условиях растущего потребления электроэнергии и усложнения электрических систем.

**Ключевые слова:** наведенное напряжение, кабельные линии, электромагнитные поля, безопасность, электрические системы.

## PROBLEMS OF INDUCED VOLTAGE ON CABLE LINES

Mukhametova Azaliya Renatovna,  
FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
mukhametova.15@mail.ru

The paper considers the problem of induced voltage on cable lines, which is becoming increasingly relevant in the context of increasing electricity consumption and the complexity of electrical systems.

**Keywords:** induced voltage, cable lines, electromagnetic fields, safety, electrical systems.

В современном мире электрические кабели играют ключевую роль в обеспечении надежного и безопасного электроснабжения. Однако с ростом потребления электроэнергии и усложнением электрических систем возникает проблема, связанная с наведенным напряжением.

Наведенное напряжение — это электрическое напряжение, которое возникает в проводниках под воздействием переменных электромагнитных полей. Данное явление может встречаться в различных цепях различного класса напряжения. Оно отличается от номинального напряжения, которое подается на кабели. Кабельные линии, как правило, прокладываются вблизи друг друга и могут подвергаться влиянию электромагнитных полей от соседних проводников, что и приводит к возникновению наведенного напряжения [3, С. 3-7].

В исследовании [1, С. 86-91] было установлено, что жилы и экраны отключенной кабельной линии могут находиться под воздействием наведенного напряжения от соседних кабельных и воздушных линий, проходящих параллельно. Уровень наведенного напряжения на частоте 50 Гц зависит от множества факторов и, в нормальных условиях работы сети,

может достигать 50 Вольт на каждые 1000 метров длины трассы и каждые 1000 А тока активной кабельной линии или воздушной линии. При коротком замыкании в сети это значение может возрасти до 500 Вольт на 1000 м и 1000 А тока короткого замыкания.

Наведенное напряжение может иметь серьезные последствия как для оборудования, так и для безопасности людей. Наведенное напряжение может приводить к перегреву изоляции кабелей и снижению их долговечности. Это может вызвать аварийные ситуации и привести к значительным экономическим потерям. Наведенное напряжение представляет опасность для персонала, работающего вблизи кабельных линий. Повышенные уровни наведенного напряжения могут вызвать электрические травмы или даже летальный исход. Кроме того, наведенное напряжение негативно сказывается на качестве электроэнергии, что может приводить к сбоям в работе электрооборудования и снижению его эффективности [2, С. 1-40].

Для изучения проблем наведенного напряжения применяются различные методы, одним из которых является моделирование. В этом случае в исследованиях используют компьютерное моделирование для оценки уровней наведенного напряжения в различных условиях эксплуатации. Так же использование специализированных приборов для измерения наведенного напряжения помогает в реальных условиях оценивать его уровень.

Рассмотрим несколько возможных методов борьбы с наведенным напряжением на кабельных линиях. Одним из основных методов защиты от наведенного напряжения является экранирование кабелей. Экраны могут быть выполнены из различных материалов, включая медь и алюминий, и обеспечивают защиту от внешних электромагнитных полей [5, С. 528]. Правильное размещение кабелей и соблюдение расстояний между ними также играют важную роль в снижении уровня наведенного напряжения. Рекомендуется придерживаться определенных норм и стандартов, чтобы минимизировать воздействие внешних источников [1, С. 1-40]. Регулярные проверки состояния изоляции и других компонентов кабельных линий помогают выявлять потенциальные проблемы до их возникновения. Техническое обслуживание должно включать в себя как визуальный осмотр, так и использование современных диагностических методов.

Проблема наведенного напряжения на кабельных линиях является актуальной и требует внимания со стороны специалистов в области электротехники. Понимание механизмов его возникновения, последствий и методов борьбы с ним позволяет обеспечить надежность и безопасность электрических систем.

## Источники

1. Дмитриев М.В. Напряжения, наведенные на кабельные линии 6–500 кВ // Электроэнергия. Передача и распределение. 2017. № 6. С. 86–91.
2. Шарандин А.А. Наведённое напряжение и защита от него // Библиотека электротехника. 2016. № 3. С. 1–40.
3. Васильева Т.Н. Методы измерения наведенного напряжения в сетях 0,38/10 кВ МУП «Рязанские городские распределительные электрические сети» / Т.Н. Васильева, О.А. Доронкин. // Молодой ученый. 2018. № 8 (194). С. 3–7.
4. Кузнецов А.Л. Наведенное напряжение: мифы и реальность // Энергетик. 2009. № 1. С. 14.
5. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники: Электрические цепи: учебник для студентов электротехнических, энергетических и приборостроительных специальностей вузов. 7-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. школа, 2008. 528 с.



## **ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В СФЕРЕ ЖКХ**

Садриев Рашит Рафисович<sup>1</sup>, Шакурова Зумейра Мунировна<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>rashitsadriev44@gmail.com, <sup>2</sup>shzumeyra@mail.ru

В статье предложено использование автоматизированных систем управления при электроснабжении в сфере ЖКХ, основная суть которого заключается в адаптирующемся управлении электропотреблением в реальном времени.

**Ключевые слова:** система управления электропотреблением, автоматическая система управления, энергоэффективность, автоматизация.

## **APPLICATION OF AN AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR ENERGY SAVING IN THE HOUSING AND COMMUNAL SERVICES SECTOR**

Sadriev Rashit Rafisovich<sup>1</sup>, Shakurova Zumeira Munirovna<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>rashitsadriev44@gmail.com, <sup>2</sup>shzumeyra@mail.ru

The article proposes the use of automated control systems for power supply in the housing and communal services sector, the main essence of which is adaptive management of power consumption in real time.

**Keywords:** power consumption management system, automatic control system, energy efficiency, automation.

Автоматизированная система управления при электроснабжении в сфере ЖКХ сегодня может быть применена для рационального использования энергоресурсов, снижения энергозатрат и увеличения безопасности потребителей [1, С.1].

Принцип действия автоматизированной системы управления основан на том, что датчики в режиме реального времени анализируют параметры среды, в которой, находится система и состояние системы. Программное обеспечение предоставляет информацию для анализа и мониторинга на экране [2, С. 3]. Центральный контроллер обрабатывает данные, приходящие от датчиков, принимает решения на основе заранее запрограммированных алгоритмов и передает команду исполнительному устройству через оптические развязки. Исполнительное устройство после получения команды от центрального контроллера, приводит эту команду в действие [3, С. 2] (см. рисунок).



Компоненты автоматизированной системы управления электроснабжением в ЖКХ

Применение автоматизированной системы управления при электроснабжении в сфере ЖКХ обеспечивает следующие преимущества:

1. Эффективное управление электропотреблением объекта в пределах установленных лимитов на электроснабжение, способствуя оптимизации затрат.
2. Возможность использования гибких тарифов на электроэнергию.
3. Повышение безопасности за счет автоматического мониторинга и реагирования на отклонения на ранних стадиях [4, С. 3].
4. Повышение комфорта за счёт автоматизированного управления освещением и бытовыми приборами.
5. Постоянный контроль качества электроэнергии в режиме реального времени
6. Экологичность за счет уменьшения потребления электроэнергии и использования ресурсов более эффективно [5, С. 2].

Таким образом, применение автоматизированной системы управления при электроснабжении в ЖКХ обладает значительными преимуществами: повышение безопасности, экологичности, снижение энергозатрат.

### Источники

1. Шаров В.В., Фатыхов Р.И. Автоматизированная система учета электроэнергии с использованием web технологий // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2015. № 9-10. С. 87–90.
2. Устинов А.П. Современные информационные технологии в управлении системами электроснабжения [Электронный ресурс]. URL: <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=870917> (дата обращения: 09.11.2024)

3. Демчук Д. Оптимизация энергопотребления в многоквартирных домах с помощью автоматизированных систем управления [Электронный ресурс] // Актуальные исследования. 2023. № 35 (165). URL: <https://apni.ru/article/6940-optimizacziya-energopotrebleniya-v-mnogokvartirnyh-domah-s-pomoshhyu-avtomatizirovannyh-sistem-upravleniya> (дата обращения: 10.10.2024).

4. Ярабаева О.И. Автоматизированная система учета электроэнергии [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizirovannaya-sistema-ucheta-elektroenergii> (дата обращения: 10.10.2024).

5. Савин К.Н. Применение автоматизированных систем управления технологическими процессами ресурсосбережения В ЖКХ [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-avtomatizirovannyh-sistem-upravleniya-tehnologicheskimi-protsessami-resursosberezheniya-v-zhkh> (дата обращения: 10.10.2024).

## О ВЫБОРЕ ДРАЙВЕРОВ ДЛЯ СВЕТОДИОДНОГО СВЕТИЛЬНИКА

Сафин Риназ Раисович<sup>1</sup>, Иванова Вилия Равильевна<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

<sup>1</sup>rinaz.safin@yandex.ru, <sup>2</sup>vr-10@mail.ru

В работе представлено описание светодиодных драйверов, указано их основное назначение, приведены основные виды драйверов и их компонентов, указаны основные критерии выбора светодиодных драйверов.

**Ключевые слова:** светодиоды, светильники, драйверы, постоянный ток, переменный ток, конденсатор, резистор, диодный мост.

## ON THE CHOICE OF DRIVERS FOR LED LUMINAIRE

Safin Rinaz Raisovich<sup>1</sup>, Ivanova Viliya Ravilevna<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan

<sup>1</sup>rinaz.safin@yandex.ru, <sup>2</sup>vr-10@mail.ru

The paper presents a description of LED drivers, indicates their main purpose, summarizes the main types of drivers and their components, indicates the main criteria for selecting LED drivers.

**Keywords:** LEDs, luminaires, drivers, DC, AC, capacitor, resistor, diode bridge.

Основным источником питания для светодиодных светильников является драйвер. Основное назначение этого устройства заключается в обеспечении трансформации переменного тока промышленной сети напряжением 220 В в постоянный ток и его стабилизации. Основными электронными компонентами драйверов выступают диодный мост, резисторы, конденсаторы. Каждый компонент выполняет свою задачу: преобразование тока, сглаживание колебаний, ограничение тока.

Все драйверы различаются по содержанию навесных элементов на микросхеме, в зависимости от этого функциональное назначение бывает разным. Так к первому типу относятся драйверы, функция которых сводится лишь к преобразованию переменного тока в постоянный. Схемы драйверов, способных кроме преобразования выполнять функцию стабилизации напряжения относят ко второму типу драйверов. Третий тип драйверов обеспечивает преобразование тока, стабилизацию напряжения, а также защиту от скачков силы тока [1, 2].

При выборе драйвера для светодиодного светильника обычно ориентируются на следующие критерии:

- минимальная себестоимость;

- соответствие действующим стандартам по электробезопасности, электромагнитной совместимости и энергосбережению;
- уровень надежности;
- работоспособность в широком диапазоне температур;
- малые габариты (драйверы устанавливаются как внутри светодиодного светильника, так и снаружи, поэтому важным параметром становится размер изделия).

Помимо технических характеристик осуществляется оценка электрических параметров: входное и выходное напряжение, ток, номинальная мощность, КПД. Также обязательным является наличие либо отсутствие гальванической развязки у драйвера. Ее наличие у драйвера исключает возможность непосредственного контакта между первичной и вторичной цепями питания, при таком исполнении используют в схеме магнитоиндукционный трансформатор. Согласно стандарту МЭК светильники делят на три класса, при наличии гальванической развязки в схеме драйвера светильники относят к I и II классу защиты [3].

Для определения рабочего напряжения выполняются расчеты согласно следующему алгоритму:

- 1) определение напряжения по вольт-амперной характеристике, соответствующего рабочему току;
- 2) по количеству светодиодов в схеме определяется суммарное значение напряжения;
- 3) определение значений при допустимом отклонении напряжения, используя величины типового и максимального значения;
- 4) расчет температурного коэффициента.

Существуют конструкции драйверов, позволяющие выдерживать скачки напряжения даже при отклонении от установленных норм. Драйверы также имеют защиту от превышения выходного напряжения, холостого хода и перегрева.

Таким образом, для увеличения эффективности технических параметров светодиодных светильников актуальным становится тщательный подход к выбору драйверов, а также необходимость совершенствования схем, влияющих на прямое напряжение светодиодов.

### **Источники**

1. Цевелюк, Е. Обзор LED-драйверов для светодиодных ламп широкого применения / Е. Цевелюк, В. Котов // Полупроводниковая светотехника. 2013. Т. 1, № 21. С. 40–43.

2. Лан Х. Расчет рабочего напряжения при подборе светодиодного драйвера / Х. Лан, К. Неякин // Полупроводниковая светотехника. 2019. № 3(59). С. 20–22.

3. Коротков С., Лукин А. Источники питания для светодиодного освещения [Электронный ресурс]. URL: [www.mmpirbis.ru/content/istochniki-pitaniya-svetodioda.php](http://www.mmpirbis.ru/content/istochniki-pitaniya-svetodioda.php) (дата обращения: 10.10.2024).

## ОБЗОР ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ МНОГОКВАРТИРНОГО ДОМА

Фадеева Евгения Сергеевна<sup>1</sup>, Сандаков Виталий Дмитриевич<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

<sup>1</sup>zhenya.fadeeva@inbox.ru, <sup>2</sup>vitalysandakov@gmail.com

Статья посвящена энергоэффективным технологиям для многоквартирных домов.

**Ключевые слова:** энергосбережение, технологии, автоматизация, системы.

## REVIEW OF THE ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES FOR AN APARTMENT BUILDING

Fadeeva Evgeniya Sergeevna<sup>1</sup>, Sandakov Vitaly Dmitrievich<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan

<sup>1</sup>zhenya.fadeeva@inbox.ru, <sup>2</sup>vitalysandakov@gmail.com

Развитие энергосберегающие технологий не стоит на месте, что становится не только спасением экологии, но и серьезным шагом в сторону снижения затрат. В настоящее время строительство новых многоэтажных зданий и элитных коттеджей ведется с учетом требований к энергосбережению, но этих зданий мало по отношению к общей застройке, за исключением Москвы [1]. Многоквартирные дома на данный момент являются большей частью жилищного фонда, а комфорт жильцов, снижение воздействия на окружающий мир и расходов на коммунальные услуги, это факторы, влияние на которые оказывает выбор эффективных энергосберегающих технологий.

Выбор таких технологий зависит от потребности самих жильцов, финансовых возможностей, состояния здания, и доступности технологий. Энергосбережение является одним из основных условий повышения эффективности функционирования ЖКХ [2]. Проанализируем самые актуальные из них:

1. Установка автоматизированных систем управления освещением. Данные системы контролируют уровень освещенности, присутствие человека в помещении и другие факторы, на основе которых автоматически регулируется освещение, что позволяет снизить потребление электроэнергии. По данным исследования, проведенного компанией «Сименс», внедрение такой системы снизило расходы на электроэнергию до 60%.

2. Теплоизоляция стен и окон. Благодаря теплоизоляции сохраняется тепло в помещении, следовательно снижаются расходы на отопление. На энергоэффективность зданий главным образом влияют уровень теплозащиты ограждающей оболочки здания, воздухозащита стыковых соединений наружных ограждений, в первую очередь окон, и наличие систем поддержания параметров внутреннего воздуха на заданном уровне [3]. Исследование на эту тему проводил Московский государственный строительный университет, специалисты пришли к выводу, что утепление фасадов и замена окон снижает потерю тепла до 30%.

3. Внедрение системы «Умный дом». Данная система помогает управлять освещением, отоплением, кондиционированием воздуха и другими системами в доме, это достигается с помощью автоматизации данных процессов. Контроль данных систем снижает потребление энергии и обеспечивает комфорт жильцам. Агентство «Strategy Analytics» провело исследование и показало, что рынок систем растет на 20% в год.

4. Применение светодиодного освещения. Светодиодные лампы потребляют меньше энергии и имеют более длительный срок службы по сравнению с традиционными лампами накаливания. Исследование, проведенное компанией «Osram» доказывает энергоэффективность светодиодного освещения, поскольку было выявлено снижение потребления электроэнергии на 80%.

Данные технологии актуальны для многоквартирных домов любого возраста, однако для старых зданий, возведенных 40-50 лет назад, они будут иметь наибольшую эффективность. В настоящее время в России по мнению специалистов имеется огромный потенциал повышения энергоэффективности – более 40% от всего уровня потребления энергии [4]. Например, в старом многоквартирном доме можно провести модернизацию системы освещения и заменить устаревшие лампы накаливания на светодиодные, а обычные выключатели поменять на датчики движения и диммеры, регулирующие яркость света в зависимости от присутствия людей.

Состояние основных фондов жилищно-коммунального хозяйства характеризуется значительным уровнем износа и низкой энергоэффективностью [5]. Таким образом, внедрение энергоэффективных технологий в старых многоквартирных домах – это важный шаг к созданию комфортного, безопасного и экономичного жилья. Это не только помогает снизить потребление энергии и расходы на коммунальные услуги, но и повышает качество жизни жильцов, продлевая срок службы зданий и улучшая их внешний вид.

## Источники

1. Овчинников Ю.В. Энергосбережение в теплоэнергетике и тепло-технологиях : учебное пособие / Ю.В. Овчинников, О.К. Григорьева, А.А. Францева. Новосибирск: НГТУ, 2015. 258 с.
2. Васильева Н.В. Технологии управления жилищно-коммунальным хозяйством: учебное пособие / Н.В. Васильева. Санкт-Петербург: ИЭО СПбУТУиЭ, 2007. 93 с.
3. Основы природопользования и энергоресурсосбережения: учебное пособие / В.В. Денисов, И.А. Денисова, Т.И. Дрововозова, А.П. Москаленко; под редакцией В.В. Денисова. 2-е изд., стер. Санкт-Петербург: Лань, 2022. 408 с.
4. Линник Ю.Н., Энергосбережение и энергоэффективность: монография / Ю.Н. Линник, В.Ю. Линник. Москва: Русайнс, 2022. 334 с.
5. Энергосберегающие технологии в электроэнергетике: учебное пособие / Г.П. Корнилов, М.М. Лыгин, Р.А. Закирова, И.Р. Абдулвелеев. Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова, 2020. 104 с.



## **3D-ПЕЧАТЬ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: ШАГ К ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ**

Хантимерова Юлия Мансуровна<sup>1</sup>, Абзалилова Лейсан Рахимовна<sup>2</sup>,  
Шамсутдинов Эмиль Васильевич<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Центр новых материалов и перспективных технологий ОСП «ИПИ АН РТ»,

<sup>2,3</sup>Академия наук РТ, г. Казань, Республика Татарстан

<sup>1</sup>proba\_pera91@mail.ru, <sup>2</sup>a\_leisan@mail.ru, <sup>3</sup>Eshamsutd.kazan@mail.ru

В работе представлено исследование теплотехнических характеристик домов, построенных методом 3D-печати. Анализ показал, что энергоэффективность 3D-печати сопоставима с традиционными материалами, такими как кирпич. Подчеркивается важность учета теплопотерь через периметр здания, особенно через окна, двери и крышу, и предлагаются решения для минимизации этих потерь.

**Ключевые слова:** 3D-печать, строительство, энергоэффективность.

## **3D PRINTING IN CONSTRUCTION: A STEP TOWARDS ENERGY EFFICIENCY AND RELIABILITY**

Khantimerova Yulia Mansurovna<sup>1</sup>, Abzalilova Leysan Rahimovna<sup>2</sup>,  
Shamsutdinov Emil Vasilovich<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Center for New Materials and Advanced Technologies

OSP «IPI Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan»,

<sup>2,3</sup>Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan

<sup>1</sup>proba\_pera91@mail.ru, <sup>2</sup>a\_leisan@mail.ru, <sup>3</sup>Eshamsutd.kazan@mail.ru

The paper presents a study of the thermal performance of 3D-printed houses. The analysis shows that the energy efficiency of 3D printed houses is comparable to traditional materials like brick. The importance of accounting for heat loss through the building perimeter, particularly through windows, doors, and the roof, is highlighted and solutions to minimize these losses are proposed.

**Keywords:** 3D printing, construction, energy efficiency.

В мире, где энергоэффективность и скорость строительства приобретают все большую актуальность, 3D-печать становится не просто трендом, а реальным инструментом для создания жилья будущего [1]. 3D-печать в строительстве - это не только скорость возведения, но и создание домов, которые эффективно сохраняют тепло. Печать монолитных конструкций позволяет создавать здания с уникальными геометрическими формами, оптимизирующими теплоизоляцию и минимизируя теплопотери.

В качестве объекта исследований были выбраны напечатанные дома поселка «Квадрум» Зеленодольского района РТ.

Сравнительная характеристика теплоемкости [2] различных типов домов представлена в табл. 1.

Таблица 1

Сравнительная характеристика домов различного типа

Тип дома	Коэффициент теплопередачи (U-value), Вт/м <sup>2</sup> К	Стоимость, руб/м <sup>2</sup>
Каркасные дома	для каркасных стен с утеплением минеральной ватой составляет 0,15-0,25	от 15 000
Дома из газобетона	для стен толщиной 400 мм составляет 0,25-0,35	от 12 000
Кирпичные дома	для стен толщиной 510 мм составляет 0,4-0,5	от 20 000
Напечатанный дом	0,1 для стен из бетона с наполнением из пенобетона в 400 мм плотностью 350 кг/ м <sup>3</sup>	25 000

Результаты анализа теплотехнических характеристик напечатанных домов в поселке «Квадрум» показали, что:

– энергоэффективность 3D-печати сопоставима с традиционными материалами: теплосберегающие свойства напечатанных стен соизмеримы с 130 см кирпичной кладки из полнотелого кирпича [3];

– для средней полосы России, с учетом климатических условий (где среднесуточная температурой воздуха периода со средней температурой воздуха ниже 0°C составляет –7,9 °C), оптимальная толщина пенобетонного наполнения составляет 200 мм [4];

– важно учитывать теплопотери через периметр: наиболее уязвимыми зонами в 3D-печати остаются двери, окна и крыша. Для минимизации потерь необходимы дополнительные меры по утеплению этих элементов. В исследуемых домах это достигается путем утепления крыши в перехлесте 300 мм, пола – из экструзионного пенополистирола и теплого пола из сшитого полиэтилена.

Проведенное исследование подтверждает, что 3D-печать в строительстве – технология с реальным потенциалом для создания энергоэффективного и быстровозводимого жилья, которая позволяет создавать сложные формы, интегрировать изоляционные слои непосредственно в конструкцию здания, повышая теплоизоляционные свойства и снижая расходы на отопление и охлаждение [5]. Однако для ее широкого внедрения необходимо дальнейшее развитие технологии и повышение ее доступности на российском рынке.

## Источники

1. Смирнова А. Строительство жилых домов с помощью 3D-печати [Электронный ресурс]. URL: <https://academy.peri.ru/blog> (дата обращения: 23.10.2024).
2. Теплопотери здания: справочное пособие / Е.Г. Малявина. М: АВОК-ПРЕСС, 2007. 265 с.
3. Методические рекомендации по проведению рейтинга зданий по уровню энергоэффективности / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства российской федерации. 2016. 15 с.
4. Справочник СП 131.13330.2018 «СНиП 23-01-99\* Строительная климатология».
5. Симакова Е.А., Селякова К.И., Кравченко Д. Применение 3D-печати в строительстве // Инженерные исследования. 2021. № 1 (1). С. 3–11.

## ЗАМЕНА ЭЛЕКТРООСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ КАК ВОЗМОЖНОСТЬ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В СФЕРЕ ЖКХ

Шафигуллина Айсылу Гамирзяновна<sup>1</sup>, Шакурова Зумейра Мунировна<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup> ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>aysik2003@gmail.com, <sup>2</sup>shzumeyra@mail.ru

В данной работе затронута тема энергосбережения в сфере ЖКХ с помощью замены осветительных устройств на более энергоэффективные. В настоящее время нерациональное потребление электроэнергии приводит к его дефициту, а также его растущей стоимости. Одним из методов энергосбережения данного ресурса рассматривается замена ламп накаливания на светодиодные.

**Ключевые слова:** энергосбережение, энергоэффективность, светодиодные лампы, освещение, лампа накаливания.

## REPLACEMENT OF ELECTRIC LIGHTING DEVICES AS AN OPPORTUNITY FOR ENERGY SAVING IN THE SPHERE OF HOUSING AND MUNICIPAL UTILITIES

Shafigullina Aisylu Gamirzyanovna<sup>1</sup>, Shakurova Zumeira Munirovna<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup> FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
<sup>1</sup>aysik2003@gmail.com, <sup>2</sup>shzumeyra@mail.ru

This paper touches upon the topic of energy saving in the housing and utilities sector by replacing lighting devices with more energy efficient ones. Currently, irrational consumption of electricity leads to its deficit, as well as its growing cost. One of the methods of energy saving of this resource is considered as replacing incandescent lamps with LED ones.

**Keywords:** energy saving, energy efficiency, LED lamps, lighting, incandescent lamp.

Энергосбережение представляет собой одну из наиболее актуальных задач, с которой сталкивается сфера ЖКХ. Это обусловлено постоянным увеличением цен на электроэнергию и другие виды энергоресурсов. Освещение и функционирование оборудования являются наиболее энергоемкими направлениями [1, С. 16].

Рассмотрим один из самых популярных видов работ по модернизации и реконструкции – замена ламп накаливания на более энергоэффективные варианты, таких как светодиодные лампы [2, С. 106]. Чтобы понять преимущества использования светодиодных ламп, необходимо произвести сравнительный анализ (см. таблицу).

## Сравнительная характеристика источников света общего назначения

Параметры	Лампа накаливания	Светодиодная лампа
Эквивалентная мощность для одинакового светового потока, Вт	25 (220 лм.) 40 (420 лм.) 60 (720 лм.)	5 (250 лм.) 6,5 (420 лм.) 10 (760 лм.)
Светоотдача, лм/Вт	7-17	60-120
Срок службы, ч	≥1000	50000-100000
Тепловыделение, °С	150-250	Не более 50
КПД, %	5-15	90
Стоимость, руб.	20-50	200-500

При анализе характеристик ламп сначала осуществляется расчет, в котором ключевым критерием является светоотдача устройства. Для ламп накаливания светоотдача варьируется в пределах 7–17 Лм/Вт. В случае светодиодных ламп их эффективность светоотдачи, как правило, составляет от 60 до 120 Лм/Вт. Из этих данных следует, что светодиодные лампы по светоотдаче являются более предпочтительными по сравнению с лампами накаливания примерно в 7-8 раз [3, С.110].

Срок службы – критерий, который служит значительным показателем преимущества светодиодов перед лампами накаливания. По заявлениям производителей, исследуемые источники света могут функционировать от 50 000 до 100 000 часов, по сравнению с светодиодами в 50-100 раз меньше.

Следующий важный момент – это теплоотдача изделий. Стеклолампы могут нагреваться до 240 градусов, что делает лампы пожароопасными, и их не рекомендуется использовать при монтаже электропроводки в деревянных зданиях. Светодиоды демонстрируют значительно лучшие показатели в этом отношении. Их максимальная температура нагрева не превышает 50 градусов [4, С. 147].

Коэффициент полезного действия следует учитывать при анализе различных моделей. Этот параметр показывает, какая доля энергии преобразуется в свет, а какая – в тепло. У светодиодов КПД достигает 90%, что является весьма высоким показателем по сравнению с лампами накаливания, где в свет преобразуется лишь 5–15% электрической энергии.

Следующим критерием является стоимость. Пожалуй, это единственная критерия, по которому лампу накаливания можно однозначно отнести к числу лидеров. В то время как светодиодные модели стоят 200 - 500 рублей. Можно сделать вывод о том, что классические варианты будут стоить в 10 раз дешевле полупроводниковых аналогов [5, С. 78].

Таким образом, энергосбережение использования электрических осветительных устройств является важным фактором для улучшения работы жилищно-коммунального хозяйства. Светодиодные лампы стали наиболее популярным выбором для освещения в различных системах. Они успешно завоевывают рынок общего освещения благодаря целому ряду рассмотренных преимуществ несмотря на их высокую цену, а лампы накаливания не могут претендовать на лидирующие позиции в плане выгоды, так как их срок службы составляет всего 50 раз меньше.

### **Источники**

1. Баранов А.В. Энергосбережение и энергоэффективность : учебное пособие / А.В. Баранов, Ж.А. Зарандия. Тамбов: ТГТУ, 2017. 97 с.
2. Коровкина Н.П., Пустовалова Н.Н. Оценка эффективности электроосветительных устройств // Труды БГТУ. Серия физ.-мат.наук и информатики. 2003. Вып. XI. С. 157–161.
3. Наумов А.А., Садыков М.Ф. Некоторые аспекты энергосбережения в осветительной технике // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017. № 19(5-6). С. 109–118.
4. Исыхакэфу А., Тукшаитов Р.Х. Контроль температуры корпуса светодиодных ламп при работе в разных осветительных устройствах // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017. № 19 (9-10). С. 146–150.
5. Шириев Р.Р., Садыков М.Ф. Сравнительная оценка технических параметров двух типов светодиодных световых приборов // Вестник МЭИ. 2020. № 2. С. 77–82.

## Направление 7. ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

УДК 004.056 + 621.31

### ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ СЕКТОРЕ

Аглыамов Марат Рустемович<sup>1</sup>, Гиззатова Ирина Дмитриевна<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>agl\_marat@mail.ru, <sup>2</sup>irina-zag@bk.ru

В данной работе автором изучены проблемы и перспективы развития кибербезопасности в электроэнергетическом секторе.

**Ключевые слова:** киберугрозы, кибербезопасность, энергетический сектор, электроэнергетика, фишинговые атаки.

### PROBLEMS AND PROSPECTS OF CYBERSECURITY DEVELOPMENT IN THE ELECTRIC POWER SECTOR

Aglyamov Marat Rustemovich<sup>1</sup>, Gizzatova Irina Dmitrievna<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>agl\_marat@mail.ru, <sup>2</sup>irina-zag@bk.ru

In this paper, the author has studied the problems and prospects of cybersecurity development in the electric power sector.

**Keywords:** cyber threats, cybersecurity, energy sector, electric power industry, phishing attacks.

Электроэнергетический сектор, включая предприятия генерации, передачи и распределения электроэнергии, является критически важной инфраструктурой, обеспечивающей стабильное функционирование экономики и общества в целом. Однако, с увеличением использования автоматизированных систем управления и информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), этот сектор становится все более уязвимым к киберугрозам.

Одной из основных проблем в обеспечении кибербезопасности электроэнергетического сектора является отсутствие общепринятых определений и стандартов. На международном и национальном уровнях отсутствует единое понимание того, что представляет собой критическая инфраструктура и как ее защитить от киберугроз [1].

Современные предприятия энергетического сектора все больше полагаются на автоматизированные системы управления производственными процессами, что открывает широкие возможности для вредоносных кибервоздействий. Кибератаки могут нарушить работу электроэнергетического сектора, как это было продемонстрировано на примере атак на украинскую электросеть, когда 225 000 потребителей потеряли доступ к электроэнергии.

Киберугрозы в энергетическом секторе включают в себя различные виды атак, от простых фишинговых атак до сложных атак на инфраструктуру, таких как атаки на системы управления и контроля (SCADA). Эти атаки могут быть злонамеренными и адаптивными, меняя свою стратегию и инструменты в зависимости от ситуации. Киберзлоумышленники могут выбирать моменты, когда система уже уязвима из-за других сбоев, таких как погодные условия или технические неисправности [3].

Для эффективного обеспечения кибербезопасности в электроэнергетическом секторе необходим комплексный подход, включающий нормативно-правовые, организационно-технические и административные механизмы. Ведущие страны мира уже выстраивают такие механизмы, изучая опыт друг друга и выявляя сильные и слабые стороны применяемых практик.

Обеспечение кибербезопасности требует тщательного управления инцидентами и выработки методик реагирования на атаки. В российской электроэнергетике, например, система технологического управления построена с учетом принципа надежности "N-1", который предполагает, что выход из строя одного элемента не должен привести к полному сбою системы. Это позволяет системе продолжать функционировать.

Административные меры включают в себя обучение персонала и реализацию организационных мероприятий, направленных на предотвращение киберугроз. Человеческий фактор играет значительную роль в обеспечении кибербезопасности, и правильная организация процессов патч-менеджмента и реагирования на инциденты может предотвратить многие атаки [4].

Одной из перспектив развития кибербезопасности в электроэнергетическом секторе является международное сотрудничество. Совместно разработанные нормы и стандарты между различными странами и регионами могут стать основой для выработки международных норм кибербезопасности. Однако, это требует учета интересов и возможностей всех ключевых игроков, а не только ограниченного круга стран.

Распределенные энергетические ресурсы (РЭР), такие как ветряные, солнечные и аккумуляторные устройства, представляют новые возможности



для повышения устойчивости энергетических сетей, но также ставят новые задачи перед кибербезопасностью. Обеспечение кибербезопасности РЭР требует скоординированной работы всех объектов и использования сетей управления, подключенных к кибернетическо-физическим сетевым устройствам.

Проблемы, связанные с киберугрозами, требуют комплексного подхода, включающего нормативно-правовые, организационно-технические и административные меры. Международное сотрудничество, развитие распределенных энергетических ресурсов и технологические инновации открывают новые перспективы для повышения кибербезопасности в этом критически важном секторе [5].

В будущем, ожидается, что кибербезопасность будет играть все более значимую роль в обеспечении стабильности и устойчивости энергетических систем. Для этого необходимо продолжать изучать опыт различных стран, развивать новые технологии и укреплять международное сотрудничество, чтобы противостоять постоянно меняющимся киберугрозам. Только через совместные усилия можно обеспечить надежную и безопасную работу критически важной инфраструктуры, такой как электроэнергетический сектор.

### **Источники**

1. Воропай Н.И., Сендеров С.М., Пяткова Н.И., Славин Г.Б. Энергетическая безопасность России. Новосибирск: Наука, 2020. 302 с.
2. Рабчук В.И., Сендеров С.М., Славин Г.Б. Энергетическая безопасность России: проблемы и пути решения / Отв. ред. Н.И. Воропай. Новосибирск: Издательство Сибирского отделения РАН, 2021. 197 с.
3. Гайдамакин Н.А. Теоретические основы компьютерной безопасности. Екатеринбург: Изд-во Уральского федерального университета, 2020. 212 с.
4. ISO/IEC 27032:2012. Information technology. Security techniques. Guidelines for cyber security.
5. Кобец Б.Б., Волкова И.О. Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции Smart Grid. М.: ИАЦ Энергия, 2021. 207 с.

## ПОВЫШЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Вахитова Маргарита Ильдаровна<sup>1</sup>, Воркунов Олег Владимирович<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

<sup>1</sup>rita110824@yandex.ru, <sup>2</sup>vorcunov\_oleg@mail.ru

Целью данной статьи является рассмотрение методов и технологий повышения пропускной способности воздушных линий электропередачи, их применения в практике и анализ проблем, с которыми сталкиваются энергетические компании при решении данной задачи.

**Ключевые слова:** пропускная способность, ВЛ, проводник, проводимость, система

## INCREASING THE CAPACITY OF OVERHEAD POWER LINES

Vakhitova Margarita Ildarovna<sup>1</sup>, Vorkunov Oleg Vladimirovich<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan

<sup>1</sup>rita110824@yandex.ru, <sup>2</sup>vorcunov\_oleg@mail.ru

The purpose of this article is to consider methods and technologies for increasing the capacity of overhead power transmission lines, their application in practice and analysis of the problems faced by energy companies in solving this problem.

**Keywords:** bandwidth, overhead line, conductor, conductivity, system

Современные электросети сталкиваются с растущими нагрузками в связи с увеличением потребления электроэнергии и необходимостью подключения новых потребителей. Одним из самых важных элементов инфраструктуры является система воздушных линий электропередачи (ВЛ), которая представляет собой основу для доставки энергии от источников к конечным пользователям.

Основными проблемами функционирования электрических сетей являются: недостаточная пропускная способность межсистемных и системообразующих линий электропередачи.

Пропускная способность ВЛ определяется количеством электрической энергии, которую линия может безопасно передавать без перегрева проводников, повреждений изоляции и других аварийных ситуаций. Пропускная способность зависит от множества факторов, которые условно можно разделить на технические и внешние.

К техническим относятся материалы проводников, их размер и конструкция, а также температурный режим. Рассмотрим данные факторы подробнее.

Влияние проводников на пропускную способность линии очевидно – чем выше проводимость материала, тем больше тока может пройти по линии. Стандартные материалы — алюминий, сталь и медь — имеют свои особенности: алюминий является легким и достаточно проводящим, но его проводимость ниже, чем у меди, хотя стоимость значительно ниже. Увеличение диаметра проводников или использование многожильных проводов позволяет повысить пропускную способность. Пропускная способность линии ограничена температурой проводников, которая зависит от внешней температуры и электрической нагрузки. При повышении температуры проводник расширяется, что может привести к его повреждению или снижению проводимости. Это ограничивает максимальный ток, который может пройти по линии без перегрева.

Влияние внешних факторов на пропускную способность. Внешняя температура, влажность, скорость ветра и другие климатические условия оказывают значительное влияние на работу ВЛ. Например, в условиях сильного ветра или дождя может происходить обледенение проводников, что увеличивает их массу и изменяет аэродинамические характеристики. Важным фактором является также высота расположения проводников над землей. На сложных и горных местностях это может привести к дополнительным нагрузкам на опоры и конструкции.

Необходимость повышения пропускной способности воздушных линий обусловлено быстрым ростом потребления электроэнергии во всех странах мира. Растет число городов-мегаполисов, что требует обеспечения глубокого ввода мощности в центры городов и крупных промышленных предприятий. Для повышения пропускной способности ВЛ используются различные подходы, которые можно условно разделить на технические и технологические.

Одним из самых перспективных способов повышения пропускной способности является использование новых материалов для проводников. Например, алюминиевые проводники с добавками меди обладают большей проводимостью и долговечностью по сравнению с обычными алюминиевыми проводами. В последние годы активно исследуются технологии с использованием сверхпроводников, которые могут передавать ток без потерь при низких температурах.

Для предотвращения перегрева и увеличения пропускной способности также применяется технология динамического контроля температуры проводников. Это позволяет в реальном времени отслеживать состояние проводников и изменять уровень нагрузки, оптимизируя работу системы. Система может автоматически регулировать распределение тока, снижая нагрузку в моменты перегрева и повышая её в более благоприятные условия.

Современные интеллектуальные системы управления и автоматизированные системы мониторинга помогают значительно повысить эффективность работы ВЛ. Эти системы позволяют отслеживать

параметры работы линий в реальном времени и оперативно принимать меры по изменению режима работы, предотвращая перегрузки и аварии. Системы управления позволяют также прогнозировать возможные неисправности, что способствует профилактическому обслуживанию и оптимизации работы всей электросети.

Одним из успешных примеров внедрения новых технологий является проект по использованию высокотемпературных сверхпроводников в Японии и США. В этих странах были проведены эксперименты по созданию линий электропередачи с использованием новых материалов, что позволило значительно повысить пропускную способность, снизить потери на передачи и обеспечить большую безопасность работы системы.

Перспективы дальнейшего повышения пропускной способности ВЛ связаны с развитием технологий, таких как сверхпроводники, использование новых материалов и автоматизация процессов. В будущем возможно применение гибридных решений, которые комбинируют воздушные и подземные линии, что позволит снизить нагрузку на существующие воздушные линии и повысить общую пропускную способность сети.

Повышение пропускной способности воздушных линий электропередачи является важной задачей для современной энергетики. Внедрение новых материалов, технологий мониторинга и управления, а также оптимизация конструктивных решений позволяют существенно повысить эффективность работы ВЛ.

### **Источники**

1. Степанов А.Г., Меньшенин С.Е. Увеличение пропускной способности как средство повышения энергетической эффективности работы ЛЭП // Технические науки: теория и практика. Чита: Молодой ученый, 2016. С. 92–95.

2. Шевченко Н.Ю. Лебедева Ю.В. Доронина О.И. Концепции развития воздушных линий электропередач 110–220 кВ в гололёдных районах // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 9. С. 487–491.

3. Федотов А.И., Чернова Н.В., Ахметшин А.Р. Специальные вопросы проектирования распределительных электрических сетей напряжением 6-10 кВ: учебное пособие. Казань: КГЭУ, 2015. 120 с.

4. Александров Г.Н. Передача электрической энергии. 2 изд. СПб: Издательство: Политехнического университета, 2009. 412 с.

5. Мотовилов А.И., Соловьев И.И. Онлайн оценка пропускной способности электрической сети // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. № 3. С. 51–59.

## ТЕРМОЯДЕРНЫЙ СИНТЕЗ – ЭНЕРГИЯ БУДУЩЕГО

Глоткина Любовь Алексеевна

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
glotkina\_lyuba@mail.ru

Термоядерный синтез стал одной из наиболее многообещающих альтернатив традиционным источникам энергии, предлагая практически неограниченные, экологически чистые и устойчивые источники энергии. В этой статье представлен обзор принципов термоядерного синтеза, последних достижений в области технологий и нерешенных проблем.

**Ключевые слова:** термоядерный синтез, магнитное удержание, устойчивая энергетика, термоядерные реакторы, ИТЭР, энергетика будущего.

## THERMONUCLEAR FUSION IS THE ENERGY OF THE FUTURE

Glotkina Lyubov Alekseevna

<sup>1,2</sup>FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
glotkina\_lyuba@mail.ru

Thermonuclear fusion has become one of the most promising alternatives to traditional energy sources, offering virtually unlimited, environmentally friendly and sustainable energy sources. This article provides an overview of the principles of thermonuclear fusion, recent advances in technology and unresolved issues.

**Keywords:** thermonuclear fusion, magnetic confinement, sustainable energy, thermonuclear reactors, ITER, energy of the future.

Традиционные источники энергетики, такие как уголь, нефть и природный газ, зависят от энергетического рынка, также они связаны с экологическими и ресурсными ограничениями. Термоядерный синтез, имитирующий процессы, происходящие в ядре Солнца, является дополнительной альтернативой, который дает возможность удовлетворить энергетические потребности человечества с минимальным воздействием на окружающую среду.

Термоядерный синтез – это процесс, при котором два легких атомных ядра объединяются, образуя более тяжелое ядро, выделяя большое количество энергии. Наиболее осуществимая термоядерная реакция для получения энергии включает в себя изотопы водорода: дейтерий и тритий. Когда эти ядра соединяются при чрезвычайно высоких температурах (приблизительно 100 миллионов Кельвинов), они преодолевают электростатическое отталкивание и высвобождают энергию [1].

Для достижения условий, необходимых для термоядерного синтеза на Земле, исследователи используют два основных подхода к удержанию: магнитный и инерционный.

Магнитное удержание основано на мощных магнитных полях, которые удерживают горячую плазму в стабильной форме, предотвращая ее соприкосновение со стенками реактора. Наиболее известным устройством магнитного удержания является токамак, тороидальная камера (в форме бублика), в которой плазма удерживается сильными магнитными полями, генерируемыми сверхпроводящими катушками. Проект ITER (Международный экспериментальный термоядерный реактор), который в настоящее время строится во Франции, направлен на демонстрацию возможности термоядерного синтеза с магнитным удержанием в больших масштабах [2].

В инерционном режиме небольшие гранулы дейтерий-тритиевого топлива быстро сжимаются и нагреваются с помощью мощных лазеров или пучков частиц. Сжатие и быстрый нагрев приводят к тому, что топливо достигает термоядерного состояния. Национальный комплекс лазерных термоядерных реакций (NIF) в Соединенных Штатах работает над этим подходом, достигнув за последние годы значительных успехов. В августе 2021 года NIF впервые сообщил о получении чистой энергии в результате эксперимента по термоядерному синтезу, который продемонстрировал, что достижение термоядерного синтеза с инерционным удержанием возможно.

Чтобы использовать синтез в качестве практического источника энергии, необходимо решить несколько ключевых проблем:

1. Материалы, устойчивые к экстремальным условиям: интенсивный поток нейтронов высокой энергии и других частиц, образующихся во время реакций синтеза, подвергает конструкционные материалы реактора экстремальным условиям.

2. Управление тепловым выбросом и выбросом частиц из плазмы. В токамаках, таких как ИТЭР, это достигается с помощью компонента, называемого дивертором, который извлекает тепло и частицы из плазмы и защищает стенки реактора от повреждений. Экстремальные условия плотности мощности в области дивертора представляют значительные инженерные проблемы.

3. Достижение и поддержание высоких температур. Одной из основных задач в исследованиях термоядерного синтеза является поддержание температур, превышающих 100 миллионов Кельвинов. Нестабильность плазмы, часто обусловленная взаимодействиями между частицами и электромагнитными полями, может привести к потере энергии.

Последние достижения в области технологии сверхпроводящих магнитов, особенно в области высокотемпературных сверхпроводников, потенциально могут произвести революцию в системах магнитного удержания. Новые конструкции токамаков, такие как реактор SPARC, разработанный Массачусетским технологическим институтом и Commonwealth Fusion Systems, направлены на достижение положительного результата в производстве энергии в течение следующего десятилетия [3].

Термоядерная энергетика привлекательна своим минимальным воздействием на окружающую среду. Водород – основной источник топлива, который используется в изобилии, и в процессе термоядерного синтеза не выделяются парниковые газы. Кроме того, термоядерные реакторы имеют меньший риск катастрофического отказа по сравнению с реакторами деления, поскольку любые сбои в процессе синтеза естественным образом приводят к остановке реакции [4].

Термоядерный синтез может сыграть решающую роль в будущем энергоснабжении, обеспечив устойчивое и чистое производство энергии. Однако для достижения этих целей потребуются преодоление серьезных технических и научных препятствий.

### **Источники**

1. Что такое Токамак? Просто о термоядерном реакторе [Электронный ресурс]. URL: <https://hi-news.ru/technology/chto-takoe-tokamak-prosto-o-termoyadernom-reaktore.html> (дата обращения: 07.11.2024).

2. Термоядерная энергия [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iter.org/> (дата обращения: 07.11.2024).

3. Какие проблемы возникли на ИТЭР и почему задерживается энергопуск российского Токамака [Электронный ресурс] // Страна Росатом. URL: <https://strana-rosatom.ru/2023/03/30/sverili-termoyadernye-chasy-itogi-konf/> (дата обращения: 07.11.2024).

4. Ахметова И.Г., Лапин К.В. Оптимальная периодичность изменения температуры теплоносителя на источнике теплоты и влияние скорости её изменения на потери тепловой энергии // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2023. Т. 25, № 3. С. 139–149.

## ОБОРУДОВАНИЕ, ПОЗВОЛЯЮЩЕЕ ПРОВОДИТЬ ПРОВЕРКУ УСТРОЙСТВ ЗАЩИТЫ ОТ ДУГОВОГО ПРОБОЯ И ИСКРОВЫХ ПРОМЕЖУТКОВ, УСТАНОВЛЕННЫХ В ЩИТАХ АВТОМАТИЗАЦИИ

Ерашова Юлия Николаевна<sup>1</sup>, Тюрин Александр Николаевич<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

<sup>2</sup>АО «ТАТЭЛЕКТРОМОНТАЖ», г. Казань

<sup>1</sup>yuliya.kostina@mail.ru, <sup>2</sup>turinal@rambler.ru

На основе требований по монтажу и эксплуатации устройств защиты от дуговых пробоев (УЗДП) в щитах автоматизации административных зданий предложено проводить испытания указанных устройств на эффективность срабатывания. В статье проведен анализ существующего оборудования для проверки УЗДП на эффективность срабатывания при возникновении опасного искрения. Предложена схема установки для испытания устройств защиты от дуговых пробоев и искровых промежутков.

**Ключевые слова:** дуговой пробой, УЗДП, пожарная безопасность, устройства защиты, искрение.

## EQUIPMENT THAT ALLOWS CHECKING ARC FLASH PROTECTION DEVICES AND SPARK GAPS INSTALLED IN AUTOMATION BOARDS

Yulia Nikolaevna<sup>1</sup>, Tyurin Alexander Nikolaevich<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan

<sup>2</sup>JSC "TATELEKTROMONTAZH", Kazan

<sup>1</sup>yuliya.kostina@mail.ru, <sup>2</sup>turinal@rambler.ru

Based on the requirements for the installation and operation of arc fault protection devices (AFDD) in automation panels of administrative buildings, it is proposed to test these devices for response efficiency. The article analyzes existing testing equipment AFDD for the effectiveness of operation when a dangerous spark occurs. A setup diagram has been proposed for testing protection devices against arc flashovers and spark gaps.

**Key words:** arc breakdown, AFDC, fire safety, protection devices, sparking.

Одна из основных причин возникновения возгорания электрооборудования – это искрение и дуговые пробои. Для обнаружения и предотвращения пожаров в современных условиях привлекаются новейшие разработки и инновационные технологии, в соответствии с документом [1]. Для предупреждения пожаров, связанных с возникновением опасных искрений и дуговых пробоев, в соответствии с приказом Минстрой России №1005/пр от.12.2023 г., в электроустановках жилых и общественных



зданий должно быть использовано специальное устройство защиты от дуговых пробоев (УЗДП), которое при обнаружении пробоя отключает поврежденную цепь. Необходимые требования, предъявляемые к УЗДП, и процедура испытаний для таких устройств устанавливает ГОСТ IEC 62606-2016 [2]. В ходе эксплуатации УЗДП были обнаружены ряд сложностей, связанные с выбором и настройкой алгоритма обнаружения опасного искрения, а также отсутствием практики применения УЗДП в России, установки их в реальные электрические щиты. На рис. 1 представлен щит для питания автоматики управления частотными преобразователями приточно-вытяжной вентиляции административного здания. В щите установлены два аппарата, каждый из которых обеспечивает защиту шкафов автоматики управления насосами от опасного искрения и дуговых пробоев.

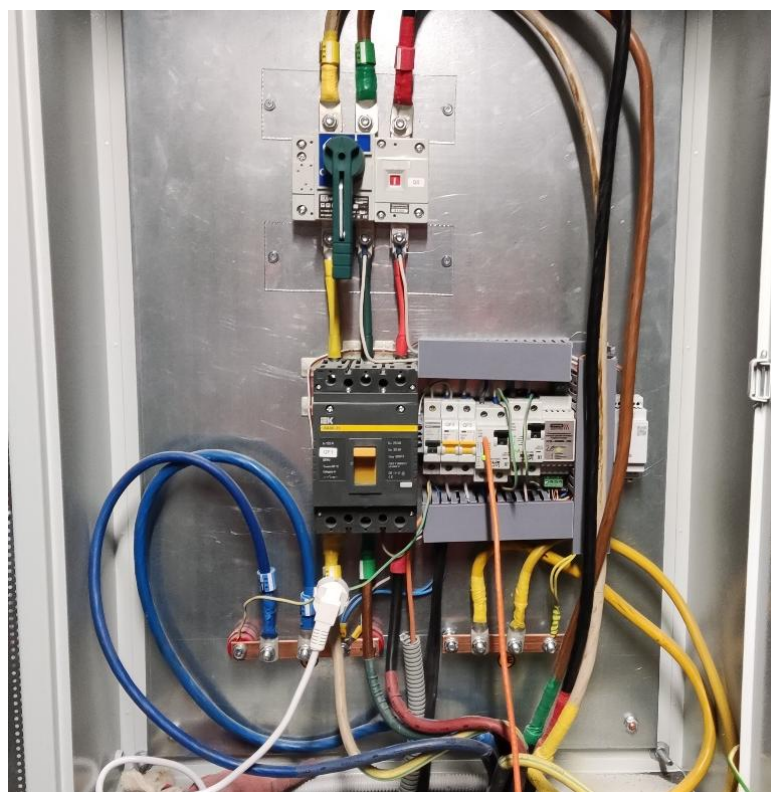


Рис. 1. Внешний вид щита ЩСВ-4.1 (с УЗДП)

Внешний вид УЗДП показан на рис. 2. Перед установкой в реальные электрические щиты устройства проходят испытания на эффективность срабатывания, перечень которых устанавливает ГОСТ IEC 62606-2016. Процедура этих испытаний практически подтверждают требования положений «Рекомендации по применению устройств защиты от дугового пробоя (УЗДП) в электроустановках жилых и общественных зданий» СП 256.1325800.2016 «Электроустановки жилых и общественных зданий».

Правила проектирования и монтажа» [3] и [4]. Проведем анализ имеющегося оборудования, которое может быть использовано для испытания УЗДП на своевременное срабатывание при возникновении опасного искрения, переходящего в дуговой пробой.



Рис. 2. Внешний вид устройства защиты от дуговых пробоев и искровых промежутков

В работе [5] представлен испытательный стенд для проверки аппаратов защиты от дуговых пробоев и искровых промежутков. Недостатком этого устройства является отсутствие возможности испытывать УЗДП на эффективность срабатывания при параллельном пробое. Недостатки существующего устройства были учтены и устранены в схеме рис. 3.

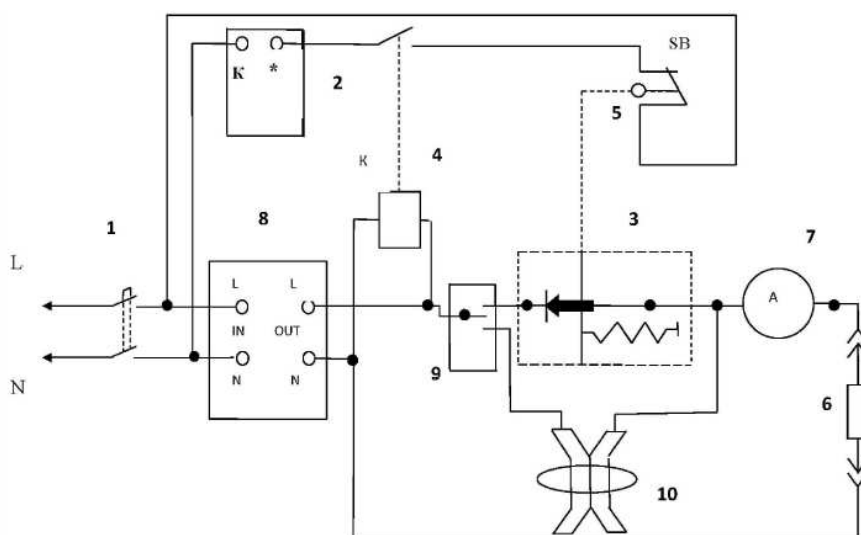


Рис. 3. Схема устройства для проверки аппаратов защиты от последовательного и параллельного дуговых пробоев и искровых промежутков: 1 – автоматический выключатель; 2 – цепь секундомера; 3 – генератор дуги; 4 – пускатель; 5 – концевой выключатель; 6 – нагрузка; 7 – амперметр; 8 – УЗДП; 9 – переключатель позволяет выбрать вид пробоя (параллельный или последовательный); 10 – образец поврежденного кабеля

Подготовка образцов кабеля выполняется согласно ГОСТ 62606–2016 как показано на рис. 4.

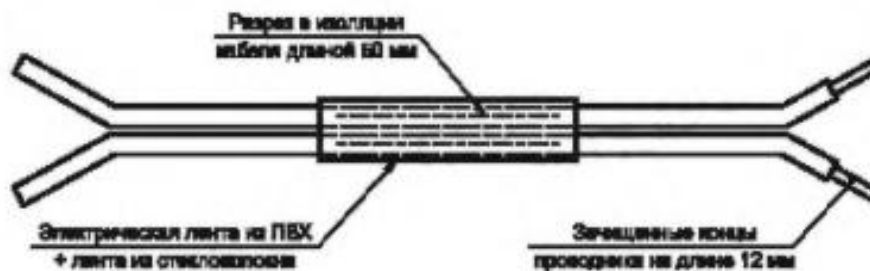


Рис. 4. Подготовка образца кабеля

В поврежденном образце кабеля при протекании тока формируется карбонизированный проводящий путь через изоляцию между двумя проводниками кабеля.

Для имитации дугообразования последовательно с нагрузкой может быть использован генератор дуги. Устройство состоит из неподвижного электрода и подвижного электрода, как показано на рис. 5.

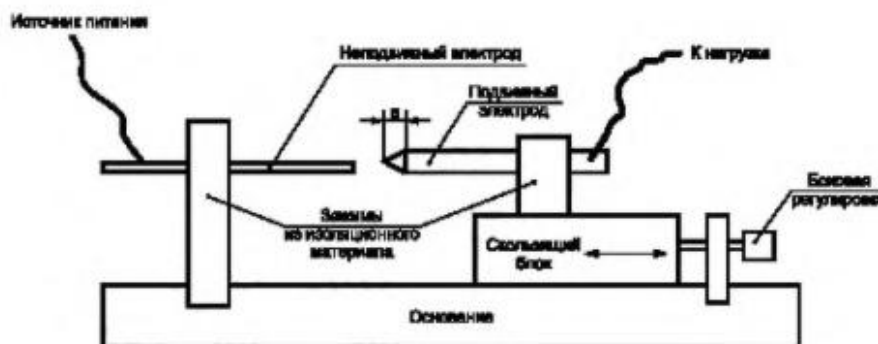


Рис. 5. Генератор дуги

Один электрод представляет собой углеродно-графитовый стержень, а другой – медный стержень.

При включении в цепь разведение двух электродов на соответствующее расстояние устройство должно генерировать установившуюся дугу между ними. Подробно устройство, и работа генератора дуги рассмотрены в работе [6].

Таким образом, преимущество предлагаемого устройства для проверки аппаратов защиты от последовательного и параллельного дуговых пробоев является то, что устройство позволяет проверить заявленные характеристики УЗДП как при последовательном, так и параллельном дуговых пробоев.

## Источники

1. Основы государственной политики Российской Федерации в области пожарной безопасности на период до 2030 года: утверждены Указом Президента Российской Федерации от 1 января 2018 г. № 2.

2. ГОСТ ИЕС 62606-2016. Устройства защиты бытового и аналогичного назначения при дуговом пробое. Общие требования.

3. Изменение № 6 к СП 256.1325800.2016 «Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа».

4. Об утверждении перечня национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ: Постановление правительства Российской Федерации от 28 мая 2021 г. № 815.

5. Ерашова Ю.Н., Ившин И.В., Ившин И.И., Тюрин А.Н. Испытания устройства защиты от дугового пробоя и искровых промежутков на срабатывание // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. № 3 (23). С. 168–180.

6. Ерашова Ю.Н., Вассунова А.И., Ившин И.И., Тюрин А.Н. Генератор электрической дуги для диагностики аппаратов защиты от дугового пробоя // Тинчуринские чтения – 2021 «Энергетика и цифровая трансформация». В 3 т. Т. 1. Электроэнергетика и электроника: матер. Междунар. молод. науч. конф. (Казань, 28–30 апреля 2021 г.) / под общ. ред. ректора КГЭУ Э.Ю. Абдуллазянова. Казань: КГЭУ, 2021. С. 104–108.

## ГОЛОВНОЙ МОДУЛЬ ПЛК: МИРОВОЕ ПРОИЗВОДСТВО МИКРОПРОЦЕССОРОВ И МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ

Каминский Семен Олегович<sup>1</sup>, Мухаметжанов Рустем Наимович<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>wolf119980202@gmail.com, <sup>2</sup>ruustem@yandex.ru

В статье рассматривается устройство головного модуля программируемого логического контроллера (ПЛК), который является центральным элементом систем автоматизации. В статье также анализируется глобальное производство микропроцессоров и микроконтроллеров, описываются страны, которые участвуют в создании этих компонентов, и выделяются государства, обладающие полным циклом производства. Подчеркивается роль таких стран, как США, Тайвань, Южная Корея, Китай и Россия, в обеспечении технологической независимости и развитии систем автоматизации.

**Ключевые слова:** ПЛК, головной модуль, автоматизация, производство микропроцессоров, производство микроконтроллеров, промышленная электроника.

## PLC HEAD UNIT: GLOBAL PRODUCTION OF MICROPROCESSORS AND MICROCONTROLLERS FOR AUTOMATION

Kaminsky Semyon Olegovich<sup>1</sup>, Mukhametzhanov Rustem Naimovich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>wolf119980202@gmail.com, <sup>2</sup>ruustem@yandex.ru

The article discusses the structure of the head module of the programmable logic controller (PLC), which is the central element of automation systems. The article also analyzes the global production of microprocessors and microcontrollers, describes the countries that participate in the creation of these components, and identifies the states with a full production cycle. The role of such countries as the USA, Taiwan, South Korea, China and Russia in the ensuring technological independence and the development of automation systems.

**Keywords:** PLC, head module, automation, production of microprocessors, production of microcontrollers, industrial electronics.

Программируемые логические контроллеры (ПЛК) играют важную роль в современных системах автоматизации, обеспечивая надежное управление производственными процессами [1]. Основной частью ПЛК является его головной модуль, который включает ключевые компоненты, такие как процессор, память и модули ввода-вывода. В данной статье мы рассмотрим устройство головного модуля ПЛК, а также обсудим, как производство процессоров и микроконтроллеров распределено по миру, и какие страны имеют полный цикл производства этих критически важных компонентов.

Микропроцессоры и микроконтроллеры, которые являются основными элементами головных модулей ПЛК, производятся во многих странах [2]. Однако полный цикл производства этих компонентов, включающий проектирование, разработку, изготовление и тестирование, доступен далеко не всем государствам. Рассмотрим, как распределено производство микропроцессоров и микроконтроллеров по странам и какие из них имеют полный цикл производства.

Страны с полным циклом производства микропроцессоров и микроконтроллеров:

- **США.** Соединенные Штаты являются одним из мировых лидеров в области разработки и производства микропроцессоров и микроконтроллеров. Компании, такие как **Intel**, **AMD**, **Microchip Technology** и **Texas Instruments**, проектируют и производят процессоры и микроконтроллеры для широкого спектра устройств, от серверов до систем управления и бытовой электроники. США обладает полным циклом производства, включая разработку архитектуры, изготовление и тестирование микропроцессоров и микроконтроллеров. Однако некоторые из производственных мощностей размещены за пределами страны, например на заводах **TSMC** в Тайване.

- **Тайвань.** Тайваньская компания **TSMC** (Taiwan Semiconductor Manufacturing Company) является крупнейшим в мире производителем полупроводниковых изделий. Хотя сама **TSMC** не разрабатывает процессоры, она производит их по заказу таких компаний, как **Apple**, **AMD** и **Qualcomm**. В Тайване также располагается **MediaTek**, которая разрабатывает и производит микропроцессоры и микроконтроллеры для мобильных устройств. Таким образом, Тайвань имеет полный цикл производства, включая как разработку, так и изготовление микропроцессоров и микроконтроллеров.

- **Южная Корея.** **Samsung** — крупнейший производитель микропроцессоров и микроконтроллеров в Южной Корее. Компания разрабатывает и производит собственные мобильные процессоры **Exynos**, а также выпускает чипы для других компаний, таких как **Qualcomm**. Южная Корея обладает полным циклом производства микропроцессоров и микроконтроллеров, от проектирования до выпуска.

- **Китай.** В последние годы Китай активно развивает собственные технологии для производства процессоров и микроконтроллеров. Компании **HiSilicon** (подразделение **Huawei**), **Loongson**, **Zhaoxin** и **GigaDevice** разрабатывают и производят микропроцессоры и микроконтроллеры для различных применений, включая серверные системы и потребительскую электронику. Несмотря на санкции, которые ограничивают деятельность **HiSilicon**, Китай сохраняет способность к полному циклу производства.

• **Россия.** В России процессоры и микроконтроллеры разрабатываются и производятся для специализированных задач, таких как государственные системы и оборонные технологии [4]. Компании **Байкал**, **Эльбрус**, **Миландр** и **ЭЛВИС** разрабатывают и производят микропроцессоры и микроконтроллеры для серверов, компьютеров и промышленных применений [5]. Россия имеет полный цикл производства этих компонентов, что позволяет обеспечивать внутренний рынок и стратегические проекты.

Существуют и другие страны, которые активно участвуют в производстве микропроцессоров и микроконтроллеров, но не всегда имеют полный цикл [3]. Например:

• **Япония.** Компания **Renesas Electronics** производит микроконтроллеры для различных применений, включая автомобильную и промышленную электронику, а **Fujitsu** разрабатывает высокопроизводительные процессоры для суперкомпьютеров.

• **Германия.** Компания **Infineon Technologies** специализируется на разработке микроконтроллеров для автомобильной и промышленной электроники.

## Заключение

Головной модуль ПЛК представляет собой сложное устройство, состоящее из процессора, микроконтроллеров, памяти, модулей ввода-вывода и других компонентов, обеспечивающих надежную работу системы управления. Важно отметить, что микропроцессоры и микроконтроллеры, лежащие в основе этих устройств, производятся в разных странах мира, и каждая из них вносит свой вклад в развитие технологий автоматизации. Страны с полным циклом производства, такие как США, Тайвань, Южная Корея, Китай и Россия, играют ключевую роль в обеспечении глобальной индустрии полупроводников необходимыми компонентами для автоматизированных систем управления.

## Источники

1. Кузнецов Я. 15 ведущих мировых производителей программируемых логических контроллеров (ПЛК) [Электронный ресурс]. URL: <https://elektrik.info/plc/1806-top-veduschih-proizvoditeley-plc.html> (дата обращения: 23.10.2024).

2. Карпушова В.Е. Микропроцессоры // Традиционная и инновационная наука: история, современное состояние, перспективы: сборник

статей по итогам Международной научно-практической конференции. Стерлитамак, 2020. С. 58–60.

3. Филипповский А.А. Зависимость от технологий: 17 стран [Электронный ресурс]. URL: <https://smotrim.ru/article/1521503> (дата обращения: 23.10.2024).

4. Рогожин К.В. Отечественные процессоры и микропроцессоры в цифровых вычислительных устройствах // Системы управления и обработки информации. 2021. № 3 (54). С. 76–81.

5. Мельников П.Д., Аржанкин П.А. Российские микропроцессоры «эльбрус» и их будущее на отечественных и конкурентных рынках // XXXVI Международные Плехановские чтения: сборник статей участников конференции: в 4 т. М., 2023. С. 321–326.



## ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УЛИЧНОГО ШУМА РАЙОНА ТРОПАРЕВО-НИКУЛИНО ЗАО ГОРОДА МОСКВЫ

Кергенсков Алексей Евгеньевич<sup>1</sup>, Микаева Светлана Анатольевна<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «РТУ МИРЭА», г. Москва

<sup>1</sup>kergen2411@gmail.com, <sup>2</sup>mikaeva\_s@mirea.ru

В статье рассматривается проблема шумового загрязнения в городских условиях, с акцентом на влияние транспортного потока и застройки на акустическую среду. За последние годы наблюдается устойчивый прирост уличного шума, достигающий 1 децибел в год, что приводит к недопустимо высокому акустическому фону в городах. Основным источником шума является городской транспорт, в то время как нерациональные приемы застройки и распространение бытового оборудования усугубляют ситуацию. Исследование проводилось с использованием аппарата датской фирмы Брюль и Кьер 2245Е, с замерами уровня шума на границе проезжей части и пешеходных дорожек.

**Ключевые слова:** шум, шумомер, колебания, акустический режим, децибел.

## GYGIENIC ASSESSMENT OF STREET NOISE IN THE TROP ARIEVO-NIKULINO DISTRICT OF THE CITY OF MOSCOW

Kergenskov Alexey Evgenievich<sup>1</sup>, Mikaeva Svetlana Anatolievna<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>FGBOU VO "RTU MIREA", Moscow, Russia

<sup>1</sup>kergen2411@gmail.com, <sup>2</sup>mikaeva\_s@mirea.ru

This article addresses the issue of noise pollution in urban environments, focusing on the impact of traffic flow and urban development on the acoustic environment. In recent years, there has been a steady increase in street noise, reaching 1 decibel per year, leading to unacceptably high acoustic levels in cities. The primary source of noise is urban transportation, while irrational building practices and the spread of household equipment exacerbate the situation. The study was conducted using a sound level meter from the Danish company Brüel & Kjør 2245E, measuring noise levels at the boundary of roadways and pedestrian paths.

**Keywords:** noise, sound level meter, vibrations, acoustic regime, decibel.

Среди факторов внешней среды, систематически воздействующих на население, большое значение имеет шум. За последние годы, прирост уличного шума составляет 1 децибел в год и в настоящее время акустический фон в городе недопустимо велик. Наиболее распространенным и мощным источником шума является городской транспорт [1–7]. Усугубляющим фактором является нерациональные

приемы застройки, благоустройства и размещения обслуживающих учреждений. Массовое распространение бытового и санитарно-технического оборудования приводит к значительному уровню шума внутри зданий [1–3, 7]. В то же время в индустриальном строительстве все большее значение имеют облегченные ограждающие конструкции, что значительно усложняет задачи звукоизоляции помещений. [4] При длительном действии даже малых уровней шума отмечается нарушение различных органов и систем, а также изменения высшей нервной деятельности. Клиническая картина и субъективная оценка воздействия шума зависит от его физических свойств, интенсивности и спектрального состава, времени воздействия и индивидуальных особенностей человека [5, 8]. Шум мешает отдыху организма, восстановлению его функциональной деятельности, особенно во время сна. Благоприятные акустические условия в городе определены в 30-50 децибел, в то же время на магистральных улицах города со средней интенсивностью 1000-3000 единиц транспорта в час, уровень звука достигает 90-100 децибел [3]. Одной из первых задач планируемого нами в дальнейшем исследования привлечь к этой проблеме специалистов различного профиля и получить исходные материалы к составлению шумовой карты района. Для исследования использовалась аппаратура датской фирмы - Брюль и Кьер 2245-Е [6]. Основные точки замеров были согласованы с районной ГИБДД, работники которой оказали также практическую помощь в их проведении. Основные замеры проводились на границе проезжей части и пешеходной дорожки. Проведенные двукратные замеры, безусловно не отражают влияния многочисленных факторов, определяющих акустический режим. Анализ материалов изложенных в табл. 1, свидетельствует о значительном превышении акустических уровней шума на 5-35 децибел, в среднем 20 децибел. Уровень шума на тротуаре по сравнению с приведенным в таблице 1 данными ниже на 2-7 децибел, вместе с тем, повышение этих уровней в часы “пик” 10-12 децибел. В воскресный день отмечается определенное снижение уровней шума на отдельных магистралях на 4-12 децибел. Устойчивой закономерности влияния интенсивности транспортного движения на уровень шума не обнаружено, что обусловлено, по-видимому, влиянием других факторов. Уличный шум, проникает в жилища, в значительной мере определяет их акустический режим. Как в дневные, так и в ночные часы уровень его превышает допустимые величины соответственно на 5-7 децибел, а при открывании окон, балконов даже на 10-13 децибел. Резко изменяется шумовой фон при пролете над городом турбореактивных самолетов.

**Характеристика шумового режима района Тропарево-Никулино  
г. Москвы (уровни звука в дБА)**

Места замеров шума	Рабочий день		Воскресный день	
	Пределы колебаний	Преимущественный уровень	Пределы колебаний	Преимущественный уровень
Общегородские магистрали с прилегающими в основном жилищными массивами	60-78	68-72	56-78	62-68
Общегородские магистрали с прилегающими административными учреждениями	62-76	66-70	50-72	60-64
Районные магистрали	58-74	64-70	60-76	62-66
Улицы местного значения	56-64	58-60	54-64	58-60
Квартиры в районе: днем	38-48	44	36-44	38-40
Квартиры в районе: ночью	36-40	38	30-40	30-36
Места отдыха	32-44	34-38	36-45	40-44

Учитывая имеющиеся материалы и отмечаемую многими людьми тенденцию роста уровней шума, необходимо в дальнейшем комплексное изучение акустического фона с привлечением к этой проблеме специалистов разного профиля: инженерно-технических работников, архитекторов, медицинских работников и т. п.

### **Источники**

1. Кузнецов С.В. Методы измерения уровня шума в городской среде // Журнал акустики. 2019. № 12 (3). С. 45–52.
2. Баранов И.А. Шум и его влияние на здоровье человека. М.: Изд-во «Наука», 2015.
3. Григорьев В.Н. Акустические условия городской среды: проблемы и решения. Издательство: «Стройиздат» Санкт-Петербург, 2018.

4. Романов Д.Г. Звукоизоляция в строительстве: современные технологии. М.: Изд-во «Стройинформ», 2022.

5. Смирнова, Е.В., Ковалев П.А. Влияние шума на психофизиологическое состояние человека // Журнал медицинских исследований. 2020. № 15 (1). С. 67–74.

6. Микаева С.А., Журавлева Ю.А. Полупроводниковые приборы и источники света. цифровые электронные устройства. Алгоритмы обработки цифровой информации: практикум. Вологда, 2025.

7. Иванов А.П., Петров Б.С. Влияние уличного шума на здоровье населения: анализ и рекомендации // Научный журнал Казанского университета. 2020. № 12 (3). С. 45–52.

8. Микаева С.А., Микаева А.С. Промышленная электроника. экономическая безопасность в приборостроении. М., 2024.

## НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АККУМУЛЯТОРОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ИНТЕГРАЦИЮ ВИЭ В ЭНЕРГОСИСТЕМУ

Крюкова Анна Сергеевна<sup>1</sup>, Шакурова Зумейра Мунировна<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>anna.kryukova2003@yandex.ru, <sup>2</sup>shzumeyra@mail.ru

В статье рассматриваются новые технологии аккумуляторов, в частности литий-ионные аккумуляторы, которые играют важную роль в интеграции возобновляемых источников энергии в энергосистему. Они позволяют эффективно управлять изменчивой природой ВИЭ, хранить избыточную энергию и обеспечивать устойчивое и надежное энергоснабжение. Развитие этих технологий также способствует сокращению выбросов парниковых газов и борьбе с изменением климата.

**Ключевые слова:** аккумулятор, интеграция, энергия, энергосистема, технологии.

## NEW BATTERY TECHNOLOGIES AND THEIR IMPACT ON THE INTEGRATION OF RENEWABLE ENERGY SOURCES INTO THE ENERGY SYSTEM

Kryukova Anna Sergeevna<sup>1</sup>, Shakurova Zumeira Munirovna<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>anna.kryukova2003@yandex.ru, <sup>2</sup>shzumeyra@mail.ru

The article discusses new battery technologies, in particular lithium-ion batteries, which play an important role in the integration of renewable energy sources into the energy system. They make it possible to effectively manage the volatile nature of renewable energy sources, store excess energy and ensure a stable and reliable energy supply. The development of these technologies also contributes to reducing greenhouse gas emissions and combating climate change.

**Keywords:** battery, integration, energy, power system, technology.

В последние годы новые технологии аккумуляторов стали играть ключевую роль в успешной интеграции возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в энергосистему. Аккумуляторы позволяют эффективно управлять изменчивой природой ВИЭ, сохранять избыточную энергию для использования в периоды пикового спроса и обеспечивать надежность энергосистемы [3].

Одним из наиболее перспективных видов аккумуляторов являются литий-ионные аккумуляторы, которые обладают высокой эффективностью, длительным сроком службы и быстрым зарядом. Такие аккумуляторы

могут быть использованы для хранения избыточной энергии, полученной от солнечных батарей или ветряных турбин, и обеспечивать непрерывное энергоснабжение в любое время суток. [5]



Литий-ионные аккумуляторы

Растущий спрос на электромобили и портативные электронные устройства способствует расширению рынка литий-ионных аккумуляторов, что приводит к получению значительных доходов [1]. Развитие технологий литий-ионных аккумуляторов, включая разработку твердотельных литий-ионных аккумуляторов, еще больше стимулирует их рост.

Благодаря развитию технологий аккумуляторов, стоимость их производства снижается, что делает их доступными для широкого использования в энергетике. Это способствует увеличению доли ВИЭ в общем объеме производства электроэнергии и снижению выбросов парниковых газов, что становится все более актуальным в свете проблем изменения климата [2].

Интеграция новых технологий аккумуляторов также позволяет улучшить надежность энергосистемы, снизить риски отказа оборудования и сбоев в работе. В случае аварий и чрезвычайных ситуаций аккумуляторы могут быстро выделить накопленную энергию для обеспечения энергоснабжения важных объектов и сокращения потерь.

Таким образом, новые технологии аккумуляторов играют ключевую роль в интеграции ВИЭ в энергосистему, обеспечивая устойчивое и надежное энергоснабжение, сокращение выбросов парниковых газов и прогресс в борьбе с изменением климата. Развитие и внедрение этих технологий является важным шагом на пути к устойчивому развитию энергетики и общества в целом [4].

## Источники

1. Научно-техническая библиотека «Информация по аккумуляторам и их применению» [Электронный ресурс]. URL: <http://voprospilot.ru/informaciya-po-akkumulyatoram-i-ikh-primeneniyu/> (дата обращения: 23.10.2024).

2. Энергетический портал «Возобновляемая энергия» [Электронный ресурс]. URL: <https://renewable.energy/> (дата обращения: 23.10.2024).

3. Научный журнал «Электроэнергетика и электроэнергетические установки» [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/journal/n/elektroenergetika-i-elektroenergeticheskie-ustanovki> (дата обращения: 23.10.2024).

4. Известия вузов. Проблемы энергетики [Электронный ресурс]. URL: <https://www.energyret.ru/jour> (дата обращения: 23.10.2024).

5. Вестник КГЭУ [Электронный ресурс]. URL: <https://vkgeu.ru/> (дата обращения: 23.10.2024).

## **ОЦЕНКА НАЛИЧИЯ ВЛИЯНИЯ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА ДИАГНОСТИКУ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ С БУМАЖНО-ПРОПИТАННОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ ПО ПАРАМЕТРАМ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ**

Кузеев Дамир Радифович<sup>1</sup>, Аскарлов Рафаэль Рафилевич<sup>2</sup>,  
Николаев Кирилл Валерьевич<sup>3</sup>, Мухамеджанов Рустем Наимович<sup>4</sup>  
<sup>1,2,3,4</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>kuzeev05@mail.ru, <sup>3</sup>nikolaev.kv@eltecheva.ru

В данной работе описаны результаты двух экспериментов по измерению параметров частичных разрядов и условия их проведения. На основе полученных результатов проведена оценка наличия влияния погодных условий на диагностику кабельных линий с бумажно-пропитанной изоляцией по параметрам частичных разрядов.

**Ключевые слова:** бумажно-пропитанная изоляция, частичный разряд, диагностика кабельных линий, оценка технического состояния кабельных линий.

## **ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF WEATHER CONDITIONS ON THE DIAGNOSIS OF CABLE LINES WITH PAPER-IMPREGNATED INSULATION ACCORDING TO THE PARAMETERS OF PARTIAL DISCHARGES**

Kuzeyev Damir Radifovich<sup>1</sup>, Askarov Rafael Rafilevich<sup>2</sup>, Nikolaev Kirill Valerievich<sup>3</sup>,  
Mukhamedzhanov Rustem Naimovich<sup>4</sup>  
<sup>1,2,3,4</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>kuzeev05@mail.ru, <sup>3</sup>nikolaev.kv@eltecheva.ru

This paper describes the results of two experiments on measuring the parameters of partial discharges and the conditions for their conduct. Based on the results obtained, the assessment of the influence of weather conditions on the diagnosis of cable lines with paper-impregnated insulation according to the parameters of partial discharges was carried out.

**Keywords:** paper-impregnated insulation, partial discharge, diagnostics of cable lines, assessment of the technical condition of cable lines.

Одной из основных задач электроэнергетики является обеспечение надёжного снабжения потребителей электроэнергией. Бесперебойное электроснабжение позволяет исключить негативное влияние аварийных режимов работы питающей сети на электрооборудование и технологический процесс потребителя.



Общая протяжённость кабельных линий растёт с каждым годом, кабельные линии прокладывают для электроснабжения как предприятий, так и жилых районов. Для обеспечения надёжности кабельной линии проводится периодическая оценка её технического состояния (ОТС). Провести ОТС можно разными методами, но в нормативно-технической документации обязательным закреплено только испытание повышенным напряжением. Такой метод испытания является разрушающим и неинформативным, ему на смену приходят современные методы ОТС: измерение тангенса угла диэлектрических потерь и измерение параметров частичных разрядов (ЧР).

Есть предположение, что на результаты измерений могут влиять погодные условия. В данной работе проанализированы измерения параметров частичных разрядов по результатам двух измерений.

Метод измерений параметров ЧР позволяет определить место дефекта в кабельной линии с достаточно высокой точностью и потенциально опасные места, в которых в дальнейшем возможен пробой. Данный метод диагностики не оказывает разрушительного действия на изоляцию кабеля, т.к. измерение проводится при напряжении не более  $1,73U_{\text{ном}}$  [1, 2].

Измерение параметров частичных разрядов кабеля с бумажно-пропитанной изоляцией проводилось на полигоне кабельных линий в электроизмерительной лаборатории Казанского государственного энергетического университета с помощью комплекса диагностических установок FRIDA-TD и PD-TaD 60.

Для оценки наличия влияния погодных условий на результаты измерений созданы такие условия экспериментов, что все остальные влияющие факторы были одинаковы при первом и втором измерениях.

Измерения проводились для трёхжильного кабеля марки ААБл-10 3х95 на фазе А в «холодном» состоянии при разных погодных условиях.

Первое измерение проводилось при температуре воздуха  $+0,4$  °С и влажности воздуха 63%. Температура кабеля равна приблизительно температуре воздуха. Перед началом испытания подготовили все необходимое оборудование для его проведения. Перед подачей напряжения на кабель, проводилась калибровка оборудования с помощью калибратора который инжестировал в жилу калибровочный заряд значением в 1000 пКл. После чего подали несколько ступеней напряжения сверхнизкой частоты (0,1 Гц) значениями 2,9 кВ, 5,8 кВ, 8,7 кВ, 11,6 кВ. Регистрацию частичных разрядов проводили по результатам двух периодов каждой ступени подаваемого напряжения. Диаграмма распределения зарегистрированных ЧР по результатам первого эксперимента приведена на рис. 1.

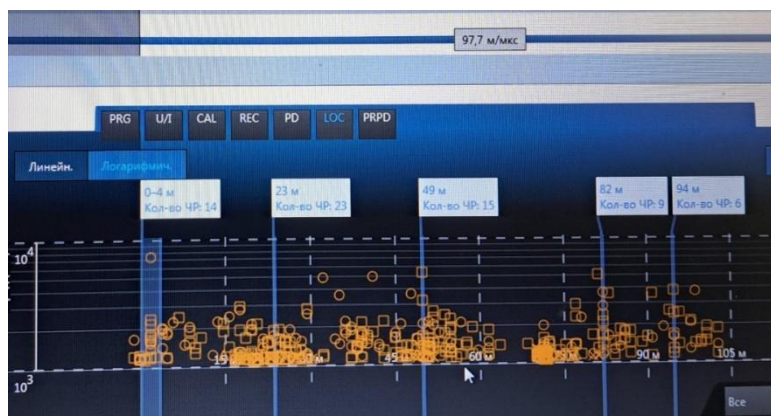


Рис. 1. Диаграмма распределения зарегистрированных ЧР для первого эксперимента

Второе испытание провели при тех же условиях в другой день, когда поменялись погодные условия: температура воздуха –  $+3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а влажность –  $73\%$ . Диаграмма распределения зарегистрированных ЧР по результатам первого эксперимента приведена на рис. 2.

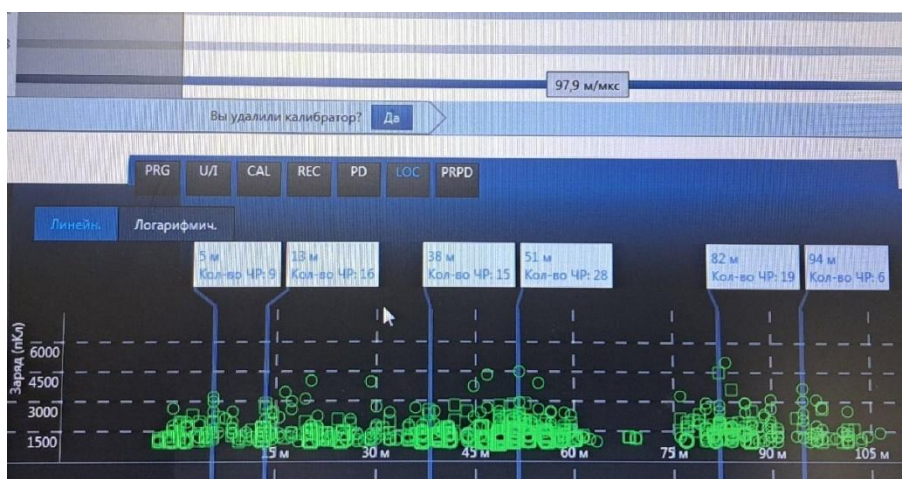


Рис. 2. Диаграмма распределения зарегистрированных ЧР для второго эксперимента.

Отметим, что в некоторых областях активность возникновения частичных разрядов возросла, а в некоторых уменьшилась. На 82 м и 94 м от места подключения к кабельной линии ЧР зарегистрированы при обоих экспериментах.

В результате проведенных экспериментов можно сделать вывод о том, что погодные условия (температура и влажность воздуха) могут оказать влияние на результаты измерения параметров частичных разрядов. Для определения степени влияния погодных условия на измерение параметров частичных разрядов необходимо проводить дополнительные исследования, с большим количеством экспериментов.

## Источники

1. Филимонов С.С. Методы определения частичных разрядов в кабельных линиях / С.С. Филимонов // Концепции, инструменты и технологии развития современной науки и техники: материалы XI Всероссийской научно-практической конференции. Ставрополь, 2023. С. 246–247.
2. Элчиева М.С. Основные проблемы эксплуатации кабельных линий / М.С. Элчиева, З.Т. Андаева, М. Жумабеков // Известия Ошского технологического университета. 2019. № 1. С. 115–120.

## СПЕЦИФИКА И ЗАДАЧИ АВТОМАТИЗАЦИИ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ В СЕТЯХ СРЕДНЕГО НАПРЯЖЕНИЯ

Мавляутдинов Линар Рамилевич  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
linar.mavlyautdinov@gmail.com

В данной статье рассматриваются особенности автоматизации релейной защиты в распределительных сетях среднего напряжения (6–35 кВ). Приведены основные задачи и преимущества внедрения автоматизированных систем, а также ключевые направления их развития. Автоматизация релейной защиты позволяет существенно повысить надежность и устойчивость электросетей, минимизировать риск повреждений оборудования и повысить безопасность энергоснабжения потребителей.

**Ключевые слова:** автоматизация релейной защиты, распределительные сети, среднее напряжение, SCADA.

## SPECIFICS AND TASKS OF AUTOMATION OF RELAY PROTECTION IN MEDIUM VOLTAGE NETWORKS

Mavlyautdinov Linar Ramilevich  
FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
linar.mavlyautdinov@gmail.com

This article discusses the features of automation of relay protection in medium voltage distribution networks (6-35 kV). The main tasks and advantages of the introduction of automated systems, as well as the key directions of their development, are presented. Automation of relay protection can significantly improve the reliability and stability of power grids, minimize the risk of damage to equipment and increase the safety of energy supply to consumers.

**Keywords:** automation of relay protection, distribution networks, medium voltage, SCADA.

Релейная защита является важным компонентом в обеспечении надежного функционирования распределительных сетей среднего напряжения (6–35 кВ). Основная ее задача — своевременное обнаружение и устранение неисправностей, чтобы предотвратить повреждения оборудования и сократить простои в подаче электроэнергии [1]. С развитием технологий в сфере автоматизации актуализируется задача повышения эффективности релейной защиты, что обуславливает необходимость внедрения автоматизированных систем для защиты и контроля электросетей.

Распределительные сети среднего напряжения отличаются высокой протяженностью и сложностью структуры, что повышает требования к надежности релейной защиты.

Релейная защита в распределительных сетях среднего напряжения должна быстро и точно реагировать на короткие замыкания, перегрузки, пробой изоляции и другие виды неисправностей, предотвращая повреждение оборудования и потери в энергоснабжении [2].

Автоматизация релейной защиты представляет собой комплекс мер, направленных на повышение точности и скорости срабатывания защиты, а также на снижение затрат на обслуживание.

Внедрение автоматизированных систем релейной защиты дает ряд преимуществ, включая: минимизацию человеческого фактора, повышение экономичности, снижение рисков повреждения оборудования [3].

С развитием технологий и растущими требованиями к электросетям автоматизация релейной защиты продолжает развиваться. Наиболее перспективные направления включают:

1. Использование цифровых технологий и IoT – цифровые устройства релейной защиты и элементы интернета вещей позволяют повысить точность диагностики, а также интегрировать релейную защиту в общую систему управления электросетью.

2. Интеграция с SCADA-системами – интеграция автоматизированной релейной защиты с системами диспетчерского контроля и управления позволяет улучшить мониторинг сети и более эффективно управлять аварийными ситуациями [4].

Автоматизация релейной защиты в распределительных сетях среднего напряжения – необходимый шаг к обеспечению надежности и устойчивости электроснабжения. Современные технологии позволяют повысить точность и оперативность реагирования системы, минимизируя риск повреждений оборудования и простоя электросетей [5]. Внедрение автоматизированных систем и использование инновационных технологий в релейной защите открывает новые возможности для повышения безопасности и эффективности распределительных сетей.

## **Источники**

1. Эксплуатация линий распределительных сетей систем электроснабжения / Е.Е. Привалов, А.В. Ефанов, С.С. Ястребов, В.А. Ярош. Москва-Берлин: ООО "Директмедиа Пабблишинг", 2018.

2. Овсянников М.Ю. Автоматизированная распределительная сеть 10 кВ [Электронный ресурс] // Вестник науки и образования. 2020. № 11-1 (89). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizirovannaya-raspre-delitel'naya-set-10-kv> (дата обращения: 06.11.2024).

3. Капитанова А.А., Ахтямов Р.Ф., Бурусов В.В. Использование реклоузеров как автоматизированное управление распределительными сетями 6–10 КВ // Экономика и социум. 2018. № 11 (54). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-reklouzerov-kak-avtomatizirovannoe-upravlenie-raspre-delitel'nymi-setyami-6-10-kv> (дата обращения: 06.11.2024).

4. Шарыгин М.В., Вуколов В.Ю., Петров А.А. Разработка алгоритма автоматической адаптации параметров срабатывания многомерной интеллектуальной релейной защиты к конфигурации распределительных электрических сетей // Вестник НГИЭИ. 2020. № 11 (114). С. 65–78.

5. Симаков А.В., Харламов В.В., Чернев М.Ю. Разработка математической модели функционирования электротехнических комплексов релейной защиты цифровых подстанций // ОНВ. 2023. № 1 (185). С. 93–98.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПРИ ТЕПЛОВИЗИОННОМ ОБСЛЕДОВАНИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Михеенко Евгений Игоревич<sup>1</sup>, Сабитов Айдар Хайдарович<sup>2</sup>,  
Сабитова Аида Сергеевна<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>evgeniy.mikheenko@mail.ru

В статье производится сравнительный анализ нормативно-технологической документации, применяемой при тепловизионном обследовании электрооборудования. Будут рассмотрены стандарт энергетической компании ПАО «Россети» и зарубежный стандарт ANSI/NETA MTS-2007 совместно с NFPA 70B.

**Ключевые слова:** стандарт, обследование, документация, электрооборудование, термография.

## COMPARATIVE ANALYSIS OF REGULATORY AND TECHNICAL DOCUMENTATION FOR THERMAL IMAGING INSPECTION OF ELECTRICAL EQUIPMENT

Miheenko Evgeny Igorevich<sup>1</sup>, Sabitov Aidar Haidarovich<sup>2</sup>, Sabitova Aida Sergeevna<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>evgeniy.mikheenko@mail.ru

The article provides a comparative analysis of the regulatory and technological documentation used in thermal imaging inspection of electrical equipment. The standard of the ROSSETI energy company and the American ANSI/NETA MTS-2007 standards together with NFPA 70B will be considered.

**Keywords:** standard, inspection, documentation, electrical equipment, thermography.

Тепловизионный контроль все прочнее закрепляется в практике диагностирования электрооборудования и линий электропередач. Это позволяет своевременно обнаруживать предпосылки к дефектам, либо сами дефекты, которые еще не оказывают существенного влияния на электрооборудование.

Энергетическими компаниями и институтами были разработаны стандарты тестирования электрооборудования термографического обследования, где предъявляются требования к оборудованию, которым будут проводить диагностику, а также нормативные значения и действия на основе полученных данных.

В разделе 9. «Термографический осмотр» стандарта ANSI/NETA MTS-2007 рекомендуется провести осмотр электрооборудования термографическим устройством с возможностью съемки разницы температур в 1 °С при температуре окружающей среды 30 °С.

NFPA 70B описывает желаемые характеристики термографического оборудования: «Дисплей оборудования должен быть большим и обеспечивать хорошее разрешение горячих точек. Оборудование должно предоставлять цветные или черно-белые фотографии для определения точного местоположения горячей точки. Устройство должно быть портативным, легко настраиваемым и одобренным для использования в атмосфере, в которой оно будет использоваться. Оно должно также иметь конус обзора, который дает достаточно деталей, чтобы точно идентифицировать горячую точку.»

В свою очередь, в приложении Д стандарта ПАО «Россети» прописаны четкие требования к термографическому оборудованию: «Для проведения тепловизионных измерений при контроле электрооборудования и ВЛ рекомендуется использовать ПК-тепловизоры (допускается применение пирометрических приборов) длинноволнового диапазона 8-12 мкм, чувствительностью не хуже 0,1 °С, угловым разрешением не хуже 1,5 мрад.»

Точность в написании требований к измерительному оборудованию снижает шанс неверной диагностики состояния электрооборудования, тем самым повышая качество диагностики. Недостатком высоких и точных требований является серьезно пониженная возможность приобретения термографического оборудования для некоторых компаний.

Частота термографических проверок электрооборудования и воздушных линий различна между стандартами. Так, в NFPA 70B рекомендуют проводить плановые инфракрасные проверки электрических систем, находящихся под напряжением - ежегодно перед отключением. Более частые инфракрасные проверки, например, ежеквартальные или полугодовые, следует проводить там, где это оправдано опытом потерь, установкой нового электрооборудования или изменениями условий окружающей среды, эксплуатации или нагрузки. В СТО ПАО «Россети» принята своя периодичность осмотров: «Силовые трансформаторы: 35 кВ и ниже - 1 раз в 3 года; 110-220 кВ - 1 раз в 2 года; 330-750 кВ - ежегодно. Для трансформаторов и автотрансформаторов, у которых по результатам анализа газов, растворенных в масле, концентрации метана, этана и этилена превышают граничные значения или приближаются к ним тепловизионный контроль следует проводить через каждые 3-6 месяцев. Электрооборудование распределительных устройств на напряжение: 35 кВ и ниже - 1 раз в 3 года; 110-220 кВ - 1 раз в 2 года; 330-750 кВ – ежегодно. Распределительные устройства всех напряжений при усиленном загрязнении электрооборудования - ежегодно. Вновь вводимое в эксплуатацию электрооборудование РУ - в первый год ввода в эксплуатацию. Внеочередной ИК-контроль электрооборудования РУ всех напряжений проводится после стихийных воздействий.»



В зарубежных стандартах рекомендуется проводить осмотры во время максимальных нагрузок, но не менее 40% от номинальной нагрузки проверяемого оборудования. В стандарте ПАО «Россети» требование по нагрузке достаточно схожи – минимум 30% от номинальной нагрузки электрооборудования. Можно считать, что в этой части стандарты одинаковы.

Значения допустимых температур при термографическом осмотре значительно различаются. В СТО ПАО «Россети» составлена подробная таблица допустимых температур для каждого электрооборудования.

Стандарты NFPA 70B и ANSI MTS-2007 имеют общую таблицу действий и температур, которые приведены в таблице.

#### Предлагаемые действия, основанные на повышении температуры

Разница температур ( $\Delta T$ ) основанная на сравнении аналогичных компонентов при одинаковой нагрузке.	Разница температур ( $\Delta T$ ) основанная на сравнении температур компонентов и окружающего воздуха.	Рекомендованные действия
1° C – 3° C	1° C – 10° C	Возможна неисправность; требуется дальнейшее расследование
4° C – 15° C	11° C – 20° C	Указывает на возможную неисправность; произвести ремонт по мере возможности
-----	21° C – 40° C	Контроль состояния до тех пор, пока не будут приняты корректирующие меры
>15° C	>40° C	Серьезный дефект; требуется немедленное вмешательство

В заключение можно сказать, что стандарт, составленный ПАО «Россети» является более детальным, не имеет расплывчатые формулировки, что положительно сказывается на выполнении диагностических работ.

#### Источники

1. СТО 34.01-23.1-001-2017 Объем и нормы испытаний электрооборудования. М.: ПАО «Россети», 2017.

2. ANSI/NETA MTS-2007, Standard for Maintenance Testing Specifications, American National Standards Institute/InterNational Electrical Testing Association, 2007.

3. NFPA 70B, Recommended Practice for Electrical Equipment Maintenance, National Fire Protection Association, 2006.

## ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Мухтаров Булат Наилевич<sup>1</sup>, Валиуллина Дилия Мансуровна<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>ymka907@yandex.ru, <sup>2</sup>valiullinadiliya@mail.ru

В работе проводится анализ автоматизированных систем управления электроснабжением предприятий как информационно-вычислительных комплексов для контроля и автоматизации технологических процессов на объекте электроэнергетики.

**Ключевые слова:** автоматизированная система, электроэнергетика, электроэнергия, объект управления.

## FUNCTIONING OF AUTOMATED CONTROL SYSTEMS IN THE ELECTRIC POWER INDUSTRY

Mukhtarov Bulat Nailevich<sup>1</sup>, Valiullina Dilia Mansurovna<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>ymka907@yandex.ru, <sup>2</sup>valiullinadiliya@mail.ru

The paper analyzes automated power supply management systems of enterprises as information and computing complexes for the control and automation of technological processes at an electric power facility.

**Keywords:** automated system, electric power industry, electric power, control object.

В настоящее время наблюдается повсеместная интеграция автоматизированных систем управления (АСУ) энергоснабжением на предприятиях в связи с тем, что многие технологические процессы нельзя прерывать по ряду причин: сложный процесс, остановка которого может привести к порче продукции или выхода из строя оборудования; материальные убытки. Для предприятий электроэнергетики установка АСУ необходима с целью осуществления постоянного мониторинга энергетического оборудования и прочей электрической части объекта (подстанции, электростанции и т.п.) [1, с. 200].

Помимо постоянного мониторинга такие системы транслируют обработанную телемеханизированную информацию в диспетчерские центры для надёжного функционирования энергосистемы и согласованности действий между различными субъектами электроэнергетики [2, с. 107]. Для того, чтобы наиболее точно оценить важность данных систем необходимо разобраться с особенностью управления такими системами.

В основе АСУ заложен математический аппарат с интегрированными в него методами моделирования. Исходя из этого можно добавлять в математическую модель параметры, выстраивать иерархию и логику работы объекта, на который распространяется действие системы [3, с.23]. В основе таких систем лежат электронно-вычислительные машины, которые используются для составления различных математических моделей и их исследования.

Данные системы являются наиболее примитивными видами систем управления, т.к. их воздействия распространяется на один объект управления. Наиболее сложные автоматизированные системы управления энергоснабжением представляют собой комплексы автоматизированного управления технологическими процессами (АСУ ТП) [4, с.154]. Это объясняется тем, что такие системы обладают набором самостоятельных функций, позволяющих осуществлять администрировать множеством объектов управления. Такими объектами могут быть турбины, коммутационные аппараты, разъединители, трансформаторы или системы шин. Блок-схема АСУ ТП приведена на рисунке, которая наиболее точно объясняет логику команд данной системы.



Блок-схема автоматизированной системы управления технологическими процессами

Важно отметить, что АСУ ТП являются наиболее развитыми вариантами автоматизированных систем управления, которые позволяют осуществлять различные виды задач параллельно [5, с.77]. Благодаря этому информация, которая поступает от ТОУ, обрабатывается электронно-вычислительными машинами, основанными на базе серверных технологий.

В обработанном виде информация поступает диспетчеру, осуществляющему контроль за работой энергетической системы. Дополнительно АСУ ТП могут производить коммерческий учёт электроэнергии.

Подводя итоги, можно сказать, что создание автоматизированных систем управления – это достаточно сложный и долгий процесс по цифровизации производства. Но все эти трудности перекрываются возможностью снизить присутствие человека в опасных производственных зонах.

### **Источники**

1. Громаков Е.И. Проектирование автоматизированных систем управления нефтегазовыми производствами: учебное пособие / Е.И. Громаков, А.В. Лиепиньш. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2019. 408 с.

2. Савенко А.Е. Использование и совершенствование автоматических систем для управления рассредоточенными источниками электроэнергии в локальных электрических системах / А.Е. Савенко, П.С. Савенко // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 4. С. 105–115.

3. Тарченков В.Ф. Проектирование автоматизированных систем: конспект лекций / В.Ф. Тарченков; Сиб. гос. технол. ун-т. Красноярск, 2010. 87 с.

4. Зильбербург Л.И., Молочник В.И., Яблочников Е.И. Информационные технологии в проектировании и производстве. СПб: Политехника, 2008. 304 с.

5. Клюев А.С., Таланов В.Д., Демин А.М. Проектирование систем автоматизации/ под ред. А.С. Клюева. М.: «Испо-Сервис», 2002. 148 с.

## РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ СИСТЕМЫ СБОРА ДАННЫХ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ АВТОМАТИЧЕСКИХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ

Папин Денис Игоревич<sup>1</sup>, Долومانюк Леонид Владимирович<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>Den.papin@mail.ru

В работе предлагается концепция системы сбора данных для испытаний автоматических выключателей. Подбираются критерии, исходя из которых данная система будет функционировать, чтобы наиболее точно диагностировать состояние и ресурс автоматического выключателя.

**Ключевые слова:** автоматический выключатель, система, сбор, данных, испытания, концепция.

## DEVELOPMENT OF A DATA COLLECTION SYSTEM CONCEPT FOR TESTING CIRCUIT BREAKERS

Papin Denis Igorevich<sup>1</sup>, Dolomanyuk Leonid Vladimirovich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>Den.papin@mail.ru

The paper proposes the concept of a data collection system for testing circuit breakers. Criteria are selected based on which this system will function in order to most accurately diagnose the condition and service life of the circuit breaker.

**Keywords:** circuit breaker, system, collection, data, testing, concept.

В настоящее время активно развиваются базы данных, благодаря которым можно активно использовать уже накопленные знания и генерировать другие.

В сфере электроэнергетики данный вопрос очень актуален, так как разработка и формирование систем сбора данных позволяет наиболее точно выявлять дефекты электрооборудования и планировать ремонтные работы для конкретного вида оборудования.

Данная работа рассматривает концепцию сбора данных для испытаний автоматических выключателей. Известно, что при испытаниях определяются следующие характеристики и показатели для каждого выключателя:

– состояние по результатам внешнего осмотра: данный показатель должен иметь шкалу из оценок (от 1 до 5) с указанием не критичных дефектов. Это должно выполняться испытателем. К сожалению, данный показатель достаточно субъективен и не стоит опираться на него;

– измерение сопротивления изоляции: данная характеристика должна браться во внимание при сборе данных. Это объясняется тем, что согласно ГОСТ Р 50751.16-2019 [2] минимальное сопротивление изоляции между каждым проводом (полюсом) коммутационного аппарата и землёй должно быть не менее 1 МОм;

– испытание отключения автоматического выключателя: проверяется соответствие скорости срабатывания расцепителя при определённой нагрузке (80% и 120% от тока короткого замыкания), а также соответствие время-токовой характеристике;

– испытание повышенным напряжением должно тоже учитываться при сборе данных в следующих случаях: когда оборудование (автоматический выключатель) вводится в работу (в эксплуатацию), после капитального ремонта (относится больше к высоковольтным выключателям) или при получении неудовлетворительных результатов во время проверки сопротивления изоляции. Испытательное напряжение переменного тока 1 кВ должно подаваться на испытуемый автомат на протяжении одной минуты. Также после ремонтов допустим одноминутный замер изоляции мегаомметром с напряжением 2500 В;

– проверка работоспособности контакторов и автоматов при пониженном напряжении оперативного тока: данный показатель характеризует, при каких значениях напряжения от номинального автоматическому выключателю необходимо срабатывать на включение или отключение. Цикл включения/выключения должен составлять 5 операций [1].

Важно отметить, что испытание или диагностика автоматических выключателей должны осуществляться при температуре окружающей среды не ниже +10°C.

В ходе анализа необходимо разделить по приоритетности рассмотренные показатели и характеристики.

**Приоритетность показателей и характеристик испытаний  
и диагностических процедур при разработке системы сбора данных  
испытаний автоматических выключателей**

№	Показатель или характеристика	Примечание	Приоритетность
1.	Сопротивление изоляции	Объясняется тем, что необходимое сопротивление изоляции позволяет снизить вероятность короткого замыкания или попадание человека под напряжение.	Высокая

№	Показатель или характеристика	Примечание	Приоритетность
2.	Срабатывание отключения автоматического выключателя	Проверяется способность срабатывать коммутационному аппарату за определённое время исходя из время-токовой характеристики автоматического выключателя и нагрузки.	Высокая
3.	Испытание повышенным напряжением	Проверка изоляции автоматического выключателя пофазно для проверки заявленным параметрам и способности к защитному отключению.	Высокая
4.	Проверка работоспособности контакторов и автоматов	Проверка способности срабатывания при снижении напряжения оперативного тока.	Высокая
5.	Визуальный осмотр	Проверка визуальных дефектов с целью выявления целостности/нецелостности конструкции коммутационного аппарата.	Низкая

Резюмируя всё вышесказанное, можно сделать вывод, что система сбора данных для испытаний автоматических выключателей должна функционировать и проводить анализ результатов рассмотренных параметров и характеристик. Это позволит наиболее тщательно выбирать автоматы и оценивать их дальнейшую работоспособность.

### **Источники**

1. Приказ Министерства энергетики РФ от 12 августа 2022 г. № 811 «Об утверждении Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей электрической энергии».

2. ГОСТ Р 50571.16-2019. Электроустановки низковольтные. Часть 6 – Испытания.

## МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРАХ

Смирнова Дарья Игоревна<sup>1</sup>, Максимов Виктор Владимирович<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>smirnovad122@gmail.com

в данной работе рассматривается вопрос снижения потерь электрической энергии в силовых трансформаторах, анализируются факторы, которые снижают эффективность передачи электроэнергии.

**Ключевые слова:** потери, силовые трансформаторы, снижение потерь.

## MEASURES TO REDUCE POWER LOSSES IN POWER TRANSFORMERS

Smirnova Daria Igorevna<sup>1</sup>, Maximov Viktor Vladimirovich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
<sup>1</sup>smirnovad122@gmail.com

in this paper, the issue of reducing electrical energy losses in power transformers is considered, and factors that reduce the efficiency of electricity transmission are analyzed.

**Keywords:** losses, power transformers, loss reduction.

Потери в трансформаторах составляют почти третью часть от общих потерь при передаче и распределении электрической энергии. Они вызваны перемагничиванием стали сердечника, дополнительным нагревом.

Несмотря на номинальную мощность, тип и назначение трансформатора потери делятся на две категории: потери холостого хода и при нагрузке [1].

Для снижения потерь холостого хода трансформатора рассматривается применение высокотехнологичных сортов стали с усиленными магнитными свойствами. Этими данными обладает холоднокатанная электротехническая сталь. К ее свойствам относятся минимальные затраты энергии на намагничивание. Однако существуют недостатки – снижение магнитных свойств, которые возникают при механической обработке, сжатии магнитопровода во время сборки.

Ликвидация потерь холостого хода может быть достигнута путем внедрения современных способов изготовления магнитопроводов трансформатора. На сегодняшний день стараются использовать стыковые магнитопроводы со стержнями, которые изготовлены из плоских пластин и ярем из лент электротехнической стали [2, 3].



Также, существуют потери короткого замыкания в трансформаторах. Для того, чтобы решить данную проблему следует снизить плотность тока, протекающего в обмотках. При увеличении сечения проводника плотность тока снизится, соответственно произойдет увеличение массы медных обмоток и повышение цены. Чтобы избежать удорожания и утяжеления конструкции медь заменяют на алюминий. Кроме этого, увеличение сечения позволит повысить механическую прочность обмоток во время короткого замыкания, обеспечивая надежность системы [4].

Нагрузочные потери возникают из-за вихревых токов в проводе. Также, к ним относятся потери в металлических частях конструкции. Результативным методом борьбы с данным видом потерь включает в себя использование магнитных шунтов, изготовленных из электротехнической стали. Они дают возможность ограничить поля рассеивания.

Для того, чтобы существенно снизить потери в трансформаторе необходимо подбирать точное количество работающих трансформаторов и их мощности. Также, стоит учитывать действительную нагрузку и снизить время холостого хода при незначительной нагрузке.

При учете большого объема передаваемой электроэнергии суммарные потери в трансформаторах достигают до 3 % от общей передаваемой мощности. Потери вызывают дополнительный нагрев электротехнического оборудования, снижая срок службы и надежность [5].

Следует сделать вывод, что оптимальным режимом работы трансформатора – полная загрузка. Рациональным способом снижения потерь будет правильный подбор мощности, замена сортов стали на высокотехнологичные, увеличение сечения проводников, что позволит продлить срок эксплуатации.

## **Источники**

1. Тошходжаева М.И. Потери электроэнергии на промышленном предприятии и методы её снижения / М.И. Тошходжаева, М.Е. Комилова // Вестник ПИТТУ имени академика М.С. Осими. 2020. № 3(16). С. 31–36.

2. Некрасов В.Б. Применение аморфной стали для магнитопроводов трансформаторов / В. Б. Некрасов // Научно-образовательный потенциал молодежи в решении актуальных проблем XXI века. 2021. № 17. С. 238–241.

3. Агеев В.А. Потери электроэнергии. Методы расчета технических потерь электроэнергии / В.А. Агеев, Д.С. Репьев, Д.Н. Каргин // Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности. 2022. Т. 7, № 3-1(25). С. 55–60.

4. Шведов Г.В. Методика управления генерацией солнечных батарей по критерию минимизации относительных потерь электроэнергии в электрических сетях / Г.В. Шведов, С.Р. Чоршанбиев, Ш.Д. Джураев // Вестник Московского энергетического института. Вестник МЭИ. 2019. № 1. С. 20–28. DOI 10.24160/1993-6982-2019-1-20-28.

5. Кольцов Ю.В. Оптимизационный подход к интервальному анализу технических потерь электроэнергии в распределительных сетях / Ю.В. Кольцов, Е.В. Бобошко // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. 2013. Т. 10, № 2. С. 52–57.

## МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА БОЛЬШИХ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СПРОСА НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОВАРИАТИВНОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ

Снисаренко Артем Андреевич<sup>1</sup>, Валиуллина Диля Мансуровна<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>kirilmefod12@gmail.com, <sup>2</sup>valiullinadiliya@mail.ru

В статье представлены методы обработки и анализа больших данных для прогнозирования спроса на электроэнергию в условиях высоковариативного потребления. Дан обзор существующих подходов для прогнозирования спроса. Предложен комплексный подход для прогнозирования спроса, сочетающий в себе методы обработки и анализа больших данных.

**Ключевые слова:** электроэнергия, большие данные, спрос, «зеленая» энергетика, высоковариативное потребление.

## METHODS OF PROCESSING AND ANALYZING BIG DATA FOR FORECASTING ELECTRICITY DEMAND UNDER CONDITIONS OF HIGHLY VARIABLE CONSUMPTION

Snisarenko Artem Andreevich<sup>1</sup>, Valiullina Dilia Mansurovna<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
<sup>1</sup>kirilmefod12@gmail.com, <sup>2</sup>valiullinadiliya@mail.ru

The paper presents methods of processing and analyzing big data for forecasting electricity demand under conditions of highly variable consumption. A review of existing approaches for demand forecasting is given. An integrated approach for demand forecasting combining big data processing and analysis methods is proposed.

**Keywords:** electricity, big data, demand, green energy, highly variable consumption.

В эпоху цифровой трансформации, когда объемы данных растут экспоненциально, методы обработки и анализа больших данных становятся критически важными для различных отраслей, включая энергетику. Прогнозирование спроса на электроэнергию, особенно в условиях высоковариативного потребления, требует сложных подходов. Большие данные, собранные из множества источников, таких как smart-метры, погодные данные и исторические потребления, могут быть обработаны с помощью технологий машинного обучения, нейросетей и Data Mining. Эти методы позволяют выявлять сложные закономерности и предсказывать будущий спрос с высокой точностью, что помогает оптимизировать производство и распределение электроэнергии, снижая затраты и повышая эффективность энергосистемы. В этом контексте, анализ больших данных становится ключевым инструментом для принятия обоснованных бизнес-решений в энергетической индустрии.

Актуальность темы имеет ключевое значение для эффективного управления и планирования работы энергосистем. Недооценка или переоценка будущих объемов потребления электричества может привести к серьезным экономическим и технологическим последствиям: от дефицита генерирующих мощностей до неэффективного использования ресурсов. В то же время, традиционные методы прогнозирования, основанные на статистических моделях и экспертных оценках, зачастую не справляются с задачами, связанными с быстро меняющимися условиями функционирования современных энергосистем [1].

Традиционно в энергетике для прогнозирования спроса на электроэнергию применяются такие статистические методы, как регрессионный анализ, авторегрессионные модели, методы экспоненциального сглаживания. Эти подходы в целом показывают неплохие результаты при относительно стабильных условиях функционирования энергосистем. Однако они имеют ограниченную способность учитывать нелинейные зависимости и резкие изменения в потребительском поведении, характерные для современных энергосистем.

В последние годы все более активно внедряются методы машинного обучения для решения задач прогнозирования спроса на электроэнергию. Наиболее популярными являются искусственные нейронные сети, которые демонстрируют высокую точность предсказаний даже в условиях сложных нелинейных зависимостей. Отдельное направление исследований связано с использованием ансамблевых методов, сочетающих в себе несколько различных алгоритмов прогнозирования. Такие гибридные подходы зачастую показывают более высокие результаты по сравнению с использованием отдельных моделей [2].

Несмотря на потенциал методов машинного обучения, их применение в задачах прогнозирования спроса на электроэнергию сопряжено с рядом трудностей.

Для обучения алгоритмов требуются представительные обучающие выборки, что не всегда доступно в энергетической отрасли. Для повышения точности прогнозирования спроса на электроэнергию в условиях высоковариативного потребления предлагается использовать комплексный подход, сочетающий в себе методы обработки и анализа больших данных [3].

На первом этапе необходимо провести сбор, очистку и структурирование больших массивов данных, характеризующих динамику электропотребления. Такие данные могут включать в себя показания интеллектуальных систем учета, метеорологическую информацию, данные о работе промышленных объектов, результаты социологических опросов и другие релевантные источники [4].

Следующим шагом является применение методов интеллектуального анализа данных для выявления скрытых закономерностей и взаимосвязей, влияющих на спрос на электроэнергию. Здесь целесообразно использовать алгоритмы машинного обучения, в частности, ансамбли нейронных сетей, способные учитывать нелинейные эффекты и высокую вариативность потребления. Полученные прогнозные модели должны быть протестированы на контрольных выборках данных и сопоставлены с результатами традиционных статистических методов. Это позволит оценить их точность и надежность, а также области применимости в зависимости от специфики энергосистемы.

Разработка и внедрение методов обработки и анализа больших данных для прогнозирования спроса на электроэнергию играют важную роль в повышении эффективности функционирования современных электроэнергетических систем. Предлагаемый комплексный подход, сочетающий передовые технологии интеллектуального анализа данных, позволяет учитывать высокую вариативность потребления электроэнергии и обеспечивать более точные и адаптивные прогнозы [5].

Таким образом реализация данного подхода требует тесного взаимодействия специалистов в области энергетики, информационных технологий и прикладной математики. Успешное внедрение методов обработки и анализа больших данных для прогнозирования спроса на электроэнергию будет способствовать оптимизации работы энергосистем, снижению операционных издержек и повышению надежности энергоснабжения.

### **Источники**

1. Савина Н.В., Мясоедов Ю.В. Системные исследования потерь электроэнергии при функционировании РЭС // Вестник ИрГТУ, 2022. № 1(60). С. 142–148.
2. Кабаков А.А., Попов А.А. Современное состояние проблемы расчёта и анализа потерь электрической энергии // Молодой ученый, 2019. № 12. С. 56–59.
3. Камаев В.А., Щербаков М.В., Бребельс А. Интеллектуальные системы автоматизации управления энергосбережением // Открытое образование, 2021. № 2–2. С. 227–231.
4. Ананичева С.С., Мезенцев П.Е., Мызин А.Л. Модели развития электроэнергетических систем: учебное пособие / Екатеринбург: УрФУ, 2020. С. 148
5. Бобков С.П., Бытев Д.О. Моделирование систем: учебное пособие / Иван. гос. хим.-технол. ун-т., 2021. С. 156
6. Рахмонов И.У. Автоматизированная система управления электропотреблением промышленных предприятий [Электронный ресурс] // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т.14. № 4 (56). С. 30–38. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50081875> (дата обращения 21.09.2024)

## MEASURING THE DEPTH OF CABLE LINES BY INDUCTION METHOD

Filimonov Sergey Sergeevich<sup>1</sup>, Demidkina Darya Aleksandrovna<sup>2</sup>,  
Mukhametzhanov Rustem Naimovich<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
serfv43@gmail.com

The results of studies on the applicability of the induction method for determining the location and depth of various types of power cables using an audio frequency generator and a cable finder are presented.

**Keywords:** cable lines, cable finder, cable line tracing, induction method.

The landfill of the educational and research laboratory for measuring and diagnosing FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University” cable lines (hereinafter referred to as the Landfill) consists of various cables with a voltage of 10 kV and is used in this work to study the effectiveness of the induction method for tracing Cable lines (hereinafter referred to as CL). In the future, under the CL trace, we will consider actions to determine the location and depth of the cable.

The GZCh-2500 generator was used to generate an alternating current with a value of 20 amperes (A) for each cable pre-grounded with a portable grounding device PZRU - 1E separately. With this connection, electromagnetic induction occurs in the measured cable, which is fixed by the antenna of the tracking equipment. With the help of the TECHNOAS «Success KBI-406N» cable finder, signals were recorded, the location of the cable was determined and the depth of the CL was found.

According to the project, a 30-meter-long section with different cable depths was selected at the landfill. The research was carried out on the products of the Tatkabel and Kamkabel plants, which have the following types of basic insulation: cross-linked polyethylene, ethylene propylene rubber and a paper-oil layer.

At the test site, using a cable finder, the location of CL on various types of soil was determined, the depth of occurrence was measured, and a depth scan was performed. The work used the "45 degrees" method recommended by the manufacturer of the traceroute kit (see Fig.1) [1-2].

The location and depth of the CL were determined using the following settings of the AP-027 receiver:

– sensitivity level of 14 dB;

– frequency of the received signal: 1024 Hz [3-5].

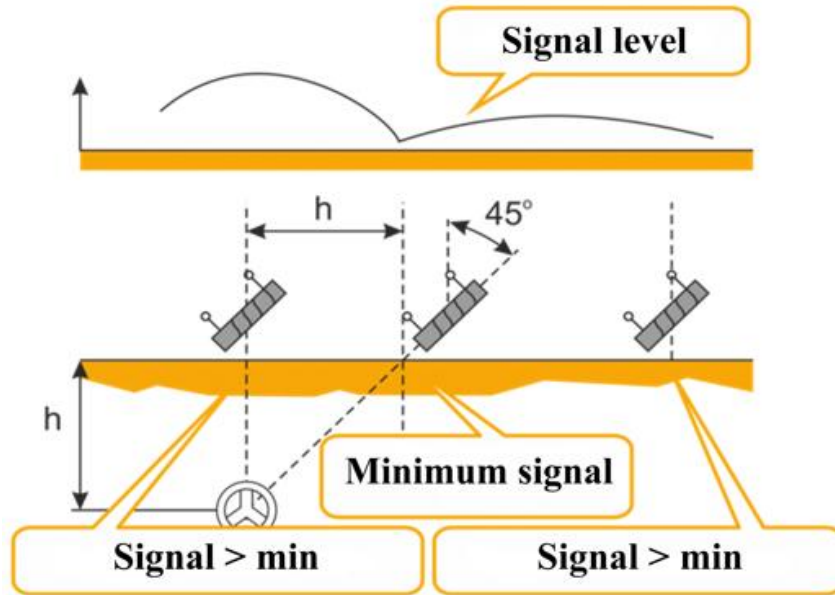


Fig.1. The method of determining the depth of occurrence

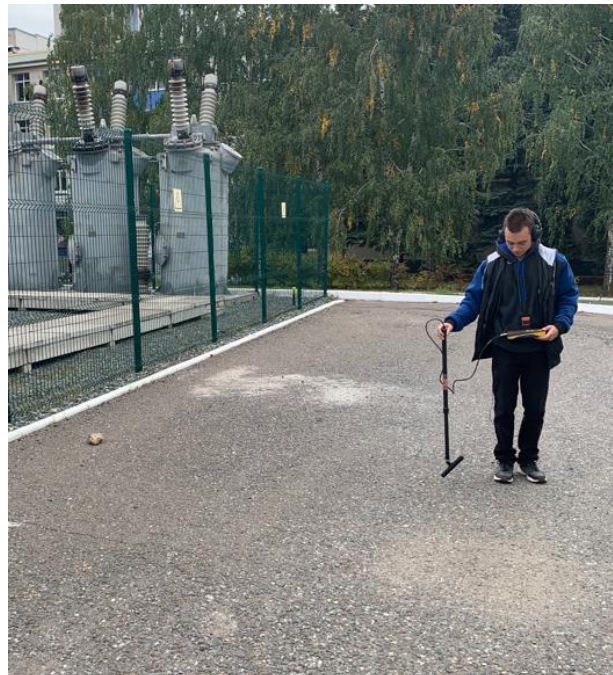


Fig.2. Practical application of the proposed methodology

After checking the results of the studies performed with the design documentation, it was concluded that the used trace prospecting kit allows you to reliably determine the trajectory and depth of the CL, has an error acceptable for educational purposes, and can also be used to inspect compliance with the project of actually performed cable laying in the ground.

## Источники

1. Ljubivoje M. Popović, “Inductive influence of HV cable lines in urban and suburban areas,” *Electric Power Systems Research*, vol.176, 2019, p.105944.
2. Claus Leth Bak, and F. Faria da Silva, “High Voltage AC underground cable systems for power transmission – A review of the Danish experience: Part 2,” *Electric Power Systems Research*, vol.140, 2016, pp.995-1004.
3. N. K. Poluyanovich, M. N. Dubyago, N. V. Azarov et al., Multifactor “Model for Forecasting Thermal Processes in the Insulating Materials of Cable Lines,” 2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2020, Vladivostok, 06–09, Vladivostok, 2020, p.9271367.
4. Yun Chen, Baojun Hui, Yanting Cheng, Yanwen Chen, Yanpeng Hao, Mingli Fu, Lin Yang, and Licheng Li, “Effects of connection conditions between insulation screen and Al sheath on the buffer layer failures of high-voltage XLPE cables,” *Engineering Failure Analysis*, vol.122, 2021, p.105263.
5. Yujie Yu, Mengke Man, Fengtao Zhao, Siwen Lin, and Fengqi Guo, “Corrosive degradation evaluation of semi-parallel wire cables with high-density polyethylene sheath breaks,” *Engineering Failure Analysis*, vol.116, 2020, p.104714.



## **FEATURES OF THE APPLICATION OF THE INDUCTION METHOD FOR DETERMINING THE PLACES OF DAMAGE TO 10 KV CABLE LINES**

Filimonov Sergey Sergeevich<sup>1</sup>, Demidkina Darya Aleksandrovna<sup>2</sup>,  
Mukhametzhanov Rustem Naimovich<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
serfv43@gmail.com

The paper considers the induction method as a way to determine the locations of damage to 10 kV cable lines. The main damages of the power lines and other parameters that this method allows to determine are highlighted. The subtleties of application and features of determining some faults of medium voltage cable lines are highlighted.

**Keywords:** determination of damage sites, cable lines, average voltage, induction method, application features, malfunctions.

In conditions of dense and rather complex urban development, cable lines are most often used in the design of electrical networks. Since the cities of the Russian Federation are quite large, the volume of cable lines requires optimal techniques that allow you to quickly and most accurately determine the location of damage in order to avoid unnecessary destruction of infrastructure.

The pulse method is considered as a way to localize damage to a cable line. The method is applicable: to find the places of breakdown of the insulation of the cores among themselves (single-phase and phase-to-phase closures); in case of line breakage with simultaneous closure of the cores among themselves, with low transient resistance; to search for the depth of occurrence and determine the route of the cable line; to find cable couplings and pipes in which the cable is laid [1, p.105944].

By passing an alternating single-phase current through the cable, an electromagnetic field is formed, the intensity of which depends on the current value. For 10 kV cables up to 200 meters long, the optimal current for line search will be about 20 amperes. If an antenna in the form of a coil is inserted into the field of a cable line, then the changing field will induce an electromotive force in the coil (EDS). When the circuit is closed, a current will occur in the antenna coil and sound is observed throughout the intact cable path, beyond the point of damage, the sound in the device that is connected to the antenna disappears. The higher the frequency of the current, the clearer the sound, as a rule, in order not to observe unnecessary "noises", the average current frequency is 1024 Hz.

The essence of the method is as follows: an audio frequency current is passed through the cable and with the help of sensitive devices, the nature of the change in the electromagnetic field above the cable is recorded [2, p.1000]. The EMF induced in the receiving antenna is proportional to the amount of current in the cable, the number of turns and the area covered by the antenna (Figure 1).

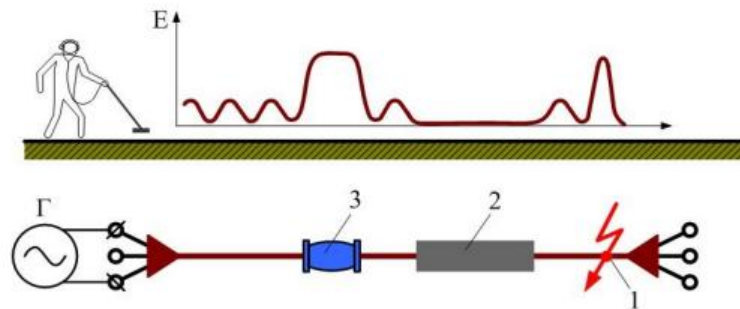


Figure 1 – Induction method and signal (electric field strength), fixed when current is passed through the cable: 1 – the place of damage; 2 – pipe; 3 – coupling

The simplest way to find the place of damage can be called a single current field, when one core of the cable is connected to an audio frequency generator, and the cable is grounded at the other end [3-5]. The field generated around the cable is plane-parallel and the magnetic lines are concentric circles (Figure 2).

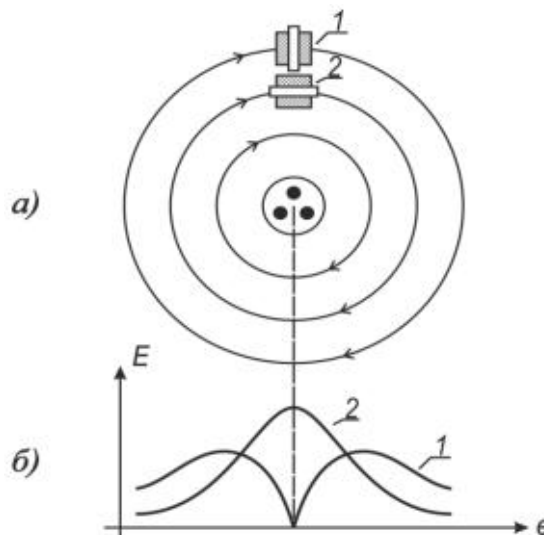


Figure 2 – EMF change induced by the antenna of the traceroute kit

The maximum or minimum of the electric field can be used to determine the depth of the cable. By tilting the coil at 45 degrees and using the isosceles triangle rule, the depth can be determined.

An important feature of the application of this method is the need to burn the cable at high resistance.

The advantages are: the absolute nature of the measurement, the search is carried out directly on the track; high measurement accuracy; the ability to determine the depth of the cable using the isosceles triangle method.

Disadvantages: the need for a preliminary reduction of the transient resistance; the difficulty of determining single-phase circuits.

Summing up, we can say that the induction method has a fairly high accuracy for determining the location of damage and searching for couplings, pipes and other cable line inhomogeneities.

### **Источники**

1. Ljubivoje M. Popović, “Inductive influence of HV cable lines in urban and suburban areas,” *Electric Power Systems Research*, vol.176, 2019, p.105944.

2. Claus Leth Bak, and F. Faria da Silva, “High Voltage AC underground cable systems for power transmission – A review of the Danish experience: Part 2,” *Electric Power Systems Research*, vol.140, 2016, pp.995-1004.

3. N. K. Poluyanovich, M. N. Dubyago, N. V. Azarov et al., Multifactor “Model for Forecasting Thermal Processes in the Insulating Materials of Cable Lines,” 2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2020, Vladivostok, 06–09, Vladivostok, 2020.

4. Yun Chen, Baojun Hui, Yanting Cheng, Yanwen Chen, Yanpeng Hao, Mingli Fu, Lin Yang, and Licheng Li, “Effects of connection conditions between insulation screen and Al sheath on the buffer layer failures of high-voltage XLPE cables,” *Engineering Failure Analysis*, vol.122, 2021, p.105263.

5. Yujie Yu, Mengke Man, Fengtao Zhao, Siwen Lin, and Fengqi Guo, “Corrosive degradation evaluation of semi-parallel wire cables with high-density polyethylene sheath breaks,” *Engineering Failure Analysis*,” vol.116, 2020, p.104714.

## ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОЧИХ НАПРЯЖЕНИЙ В ЦЕНТРАХ ПИТАНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Хаертдинова Аделя Ильдаровна<sup>1</sup>, Максимов Виктор Владимирович<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>adelya.haertdinova@mail.ru

В тезисе рассматривается проблема оптимизации рабочих напряжений в центрах питания распределительных электрических сетей. Целью данного тезиса является изучение методов оптимизации рабочих напряжений в центрах питания распределительных электрических сетей и анализ их эффективности.

**Ключевые слова:** распределительные электрические сети, центры питания, оптимизация, рабочие напряжения, линии электропередачи.

## OPTIMIZATION OF OPERATING VOLTAGES IN POWER SUPPLY CENTERS OF DISTRIBUTION ELECTRIC NETWORKS

Khaertdinova Adelya Ildarovna<sup>1</sup>, Maksimov Viktor Vladimirovich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>adelya.haertdinova@mail.ru

The thesis discusses the problem of optimizing operating voltages in power supply centers of distribution electric networks. The purpose of this thesis is to study methods for optimizing operating voltages in power distribution centers and analyzing their effectiveness.

**Keywords:** electric distribution networks, power supply centers, optimization, operating voltages, power transmission lines.

Распределительные электрические сети являются важной частью энергетической инфраструктуры, обеспечивающей электроснабжение потребителей. Оптимизация рабочих напряжений позволяет повысить эффективность работы распределительных сетей, снизить потери электроэнергии и улучшить качество электроснабжения.

Распределительные электрические сети представляют собой систему линий электропередачи, трансформаторов и другого оборудования, предназначенного для передачи и распределения электроэнергии потребителям. Основные элементы распределительных сетей – линии электропередачи (ЛЭП), которые соединяют центры питания (ЦП) с потребителями; трансформаторы, которые преобразуют высокое напряжение ЛЭП в низкое напряжение, необходимое для питания потребителей; коммутационные аппараты, которые обеспечивают управление потоками электроэнергии в сетях.

В радиальном режиме эксплуатируются, как правило, сети 6 – 20 и 35 кВ и часть сетей 110 кВ. ЦП этих сетей являются соответственно подстанции 500 – 35/6 – 20 кВ, 500 – 110/35 кВ и 500 – 220/110 кВ [1].

Рабочие напряжения в распределительных сетях определяются параметрами ЛЭП, трансформаторов и коммутационных аппаратов. Эти параметры могут изменяться в зависимости от нагрузки, климатических условий и других факторов [2].

На рабочие напряжения в ЦП влияют следующие факторы:

- 1) напряжение источника питания – определяется параметрами генерирующих станций и может быть постоянным или переменным;
- 2) сопротивление ЛЭП – зависит от длины ЛЭП, сечения проводов и других параметров;
- 3) коэффициент трансформации трансформаторов – определяет соотношение между высоким и низким напряжением;
- 4) нагрузка потребителей – зависит от количества и мощности подключённых устройств.

Изменение показателей рабочих напряжений в ЦП провоцируются изменениями данных факторов. Это может вызвать потери электроэнергии в ЛЭП и трансформаторах, снижение качества электроснабжения потребителей и ухудшение работы оборудования.

Во избежание данных проблем следует оптимизировать рабочие напряжения в ЦП.

Существует несколько методов оптимизации рабочих напряжений в ЦП распределительных электрических сетей:

Регулирование напряжения на источнике питания. Этот метод заключается в изменении параметров генерирующих станций, чтобы обеспечить оптимальное напряжение в ЦП. Это может быть достигнуто путём изменения коэффициента трансформации трансформаторов, регулирования частоты вращения генераторов или использования других методов.

Изменение коэффициента трансформации трансформаторов. Этот метод позволяет регулировать соотношение между высоким и низким напряжением в трансформаторах. Это можно сделать путём переключения ответвлений обмоток трансформаторов или использования автоматических регуляторов напряжения.

Использование вольтодобавочных устройств. Вольтодобавочные устройства представляют собой дополнительные трансформаторы или автотрансформаторы, которые подключаются последовательно с основными трансформаторами. Они позволяют регулировать напряжение на стороне низкого напряжения трансформаторов без изменения коэффициента трансформации [3].

Применение компенсирующих устройств. Компенсирующие устройства, такие как конденсаторные батареи или синхронные компенсаторы, могут использоваться для компенсации реактивной мощности в сетях, что, в свою очередь, позволяет снизить потери электроэнергии и улучшить качество электроснабжения.

Оптимизация режимов работы оборудования. Режимы работы оборудования, такого как коммутационные аппараты, трансформаторы и линии электропередачи, также могут влиять на рабочие напряжения в ЦП. Оптимизация этих режимов может помочь снизить потери электроэнергии и повысить эффективность работы сетей.

Автоматическое управление напряжениями. Современные системы автоматического управления позволяют контролировать и регулировать напряжения в реальном времени [4]. Эти системы могут использовать данные о нагрузке, климатических условиях и других факторах для оптимизации рабочих напряжений.

Мониторинг и анализ данных. Сбор и анализ данных о рабочих напряжениях, нагрузках, потерях электроэнергии и других параметрах позволяет выявить проблемы и определить оптимальные методы оптимизации.

Выбор метода оптимизации зависит от конкретных условий и требований к работе распределительных сетей [5].

### Источники

1. РД 34.09.254-86. Инструкция по снижению технологического расхода электрической энергии на передачу по электрическим сетям энергосистем и энергообъединений: утв. М-вом энергетики и электрификации СССР 31.03.1986: дата введения 01.01.1988 [Электронный ресурс] [http://www.iprotec.ru/img/baza/dokumenty/rd\\_rukovodyaschaya\\_dokumentatsiya/rd\\_34\\_09\\_254.pdf](http://www.iprotec.ru/img/baza/dokumenty/rd_rukovodyaschaya_dokumentatsiya/rd_34_09_254.pdf) (дата обращения: 10.10.2015).

2. Железко Ю.С. Компенсация реактивной мощности и повышение качества электроэнергии. М.: Энергоатомиздат, 1985.

3. Кудияров К.И. Оптимизация режимов напряжения распределительной сети // Введение в энергетику : сборник материалов II Всероссийской (с международным участием) молодежной научно-практической конференции, Кемерово, 23–25 ноября 2016 года. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, 2016. С. 119.

4. Тухфетуллоев И.Р., Воркунов О.В. Оптимизация режимов работы электрических сетей среднего напряжения // Электрические сети: надежность, безопасность, энергосбережение и экономические аспекты : Материалы международной научно-практической конференции, Казань, 22 апреля 2022 года / Редколлегия: В.В. Максимов (отв. редактор) [и др.]. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2022. С. 261-267.

5. Бык Ф.Л., Какоша Ю.В., Мышкина Л.С. Фактор надежности при проектировании распределительной сети // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. № 22(6). С. 43–54. DOI: <https://doi.org/10.30724/1998-9903-2020-22-6-43-54>.

## ВЛИЯНИЕ АТМОСФЕРНЫХ ФАКТОРОВ НА ПОТЕРИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Хан Мария Максимовна<sup>1</sup>, Гаврилов Вадим Александрович<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

<sup>1</sup>m4rie.kay@yandex.ru, <sup>2</sup>2s19gavr@mail.ru

В статье рассматривается влияние атмосферных факторов на потери электроэнергии в линиях электропередачи. Анализируются основные климатические условия, влияющие на эффективность передачи электрической энергии, включая температуру, влажность, ветер и осадки. Обсуждаются механизмы, с помощью которых данные факторы могут приводить к увеличению активных и реактивных потерь, а также последствию для надежности и устойчивости электрических сетей. Статья подчеркивает важность учета этих факторов при проектировании и эксплуатации линий электропередачи, представляя рекомендации по оптимизации энергетических систем и снижению потерь питания в условиях переменчивого климата.

**Ключевые слова:** линии электропередачи, потери электроэнергии, атмосферные факторы, температура, влажность, ветер, осадки, энергетическая эффективность, надежность сетей, климатические условия.

## THE INFLUENCE OF ATMOSPHERIC FACTORS ON THE LOSS OF ELECTRICITY IN POWER TRANSMISSION LINES

Khan Mariya Maksimovna<sup>1</sup>, Gavrilov Vadim Aleksandrovich<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan

<sup>1</sup>m4rie.kay@yandex.ru, <sup>2</sup>2s19gavr@mail.ru

The article examines the influence of atmospheric factors on the loss of electricity in power transmission lines. The main climatic conditions affecting the efficiency of electric energy transmission, including temperature, humidity, wind and precipitation, are analyzed. The mechanisms by which these factors can lead to an increase in active and reactive losses, as well as the consequences for the reliability and stability of electrical networks, are discussed. The article emphasizes the importance of taking these factors into account when designing and operating power transmission lines, presenting recommendations for optimizing energy systems and reducing power losses in a changeable climate.

**Keywords:** power transmission lines, electricity losses, atmospheric factors, temperature, humidity, wind, precipitation, energy efficiency, network reliability, climatic conditions.

Электрические сети являются важной частью энергетических систем, обеспечивающих генерацию, передачу и потребление электрической энергии. Однако эффективность работы линий электропередачи в значительной степени зависит от различных атмосферных факторов,

которые могут приводить к значительным потерям электроэнергии. В этой статье мы рассмотрим, как климатические условия, такие как температура, влажность, ветер и осадки, оказывают влияние на потери электроэнергии в линиях электропередачи.

## **Атмосферные факторы и их влияние на линии электропередачи**

### **1. Температура**

Температура окружающей среды существенно влияет на характеристики проводников в линиях электропередачи. При повышении температуры электрическое сопротивление проводников увеличивается, что приводит к более высоким потерям энергии в виде тепла. Согласно исследованиям, потери в медных и алюминиевых проводах могут возрастать на 0,4-0,5% при каждом градусе Цельсия повышения температуры [1]. Поэтому эффективная работа линий электропередачи требует их проектирования с учетом температурных колебаний, особенно в регионах с экстремальными климатическими условиями.

### **2. Влажность**

Влажность является еще одним важным фактором, оказывающим влияние на активные и реактивные потери электроэнергии. При высокой влажности в воздухе происходит увеличение диэлектрической проницаемости, что может вызывать коронные потери. Коронные потери возникают из-за ионизации воздуха вокруг проводников, что приводит к снижению эффективности передачи электрической энергии. Эксперты отмечают, что в условиях высокой влажности потери могут увеличиваться до 20% по сравнению с сухими условиями [2].

### **3. Ветер**

Скорость ветра также оказывает значительное влияние на линию электропередачи. При сильных ветрах провода могут колебаться, что увеличивает механическое напряжение и, как следствие, приводит к дополнительным потерям на износ и повреждения. Более того, ветер может вызвать колебания проводов, что повышает вероятность возникновения коротких замыканий, что в итоге приводит к большим потерям электроэнергии. Следовательно, проектировщики электросетей должны учитывать факторы, связанные с ветровой нагрузкой, при расчете допустимых расстояний между проводами и опорами [3].

### **4. Осадки**

Дождь и снег могут значительно влиять на потери электроэнергии в линиях электропередачи. Влажность, вызванная осадками, не только повышает коронные потери, но также может привести к образованию льда на проводах. Лед, накапливающийся на проводах, увеличивает вес и приводит к дополнительному механическому напряжению, что может



вызвать обрывы проводов и временные отключения. Исследования показывают, что потери электроэнергии могут увеличиваться на 10-15% при резком ухудшении погодных условий [4].

### **Заключение**

Атмосферные факторы играют важную роль не только в эксплуатационных характеристиках линий электропередачи, но и в общем уровне потерь электроэнергии в энергосистемах. Эффективное управление этими потерями требует комплексного подхода, включающего выбор соответствующих материалов, проектирование с учетом климатических условий и внедрение автоматизированных систем мониторинга и управления [5]. Понимание влияния атмосферных условий на работу линий электропередачи может помочь разработать стратегии по оптимизации энергетических систем и снижению потерь, что в свою очередь положительно скажется на устойчивости энергетической инфраструктуры.

### **Источники**

1. CIGRÉ Working Group C4.302. Benchmarking of transmission line losses. 2017.
2. Zhan X., Liu Y., & Wang C. Study on the impact of atmospheric humidity on the electrical performance of overhead transmission lines // Electric Power Systems Research. 2020. Vol. 179. DOI: 10.1016/j.epsr.2019.106063.
3. Choi S., & Kim K. Modeling the effects of wind on the electrical performance of overhead transmission lines // IEEE Transactions on Power Delivery. 2019. Vol. 34, Iss. 4. P. 1469–1476. DOI: 10.1109/TPWRD.2019.2905342.
4. Gibbons H. Effect of weather on transmission line performance: A case study // Journal of Electric Power Systems and Research. 2018. Vol. 159. P. 5–15. DOI: 10.1016/j.epsr.2018.03.005.
5. Rinaldi S.M., & Ayyub B.M. Systemic assessment of transmission line reliability considering atmospheric conditions // Reliability Engineering & System Safety. 2021. Vol. 207. DOI: 10.1016/j.ress.2020.107295.

## РОЛЬ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Чернов Давид Владимирович<sup>1</sup>, Мухаметжанов Рустем Наимович<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>davidchernov16@gmail.com, <sup>2</sup>ruustem@yandex.ru

В данной работе рассмотрены ключевые принципы функционирования ИИ в контексте энергетики и его перспективы развития в этой стратегической отрасли. В настоящее время искусственный интеллект становится все более важным элементом современных энергетических сетей, революционизируя способы управления и оптимизации процессов. Его влияние ощущается на всех уровнях: от производства энергии до распределения и потребления. Благодаря алгоритмам машинного обучения и анализу больших данных, ИИ помогает повышать эффективность работы системы, снижать издержки и минимизировать негативное воздействие на окружающую среду. Применение искусственного интеллекта в энергетических сетях позволяет предсказывать изменения нагрузки, оптимально распределять ресурсы, автоматизировать процессы обслуживания и проводить диагностику оборудования.

**Ключевые слова:** электроэнергетические системы, искусственный интеллект, большие данные, энергия.

## THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN ENERGY NETWORKS

Chernov David Vladimirovich<sup>1</sup>, Mukhametzhano Rustem Naimovich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>davidchernov16@gmail.com, <sup>2</sup>ruustem@yandex.ru

This paper examines the key principles of AI functioning in the context of energy and its prospects for development in this strategic industry. Nowadays, artificial intelligence is becoming an increasingly important element of modern energy networks, revolutionizing the way processes are managed and optimized. Its impact is felt at all levels, from energy production to distribution and consumption. Thanks to machine learning algorithms and big data analysis, AI helps to increase the efficiency of the system, reduce costs and minimize the negative impact on the environment. The use of artificial intelligence in energy networks makes it possible to predict load changes, optimally allocate resources, automate maintenance processes and diagnose equipment.

**Key words:** electric power systems, artificial intelligence, big data, energy.

Искусственный интеллект (ИИ) представляет собой важный инструмент в современных энергетических сетях, принимая решения на основе анализа данных и оптимизируя процессы управления. Он способен эффективно прогнозировать спрос на энергию, оптимизировать

распределение ресурсов и управлять нагрузками. Благодаря технологиям машинного обучения и анализу больших объемов данных, ИИ дает возможность создания более гибких и эффективных энергетических систем, способствуя устойчивости и экономичности сетей [1].

Искусственный интеллект (ИИ) играет важную роль в управлении энергетическими сетями, предоставляя множество преимуществ при оптимизации процессов. Одним из ключевых преимуществ является возможность улучшения прогнозирования спроса на энергию и эффективного распределения ресурсов. ИИ способен адаптироваться к изменяющимся условиям, что позволяет управлять сетями более точно и эффективно.

Однако использование искусственного интеллекта также ставит перед отраслью ряд вызовов. Одним из главных вызовов является обеспечение надежности и безопасности системы управления энергетическими сетями. Сложность алгоритмов ИИ требует высокой степени защиты от кибератак и ошибок в обучающих данных. Также важно учитывать этические аспекты при использовании автономных систем ИИ для управления сетями и решения возможных проблем, связанных с прозрачностью и ответственностью за принимаемые решения.

Искусственный интеллект применяется для оптимизации энергетических процессов с использованием различных технологий и методов. Одним из ключевых направлений является прогнозирование потребления энергии на основе анализа больших данных. Алгоритмы машинного обучения позволяют предсказывать пики нагрузки и эффективно распределять ресурсы. Кроме того, искусственный интеллект используется для автоматизации управления энергетическими системами, что позволяет сократить потери энергии и повысить эффективность работы сетей. Такие инновационные подходы способствуют снижению затрат на производство и распределение энергии, что в конечном итоге приводит к улучшению экологической устойчивости и повышению надежности энергетических сетей [2].

Искусственный интеллект успешно применяется в энергетических сетях по всему миру, повышая их эффективность и надежность. Примером этому может служить система управления сетью Smart Grid в Японии. С помощью алгоритмов машинного обучения и анализа данных, она позволяет оптимизировать распределение энергии, учитывая погодные условия и потребности потребителей. Это не только снижает издержки на производство и распределение энергии, но также способствует экономии ресурсов и снижению выбросов углекислого газа. Такие успешные

примеры демонстрируют значительный потенциал искусственного интеллекта в улучшении энергетических сетей и содействии энергетической эффективности [3].

Будущее развитие и перспективы применения искусственного интеллекта в энергетике обещают кардинальные изменения в сфере энергетических сетей. ИИ способен оптимизировать работу энергосистем, прогнозировать спрос и предложение, повышать эффективность производства и распределения энергии. С использованием алгоритмов машинного обучения и глубокого анализа данных, можно создавать точные модели предсказания потребления, управлять нагрузками и сбалансировать нагрузку. Помимо этого, ИИ способен выявлять аномалии и автоматически корректировать работу системы энергоуправления. Интеграция искусственного интеллекта в сети позволит значительно повысить стабильность, эффективность и управляемость существующих энергетических систем, открывая новые возможности для перехода к устойчивому и эффективному энергетическому будущему.

### **Источники**

1. Массель Л.В. Современный этап развития искусственного интеллекта (ИИ) и применение методов и систем ИИ в энергетике / Л. В. Массель // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2021. № 4(24). С. 5–20. DOI 10.38028/ESI.2021.24.4.001.

2. Нуриаслямова Р.Р. Применение искусственного интеллекта в энергетике / Р.Р. Нуриаслямова // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике: Материалы Международной молодежной научно-практической конференции, посвященной 55-летию КГЭУ, Казань, 08–10 ноября 2023 года. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2024. С. 578–580.

3. Каминский С.О. Переход к сетям Smart Grid: новые вызовы в оценке надежности / С.О. Каминский, Р.Н. Мухаметжанов // XXVII Всероссийский аспирантско-магистерский научный семинар, посвященный Дню энергетика и 55-летию КГЭУ: материалы докладов, Казань, 05–06 декабря 2023 года. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2023. С. 86–90.

## ИНТЕГРАЦИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ И ЗАРЯДНЫХ СТАНЦИЙ

Шавалеев Булат Дамирович<sup>1</sup>, Шакурова Зумейра Мунировна<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>diligentquaga@gmail.com, <sup>2</sup>shzumeyra@mail.ru

В статье рассмотрена возможность использования альтернативных источников энергии. Интеграция альтернативных источников энергии с зарядными станциями становится одной из ключевых задач для устойчивого развития энергетических систем, критически важна для снижения углеродных выбросов и достижения устойчивого энергетического будущего.

**Ключевые слова:** возобновляемые источники энергии, альтернативные источники энергии, аккумуляторы.

## INTEGRATION OF ALTERNATIVE ENERGY SOURCES AND CHARGING STATIONS

Shavaleev Bulat Damirovich<sup>1</sup>, Shakurova Zumeira Munirovna<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>diligentquaga@gmail.com, <sup>2</sup>shzumeyra@mail.ru

This article discusses the possibility of using alternative energy sources. Integrating alternative energy sources with charging stations is becoming a key challenge for the sustainable development of energy systems, critical to reducing carbon emissions and achieving a sustainable energy future

**Keywords:** renewable energy sources, alternative energy sources, batteries..

Альтернативные источники энергии, такие как солнечная, ветровая, гидро- и геотермальная, представляют собой устойчивые и экологически чистые решения, способствующие снижению зависимости от ископаемых видов топлива и минимизации негативного воздействия на окружающую среду. Эти источники энергии постоянно восполняются, что делает их более устойчивыми в долгосрочной перспективе [1, С. 33] (см. рисунок).

Несмотря на очевидные преимущества, интеграция альтернативных источников энергии сталкивается с определенными вызовами, такими как зависимость от погодных условий, регулирование и стандарты, а так же остро стоит проблема необходимости в инфраструктуре.

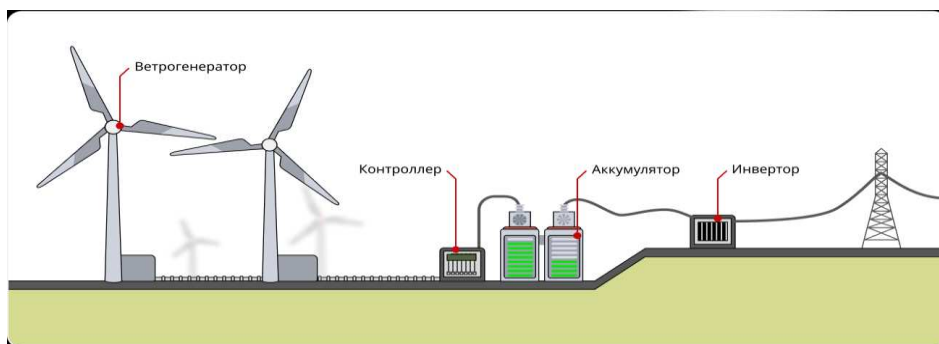


Схема использования альтернативных источников энергии.

Альтернативные источники зависят от погодных условий и времени суток, поэтому ключевую роль играют накопители энергии, ибо они помогают сгладить колебания в производстве энергии и обеспечивают её доступность в периоды повышенного спроса [2, С. 12]. К накопителям энергии отнесем такие аккумуляторы как литий-ионные или свинцово-кислотные. Однако добыча материалов для таких накопителей является крайне вредным и токсичным для окружающей среды, что ставит под вопрос снижение вредных выбросов в атмосферу и почву. Так в регионах, добывающих литий методом добычи из соляных рассолов, уже сейчас отмечаются истощение водных ресурсов и загрязнение почвы. Остро такая проблема стоит в регионе. «Литиевый треугольник» в Южной Америке. В России добыча лития в основном возможна лишь путем извлечения из горной породы, но этот метод куда более затратный, чем использование соляных рассолов, к тому же по прогнозам, в 2030 году потребность в литии в России достигнет минимум 30 тыс. т в год. Поэтому куда проще закупать литий из за рубежа, хотя ввиду глобальной обстановки подобный подход не является надежным. Однако есть альтернатива в виде гидроаккумулирующих станций, которые являются более экологичными по отношению к литиевым аккумуляторам [3, С. 170].

Примерами успешной интеграции альтернативных источников энергии с зарядными станциями являются солнечные зарядные станции, используемые во многих странах в повседневности. Многие государства Европы выделяют субсидии и покрывают часть расходов на покупку и установку оборудования, предоставляются льготы в виде скидок на расход электроэнергии [4, С. 218]. Местные жители так же могут устанавливать солнечные панели на крышах своих домов и подключаться к единой сети. Благодаря этому они получают не только снижение энергопотребления от общей единой сети, но и получают скидки по тарифам на расход электроэнергии. Сейчас такая модель применения широко используется в Германии, а так же подобное планируют внедрять во многих странах Азии,

таких как Китай, Южная Корея и Япония. В свою очередь в России разработана стратегия в области возобновляемой энергетики, одной из целей которой является снижение цены электроэнергии от ветряных и солнечных электростанций на более 85% в течение 10 лет [5, С. 3]. Уже сейчас одноставочные цены, устанавливаемые в результате отборов в России, стремительно приближаются к среднемировым значениям.

Тем не менее, для успешной интеграции этих источников в мировую энергетику необходимо решать ряд технических и экономических проблем, таких как развитие инфраструктуры, технологии хранения энергии и обеспечение стабильности энергоснабжения. С учетом растущей необходимости в устойчивых решениях, альтернативные источники энергии будут играть все более важную роль в будущем нашей планеты.

### **Источники**

1. Энергосберегающие технологии в электроэнергетике: учебное пособие / Г. П. Корнилов, М. М. Лыгин, И. Р. Абдулвелеев. 2023. URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785972915361.html> (дата обращения: 09.11.2024).

2. Кашкаров А.П. Ветрогенераторы, солнечные батареи и другие полезные конструкции [Электронный ресурс] / А.П. Кашкаров. URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785940746621.html> (дата обращения: 09.11.2024).

3. Баранов Н.Н. Нетрадиционные источники и методы преобразования энергии: учебное пособие для вузов [Электронный ресурс] / Н.Н. Баранов. URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383006511.html> (дата обращения: 9.11.2024).

4. Мирчев А. Пролог: Мегатренд альтернативной энергетики в эпоху соперничества великих держав [Электронный ресурс] / А. Мирчев. URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785907534001.html> (дата обращения: 09.11.2024).

5. Стратегия России в области возобновляемой энергетики URL: <https://www.huawei.ru/upload/iblock/29d/29dd23f69897ac31159956d44d0fb4ec.pdf> (дата обращения: 08.11.2024).

## СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УЧЕТА ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Шайхетдинов Раис Галаутдинович

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

Aliya.mubarakova@tatar.ru

Статья посвящена современным системам контроля и учета потребления электрической энергии, их ключевым компонентам и возможностям. Рассматриваются функции интеллектуальных счетчиков, системы управления энергопотреблением (EMS), роль Интернета вещей (IoT) и анализа больших данных (Big Data) в повышении эффективности энергопотребления. Особое внимание уделено интеграции с возобновляемыми источниками энергии и вопросам кибербезопасности. Подчеркивается значение таких систем для оптимизации энергозатрат и снижения выбросов CO<sub>2</sub>.

**Ключевые слова:** учет энергопотребления, интеллектуальные счетчики, IoT, Big Data, возобновляемые источники энергии, кибербезопасность, оптимизация.

## MODERN SYSTEMS FOR MONITORING AND ACCOUNTING OF ELECTRIC ENERGY CONSUMPTION

Shaikhetdinov Rais Galautdinovich

FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan

Aliya.mubarakova@tatar.ru

The article focuses on modern systems for monitoring and accounting for electricity consumption, their key components, and capabilities. It examines the functions of smart meters, Energy Management Systems (EMS), and the role of the Internet of Things (IoT) and Big Data analytics in improving energy efficiency. Special attention is given to integration with renewable energy sources and cybersecurity issues. The significance of such systems in optimizing energy costs and reducing CO<sub>2</sub> emissions is highlighted.

**Keywords:** energy consumption accounting, smart meters, IoT, Big Data, renewable energy sources, cybersecurity, optimization.

Современные системы контроля и учета потребления электрической энергии играют ключевую роль в управлении ресурсами и оптимизации энергопотребления. Они позволяют не только отслеживать расход электроэнергии, но и влиять на ее эффективное использование, обеспечивая прозрачность процессов и возможность для своевременного принятия решений. С развитием технологий такие системы становятся всё более интеллектуальными, позволяя пользователям и компаниям управлять потреблением энергии и снижать затраты [1, С. 20].



Современные системы учета электрической энергии включают в себя несколько ключевых элементов:

- Счетчики электроэнергии – измерительные приборы, фиксирующие объем потребленной электроэнергии. Они делятся на однофазные и трехфазные, а также на классические (механические) и интеллектуальные (цифровые).

- Контроллеры – устройства, которые собирают данные со счетчиков и передают их на центральные серверы для анализа.

- Программное обеспечение – платформы и интерфейсы, которые обрабатывают и отображают данные для конечного пользователя, позволяют анализировать их и управлять процессом потребления энергии [2, С. 45].

Интеллектуальные счетчики заменили традиционные аналоговые устройства. Они способны собирать данные в реальном времени и передавать их в центральные системы без необходимости ручного сбора информации. Такие счетчики предлагают:

- Дистанционный мониторинг – позволяет операторам и пользователям отслеживать потребление электроэнергии в реальном времени.

- Быстрая диагностика и устранение проблем – благодаря автоматической системе уведомлений.

- Почасовое и даже минутное измерение – пользователи могут отслеживать энергопотребление с высокой точностью, что помогает находить пиковые нагрузки и снижать их.

- Удаленное управление – возможность автоматического отключения и включения подачи электроэнергии в случае аварий или технического обслуживания [3, С. 42].

Системы автоматизированного управления (Energy Management Systems, EMS) объединяет функциональность интеллектуальных счетчиков и возможностей анализа данных. Системы управления энергопотреблением позволяют:

- Оптимизировать использование энергии – EMS помогают компаниям снижать затраты за счет анализа пиковых нагрузок, уменьшения потребления в пиковые часы и автоматического отключения незадействованных устройств.

- Снижение выбросов CO<sub>2</sub> – за счет эффективного управления ресурсами компании могут уменьшать углеродный след.

- Интеграция с возобновляемыми источниками энергии – EMS позволяют распределять энергопотребление между различными источниками, например, солнечными панелями и основной сетью.

IoT-устройства в современных системах учета играют ключевую роль, поскольку позволяют интегрировать всевозможные датчики, контроллеры и счетчики в единую сеть. Применение IoT в учетных системах позволяет [4, С. 32]:

- Удаленное управление приборами – пользователи могут управлять устройствами через смартфоны или другие интерфейсы.
- Получение детализированных данных – IoT-системы предоставляют возможность получать данные по конкретным приборам или комнатам, что позволяет лучше понимать, где расходуется энергия.
- Автоматизация процессов – многие IoT-устройства можно запрограммировать на автоматическое включение и выключение в зависимости от определенных условий.

Обработка больших объемов данных (Big Data) становится все более важной для анализа энергопотребления. Современные системы собирают большие объемы данных с различных датчиков и устройств, что позволяет:

- Предсказывать потребление энергии – анализируя прошлые данные, системы могут предсказывать будущие потребности в электроэнергии.
- Оптимизировать работу энергосистемы – анализ данных помогает компаниям выбирать оптимальные режимы работы, что позволяет минимизировать затраты.
- Снижение эксплуатационных расходов – предсказательная аналитика помогает предотвратить аварии и, соответственно, снижает затраты на обслуживание [5, С. 65].

Современные системы учета электроэнергии позволяют эффективно управлять источниками возобновляемой энергии (ВИЭ), такими как солнечные панели и ветровые турбины. Интеграция с ВИЭ позволяет:

- Снизить затраты на электроэнергию – компании и частные пользователи могут использовать энергию от собственных солнечных панелей или ветряков для покрытия собственных нужд.
- Продавать излишки – в случае генерации избыточной энергии её можно продать в общую сеть.
- Создание микросетей – особенно полезно в удалённых районах, где нет централизованного электроснабжения [6, С. 88].

Важный аспект современных систем – обеспечение безопасности данных. С увеличением количества подключенных устройств растет и риск кибератак. Поэтому в системах контроля и учета электроэнергии внедряются протоколы защиты данных и аутентификации пользователей.

Таким образом, современные системы контроля и учета электроэнергии играют важную роль в снижении энергозатрат, увеличении энергетической эффективности и сокращении выбросов CO<sub>2</sub>. Внедрение таких систем позволяет пользователям – от крупных промышленных предприятий до частных домовладельцев – получать подробные данные о потреблении, оптимизировать расходы и защитить данные от угроз.

### **Источники**

1. Балабанов В.С. Системы учета электроэнергии: теория и практика. М.: Энергия, 2020. 256 с.
2. Гавриленко П.А., Смирнов И.В. Интеллектуальные счетчики в энергетике: возможности и перспективы // Вестник энергетике. 2021. № 3. С. 45–53.
3. Иванов М.Н. Энергетика будущего: интеграция IoT и больших данных в системы учета и управления // Инновации в энергетике. 2022.
4. Петрова Е.К., Сидоров А.Б. Кибербезопасность в системах учета электроэнергии. СПб.: ТехноСфера, 2023.
5. Смирнова Л.П., Захаров А.С. Системы управления энергопотреблением и их применение на промышленных предприятиях // Современные технологии в энергетике. 2020. № 2.
6. Токарев И.В., Беляев Р.П. Энергетическая эффективность и экологические аспекты использования возобновляемых источников энергии // Экология и промышленность России. 2023.

## ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ КАК МИКРОСЕТИ ДЛЯ ЛОКАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ

Шайхутдинов Карим Азатович<sup>1</sup>, Шакурова Зумейра Мунировна<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

<sup>1</sup>karimaz@list.ru

В данной работе представлен обзор ветроэнергетических установок (ВЭУ) и их потенциала в качестве микросетей для локального электроснабжения предприятий. Проведен анализ отечественных производителей ветрогенераторов и их комплектующих.

**Ключевые слова:** ветроэнергетические установки, ВЭУ, ветрогенераторы, микросети, локальное электроснабжение, электроснабжение предприятий, микрогенерация, возобновляемые источники энергии, ресурсы ветра.

## WIND POWER PLANTS AS MICRO GRIDS FOR LOCAL POWER SUPPLY OF ENTERPRISES

Shaikhutdinov Karim Azatovich<sup>1</sup>, Shakurova Zumeira Munirovna<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan

<sup>1</sup>karimaz@list.ru

This paper provides an overview of wind power plants (wind turbines) and their potential as microgrids for local power supply of enterprises. The analysis of domestic manufacturers of wind turbines and their components is carried out.

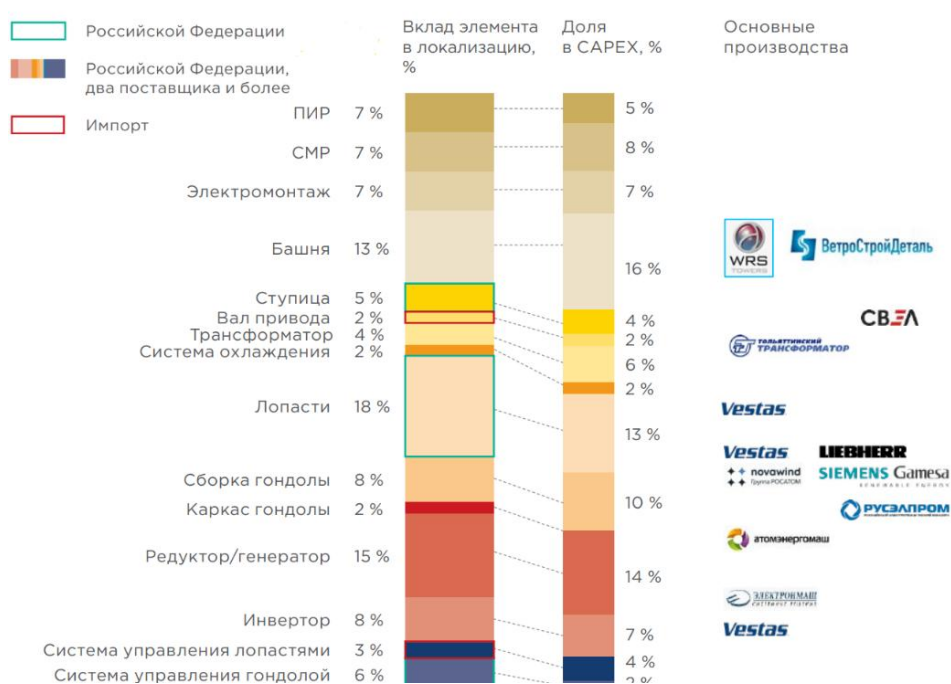
**Keywords:** Wind power plants, wind turbines, wind turbines, micro grids, local power supply, power supply of enterprises, microgeneration, renewable energy sources, wind resources.

Ветряные энергетические установки (ВЭУ) представляют собой один из способов организации локального электроснабжения предприятий. Эти установки позволяют создавать местные электрические сети распределённой генерации низкого и среднего напряжения, обеспечивая выработку электроэнергии на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ), включая ветроэнергетические установки.

Перспективность использования ВЭУ в составе микросетей особенно высока в северных и дальневосточных регионах России, обладающих значительными ветровыми ресурсами [1, С.1]. Например, ветряные электростанции малой и средней мощности, подключенные к распределительным сетям, могут напрямую снабжать потребителей активной мощностью в сетях до 35 кВ, что способствует снижению потерь, связанных с передачей электроэнергии [2, С. 7].

Вопрос развития микросетей сегодня является крайне актуальным. Технический потенциал ветроэнергетической отрасли в России оценивается более чем в 50 000 кВт·ч в год [5, С. 59]. При этом 65 % территории страны находится в зоне изолированного энергоснабжения, в основном обеспечиваемого электроэнергией от дизельных электростанций (ДЭС), работающих на привозном топливе [3, С. 1].

Для дальнейшей оценки перспектив использования ветрогенераторов в микросетях был проанализирован график, отражающий результаты поддержки локализации производства оборудования в Российской Федерации. На приведённом ниже рисунке показаны запчасти для ветроэнергетических установок и их возможные поставщики.



Отечественные производители деталей ветрогенератора

Выводы подтверждают, что на сегодняшний день более 70 % стоимости объекта генерации ВЭУ может быть сформировано на отечественных производствах [4, С. 315].

Таким образом, внедрение ветроэнергетических установок для локального электроснабжения демонстрирует экономическую независимость от зарубежных стран, что открывает широкие перспективы для развития данной отрасли в России. Опыт международного сотрудничества в сфере ветроэнергетики показывает, что в российских условиях целесообразно ориентироваться в первую очередь на продукцию отечественных предприятий, занимающихся разработкой и производством ВЭУ и комплектующих [5, С. 59].

## Источники

1. К вопросу о перспективах и проблемах развития в России энергетических микросетей на основе ветродизельных комплексов [Электронный ресурс] // Евразийский Союз Ученых – публикация научных статей в ежемесячном научном журнале. Технические науки. (дата обращения: 08.11.2024).

2. Харченко В.В., Гусаров В.А. Положения и принципы формирования генерирующего комплекса микросетей на основе ВИЭ // Вестник аграрной науки Дона. 2015. № 32. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/polozheniya-i-printsipy-formirovaniya-generiruyuschego-kompleksa-mikrosetey-na-osnove-vie> (дата обращения: 08.11.2024).

3. НИУ ВШЭ [Электронный ресурс] // Распределенная энергетика: сайт. URL: <https://sber.pro/publication/lokalnaia-elektrifikatsiia-zachem-nuzhen-sobstvennyi-energeticheskii-kompleks-na-predpriatii/> (дата обращения: 08.11.2024).

4. Атлас инвестиций Российско-Китайского энергетического сотрудничества [Электронный ресурс] (дата обращения: 08.11.2024).

5. Перспективы развития ветроэнергетики в России // Нефтесервис и транспортировка. 2016. № 12-11 (60-59).

## ЦИФРОВЫЕ ПОДСТАНЦИИ

Шахова Дарина Михайловна<sup>1</sup>, Сайранов Артур Рамисович<sup>2</sup>,  
Вассунова Юлия Юрьевна<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>darshahova16@gmail.com, <sup>2</sup>rafarvet@mail.ru

Цифровые подстанции представляют собой современные энергетические установки, использующие цифровые технологии и автоматизацию для управления распределением электроэнергии. Они обеспечивают высокий уровень эффективности, снижают эксплуатационные затраты и улучшают контроль качества.

**Ключевые слова:** Цифровые подстанции, энергетические технологии, автоматизация, распределение электроэнергии, эффективность, двусторонняя связь, кибербезопасность.

## DIGITAL SUBSTATIONS

Shakhova Darina Mikhailovna<sup>1</sup>, Sairanov Artur Ramisovich<sup>2</sup>,  
Vassunova Julia Yurievna<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
<sup>1</sup>darshahova16@gmail.com, <sup>2</sup>rafarvet@mail.ru

Digital substations represent modern energy installations that utilize digital technologies and automation for managing electricity distribution. They provide a high level of efficiency, reduce operational costs, and enhance quality control.

**Keywords:** Digital substations, energy technologies, automation, electricity distribution, efficiency, bidirectional communication, cybersecurity.

Цифровые подстанции являются ключевыми элементами в реализации концепции «умных» сетей, позволяя интегрировать возобновляемые источники энергии и обеспечивать двустороннюю связь. Использование больших данных и аналитики для предсказания и оптимизации работы подстанций позволяет снизить вероятность аварий и прерываний в поставках электроэнергии.

Преимущества цифровых подстанций:

– Повышенная эффективность: Автоматизация процессов управления и мониторинга в цифровых подстанциях позволяет оптимизировать работу оборудования и сократить затраты на электроэнергию.

– Улучшенное качество электроэнергии: Цифровые подстанции могут динамически регулировать параметры сети, что способствует повышению качества электроэнергии и снижению потерь.

– Интеграция с ИТ-системами: Они могут легко интегрироваться с информационными и коммуникационными системами, что улучшает обмен данными и взаимодействие между различными элементами энергетической сети.

Цифровизация подстанций ставит вопросы кибербезопасности на первый план. Необходимость защиты систем от кибератак становится критически важной.

Современные цифровые подстанции способствуют более эффективному использованию ресурсов и уменьшают негативное воздействие на окружающую среду благодаря оптимальному распределению электроэнергии.

Их внедрение потребует создания и соблюдения стандартов, обеспечивающих совместимость между различными компонентами и системами.

Прогнозы показывают, что будущее электроэнергетики связано с дальнейшей дигитализацией и автоматизацией подстанций, что будет способствовать повышению надежности и устойчивости энергетических систем.

Изучение успешных примеров внедрения цифровых подстанций в разных странах позволяет выявить лучшие практики и возможности для адаптации в других регионах.

### **Источники**

1. Барышников Н.А., Федоров А.И. Цифровизация энергетики: Перспективы и задачи // Вестник энергетики. 2020. № 12 (3). С. 45–52.
2. Ильин И.В., Королев С.Ю. Цифровые подстанции: новейшие технологии и их внедрение // Электроснабжение и электромеханика. № 8 (2). С. 22–30.
3. Петров В.А. Современные подходы к автоматизации подстанций // Научные исследования в области электроэнергетики. 2021. № 15 (1). С. 78–85.
4. Кузнецов А.В., Сидоров Е.П. Интеграция цифровых технологий в проекты подстанций // Энергетика. 2022. № 18 (5). С. 33–39.
5. Samy M.M., Salem E.A. Digital Substations: Technologies and Applications // IEEE Transactions on Power Delivery. 2020. Vol. 35, Iss. 4. P. 1749–1757.



## ОБЗОР ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТЬ ОБОРУДОВАНИЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Шичкин Никита Сергеевич<sup>1</sup>, Грачев Александр Николаевич<sup>2</sup>,  
Саушев Александр Васильевич<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>ФГБОУ ВО «ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова», г. Санкт-Петербург  
<sup>1</sup>shichkin.nikitosha@yandex.ru, <sup>2</sup>grachev8383@mail.ru, <sup>3</sup>saushev@bk.ru

В статье кратко анализируются внутренние и внешние факторы, влияющие на отказоустойчивость фотоэлектрических систем. Рассматривается один из способов оценки критичности и серьезности режима сбоя работы таких систем.

**Ключевые слова:** Фотоэлектрическая система, внутренние факторы, внешние факторы, отказоустойчивость.

## AN OVERVIEW OF THE FACTORS AFFECTING THE FAULT TOLERANCE OF PHOTOVOLTAIC SYSTEMS EQUIPMENT

Shichkin Nikita Sergeevich, Grachev Aleksander Nikolaevich,  
Saushev Alexander Vasilyevich  
Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, St. Petersburg  
<sup>1</sup>shichkin.nikitosha@yandex.ru, <sup>2</sup>grachev8383@mail.ru, <sup>3</sup>saushev@bk.ru

The article briefly analyzes the internal and external factors affecting the fault tolerance of photovoltaic systems. One of the ways to assess the criticality and severity of the failure mode of such systems is considered.

**Keywords:** Photovoltaic system, internal factors, external factors, fault tolerance.

Среди различных видов возобновляемых источников энергии фотоэлектрические системы считаются самой чистой и безопасной технологией. Это связано с тем, что в таких системах нет движущихся механических частей (например, приводов, валов) и они работают бесшумно. В последние годы такие системы приобрели большую известность и популярность. Они рассматриваются как многообещающее решение проблемы низкой производительности существующих энергоресурсов и считаются способными внести потенциальный вклад в будущий электроэнергетический баланс [1].

Вместе с тем, существует целый ряд препятствий, мешающих нормальному функционированию фотоэлектрических систем. Целью статьи является краткий анализ внутренних и внешних факторов, влияющих на производительность этих систем.

Факторы окружающей среды, такие как пыль, температура, снегопад и влажность являются внешними факторами. Они снижают производительность и приводят к различным сбоям в работе фотоэлектрических систем. Например, влажность приводит к склеиванию задней поверхности модуля системы, водяной пар проникает в проводящие части этого модуля и в распределительную коробку. В целом влажность является причиной снижения уровня безопасности фотоэлектрических систем. Кроме того, влажность вносит значительный вклад в коррозию *J*-образного блока системы, поскольку, во-первых, снижает прочность сцепления материала и, во-вторых, позволяет воде проникать внутрь и вступать в реакцию с металлом. Частицы пыли и снега являются причинами затенения и значительного снижения выходной мощности фотоэлектрических систем. Было обнаружено, что как экстремально холодный, так и жаркий климат повышают скорость разрушения фотоэлектрических модулей, а также увеличивают количество трещин в их ячейках [2].

Помимо воздействия на окружающую среду, в фотоэлектрических системах могут возникать внутренние проблемы, например, от простых электрических неисправностей (обрыв и короткое замыкание) до неисправностей блоков обработки энергии, таких как отслеживание точки максимальной мощности (MPPT) и неисправностей преобразователей электрической энергии.

Для повышения надежности отслеживания точки максимальной мощности в условиях нестабильности солнечного излучения, можно разработать прогнозирующую модель управления (MPC), работающую совместно с определенным алгоритмом MPPT. Основная цель MPC – минимизация ошибки системы за короткий промежуток времени с учётом динамики системы и ограничений [3]. Это позволит системе поддерживать стабильное производство энергии, несмотря на колебания уровня солнечной излучения, что и определяет эффективность данного метода.

Для количественной оценки относительной степени сочетания критичности и серьезности неблагоприятного воздействия на производительность фотоэлектрических систем, в докладе рассматривается подход, оценивающий анализ приоритета риска (*RPN*).

*RPN* – это подход, используемый для определения приоритетности потенциальных режимов отказа на основе определенных критерий. Он рассчитывается по формуле [4]:

$$RPN = S \cdot O \cdot D.$$

Критерий серьезности ( $S$ ) определяет критичность режима сбоя и определяет, насколько сильно этот режим сбоя может повлиять на систему. Критерий возникновения ( $O$ ) обозначает вероятность того, что сбой произойдет в течение заранее определенного периода времени. Критерий обнаружения ( $D$ ) приблизительно определяет вероятность выявления и устранения сбоя до того, как он повлияет на систему [5].

Таким образом, при проектировании, установке, эксплуатации и обслуживании фотоэлектрических систем следует уделять первоочередное внимание факторам, влияющим на низкий уровень их энергоэффективности.

### Источники

1. A critical review of PV systems' faults with the relevant detection methods / K. Osmani [et al.] // *Energy Nexus*. 2023. P. 100257.

2. A Review of Photovoltaic Module Failure and Degradation Mechanisms: Causes and Detection Techniques / Al Mahdi H. [et al.] // *Solar*. MDPI, 2024. Vol. 4, Iss. 1. P. 43–82.

3. Шичкин Н.С., Саушев А.В., Грачев А.Н. Разработка алгоритма настройки модели прогнозирующего управления понижающим преобразователем постоянного тока // *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*. 2024. № 7. P. 547–552.

4. A Reliability and Risk Assessment of Solar Photovoltaic Panels Using a Failure Mode and Effects Analysis Approach: A Case Study / R.B. Patil [et al.] // *Sustainability*. 2024. Vol. 16, Iss. 10. P. 4183.

5. Criticality and Severity of Adverse Effects of the Sun on Performance of Solar PV Systems / S. Gyamfi [et al.] // *Solar Energy Advances*. 2024. P. 100058.

УДК 620.9

### АЭРОГЕЛЬ КАК ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ БУДУЩЕГО

Абдуллин Тимербулат Радмирович<sup>1</sup>, Кондратьев Александр Евгеньевич<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>a@a0ki.ru

В статье рассмотрены основные энергосберегающие технологии и предложен метод использования аэрогеля, его методы производства и формы использования.

**Ключевые слова:** аэрогель, композит, термостойкая краска, энергосбережение, теплоизоляция.

### AEROGEL AS A THERMAL INSULATION MATERIAL OF THE FUTURE

Abdullin Timerbulat Radmirovich<sup>1</sup>, Kondratiev Alexander Evgenievich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>a@a0ki.ru

The article discusses the main energy-saving technologies and proposes a method for using aerogel, its production methods and forms of use.

**Keywords:** aerogel, composite, heat-resistant paint, energy saving, thermal insulation.

Одной из основных частей расходов топлива является отопление помещения или здания. Самый распространённый и простой способ энергосбережения – сокращение тепловых потерь. Сокращение тепловых потерь – это процесс уменьшения количества тепла, которое уходит из здания или помещения. Это достигается путем улучшения теплоизоляции стен, окон, дверей и крыши. Теплоизоляция помогает сохранять тепло внутри помещения и предотвращает его утечку наружу [1].

Существует несколько методов сокращения тепловых потерь:

Улучшение теплоизоляции: одним из самых эффективных способов сокращения тепловых потерь является установка хорошей теплоизоляции на стены, окна, двери и крышу. Хорошая теплоизоляция с меньшим коэффициентом теплопроводности, лучшими эксплуатационными

параметрами, большим сроком службы или более экологичным составом лучше предотвращает потери и позволяет сэкономить деньги, потребляя меньше топлива [2].

Использование энергоэффективных окон и дверей: окна и двери могут быть источником значительных тепловых потерь. Поэтому использование энергоэффективных окон и дверей может существенно снизить количество тепла, уходящего из помещения.

Регулярное обслуживание систем отопления и кондиционирования воздуха: регулярное обслуживание систем отопления и кондиционирования воздуха помогает убедиться в их эффективности и предотвращает возможные утечки тепла [3].

Использование энергоэффективных технологий: существуют различные технологии, такие как солнечные панели, ветряные турбины и геотермальные системы, которые помогают сократить количество потребляемой энергии и уменьшить тепловые потери [4].

Аэрогели - это новый тип теплоизоляционных материалов, обладающих очень низкой теплопроводностью благодаря своей пористой структуре. Они используются в качестве высокоэффективных теплоизоляторов в различных областях, включая строительство и аэрокосмическую промышленность. Аэрогели обладают рядом уникальных свойств, которые делают их очень привлекательными для использования в различных отраслях. Например, они обладают очень низкой плотностью, что делает их идеальными для использования в аэрокосмической промышленности. Они также обладают высокой прочностью, что делает их пригодными для использования в качестве строительных материалов. Кроме того, аэрогели имеют очень высокие теплоизоляционные свойства, что делает их идеальными для использования в качестве изоляции. Коэффициент теплопроводности аэрогелей, в зависимости от формы аэрогеля, от 0,008 до 0,012 Вт/(м·К). Аэрогели также обладают уникальными оптическими свойствами. Они могут пропускать свет, но при этом не быть прозрачными. Это делает их идеальными для использования в медицине, где они могут использоваться для визуализации внутренних органов [5].

Несмотря на все свои преимущества, аэрогели также имеют некоторые недостатки. Они очень дороги в производстве и требуют специального оборудования для создания. Кроме того, они очень хрупкие и могут легко разрушиться при механическом воздействии. Тем не менее, аэрогели продолжают привлекать внимание ученых и инженеров по всему

миру. Исследования в этой области продолжаются, на текущий момент аэрогель в виде волокна используют для изолирования высокотемпературных трубопроводов и крыш зданий как в России, так и за рубежом. Чаще всего, аэрогель используют в форме волокна или пасты – краски, распыляемой на рабочую поверхность [6].

### Источники

1. Abdullin T., Kondratiev A., Vankov Y. Study of the Effectiveness of the Use of Aerogel Thermal Insulation to Reduce Heat Loss // *Advances in Ecology and Environmental Engineering: Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences* / L.V. Radionova, D.V. Ulrikh (eds). Springer, Cham. URL: [https://doi.org/10.1007/978-3-031-64423-8\\_47](https://doi.org/10.1007/978-3-031-64423-8_47) (дата обращения: 26.12.2024).

2. Использование аэрогеля на ТЭЦ для повышения эффективности энергосбережения / Т.Р. Абдуллин, А.Е. Кондратьев, И.Г. Ахметова [и др.] // XIII семинар вузов по теплофизике и энергетике: тезисы докладов Всероссийской научной конференции. Нижний Новгород, 2023. С. 115–117.

3. Абдуллин Т.Р. Целесообразность использования теплоизоляции на основе аэрогелевых композитов на объектах энергетики // XXVII Всероссийский аспирантско-магистерский научный семинар, посвященный Дню энергетика и 55-летию КГЭУ: материалы докладов. Казань, 2023. С. 127–130.

4. Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е. Перспективные методы и методики поиска скрытых каналов, полостей и трубопроводов виброакустическим методом // *Вестник Северо-Кавказского федерального университета*. 2015. № 2 (47). С. 9–13.

5. Логунов Г.И., Федотова Л.Н., Кондратьев А.Е. Численное исследование возможности применения вейвлет-функций при диагностике линий электропередачи локационными методами // *Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика*. 2010. № 3. С. 52–54.

6. Zagretdinov A.R., Kondratyev A.E., Gaponenko S.O. Reliability Increasing Solutions for Multilayer Composite Structures Shock-Acoustic Control // *International Conference on Industrial Engineering*. Saint-Petersburg, 2017. P. 656–661.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОИЗВОДНЫХ АЭРОГЕЛЯ В КОМПОЗИТАХ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ

Абдуллин Тимербулат Радмирович<sup>1</sup>, Кондратьев Александр Евгеньевич<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>a@a0ki.ru

В статье предложены варианты использования аэрогелевых композитов в качестве наполнителей с целью создания нового композиционного термостойкого материала в виде пасты или краски.

**Ключевые слова:** аэрогель, композит, термостойкая краска, энергосбережение, теплоизоляция.

## PROSPECTS FOR THE USE OF AEROGEL DERIVATIVES IN COMPOSITES TO IMPROVE THE ENERGY EFFICIENCY OF THERMAL INSULATION

Abdullin Timerbulat Radmirovich<sup>1</sup>, Kondratiev Alexander Evgenievich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup> FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
<sup>1</sup>a@a0ki.ru

The article suggests options for using aerogel composites as fillers in order to create a new composite heat-resistant material in the form of paste or paint.

**Keywords:** aerogel, composite, heat-resistant paint, energy saving, thermal insulation.

Аэрогель – это класс материалов, представляющих собой гель, в котором жидкая фаза полностью замещена газообразной. Такие материалы обладают рекордно низкой плотностью и демонстрируют ряд уникальных свойств: твёрдость, прозрачность, жаропрочность и чрезвычайно низкую теплопроводность [1].

Композиционные материалы (композиты) – это материалы, состоящие из объёмного сочетания компонентов с чётко выраженной границей раздела. Они включают матрицу (связующее вещество) и равномерно распределённые в ней упрочнители и/или армирующие наполнители. Свойства композитов зависят от физико-механических свойств компонентов и прочности связи между ними.

Матрица придаёт изделию из композита заданную форму и монолитность. Свойства матрицы определяют эксплуатационные характеристики (рабочую температуру, плотность, удельную прочность, сопротивление усталостному разрушению и воздействию окружающей среды) и технологические режимы получения композитов.

Армирующие наполнители вводятся для увеличения прочности, жёсткости и пластичности, а также изменения электрофизических и теплофизических характеристик. Композиты характеризуются свойствами, которыми не обладает ни один из компонентов в отдельности [2].

Для армирования композитов применяются мелкодисперсные порошки и наночастицы (металлические, стеклянные, углеродные и другие), непрерывные и дискретные волокна (стеклянные, углеродные, борные, металлические, органические), нитевидные кристаллы (нитрида и оксида алюминия, оксида бериллия, карбида бора, нитрида кремния), ленточные, тканевые и сеточные наполнители.

Наибольшее применение в технике получили композиты, армированные высокопрочными и высокомодульными непрерывными волокнами, такие как стеклопластики, углепластики, органопластики, боропластики и другие [3].

Так как аэрогель в случаях теплоизоляции подразумевает высокие температуры и среды, необходимо использовать специальные матрицы, которые обеспечивают их устойчивость к высоким температурам и долговечность. Например:

- 1) кремнийорганические матрицы;
- 2) эпоксидные матрицы;
- 3) этилсиликатные и эпоксиэфирные матрицы;
- 4) силиконовые матрицы;
- 5) жаропрочное стекло и многокомпонентные материалы [4].

Эти матрицы обеспечивают высокую термостойкость и долговечность высокотемпературных красок, делая их идеальными для использования в условиях высоких температур и экстремальных условий эксплуатации [5].

Использование аэрогелевого порошка в качестве наполнителя для высокотемпературной краски представляет собой инновационный подход, который может значительно улучшить свойства и характеристики таких покрытий. Вот несколько ключевых аспектов, которые следует учитывать:

1. Термостойкость: аэрогелевая высокотемпературная краска ТС-С400, состоящая из системы SiO<sub>2</sub> и неорганического связующего вещества, может выдерживать температуры до 400 °С.



2. Изоляционные свойства: использование аэрогелевого порошка в краске позволяет создать покрытие с высокой изоляцией, что особенно полезно в промышленных высокотемпературных трубопроводах.

3. Долговечность: краски с аэрогелевым порошком могут служить длительное время, сохраняя свои свойства даже при экстремальных условиях.

4. Экологичность и безопасность: краски с аэрогелевым порошком безопасны для окружающей среды и не выделяют токсичных веществ при эксплуатации.

Таким образом, использование аэрогелевого порошка в качестве наполнителя для высокотемпературной краски может значительно улучшить её свойства, обеспечивая высокую термостойкость, долговечность, изоляционные свойства и экологичность [6].

### Источники

1. Abdullin T., Kondratiev A., Vankov Y. Study of the Effectiveness of the Use of Aerogel Thermal Insulation to Reduce Heat Loss // *Advances in Ecology and Environmental Engineering: Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences* / L.V. Radionova, D.V. Ulrikh (eds). Springer, Cham. URL: [https://doi.org/10.1007/978-3-031-64423-8\\_47](https://doi.org/10.1007/978-3-031-64423-8_47) (дата обращения: 26.12.2024).

2. Использование аэрогеля на ТЭЦ для повышения эффективности энергосбережения / Т.Р. Абдуллин, А.Е. Кондратьев, И.Г. Ахметова [и др.] // XIII семинар вузов по теплофизике и энергетике: тезисы докладов Всероссийской научной конференции. Нижний Новгород, 2023. С. 115–117.

3. Абдуллин Т.Р. Целесообразность использования теплоизоляции на основе аэрогелевых композитов на объектах энергетики // XXVII Всероссийский аспирантско-магистерский научный семинар, посвященный Дню энергетика и 55-летию КГЭУ: материалы докладов. Казань, 2023. С. 127–130.

4. Логунов Г.И., Федотова Л.Н., Кондратьев А.Е. Численное исследование возможности применения вейвлет-функций при диагностике линий электропередачи локационными методами // *Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика*. 2010. № 3. С. 52–54.

6. Кондратьев А.Е., Загретдинов А.Р. Применение метода свободных колебаний для диагностики технического состояния поршней дизельного двигателя автомобиля КамАЗ // *Заводская лаборатория. Диагностика материалов*. 2010. Т. 76, № 12. С. 49–51.

## КОНТРОЛЬ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ШАРОВОГО КРАНА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА АКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

Александров Роман Николаевич<sup>1</sup>, Загретдинов Айрат Рифкатович<sup>2</sup>,  
Зиганшин Шамиль Гаязович<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>rgtv.ww@gmail.com, <sup>2</sup>azagretdinov@yandex.ru, <sup>3</sup>shz@list.ru

В статье показана возможность применения метода нормированного размаха и детрендрованного флуктуационного анализа акустических сигналов для контроля герметичности затвора шарового крана.

**Ключевые слова:** акустический контроль, запорная арматура, метод нормированного размаха, R/S анализ, детрендрованный флуктуационный анализ.

## TIGHTNESS CONTROL OF THE BALL VALVE USING FRACTAL ANALYSIS OF ACOUSTIC SIGNALS

Alexandrov Roman Nikolaevich<sup>1</sup>, Zagretdinov Airat Rifkatovich<sup>2</sup>,  
Ziganshin Shamil Gayazovich<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>rgtv.ww@gmail.com, <sup>2</sup>azagretdinov@yandex.ru, <sup>3</sup>shz@list.ru

The article shows the possibility of using the method of normalized span and detrended fluctuation analysis of acoustic signals to control the tightness of the ball valve gate.

**Keywords:** acoustic control, shut-off valves, normalized span method, R/S analysis, detrended fluctuation analysis.

Обеспечение бесперебойной работы трубопроводных систем является важной задачей, включающей в себя своевременное обнаружение дефектов [1, 2]. Быстрое обнаружение дефектов позволяет минимизировать потери перекачиваемой среды [3]. Важным элементом трубопроводных систем является запорная арматура. Внутренние утечки, происходящие в запорной части арматуры, представляют серьезную проблему.

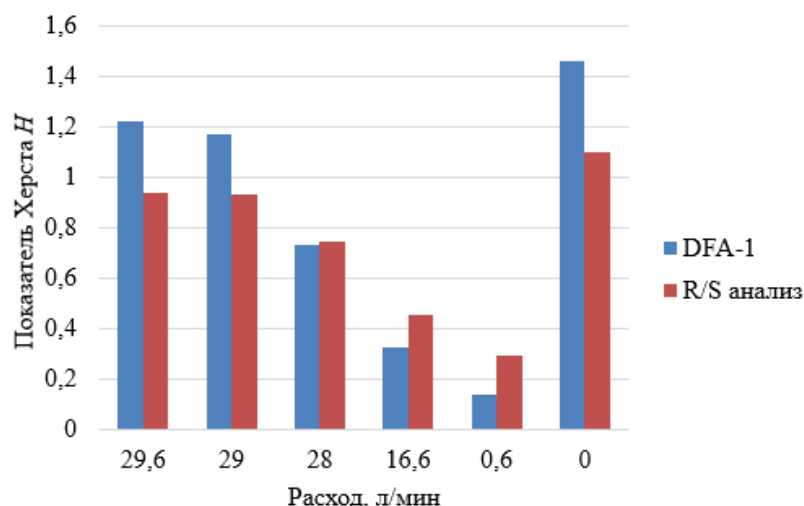
Для решения задачи акустического контроля герметичности затвора шарового крана были рассмотрены следующие методы фрактального анализа акустических сигналов:

- нормированного размаха (R/S анализ) [4];
- детрендрованного флуктуационного анализа DFA-1 [5].

Для проверки эффективности этих методов проведены эксперименты, в ходе которых имитировалась утечка воды путем открытия запорной части шарового крана.

Для регистрации акустических сигналов применялся датчик вибрационного ускорения AP2038P-1000 и аналого-цифровой преобразователь ZET 030.

На рисунке представлены результаты расчета показателя Херста полученных акустических сигналов методами R/S анализа и DFA-1.



Результаты расчета показателя Херста акустических сигналов (медианные значения для 20 акустических сигналов) методами R/S анализа и DFA-1

Из рисунка видно, что при малых расходах воды через шаровой кран акустические сигналы антикоррелированы (показатель Херста  $H < 0,5$ ). Рост протечки приводит к увеличению показателя Херста, в сигналах наблюдается положительная корреляция ( $H > 0,5$ ).

Рассмотренные методы позволяют определить величину протечки воды через запорную арматуру. Метод DFA-1 имеет большую чувствительность к изменению расхода воды.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-79-10045, <https://rscf.ru/project/22-79-10045/>.

## Источники

1. Братошевская В.В., Бабаян А.В. Безопасность магистральных трубопроводов в распределительной сети // Современные стратегии и цифровые трансформации устойчивого развития общества, образования и науки. 2023. С 164–167.

2. Алешков А.А., Цветков Г.А. Современные проблемы обеспечения физической безопасности магистральных трубопроводов // Тенденции развития науки и образования. 2021. №. 70–2. С. 109–118.

3. Determination of Pipeline Leaks Based on the Analysis the Hurst Exponent of Acoustic Signals / A. Zagretdinov, Sh. Ziganshin, Yu. Vankov [et al.] // Water. 2022. Vol. 14, Iss. 19. P. 3190. DOI 10.3390/w14193190.

4. Зиненко А.В. R/S анализ на фондовом рынке // Бизнес-информатика. 2012. № 3 (21). С. 24–30.

5. Анализ масштабной инвариантности виброакустических сигналов трубопровода с утечками / А.Р. Загретдинов [и др.] // СПбНТОРЭС: труды ежегодной НТК. 2023. № 1 (78). С. 88–90.

## ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ ИЗ ГРИБКОГО МЕЦЕЛИЯ

Анпилогов Лев Дмитриевич<sup>1</sup>, Кондратьев Александр Евгеньевич<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>lev.anpilgov03@mail.ru

В статье рассматривается использование мицелиальной теплоизоляции – инновационного и экологически чистого материала, произведенного на основе грибного мицелия. В отличие от традиционных теплоизоляционных материалов, таких как пенопласт и минеральная вата, теплоизоляция из мицелия является биоразлагаемой, не выделяет токсичных веществ и безопасна для здоровья человека.

**Ключевые слова:** теплоизоляция, мицелий, экологичный материал, грибы, биодegradация, низкая теплопроводность, огнестойкость, строительство.

## MYCELIUM INSULATION

Anpilgov Lev Dmitrievich<sup>1</sup>, Alexander Evgenievich Kondratiev<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
<sup>1</sup>lev.anpilgov03@mail.ru

The article examines the use of mycelium-based insulation – an innovative and environmentally friendly material produced from fungal mycelium. Mycelium. Unlike traditional insulation materials like foam and mineral wool, mycelium insulation is biodegradable, non-toxic, and safe for human health.

**Keywords:** insulation, mycelium, eco-friendly material, fungi, biodegradation, low thermal conductivity, fire resistance, construction, renewable materials.

Современные строительные материалы играют ключевую роль в обеспечении комфорта, безопасности и энергоэффективности зданий. Однако наряду с традиционными требованиями, такими как прочность и надежность, сегодня все большее значение приобретают аспекты экологичности и устойчивого развития. Поскольку строительная отрасль является одним из крупнейших потребителей ресурсов и источников отходов, необходимость разработки материалов, минимально влияющих на окружающую среду, становится особенно актуальной.

Одним из таких инновационных материалов, созданных с учетом экологических требований, является теплоизоляция на основе грибного мицелия. Этот уникальный биоматериал производят путем культивации грибов на основе органических субстратов, таких как солома, древесные

опилки и другие сельскохозяйственные отходы. В процессе роста мицелий разрастается, образуя сеть волокон, которая связывает частички субстрата, превращая его в плотную и прочную массу. После завершения роста мицелиальные блоки подвергают сушке для остановки дальнейшего роста грибков и стабилизации материала [1].

Преимущества мицелиальной изоляции обусловлены её естественным происхождением и уникальными свойствами, которые делают её особенно привлекательной для экологически ориентированных проектов. В отличие от традиционных синтетических материалов, таких как пенопласт и минеральная вата, грибной мицелий обладает способностью к полной биодegradации в естественной среде, не оставляя токсичных остатков. Это свойство крайне важно в условиях усиливающегося экологического кризиса, когда на первый план выходят материалы, не наносящие вреда окружающей среде даже после завершения срока их службы.

Теплоизоляция из мицелия производится путем культивации грибного мицелия на основе органических отходов, таких как солома, древесные опилки и кукурузные стебли. В процессе роста мицелий буквально "сплетает" отдельные частицы, создавая однородную структуру, что делает его отличным изоляционным материалом с высокими тепло- и звукоизоляционными характеристиками [2].

В отличие от традиционных теплоизоляционных материалов, таких как пенопласт, минеральная вата и другие синтетические изделия, мицелиальная изоляция предлагает ряд значительных преимуществ, особенно в контексте экологии и устойчивости. Этот тип изоляции также безопасен для здоровья: он не вызывает раздражения кожи и не представляет опасности для дыхательных путей, что делает его подходящим для использования в жилых и коммерческих помещениях [3].

Мицелиальная изоляция обладает рядом преимуществ перед традиционными синтетическими материалами, такими как пенопласт и минеральная вата. В отличие от них, производство изоляции из мицелия требует минимальных затрат энергии, поскольку процесс выращивания не нуждается в химических добавках или интенсивной обработке. Этот материал абсолютно безопасен для здоровья: он не вызывает раздражения кожи или дыхательных путей.

С учетом растущей потребности в экологически чистых и устойчивых материалах, мицелиальная изоляция становится все более востребованным выбором для «зеленого» строительства. Ученые и инженеры работают над адаптацией этих материалов к условиям массового производства, что позволит сделать их доступными и экономически целесообразными [4].

Теплоизоляция из грибного мицелия представляет собой перспективное решение для строительства. Она обладает множеством преимуществ перед традиционными изоляционными материалами, такими как экологичность, огнестойкость и возможность биodeградации [5].

Применение мицелиальной изоляции в различных сферах не только отвечает современным требованиям к экологии, но и открывает новые горизонты для инноваций и технологий в строительстве и смежных отраслях. Таким образом, мицелиальная изоляция может стать важным элементом в переходе к устойчивым строительным практикам, способствуя созданию более безопасного и здорового будущего для всех [6].

### Источники

1. Кузнецов Д.М. Инновационные строительные материалы на основе грибного мицелия // Международный журнал биоматериалов. 2004. № 6 (1). С. 77–90.

2. Ильясова Г.Р., Кондратьев А.Е. Применение аккумуляторов тепла в России // Научному прогрессу – творчество молодых. 2016. № 2. С. 188–190.

3. Халилова Э.А., Кондратьев А.Е. К вопросу утепления крыши жилого дома // Научному прогрессу – творчество молодых. 2016. № 2. С. 249–251.

4. Коныжов К.В., Кондратьев А.Е. Внедрения энергосберегающих технологий в России // Наука, образование, транспорт: актуальные вопросы, приоритеты, векторы взаимодействия : материалы II Международной научно-методической конференции. Самара – Оренбург, 2023. С. 192–194.

5. Information-measuring system for monitoring the location of underground gas pipelines on the basis of improved acoustic resonance method / S.A. Nazarychev, S.O. Gaponenko, A.E. Kondratiev, R.Z. Shakurova // Journal of Physics: Conference Series : Scientific Technical Conference on Low Temperature Plasma During the Deposition of Functional Coatings. Kazan, 2019. Vol. 1328. P. 012055. DOI 10.1088/1742-6596/1328/1/012055.

6. Investigation of the relationship between the Lamb waves phase velocity and the technical condition of housing and utilities pipelines / A.A. Ibadov, A.E. Kondrat'ev, D.A. Makueva, D.V. Sergeeva // E3S Web of Conferences. Kazan, 2020. Vol. 216. P. 01080. DOI 10.1051/e3sconf/202021601080.

## ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ ИЗ ПЕРЬЕВЫХ ВОЛОКОН

Анпилогов Лев Дмитриевич

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

lev.anpilogov03@mail.ru

В статье рассматривается применение теплоизоляции из перьевых волокон как одного из эффективных решений для повышения энергоэффективности зданий. Обсуждаются основные физико-механические свойства перьевых волокон, их преимущества и недостатки в качестве теплоизоляционного материала.

**Ключевые слова:** теплоизоляция, перьевые волокна, энергоэффективность, экологичность, натуральные материалы, долговечность.

## THERMAL INSULATION MADE OF FEATHER FIBERS

Anpilogov Lev Dmitrievich

FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan

lev.anpilogov03@mail.ru

The article examines the application of feather fiber insulation as an effective solution for enhancing the energy efficiency of buildings. It discusses the main physical and mechanical properties of feather fibers, as well as their advantages and disadvantages as an insulation material.

**Keywords:** insulation, feather fibers, energy efficiency, eco-friendliness, natural materials, construction technologies, thermal conductivity, acoustic insulation, durability.

Теплоизоляция из перьевых волокон представляет собой инновационный подход в области строительства и энергетической эффективности. В условиях глобальных изменений климата, растущей урбанизации и повышения цен на энергоресурсы использование экологически чистых и эффективных теплоизоляционных материалов становится особенно актуальным.

Перьевые волокна, как сырье для теплоизоляции, обладают уникальными физико-механическими свойствами, которые делают их особенно привлекательными для использования в строительстве [1].

Перья обеспечивают высокий уровень теплоизоляции благодаря своей структуре, содержащей множество мелких воздушных ячеек. Эти ячейки создают эффективный барьер для теплопередачи, что позволяет существенно уменьшить теплопотери в зданиях. Показатель теплопроводности теплоизоляционных материалов из перьевых волокон



может составлять от 0,030 до 0,040 Вт/(м·К), что сопоставимо с традиционными теплоизоляционными материалами, такими как стекловата и пенополистирол.

Теплоизоляция из перьевых волокон характеризуется низкой плотностью, что делает ее удобной в транспортировке и монтаже. Обычно плотность таких материалов составляет около 20-50 кг/м<sup>3</sup>, что значительно легче по сравнению с большинством традиционных теплоизоляционных материалов, таких как минеральная вата или пенополистирол. Легкость перьевых волокон позволяет значительно сократить транспортные расходы и время на установку, а также минимизировать нагрузку на конструкции, что особенно важно в многоуровневом строительстве [2].

Перьевые волокна обладают высокой гибкостью и эластичностью, сохраняют свою форму и теплоизоляционные свойства даже под воздействием значительных нагрузок, что особенно важно в условиях строительного рынка, где материалы подвергаются постоянным механическим воздействиям [3].

Перья обладают способностью впитывать и отдавать влагу, что позволяет поддерживать оптимальный уровень влажности в помещениях. Эта способность терморегуляции делает теплоизоляцию из перьевых волокон особенно эффективной в условиях переменчивого климата.

Перьевые волокна представляют собой натуральный материал, получаемый от птиц, и не содержат токсичных веществ, таких как формальдегид или фталаты, которые часто встречаются в синтетических теплоизоляционных материалах, они могут быть переработаны после завершения срока службы, что дополнительно снижает воздействие на природу [4].

Перья обладают уникальной способностью поглощать звук благодаря своей волокнистой структуре и пористой природе. Особенно важно это свойство в условиях городской застройки, где шум от транспорта, стройки и соседей может стать серьезной проблемой для комфортного проживания. Устойчивость к шуму позволяет создать более спокойную и продуктивную среду как в жилых, так и в коммерческих помещениях [5].

Натуральные материалы, включая перьевые волокна, часто стоят дороже синтетических аналогов, что может стать барьером для их широкого применения. Однако потенциальные экономии на энергозатратах и снижении расходов на обслуживание могут компенсировать начальные инвестиции.

В условиях растущей необходимости в устойчивом развитии и охране окружающей среды, теплоизоляция из перьевых волокон может сыграть важную роль в будущем строительной отрасли. Успешные примеры применения и исследования подтверждают, что этот материал может стать неотъемлемой частью строительных решений, направленных на создание комфортных и энергоэффективных пространств [6].

### Источники

1. Investigation of the relationship between the Lamb waves phase velocity and the technical condition of housing and utilities pipelines / A. A. Ibadov, A. E. Kondrat'ev, D. A. Makueva, D. V. Sergeeva // E3S Web of Conferences, Kazan, 21–26 сентября 2020 года. Vol. 216. Kazan: EDP Sciences, 2020. P. 01080. DOI 10.1051/e3sconf/202021601080.

2. Коныжов, К. В. Внедрения энергосберегающих технологий в России / К. В. Коныжов, А. Е. Кондратьев // Наука, образование, транспорт: актуальные вопросы, приоритеты, векторы взаимодействия : Материалы II Международной научно-методической конференции, Самара–Оренбург, 08–09 ноября 2023 года. Оренбург: ОрИПС - филиал СамГУПС, 2023. С. 192-194.

3. Мукатдарова, Д. А. Организация теплоснабжения низкотемпературной маломинерализованной термальной водой / Д. А. Мукатдарова, А. Е. Кондратьев // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве : Материалы VII Национальной научно-практической конференции, Казань, 09–10 декабря 2021 года. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2022. С. 717-719.

4. Ильясова, Г. Р. Применение аккумуляторов тепла в России / Г. Р. Ильясова, А. Е. Кондратьев // Научному прогрессу творчество молодых. 2016. № 2. С. 188-190. EDN YGGXUP.

5. Халилова, Э. А. К вопросу утепления крыши жилого дома / Э. А. Халилова, А. Е. Кондратьев // Научному прогрессу творчество молодых. 2016. № 2. С. 249-251.

6. Использование аэрогеля на ТЭЦ для повышения эффективности энергосбережения / Т. Р. Абдуллин, А. Е. Кондратьев, И. Г. Ахметова [и др.] // XIII семинар вузов по теплофизике и энергетике : тезисы докладов Всероссийской научной конференции, Нижний Новгород, 12–14 октября 2023 года. Нижний Новгород: Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, 2023. С. 115-117.

## ОБНАРУЖЕНИЕ УТЕЧЕК В ГАЗОПРОВОДАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН

Анцупов Никита Алексеевич

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
anikita74rus@gmail.com

**Аннотация:** несмотря на то, что безопасность газопроводов повысилась за последнее время, средний экономический ущерб от аварий на природном газе, включая утечки, остается высоким. Для решения этих проблем была разработана и исследована акустическая система локализации утечек для газопроводов.

**Ключевые слова:** трубопровод, акустический, утечки, газ.

## DETECTION OF LEAKS IN GAS PIPELINES USING ACOUSTIC WAVES

Antsupov Nikita Alexeyevich

FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
anikita74rus@gmail.com

Despite the fact that the safety of gas pipelines has improved recently, the average economic damage from natural gas accidents, including leaks, remains high. To solve these problems, an acoustic leak localization system for gas pipelines was developed and investigated using various.

**Keywords:** pipeline, acoustic, leakage, gas.

Природный газ является жизненно важным энергоносителем, который может служить источником энергии, но который чрезвычайно уязвим к утечкам из систем трубопроводного транспорта. Кроме того, инциденты, связанные с транспортировкой и распределением природного газа по трубопроводам, ежегодно приводят к смертельным случаям, травмам и большим материальным ущербам [1].

Например, в Китае протяженность магистральных газопроводов составила 150 000 км, а городских газопроводов с природным газом – 600 000 км. К сожалению, в связи с быстрым развитием газопроводов время от времени происходят утечки природного газа. Для того, чтобы найти способ обеспечить мониторинг газопроводов, обнаружение утечек и их локализацию были разработаны различные методы и системы. Предлагаемый нами акустический метод основан на измерении акустической волны датчиками динамического давления [2].

Исследования акустического метода были сосредоточены на трубопроводах для жидкостей. При использовании акустических датчиков или акселерометров измеряемые сигналы затухают быстрее, что подходит для коротких трубопроводов. При использовании динамических датчиков давления акустический метод может быть использован для трубопроводов большой протяженности благодаря большей амплитуде и широкому диапазону частот волн динамического давления. Ученые разработали модель генерации динамических волн давления и пришли к выводу, что продольные волны в трубопроводе затухают медленнее. Тем не менее исследований, поведения модели затухания, недостаточно [3].

Согласно исследованиям, большинство методов определения местоположения в настоящее время зависят от скорости и разницы во времени двух сигналов, измеряемых двумя датчиками на обоих концах трубопроводов, которые рассчитываются методом взаимной корреляции. Учитывая тот факт, что скорости распространения акустических волн меняются в зависимости от условий работы, датчики могут быть установлены не с обеих сторон, а с одной и той же стороны от одной известной точки утечки.

Классический метод выявления местоположения утечки был усовершенствован с помощью перспективной методики переработки сигналов для расчета разницы во времени. При обнаружении утечки акустические сигналы измеряются датчиками выше и ниже потока жидкости [4].

Традиционный алгоритм определения местоположения утечки:

$$x = (L + c\Delta t)/2, \#$$

где  $x$  (м) – расстояние между точкой утечки и расположенным выше по потоку акустическим датчиком;  $L$  (м) – расстояние между расположенным выше по потоку и расположенным ниже по потоку датчиками;  $c$  (м/с) – скорость распространения акустической волны.

Традиционный метод определения местоположения утечки определяется разницей во времени, которая может быть рассчитана путем взаимной корреляции в качестве входных сигналов [5].

Проблема утечек природного газа в трубопроводных системах представляет значительную угрозу для природной среды, экономики и здоровья людей. Акустический метод обнаружения утечек является перспективным решением для обеспечения безопасности газопроводов, поскольку он основан на измерении акустических волн, генерируемых утечками. Предлагаемый новый подход к локализации утечек позволяет упростить процесс установки датчиков и повысить точность определения местоположения утечек [6].

## Источники

1. Information-measuring system for monitoring the location of underground gas pipelines on the basis of improved acoustic resonance method / S. A. Nazarychev, S. O. Gaponenko, A. E. Kondratiev, R. Z. Shakurova // Journal of Physics: Conference Series: Scientific Technical Conference on Low Temperature Plasma During the Deposition of Functional Coatings, Kazan, 05–08 ноября 2018 года. Vol. 1328. Kazan: Institute of Physics Publishing, 2019. P. 012055. DOI 10.1088/1742-6596/1328/1/012055.

2. Загретдинов, А. Р. Методика расчета информативных гармоник виброакустических сигналов в применении к контролю многослойных композиционных конструкций / А. Р. Загретдинов, А. Е. Кондратьев, С. О. Гапоненко // Инженерный вестник Дона. 2014. № 4-1(31). С. 28.

3. Кондратьев, А. Е. Применение метода свободных колебаний для диагностики технического состояния поршней дизельного двигателя автомобиля КамАЗ / А. Е. Кондратьев, А. Р. Загретдинов // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2010. Т. 76, № 12. С. 49-51.

4. Логунов, Г. И. Численное исследование возможности применения вейвлет-функций при диагностике линий электропередачи локационными методами / Г. И. Логунов, Л. Н. Федотова, А. Е. Кондратьев // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2010. № 3. С. 52-54.

5. Гапоненко, С. О. Построение математической модели распространения волн Лэмба в стальном трубопроводе с защитным наружным покрытием / С. О. Гапоненко, А. Е. Кондратьев, Г. Р. Мустафина // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 4. С. 3-15. DOI 10.30724/1998-9903-2022-24-4-3-15.

6. Acoustic-resonance method for control of the location of hidden hollow objects / S. A. Nazarychev, S. O. Gaponenko, A. E. Kondratiev, R. Z. Shakurova // Journal of Physics: Conference Series : Scientific Technical Conference on Low Temperature Plasma During the Deposition of Functional Coatings, Kazan, 05–08 ноября 2018 года. Vol. 1328. Kazan: Institute of Physics Publishing, 2019. P. 012054. DOI 10.1088/1742-6596/1328/1/012054.

## ОБНАРУЖЕНИЕ ПОВРЕЖДЕНИЙ В ПОДЗЕМНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭНТРОПИИ ВИНЕРА

Анцупов Никита Алексеевич

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
anikita74rus@gmail.com

В последние годы измерения спектральной энтропии стали эффективным методом оценки ущерба механических систем. В данной работе измерения энтропии применяются в качестве чувствительного к повреждениям элемента для мониторинга состояния подземных трубопроводов.

**Ключевые слова:** трубопроводы, мониторинг, повреждения, энтропия.

## DETECTION OF DAMAGE IN UNDERGROUND PIPELINES USING WIENER ENTROPY

Antsupov Nikita Alexeyevich

FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
anikita74rus@gmail.com

In recent years, spectral entropy measurements have become an effective method for assessing damage to mechanical systems. In this work, entropy measurements are used as a damage-sensitive element for monitoring the condition of underground pipelines.

**Keywords:** pipelines, monitoring, damages, entropy.

Трубопроводы представляют собой один из наиболее эффективных способов транспортировки жидкостей и различных сред. Они считаются более безопасными, устойчивыми и экономически удобными, чем другие альтернативы, такие как автомобильный или железнодорожный транспорт. Основные области применения включают транспортировку нефти и газа по морю и суше, транспортировку сырья и нефтепродуктов на химических заводах или в других промышленных процессах, а также в городских трубопроводных сетях [1].

Основными параметрами трубопровода является диаметр, строительный материал и внешняя среда. Типичные механизмы разрушения включают точечную коррозию, а также разрыв трубы из-за скачкообразного давления или явления «гидравлического удара». Наиболее типичные повреждения, встречающиеся в заглубленных трубах, могут быть классифицированы в зависимости от их геометрии как кольцевые, продольные и спиральные [2].

В последние годы было предложено несколько методов для извлечения полезной информации из динамики исследуемой структуры: биспектральный анализ и вейвлет-уровни, которые являются примерами характеристик, чувствительных к повреждениям [3].

Согласно информационной теории, энтропия является показателем неопределенности исследуемой системы. Клод Элвуд Шеннон ввел энтропию как меру неопределенности в 1948 году. В рамках данной работы будет рассмотрена энтропия Винера, которая применяется для обнаружения и локализации повреждений трубопроводов. Ее показатель, также известный как спектральная плоскостность может быть определен как отношение среднего геометрического значения спектра мощности к среднему арифметическому значению спектра мощности:

$$H_w = Q \frac{\sqrt[Q]{\prod_q S(q)}}{\sum_q S(q)}, \#(1)$$

где  $Q$  представляет собой общее количество частотных интервалов, а  $S(q)$  - дискретный спектр мощности записанной истории колебаний [4].

Подходы, основанные на теории, в структурном мониторинге утверждают, что повреждение увеличивает сложность системы, и таким образом, его можно обнаружить как мгновенное, локализованное изменение энтропии сигнала. Однако спектральные показатели энтропии могут вести себя по-разному в зависимости от повреждения в зависимости от выбранного эталонного сигнала (например, смещения, деформации или ускорения). Также было сравнение энтропии Винера с более распространенным спектральным показателем Шеннона. На энтропию Шеннона более существенно влияют изменения состояния системы, что делает ее более чувствительной к повреждениям и подходит для обнаружения небольших трещин в начале их развития [5]. С другой стороны, показатель Винера также более чувствителен к шумам и воздействиям при измерениях, не связанным с повреждениями, что затрудняет его использование в областях, где существенно влияние температуры и влажности. По этим причинам удобно отказаться от некоторой стабильности результатов в пользу большей чувствительности и выбрать энтропию Винера, а не Шеннона [6].

Итак, метод обнаружения повреждений, основанный на варианте Винера, является эффективным и перспективным подходом для мониторинга трубопроводов. Он способен предоставлять информацию о

наличии и местоположении повреждений. Основанные на вибрации методы непрерывного мониторинга идеально подходят для решения поставленной нами задачи [7].

### Источники

1. Гапоненко, С. О. Перспективные методы и методики поиска скрытых каналов, полостей и трубопроводов виброакустическим методом / С. О. Гапоненко, А. Е. Кондратьев // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2015. № 2(47). С. 9-13.

2. Zagretdinov, A. R. Reliability Increasing Solutions for Multilayer Composite Structures Shock-Acoustic Control / A. R. Zagretdinov, A. E. Kondratyev, S. O. Gaponenko // International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2017, Saint-Petersburg, 16–19 мая 2017 года. Saint-Petersburg, 2017. P. 656-661. DOI 10.1016/j.proeng.2017.10.533.

3. Логунов, Г. И. Численное исследование возможности применения вейвлет-функций при диагностике линий электропередачи локационными методами / Г. И. Логунов, Л. Н. Федотова, А. Е. Кондратьев // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2010. № 3. С. 52-54.

4. Acoustic-resonance method for control of the location of hidden hollow objects / S. A. Nazarychev, S. O. Gaponenko, A. E. Kondratiev, R. Z. Shakurova // Journal of Physics: Conference Series : Scientific Technical Conference on Low Temperature Plasma During the Deposition of Functional Coatings, Kazan, 05–08 ноября 2018 года. Vol. 1328. Kazan: Institute of Physics Publishing, 2019. P. 012054. DOI 10.1088/1742-6596/1328/1/012054.

5. Кондратьев, А. Е. Применение метода свободных колебаний для диагностики технического состояния поршней дизельного двигателя автомобиля КамАЗ / А. Е. Кондратьев, А. Р. Загретдинов // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2010. Т. 76, № 12. С. 49-51.

6. Gaponenko S.O., Nazarychev S.A., Kondratiev A.E. Determination of informative frequency ranges for buried pipeline location control // *Helix*. 2018. V. 8(1). P. 2481-2487.

7. Zagretdinov, A. R. Reliability Increasing Solutions for Multilayer Composite Structures Shock-Acoustic Control / A. R. Zagretdinov, A. E. Kondratyev, S. O. Gaponenko // International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2017, Saint-Petersburg, 16–19 мая 2017 года. Saint-Petersburg, 2017. P. 656-661. DOI 10.1016/j.proeng.2017.10.533.



## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ**

Анцупов Никита Алексеевич

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

anikita74rus@gmail.com

Процесс поиска подземных трубопроводов, представляющих интерес, является необходимым условием для их обслуживания и ремонта. В данной работе акустические методы локализации труб применяются для поиска подземных коммуникаций и показали эффективность при локализации различных трубопроводов.

**Ключевые слова:** акустический, трубопровод, подземный, волн.

## **USING ACOUSTIC METHODS TO DETERMINE THE LOCATION OF UNDERGROUND PIPELINES**

Antsupov Nikita Alexeyevich

FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan

anikita74rus@gmail.com

The process of searching for underground pipelines of interest is a prerequisite for their maintenance and repair. In this work, acoustic methods of pipe localization are used to search for underground utilities and have shown their effectiveness in locating various pipelines.

**Keywords:** acoustic, pipeline, underground, waves.

Подземные трубопроводные системы играют ключевую роль в современном мире, обеспечивая жизненно важные коммунальные услуги. Согласно последним данным, общая протяжённость трубопроводов в 120 странах мира составляет более 3 500 000 километров. С увеличением спроса количество подземных трубопроводов быстро увеличивается, что усложняет их обнаружение. Для решения этой проблемы были разработаны методы акустической локализации, которые показали себя эффективными при работе с различными типами почв и неметаллическими объектами [1].

Теоретические исследования поведения волн при распространении в трубах на сегодняшний день привлекают большое внимание и проводятся многими учёными. Более глубокое понимание механизма распространения волн в трубопроводных системах необходимо не только для определения местоположения трубопроводов, но и для оценки их состояния [2].

Основной принцип акустических методов заключается в том, что при контролируемом возбуждении одной части трубы или структуры среды специально разработанным источником могут возникать волны, которые затем распространяются от точки возбуждения во внешнюю среду, окружающую трубу, или во внутреннюю среду внутри трубы. После взаимодействия между этими структурами волновые сигналы улавливаются измерительным оборудованием, расположенным на поверхности земли. Местоположение объекта можно определить, обработав и проанализировав эти сигналы [3].

Схема принципа работы акустических методов показана на рис. 1.

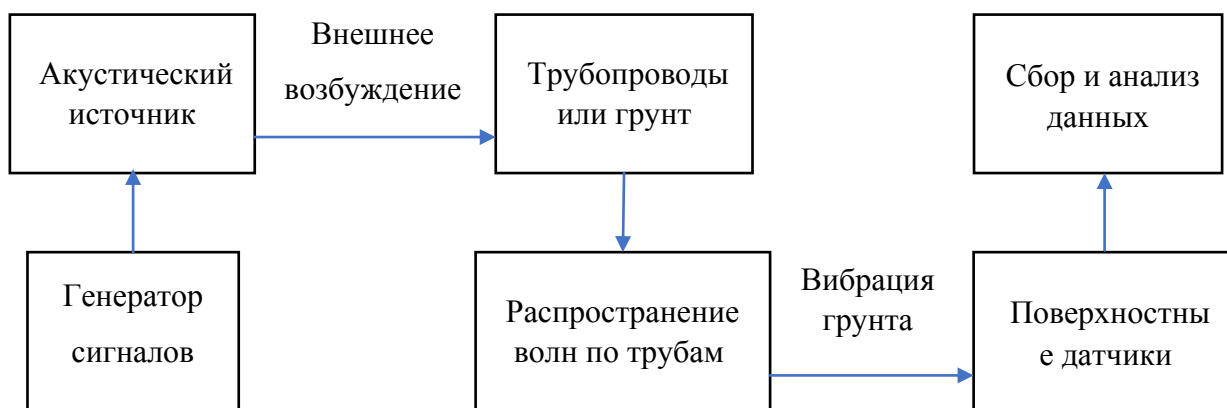


Рис. 1. Блок-схема принципа работы акустического метода

Традиционный метод акустической передачи зародился в области обнаружения утечек воды. Шум от утечки распространяется по трубе и через почву на поверхность земли, где его можно уловить с помощью прослушивающего стержня, а затем определить место утечки. Кроме того их можно обнаружить с помощью таких датчиков, как геофоны. Вибрация будет сильнее всего ощущаться непосредственно над трубой из-за кратчайшего расстояния распространения и меньшего ослабления сигнала, что по максимальному уровню звука позволит определить расположение заглубленного объекта [4].

Обычно частота возбуждения варьируется от 10 Гц до 300 Гц, поскольку известно, что в этом диапазоне частот затухание звуковых волн в почве невелико. Также было обнаружено, что диапазон частот от 50 Гц до 150 Гц наиболее эффективен в зависимости от типа почвы [5].

Исследования показывают, что традиционный метод акустической передачи данных полезен для поиска подземных коммуникаций. Таким образом в данном направлении предстоит еще проводить много исследований и искать наиболее эффективные варианты по обнаружению местоположения трубопроводов [6].

## Источники

1. Information-measuring system for monitoring the location of underground gas pipelines on the basis of improved acoustic resonance method / S. A. Nazarychev, S. O. Gaponenko, A. E. Kondratiev, R. Z. Shakurova // Journal of Physics: Conference Series : Scientific Technical Conference on Low Temperature Plasma During the Deposition of Functional Coatings, Kazan, 05–08 ноября 2018 года. Vol. 1328. – Kazan: Institute of Physics Publishing, 2019. P. 012055. DOI 10.1088/1742-6596/1328/1/012055.

2. Гапоненко, С. О. Перспективные методы и методики поиска скрытых каналов, полостей и трубопроводов виброакустическим методом / С. О. Гапоненко, А. Е. Кондратьев // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2015. № 2 (47). С. 9–13.

3. Гапоненко С.О. Построение математической модели распространения волн Лэмба в стальном трубопроводе с защитным наружным покрытием / С. О. Гапоненко, А. Е. Кондратьев, Г. Р. Мустафина // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 4. С. 3-15. DOI 10.30724/1998-9903-2022-24-4-3-15.

4. Установка для калибровки пьезоэлектрических датчиков / С.О. Гапоненко, А.Е. Кондратьев, Е.Е. Костылева, А.Р. Загретдинов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2016. № 7-8. С. 79-86.

5. Acoustic-resonance method for control of the location of hidden hollow objects / S.A. Nazarychev, S.O. Gaponenko, A.E. Kondratiev, R.Z. Shakurova // Journal of Physics: Conference Series : Scientific Technical Conference on Low Temperature Plasma During the Deposition of Functional Coatings, Kazan, 05–08 ноября 2018 года. Vol. 1328. Kazan: Institute of Physics Publishing, 2019. P. 012054. DOI 10.1088/1742-6596/1328/1/012054.

6. Zagretdinov A.R. Reliability Increasing Solutions for Multilayer Composite Structures Shock-Acoustic Control / A.R. Zagretdinov, A.E. Kondratyev, S.O. Gaponenko // International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2017, Saint-Petersburg, 16–19 мая 2017 года. Saint-Petersburg, 2017. P. 656-661. DOI 10.1016/j.proeng.2017.10.533.

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ: ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ**

Афанасьев Артем Валерьевич<sup>1</sup>, Исаев Никита Павлович<sup>2</sup>,  
Марзоева Ирина Владимировна<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>afartem2002@yandex.ru, <sup>2</sup>nikita-isaev-09@mail.ru, <sup>3</sup>arigata@bk.ru

Системы теплоснабжения играют ключевую роль в обеспечении комфорта и устойчивого развития городов. Однако современные тепловые сети часто сталкиваются с проблемами низкой энергоэффективности и значительного воздействия на окружающую среду. Основными проблемами являются высокие потери тепла при транспортировке, использование ископаемого топлива, приводящее к выбросам углекислого газа (CO<sub>2</sub>), и износ оборудования. Эти проблемы требуют комплексного подхода к модернизации систем теплоснабжения с акцентом на внедрение инновационных технологий и повышение экологической устойчивости. В данной статье рассматриваются ключевые направления модернизации и их влияние на энергоэффективность и экологическую безопасность.

**Ключевые слова:** системы отопления, снабжение, ископаемое топливо, тепловые потери, одновременное производство электроэнергии.

## **HEAT SUPPLY SYSTEMS MODERNIZATION: INNOVATIVE SOLUTIONS TO IMPROVE ENERGY EFFICIENCY AND ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY**

Afanasyev Artem Valerievich<sup>1</sup>, Isaev Nikita Pavlovich<sup>2</sup>,  
Marzoeva Irina Vladimirovna<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>afartem2002@yandex.ru, <sup>2</sup>nikita-isaev-09@mail.ru, <sup>3</sup>arigata@bk.ru

Heat supply systems play a key role in ensuring the comfort and sustainable development of cities. However, modern heating networks often face problems of low energy efficiency and significant environmental impact. The main problems are high heat losses during transportation, the use of fossil fuels resulting in carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions, and equipment wear. These problems require an integrated approach to the modernization of heat supply systems with an emphasis on the introduction of innovative technologies and increasing environmental sustainability. This paper examines the key areas of modernization and their impact on energy efficiency and environmental safety.

**Key words:** heating systems, supply, fossil fuels, heat losses, simultaneous production of electricity.

Heating systems play a critical role in ensuring comfort and supporting sustainable urban development. However, modern heating networks often face issues of low energy efficiency and significant environmental impact. Key problems include high heat losses during transportation, reliance on fossil fuels leading to carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions, and aging infrastructure. These challenges necessitate a comprehensive approach to the modernization of heating systems, focusing on the introduction of innovative technologies and enhancing environmental sustainability. This paper explores the key directions of modernization and their impact on energy efficiency and environmental safety.

One of the promising solutions is the use of **heat pumps**, which provide efficient energy use from renewable sources such as air, water, and ground. Heat pumps significantly reduce fossil fuel consumption, leading to lower greenhouse gas emissions and reduced fuel costs. For instance, modern heat pumps can achieve a coefficient of performance (COP) of 3-5, meaning that for every kilowatt of electricity consumed, they produce 3-5 kW of heat.

Another significant innovation is the implementation of **cogeneration systems**. These systems allow for the simultaneous production of electricity and heat, which enhances overall energy efficiency. Unlike traditional power plants, cogeneration units can operate on natural gas and biomass, making them more environmentally friendly. As a result, this approach significantly reduces fuel costs and cuts CO<sub>2</sub> emissions.

The use of **smart heating management systems** is also crucial. These systems allow for real-time monitoring of heating parameters and can quickly respond to changes in demand. This is achieved by integrating Internet of Things (IoT) technologies, which not only improve service quality but also help reduce energy consumption.

A key method for improving energy efficiency is **reducing heat losses**. Modernizing pipeline insulation, especially in main and distribution networks, can reduce heat loss by up to 30%. The use of advanced insulation materials, such as polyurethane foam, helps maintain high temperatures in the transported medium and minimizes heat leakage throughout the system.

**Heat recovery** is another effective method. The reuse of heat generated during industrial processes or building cooling can be harnessed to heat water or air in heating networks. This not only reduces overall energy consumption but also lessens the load on central heat sources.

Additionally, the use of **smart meters** and monitoring systems enables energy consumption to be tracked at every stage. This allows for more accurate consumption forecasting, preventing losses and redistributing resources based on real-time demand from consumers.

The modernization of heating systems has a significant impact on reducing environmental harm. First, the transition to **renewable energy sources**, such as solar collectors and biomass, reduces dependency on fossil fuels. For example, solar collectors can be used to preheat water, reducing the consumption of gas or coal at thermal power plants.

Second, the introduction of cogeneration technologies and heat pumps contributes to **reducing greenhouse gas emissions**. This is especially important in the context of global efforts to combat climate change and meet international agreements on CO<sub>2</sub> emission reductions.

Moreover, **comprehensive waste management**, such as the recycling of ash and slag, minimizes their impact on ecosystems. Modern waste recycling technologies not only reduce landfill volumes but also allow waste to be used as secondary raw materials for construction.

The modernization of heating systems is a vital step towards creating more energy-efficient and environmentally sustainable cities. The introduction of innovative technologies such as heat pumps, cogeneration units, and smart management systems not only significantly increases energy efficiency but also minimizes environmental impact. In the future, the continued development of these technologies, supported by government initiatives and investments, will make heating systems more reliable, sustainable, and environmentally safe.

### List of References

1. Баранов, А. В., Сергеев, Н. А. Устойчивые практики управления отходами в энергетике // Энергетические технологии и ресурсы. 2020. № 4. С. 23-30.
2. Григорьев, И. П. Тепловые насосы: современные технологии и их применение // Теплотехника. 2018. Т. 56. № 2. С. 45-50.
3. Калинин, А. В. Когенерационные системы: эффективность и экологические преимущества // Журнал энергетических технологий. 2019. Т. 78, № 1. С. 101-110.
4. Кузнецов, Д. Н., Петрова, Л. С. Современные методы повышения энергоэффективности в системах отопления // Энергетика. 2021. Т. 89, № 3. С. 34-40.
5. Лукьянов, С. А. Инновационные технологии в системах отопления: пути модернизации // Энергетические системы и технологии. 2022. Т. 42, № 2. С. 12-18.
6. Мартыненко, В. Н. Умные системы управления отоплением и их влияние на энергоэффективность // Научные исследования в энергетике. 2020. Т. 13, № 1. С. 56-62.

## МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ В ТЕПЛОВЫХ ПУНКТАХ

Ахремчик Олег Леонидович<sup>1</sup>, Ахремчик Павел Олегович<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup> ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», г. Тверь  
<sup>1</sup>axremchic@mail.ru, <sup>2</sup>akhremchikpavel@mail.ru

В работе предлагается в ходе модернизации систем контроля и учета энергоресурсов в индивидуальных тепловых пунктах использовать модули прогнозирования энергопотребления. Представляется расширение теоретико-множественной модели сигналов диспетчеру в части связи с архивными данными. В ходе прототипирования модули написаны на языке С#.

**Ключевые слова:** контроль, модуль, система, энергоресурсы, потребление.

## UPGRADE OF ENERGY METERING SYSTEMS IN HEATING STATIONS

Akhremchik Oleg Leonidovich<sup>1</sup>, Akhremchik Pavel Olegovich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup> FGBOU VO «Tver state technical university», Tver, Russia  
<sup>1</sup>axremchic@mail.ru, <sup>2</sup>akhremchikpavel@mail.ru

It is proposed to use modules for predicting energy consumption during the modernization of systems for monitoring and accounting for energy resources in individual heating points. An extension of the theoretical multiple signal model is presented to the dispatcher in terms of communication with archived data. Modules are written in C # in the prototyping process.

**Key words:** control, module, system, utilities, consumption.

Новое поколение систем контроля и учета энергоресурсов в жилищно-коммунальном хозяйстве должно иметь функцию контроля потерь на основе контроля и расчета энергетических балансов, прогноза потребления на текущий и плановый периоды, осуществлять переключение насосного парка для выравнивания нагрузки [1]. Введение нового функционала требует разработки и верификации шаблонных решений, способных встраиваться в существующие автоматизированные системы контроля. Основой для разработки данных решений являются техническое, программное и информационное обеспечения, базирующиеся на протоколах сбора и передачи данных с индивидуальных тепловых пунктов в территориально распределенных сетях [2].

Объектом исследования является среда разработки систем контроля и управления энергоснабжением (АСКУЭ) на уровне тепловых пунктов.

Использование автоматизированных тепловых пунктов позволяет снизить теплопотери и обеспечить экономичные режимы энергопотребления [3]. Практической ценностью является снижение затрат на проектирование и внедрение модулей, осуществляющих изменение состояния запорной арматуры схем подачи и отвода горячей воды.

В работе АСКУЭ участвуют: оператор-диспетчер, объекты контроля, программно-технические комплексы. Сигнал оператору при отклонениях в системе теплоснабжения в общем виде представляется:

$$\text{Alarm} = \langle S_{i3p}; S_{i3b}; \tau \rangle, S_i = \langle \text{Atr}_i; T_i \rangle, \\ S_i = \langle \text{ID}, \text{Time}, P, \text{Mes}, \text{Evclass}, \text{Sigclass}, \text{Actclass}, \text{Archive} \rangle,$$

где Alarm – сигнал;  $i$  – индекс воспроизведения составляющих;  $S_{i3p}$ ;  $S_{i3b}$  – визуальная и акустическая составляющие;  $\tau$  – время между предъявлением сигналов;  $T_i$  – время воспроизведения;  $\text{Atr}_i$  – параметры сигнала на шаге  $i$ ; ID – идентификатор; Time – метка времени; P – уровень приоритета; Mes – сообщение; Evclass – класс состояний сети; Sigclass – класс сигнализации о состоянии; Actclass – класс действий; Archive – связь с архивом.

В схеме стандартной логики переключений на основе представленной модели в канале управления состоянием запорной арматуры реализуется комплекс логических функций, задающих: прием и обработку команд «Заккрыть/Открыть»; прием и обработку команд блокировок и защит; формирование команд «Меньше/Больше». Зачастую блокировки связаны с несоответствием ментальной модели ситуации в сознании диспетчера реальному состоянию системы теплоснабжения.

Новизной работы является расширение систем контроля и их теоретико-множественных моделей за счет включения новых модулей по сравнению с ранее предложенными [4]. В частности в совокупность параметров сигналов в поле «Archive» предлагается включить активаторы процедуры обработки архивных данных о расходах ресурсов с формированием трендов на основе моделей авторегрессии-скользящего среднего. Одновременно визуализируется и учитывается информация с тегов, подключенных к счетчикам электрической энергии тепловых пунктов и датчикам температуры на прямой и обратной сторонах системы теплоснабжения. Это позволяет сопоставлять данные о затратах электроэнергии на перекачку сетевой воды с теплопотерями. Разработанный скрипт расчета прогноза средних значений расходов



вводится в библиотеку скриптов АСКУЭ и становится шаблонным модулем версии диспетчера.

Выбор языка для написания скриптов определяется применяемой средой проектирования (например, Object Pascal в Simple SCADA или C# в DataRate). Авторы в своей разработке использовали C#, что обусловлено установкой в исследовательском комплексе лабораторий университета продуктов компании «Кругсофт» с наличием библиотечных тегов и OPC серверов для датчиков расхода энергоресурсов. В качестве типа данных о расходах на этапе прототипирования системы контроля выбираются целочисленные данные.

Предложенное решение предлагается использовать в комплексе мероприятий по модернизации сетей теплоснабжения на уровне индивидуальных тепловых пунктов. Подобные мероприятия приводят к снижению расхода сетевой воды и снижению теплопотерь [5]. Апробация прототипов модулей прогнозирования показала возможность их внедрения в практику автоматизации тепловых пунктов с дальнейшим сбором данных о параметрах сети теплоснабжения для обработки.

### **Источники**

1. Рахмонов И.У. Автоматизированная система управления электропотреблением промышленных предприятий // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. № 4 (56). С. 30–38.

2. Капанский А.А. Современные стратегии использования искусственного интеллекта для предотвращения аварий в технических системах ресурсоснабжения // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2024. Т. 16, № 1 (61). С. 38–51.

3. Запольская И.Н., Ваньков Ю.В., Зиганшин Ш.Г., Валеев А. Ф., Зверев О.И. Повышение эффективности систем ГВС установкой автоматизированных ИТП // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2017. № 4 (36). С. 54–64.

4. Ахремчик О.Л. Сообщения на мнемосхемах системы автоматизации сети горячего водоснабжения // Мат. Всероссийской научно-практ. конф. «Инженерные системы и городское хозяйство». Санкт-Петербург, 2023. С.192–196.

5. Горинов Ю.А., Анисимов П.Н., Егошин Е.В. Модернизация городских индивидуальных тепловых пунктов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2023. № 6 (25). С. 43–53.

## ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

Бикчантаев Эдуард Рустемович

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
ed.bikt@mail.ru

Применение солнечной энергетики в Республике Татарстан становится все более актуальной темой, учитывая глобальные тренды по переходу на возобновляемые источники энергии. Этот регион, обладая разнообразными природными ресурсами, активно развивает проекты в области солнечной энергетики, что открывает новые возможности для устойчивого экономического роста и экологического благополучия.

**Ключевые слова:** солнечная энергетика, экологичность, стабильность, производство электроэнергии, экономичность.

## FEATURES OF THE USE OF SOLAR ENERGY IN THE REPUBLIC OF TATARSTAR

Bikchantaev Eduard Rustemovich

FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
ed.bikt@mail.ru

The use of solar energy in the Republic of Tatarstan is becoming an increasingly relevant topic, given the global trends in the transition to renewable energy sources. The region, with its diverse natural resources, is actively developing solar energy projects, which opens up new opportunities for sustainable economic growth and environmental well-being.

**Keywords:** solar energy, environmental friendliness, stability, electricity production, efficiency.

Солнечная энергетика в Татарстане развивается через различные технологии и методы, которые обеспечивают эффективное использование солнечного света для производства электроэнергии [1]. Вот несколько ключевых способов, которые могут быть применимы в этом регионе:

1) фотовольтаические панели — это наиболее распространенный способ получения солнечной энергии. Они преобразуют солнечный свет непосредственно в электричество с помощью полупроводниковых материалов. В Татарстане установка FV-панелей на крышах жилых домов, административных зданий и промышленных объектов становится всё более популярной. Это решение позволяет не только сократить затраты на электроэнергию, но и стать независимым от центральных энергосетей [2].

2) солнечные тепловые установки используют солнечную радиацию для нагрева теплоносителя, теплота которого затем может использоваться для отопления помещений или горячего водоснабжения. В Татарстане такие системы особенно полезны в жилом секторе и в аграрном бизнесе, где горячая вода требуется для сельскохозяйственных нужд и процессов. Установка солнечных коллекторов может значительно снизить затраты на традиционные источники тепла.

3) гибридные системы сочетают в себе фотовольтаические панели и солнечные тепловые установки, обеспечивая как производство электроэнергии, так и нагрев воды. Это подход может быть особенно эффективным в Татарстане, где резкие изменения температуры могут потребовать как электрической, так и тепловой энергии. Такие системы способны обеспечить стабильный и надежный источник энергии в течение всего года [3].

Также необходимо отметить экономические и экологические преимущества:

- использование солнечной энергетики позволяет сократить зависимость от традиционных источников энергии, таких как газ и уголь, что, в свою очередь, положительно сказывается на экологии;

- снижение выбросов углекислого газа и других загрязняющих веществ помогает улучшить качество воздуха и создает более здоровую среду для жизни;

- переход на солнечные технологии может сократить расходы на энергоресурсы как для предприятий, так и для населения [4].

Но несмотря на очевидные преимущества, развитие солнечной энергетики в Татарстане сталкивается с рядом проблем [5]. Одной из главных является высокая стоимость начальных инвестиций в солнечные панели и системы. Кроме того, необходима развитие инфраструктуры для хранения и распределения полученной энергии, что требует дополнительных вложений [6].

## **Источники**

1. Макуева, Д. А. Системы теплоснабжения жилого дома от солнечных коллекторов / Д. А. Макуева, Я. О. Шайхутдинов, А. Е. Кондратьев // Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики : II Международная научная конференция, Сумгаит, 12–13 ноября 2020 года. Сумгаит: Сумгаитский государственный университет, 2020. С. 270-272.

2. Ильясова, Г. Р. Применение аккумуляторов тепла в России / Г. Р. Ильясова, А. Е. Кондратьев // Научному прогрессу – творчество молодых. 2016. № 2. С. 188-190.

3. Макуева, Д. А. Перспективы использования солнечных коллекторов в Республике Татарстан / Д. А. Макуева, Я. О. Шайхутдинов, А. Е. Кондратьев // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: Материалы VII Национальной научно-практической конференции, Казань, 09–10 декабря 2021 года. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2022. С. 711-713.

4. Acoustic-resonance method for control of the location of hidden hollow objects / S. A. Nazarychev, S. O. Gaponenko, A. E. Kondratiev, R. Z. Shakurova // Journal of Physics: Conference Series : Scientific Technical Conference on Low Temperature Plasma During the Deposition of Functional Coatings, Kazan, 05–08 ноября 2018 года. Vol. 1328. Kazan: Institute of Physics Publishing, 2019. P. 012054. DOI 10.1088/1742-6596/1328/1/012054. – EDN MWGTLI.

5. Макуева, Д. А. Использование систем теплоснабжения жилого дома от солнечных коллекторов / Д. А. Макуева, Я. О. Шайхутдинов, А. Е. Кондратьев // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: Материалы VI Национальной научно-практической конференции. В двух томах, Казань, 10–11 декабря 2020 года. Том 1. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2020. С. 420-422.

6. Gaponenko S.O., Nazarychev S.A., Kondratiev A.E. Determination of informative frequency ranges for buried pipeline location control // Helix. 2018. V. 8(1). P. 2481-2487.

## ВОЗМОЖНОСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ПАРОВОДЯНЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ УМПЭУ

Валиахметова Элина Фаилевна<sup>1</sup>, Валиев Радик Нурттинович<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>urmelifai@gmail.com, <sup>2</sup>valievkgeu@yandex.ru

Статья посвящена возможностям энергосберегающих пароводяных теплообменников УМПЭУ. В ней рассматриваются основные характеристики и преимущества этих устройств, а также их роль в повышении эффективности систем теплоснабжения. Авторы анализируют принципы работы УМПЭУ, оценивают их потенциал для снижения энергопотребления и повышения экологической безопасности.

**Ключевые слова:** теплообменник, энергосбережение, энергоэффективность, снижение энергопотребления.

## POSSIBILITIES OF ENERGY-SAVING STEAM-WATER HEAT EXCHANGERS UMPEU

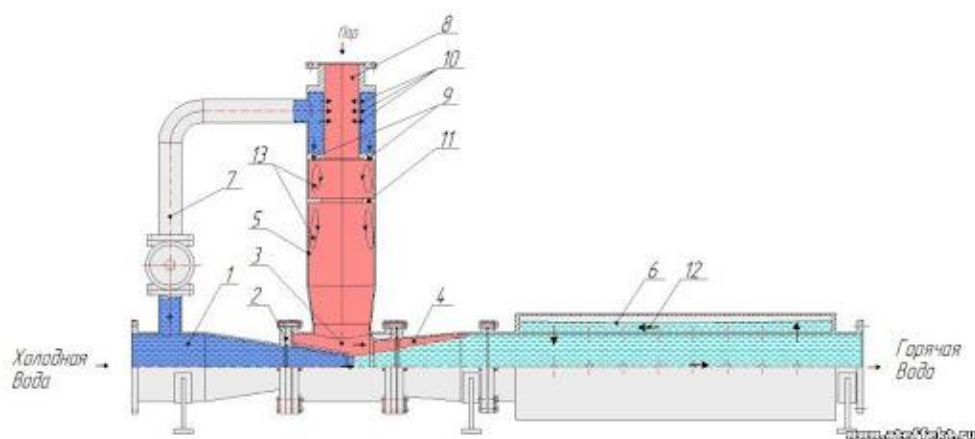
Valiakhmetova Elina<sup>1</sup>, Valiev Radik<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>urmelifai@gmail.com, <sup>2</sup>valievkgeu@yandex.ru

The article is devoted to the capabilities of energy-saving steam-water heat exchangers UMPEU. It considers the main characteristics and advantages of these devices, as well as their role in increasing the efficiency of heat supply systems. The authors analyze the operating principles of UMPEU, determine their potential for reducing energy consumption and increase some safety.

**Keywords:** heat exchanger, energy saving, energy efficiency, reducing energy consumption.

В условиях постоянного роста цен на энергоресурсы и усиления внимания к вопросам экологии, энергосберегающие технологии становятся все более актуальными. Одним из перспективных направлений в этой области являются пароводяные теплообменники УМПЭУ (см. рисунок). В данной статье мы рассмотрим основные возможности и преимущества этих устройств [1].



Теплообменник УМПЭУ

Одной из главных задач энергосберегающих технологий является снижение потребления энергоресурсов. Пароводяные теплообменники УМПЭУ позволяют достичь этого за счет утилизации потоков сбросного пара, который обычно теряется при работе промышленных установок. Это позволяет снизить расход топлива на производство пара за счет повышения его коэффициента полезного использования и в целом уменьшить материальные затраты на нагрев потоков.

По оценкам экспертов, использование УМПЭУ позволяет сократить потребление энергоресурсов до 20 %. Эффект достигается за счет более полного использования пара, который ранее терялся в атмосферу. Кроме того, УМПЭУ могут быть адаптированы для работы с различными типами паровых установок и пароиспользующего оборудования, что делает их интересными для широкого спектра промышленных потребителей водяного пара [2].

УМПЭУ имеют длительный срок службы и не требуют сложного и дорогостоящего обслуживания. Это снижает затраты на ремонт и замену оборудования, а также уменьшает время простоя производственных линий. По оценкам специалистов, использование УМПЭУ может помочь снизить эксплуатационные затраты до 50 % [3].

Еще одним важным преимуществом пароводяных теплообменников УМПЭУ является улучшение экологической обстановки. За счет возможности организации утилизации сбросового пара они способствуют сокращению тепловых загрязнений окружающей среды, что особенно важно для промышленных предприятий, которые являются основными источниками выбросов вредных веществ. Использование УМПЭУ позволяет таким предприятиям снизить негативное воздействие на окружающую среду и внести свой вклад в сохранение природы.

Таким образом, пароводяные теплообменники УМПЭУ представляют собой перспективное решение для снижения потребления энергоресурсов, сокращения эксплуатационных затрат и улучшения экологической обстановки [4]. Их использование позволяет повысить эффективность работы паровых установок и сделать производство более экономичным и экологически безопасным.

Внедрение УМПЭУ в промышленные объекты может стать важным шагом на пути к более эффективному и ответственному использованию энергетических ресурсов и позволит предприятиям экономить деньги, одновременно снижая воздействие на окружающую среду [5].

Несмотря на указанные выше преимущества, выбор пароводяных теплообменников УМПЭУ должен осуществляться с учетом конкретных режимов работы и тепловых нагрузок предприятия. Перед принятием решения о покупке и установке УМПЭУ необходим предварительный детальный анализ эффективности затрат, а также сравнительный анализ вариантов применения (не менее трех).

### **Источники**

1. Соколов Е.Я., Зингер Н.М. Струйные аппараты. 2-е изд. М.: Энергия. 1970. 280 с.

2. Белевич А.И., Крупцев А.В., Малафеев В.А. О применении паровых инжекторов в теплоснабжении // Энергетик. 2001. №11. С.20-22.

3. Лисин Г.А. Аппарат «Фисоник» в действии // Энергосбережение в Республике Татарстан. №2 (11). Сентябрь-Октябрь 2003.

4. Недугов А.Ф., Куркулов М.А. Решение проблем повышения безопасности и энергосбережения в системах снабжения теплом и горячей водой. // Безопасность труда в промышленности. 2006. №9. С.36-39.

5. Применение водоструйного парового эжектора с камерой предварительного смешения / А.Ф. Недугов, М.А. Куркулов // Энергосбережение. 2006. №4. С.34 - 37.

## ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ СВАЛОЧНОГО ГАЗА

Валиева Амалия Марселевна

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
amaliya-0211@mai.ru

На Земле живет несколько миллиардов человек, которые каждый день выкидывают отходы своей жизнедеятельности. В современных реалиях размеры мусорных полигонов растут с невероятной скоростью. При разложении биоотходов в атмосферу попадают токсичные вещества. В основном это метан и углекислый газ. Такое действие отрицательно сказывается на экологии и здоровье людей.

**Ключевые слова:** биометан, отходы, свалочный газ, экология, разложение

## FEATURES OF LANDFILL GAS PRODUCTION

Valieva Amalia Marselevna

FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
amaliya-0211@mai.ru

There are several billion people on Earth who throw away their waste every day. In modern realities, the size of landfills is growing at an incredible rate. During the decomposition of biowaste, toxic substances enter the atmosphere. These are mainly methane and carbon dioxide.

**Keywords:** biomethane, waste, landfill gas, ecology, decomposition

Отходы, в основном, состоят из биоразлагаемых органических материалов. Вещества, которые содержатся в них, различаются по скорости разложения. Например, пищевые отходы разлагаются быстрее всего, садовые около 5 лет, бумажная продукция - 15 лет, а вот пластмасса и резина не разлагаются вовсе. В процессе разложения биоотходов выделяется свалочный газ – биометан [1].

В настоящее время люди научились собирать свалочный газ, предотвращая при этом загрязнение атмосферы. Входящий в состав свалочного газа биометан является горючим веществом, его используют для нагрева теплоносителя, топлива для электроэнергии, топлива для автомобилей. Для этого создают огромный котлован и дно укладывают глиной, чтобы не загрязнялась почва. Мусор укладывают в специальные ячейки небольшими порциями. Каждая ячейка разделена от других ячеек слоем глины. Котлован заваливают землей и засаживают травой. Чтобы



получить жидкие и газообразные продукты разложения мусора, в теле котлована устанавливают насосное оборудование [2]. Добытый таким образом биогаз передается по трубопроводам в метантеки – большие емкости для концентрации биогаза, из которых потом подается в котельные, электростанции. Из скважин первое время выходит в основном углекислый газ. Затем постепенно начинается выделение свалочного газа. После завершения выработки газа территория, которая занята котлованом может быть снова использована для повторной переработки мусора [3].

Таким образом, исследования в области свалочного газа (или биогаза) имеют большое значение для устойчивого управления отходами и энергетической безопасности. Вот несколько важных направлений для дальнейших перспективных исследований [4]:

1. Улучшение технологий утилизации.
2. Качество и структура газа.
3. Энергетическая эффективность.
4. Экологические аспекты.
5. Системы управления.
6. Экономическая целесообразность.
7. Социальные аспекты.
8. Инновационные материалы.
9. Мониторинг и моделирование [5].

Эти направления исследований могут способствовать более экономичному использованию биоресурсов, уменьшению вредного воздействия на окружающую среду и улучшению качества жизни людей [6].

### **Источники**

1. Мустафина, Г. Р. Особенности применения биогазовой установки на птицефабрике / Г. Р. Мустафина, А. Е. Кондратьев // Научному прогрессу – творчество молодых. 2020. № 2. С. 38-40.

2. Ильясова, Г. Р. Применение аккумуляторов тепла в России / Г. Р. Ильясова, А. Е. Кондратьев // Научному прогрессу – творчество молодых. 2016. № 2. С. 188-190.

3. Политрубная УСТАНОВКА ДЛЯ анаэробного сбраживания органических отходов с получением биогаза / Г. И. Павлов, А. Е. Кондратьев, С. Р. Калачева, С. О. Гапоненко // Экологические системы и приборы. 2011. № 4. С. 26-28.

4. Zagretdinov, A. R. Reliability Increasing Solutions for Multilayer Composite Structures Shock-Acoustic Control / A. R. Zagretdinov, A. E. Kondratyev, S. O. Gaponenko // International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2017, Saint-Petersburg, 16–19 мая 2017 года. Saint-Petersburg, 2017. P. 656-661. DOI 10.1016/j.proeng.2017.10.533.

5. Ахметгалиев, И. Ф. Особенности сепарационной очистки попутного газа / И. Ф. Ахметгалиев, А. Е. Кондратьев // Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики : II Международная научная конференция, Сумгаит, 12–13 ноября 2020 года. Сумгаит: Сумгаитский государственный университет, 2020. С. 228-230. – EDN UCGNAZ.

6. Ахметгалиев, И. Ф. К вопросу очистки биогаза сепарационным методом / И. Ф. Ахметгалиев, А. Е. Кондратьев // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве : Материалы VI Национальной научно-практической конференции. В двух томах, Казань, 10–11 декабря 2020 года. Том 1. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2020. С. 400-403.

## **ПРИНЦИПЫ ОХЛАЖДЕНИЯ И ТЕПЛООБМЕНА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ В ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРАХ**

Волкова Елизавета Валерьевна  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
elizaveta\_volkova\_4@mail.ru

В статье рассматриваются основные принципы теплоотвода в ядерных реакторах, методы охлаждения и теплообмена. Теплоотвод и теплообмен играют важную роль в обеспечении безопасности и эффективности работы, позволяя поддерживать стабильные условия внутри реактора и максимизировать использование тепловой энергии.

**Ключевые слова:** теплоотвод, теплообмен, эффективность, водяное охлаждение, газовое охлаждение, теплообменные устройства.

## **PRINCIPLES OF COOLING AND HEAT TRANSFER TO ENSURE SAFE AND EFFICIENT OPERATION IN NUCLEAR REACTORS**

Volkova Elizaveta Valerievna  
FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
elizaveta\_volkova\_4@mail.ru

The article discusses the basic principles of heat removal in nuclear reactors, methods of cooling and heat transfer. Heat removal and heat transfer play an important role in ensuring safe and efficient operation by maintaining stable conditions inside the reactor and maximizing the use of thermal energy.

**Key words:** heat removal, heat exchange, efficiency, water cooling, gas cooling, heat exchange devices.

Ядерные реакторы являются ключевым элементом в производстве электроэнергии различных отраслях промышленности. Однако для обеспечения безопасной и эффективной работы реакторов необходимо уделять особое внимание системам охлаждения и теплообмена, которые предотвращают перегрев активной зоны и обеспечивают стабильный режим работы.

Теплоотвод в ядерных реакторах является процессом, который обеспечивает удаление избыточной тепловой энергии, вырабатываемой в результате ядерных реакций, и передачу этой энергии на внешние системы для использования или отвода. Основные принципы теплоотвода в ядерных реакторах можно разделить на несколько аспектов [1]:

1. Охлаждение ядерного топлива. Это наиболее важный этап, который включает в себя процесс удаления тепла от ядерного топлива, которое выделяется в результате ядерных реакций.

2. Теплообмен. Процесс передачи тепловой энергии от активной зоны реактора к теплоносителю, а затем внешним системам.

3. Безопасность. Обеспечение стабильной работы реактора и предотвращение возможных аварийных ситуаций является одной из главных задач.

Важнейшей функцией ядерного реактора является отвод тепла, выделяемого в результате цепных реакций деления урана. В топливных композициях и оболочках реактора остается около 90 % энергии, в то время как в теплоносителях, отражателях, материале СУЗ и корпусной конструкции остается 7-8% энергии [2].

Существуют различные методы охлаждения и теплообмена, которые используются в ядерных реакторах. Это достигается за счет применения специальных охлаждающих сред, таких как вода или гелий, которые циркулируют внутри реактора и отводят тепло наружу [3]. Некоторые из наиболее распространенных методов включают:

– Водяное охлаждение. Вода используется как теплоноситель для удаления тепла от ядерного топлива и передачи его к внешним системам. Вода может быть использована в виде горячей или холодной, в зависимости от типа реактора.

– Газовое охлаждение. Газы, такие как гелий или углекислый газ, используются для охлаждения ядерного топлива и теплообмена. Газовое охлаждение может быть более эффективным, чем водяное охлаждение, в некоторых типах реакторов.

– Жидкометаллическое охлаждение. В данный момент используется натрий, и далее планируется для использования свинец. Эти металлы обладают высокой теплопроводностью и могут отводить тепло более эффективно, чем вода или газ.

Если активная зона выполнена графитом, то она удаляет из нее избыточную тепловую энергию. При использовании легких или тяжелых замедлителей, выводить тепло можно при помощи принудительной циркуляции воды в активной зоне [4]. Как и в случае с водой или газом, теплоотвод должен быть достаточным для того, чтобы не допустить утечки

радиоактивных материалов. В то же время, важно следить за тем, чтобы скорость отвода тепла из системы была достаточной для того, чтобы в течение короткого промежутка времени не превысить ее охлаждающую способность [5].

Теплоотвод и теплообмен в ядерных реакторах играют важную роль в обеспечении безопасности, так и эффективности работы ядерных реакторов.

Эффективный теплообмен позволяет максимизировать использование тепловой энергии, вырабатываемой в результате ядерных реакций, что увеличивает эффективность работы реактора и повышает производительность.

Правильное функционирование системы охлаждения и теплообмена является неотъемлемой частью проектирования и эксплуатации ядерных реакторов и является фундаментальным условием для успешного и безопасного использования ядерной энергетики. Различные методы охлаждения и теплообмена позволяют поддерживать стабильные условия внутри реактора, предотвращать аварийные ситуации и увеличивать эффективность работы. С учетом растущих потребностей в чистой энергии, дальнейшие исследования и разработки в области технологий охлаждения и теплообмена в ядерных реакторах остаются актуальными и необходимыми.

### **Источники**

1. Кириллов П.Л., Богословская Г.П. Тепломассообмен в ядерных энергетических установках: Учебник для вузов. М.: Энергоатомиздат, 2000. С. 237-242.

2. Тепломассообменное оборудование ТЭС и АЭС [Электронный ресурс]. <https://nizgr.narod.ru/metod/kpte/12.pdf> (дата обращения: 01.11.14).

3. Бойко В.И., Кошелев Ф.П., Шаманин И.В., Колпаков Г.Н. Нейтронно-физический и теплогидравлический расчет реактора на тепловых нейтронах: Учебное пособие. Томск: ТГУ, 2002. С. 92-103.

4. Теплогидравлический расчет ЯР [Электронный ресурс]. [https://lib.sevsu.ru/xmlui/bitstream/handle/123456789/8814/p\\_190137.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://lib.sevsu.ru/xmlui/bitstream/handle/123456789/8814/p_190137.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (дата обращения: 03.11.14).

5. Кириллов П.Л. Теплофизические свойства материалов ядерной техники. 2-е изд., пер. и доп. - М.: ИздАТ, 2007. С. 26-29.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРУБ С ППУ-ИЗОЛЯЦИЕЙ: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИННОВАЦИИ

Гадецкий Владимир Юрьевич<sup>1</sup>, Звонарева Юлия Николаевна<sup>2</sup>  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>gadetskiy.1979@mail.ru, <sup>2</sup>skulinaun@mail.ru

Статья посвящена современным технологиям производства и применения труб с ППУ-изоляцией. Рассматриваются новейшие материалы для теплоизоляции, система дистанционного контроля, бесшовная технология нанесения изоляции, а также использование наноматериалов для внешней оболочки. Особое внимание уделено экологичности решений и повышению энергоэффективности трубопроводных систем, что снижает эксплуатационные затраты и увеличивает срок службы труб.

**Ключевые слова:** пенополиуретан, теплоизоляция, система дистанционного контроля, бесшовная изоляция, наноматериалы, энергосбережение, экология.

## EXECUTION OF PIPES WITH PUF INSULATION: MODERN TECHNOLOGIES AND INNOVATIONS

Gadetsky Vladimir Yurievich<sup>1</sup>, Zvonareva Yulia Nikolayevna<sup>2</sup>  
FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>gadetskiy.1979@mail.ru, <sup>2</sup>skulinaun@mail.ru

This article is dedicated to modern technologies in the production and application of pipes with polyurethane foam insulation. It examines the latest materials for thermal insulation, remote control systems, seamless insulation application technology, and the use of nanomaterials for the outer shell. Special attention is given to the environmental aspects of solutions and improving the energy efficiency of pipeline systems, which reduces operating costs and increases the service life of the pipes.

**Keywords:** polyurethane foam, thermal insulation, remote control system, seamless insulation, nanomaterials, energy saving, ecology.

Трубы с пенополиуретановой (ППУ) изоляцией широко используются в системах тепло- и водоснабжения благодаря своим высоким теплоизоляционным характеристикам и долговечности. В последние годы технологии изготовления и применения труб с ППУ-изоляцией значительно развиваются, что позволяет повысить их эксплуатационные качества и уменьшить затраты на обслуживание и эксплуатацию.

Трубы с ППУ изоляцией – это конструкции, в которых стальная или пластиковая труба защищена слоем теплоизоляционного материала, изготовленного из пенополиуретана, а снаружи покрыта защитным слоем, чаще всего из полиэтилена или оцинкованной стали. Такая изоляция обеспечивает минимальные теплопотери и защищает трубу от воздействия окружающей среды, что делает их идеальными для транспортировки горячих жидкостей или газов в системах отопления, горячего водоснабжения и других инфраструктурных проектах [1].

В современных трубах используются высококачественные разновидности пенополиуретана, которые обладают улучшенными теплоизоляционными характеристиками. Современные ППУ материалы более долговечны, устойчивы к воздействию влаги и химических веществ, что продлевает срок службы трубопроводных систем [2].

Одним из наиболее значительных нововведений является внедрение систем контроля и диагностики (СКД) в конструкции труб с ППУ-изоляцией. В трубы встраиваются специальные датчики, которые позволяют мониторить состояние теплоизоляции и своевременно обнаруживать утечки, изменения температуры или давления. Это помогает значительно сократить эксплуатационные расходы и повысить надежность трубопроводов [3].

Современные технологии позволяют изготавливать трубы с ППУ-изоляцией методом бесшовного нанесения изоляционного слоя. Это значительно снижает вероятность образования мостиков холода, что увеличивает эффективность теплоизоляции. Однородность и прочность слоя изоляции повышают долговечность трубопроводных систем [4].

Защитная оболочка труб из полиэтилена или оцинкованной стали также подверглась изменениям. Сегодня все больше производителей используют инновационные наноматериалы, которые обладают улучшенной устойчивостью к механическим повреждениям, коррозии и ультрафиолетовому излучению. Это снижает риск повреждения труб при транспортировке и монтаже, а также повышает срок службы всей системы [5].

Одним из направлений развития является экологичность материалов. Современные пенополиуретаны могут быть произведены с применением менее вредных химических веществ, что снижает влияние на окружающую среду. Кроме того, переработка и утилизация труб с ППУ-изоляцией становится проще благодаря использованию экологически чистых компонентов.

Новейшие разработки в области ППУ-изоляции направлены на повышение энергосбережения. Современные теплоизоляционные материалы позволяют снизить теплотери до минимальных показателей. Это особенно важно в условиях роста стоимости энергоресурсов и увеличения требований по энергоэффективности инженерных систем.

Преимущества современных труб с ППУ-изоляцией:

- Минимальные теплотери – благодаря улучшенным теплоизоляционным материалам и бесшовной технологии производства, теплотери в трубах с ППУ-изоляцией снижаются до 2-3%, что значительно улучшает эффективность системы.

- Устойчивость к внешним воздействиям – современные материалы для внешней оболочки обеспечивают защиту от влаги, химических веществ и механических повреждений. Это повышает срок службы труб, особенно в сложных климатических условиях.

- Долговечность и низкие эксплуатационные расходы – срок службы труб с ППУ-изоляцией может достигать 30-50 лет. Благодаря системе дистанционного контроля, можно отслеживать состояние трубопровода и оперативно проводить техническое обслуживание, избегая больших затрат на ремонт.

- Гибкость применения – трубы с ППУ-изоляцией используются в самых различных областях: от систем центрального отопления и горячего водоснабжения до промышленных трубопроводов. Их можно адаптировать под любые условия эксплуатации [6].

Таким образом, трубы с ППУ-изоляцией – это одно из самых эффективных решений для транспортировки теплоносителей в условиях современного строительства. Внедрение новейших технологий, таких как бесшовная изоляция, системы дистанционного контроля и использование наноматериалов, значительно улучшает эксплуатационные характеристики таких трубопроводов. Инновации в области экологии и энергоэффективности делают ППУ-изоляцию не только технологичным, но и экологичным решением, способным удовлетворить современные требования к инженерным системам.

## **Источники**

1. Ломов, А.В. Теплоизоляционные материалы и технологии в строительстве. М.: Стройиздат, 2017. 320 с.



2. Петров, И.И., Кузнецов, В.Н. Современные методы производства труб с ППУ-изоляцией. СПб.: Издательство Политехнического университета, 2019. 256 с.
3. Иванов, С.П. Трубы с ППУ-изоляцией: Теория и практика. Екатеринбург: Уральский федеральный университет, 2020. 288 с.
4. Смирнов, О.В. Энергоэффективные технологии в теплоизоляции трубопроводов. Новосибирск: Наука, 2021. 220 с.
5. Козлов, М.И., Шевченко, А.П. Наноматериалы и их применение в трубопроводных системах. М.: Техносфера, 2022. 198 с.
6. Julia Zvonareva, Yuri Vankov, Irek Sabirov – Influence of the temperature schedule of heating network and using differential pressure regulators on the reliability of heat supply systems– E3S Web of Conferences 584, 01030 (2024).

## РАСПРОСТРАНЕННЫЕ ПРИЧИНЫ ВИБРАЦИИ В ТРУБОПРОВОДАХ И МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ВИБРАЦИОННЫХ НАГРУЗОК

Гайфуллин Расим Раисович<sup>1</sup>, Кондратьев Александр Евгеньевич<sup>2</sup>  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>rasim1903gayfullin@gmail.com, <sup>2</sup>aecondr@mail.ru

Статья посвящена важности контроля вибрации в трубопроводах, которая может вызвать серьезные проблемы. Основные причины вибрации – пульсация, резонанс и недостаточная поддержка труб. Меры борьбы с вибрацией включают установку демпферов и амортизаторов.

**Ключевые слова:** мониторинг, анализ, вибрация, трубопроводы, пульсация, акустические колебания.

## COMMON CAUSES OF PIPELINE VIBRATION AND METHODS FOR REDUCING VIBRATIONAL LOADS

Gayfullin Rasim Raisovich<sup>1</sup>, Kondratyev Alexander Evgenievich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
<sup>1</sup>rasim1903gayfullin@gmail.com, <sup>2</sup>aecondr@mail.ru

The article is devoted to the importance of vibration control in pipelines, which can cause serious problems. The main causes of vibration are pulsation, resonance, and inadequate support of pipes. Measures to combat vibration include the installation of dampers and shock absorbers.

**Keywords:** monitoring, analysis, vibration, pipelines, pulsation, acoustic vibrations.

Анализ и мониторинг вибрации трубопроводов важен для успешной и эффективной работы любых трубопроводных систем. Чрезмерные колебания в трубах может привести к некоторым проблемам. Фланцы могут начать протекать. Трубы могут быть сбиты с опор или привести к усталостному разрушению трубы [1].

Были созданы нормы проектирования трубопроводов, чтобы помочь инженерам проектировать более эффективные системы трубопроводов. Наиболее распространённые из них СП 36.13330.2012 «Магистральные трубопроводы», ГОСТ 32569-2013 «Трубопроводы». Однако, поскольку проектирование является обширной темой, а каждый процесс и установка уникальны, большинство норм трубопроводов несколько неадекватны для

анализа вибрации. Стандарты обеспечивают общую основу, но не рассматривают вибрацию и ее влияние подробно. Таким образом, потенциальный ущерб и воздействие вибрации в некоторой степени игнорируются на этапе проектирования [2].

Но в то же время вибрационные силы трубопроводных систем в очень большой степени возросли из-за увеличения скорости потока в перерабатывающих отраслях промышленности [3].

Вибрация определяется как непрерывное движение вперед и назад от точки равновесия. Можно отметить наиболее вероятные причины образования вибраций в трубопроводах:

1. Чрезмерная пульсация.
2. Механический резонанс.
3. Недостаточные опоры и/или опорная конструкция [4].

Факторы, способствующие возникновению вышеуказанных причин:

1. Индуцированный потоком: турбулентность текущей жидкости вызывает вибрацию, вызванную потоком.

2. Механические силы оборудования: вращающееся и поршневое оборудование, такое как насосы, создают возбуждающие силы.

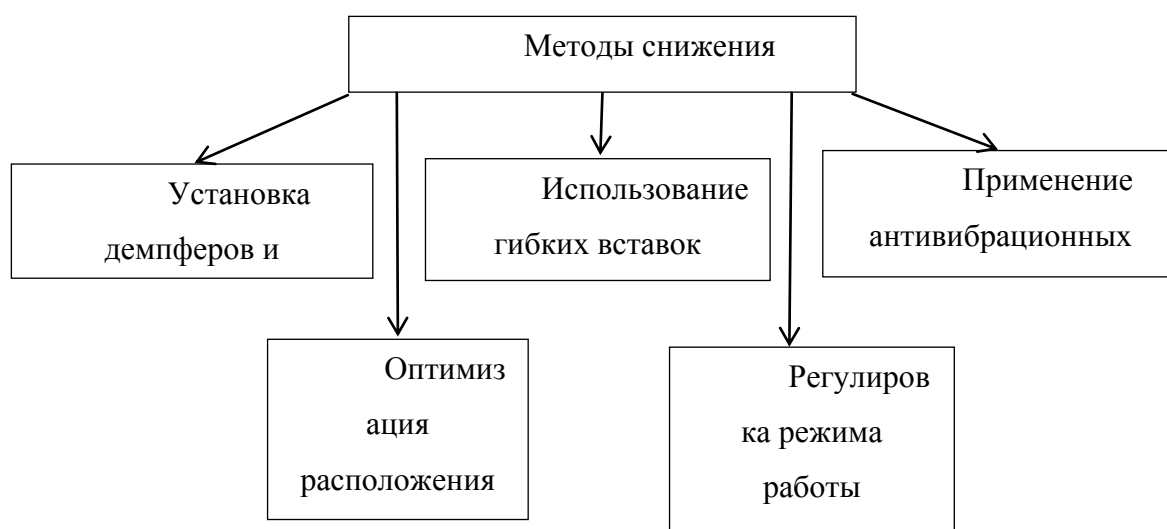
3. Высокочастотные акустические вибрации, создаваемые предохранительными и регулируемыми клапанами или диафрагмами.

4. Пульсации давления от поршневого оборудования.

5. Гидравлический удар (помпаж) из-за внезапного закрытия клапана.

6. Кавитация, вызванное схлопыванием пузырьков пара [5].

Существует несколько эффективных способов снижения вибрационных нагрузок на трубопроводы, которые показаны на рисунке [6].



## Источники

1. Gaponenko, S. O. Improving the efficiency of energy complexes and heat supply systems using mathematical modeling methods at the operational stage / S. O. Gaponenko, A. E. Kondratiev, R. Z. Shakurova // E3S Web of Conferences : 2019 International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems, SES 2019, Kazan, 18–20 сентября 2019 года. Vol. 124. Kazan: EDP Sciences, 2019. P. 05029. DOI 10.1051/e3sconf/201912405029.
2. Гапоненко, С. О. Перспективные методы и методики поиска скрытых каналов, полостей и трубопроводов виброакустическим методом / С. О. Гапоненко, А. Е. Кондратьев // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2015. № 2(47). С. 9-13.
3. Кондратьев, А. Е. Применение метода свободных колебаний для диагностики технического состояния поршней дизельного двигателя автомобиля КамАЗ / А. Е. Кондратьев, А. Р. Загретдинов // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2010. Т. 76, № 12. С. 49-51.
4. Гапоненко, С. О. Построение математической модели распространения волн Лэмба в стальном трубопроводе с защитным наружным покрытием / С. О. Гапоненко, А. Е. Кондратьев, Г. Р. Мустафина // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 4. С. 3-15. DOI 10.30724/1998-9903-2022-24-4-3-15.
5. Логунов, Г. И. Численное исследование возможности применения вейвлет-функций при диагностике линий электропередачи локационными методами / Г. И. Логунов, Л. Н. Федотова, А. Е. Кондратьев // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2010. № 3. С. 52-54.
6. Investigation of the relationship between the Lamb waves phase velocity and the technical condition of housing and utilities pipelines / A. A. Ibadov, A. E. Kondrat'ev, D. A. Makueva, D. V. Sergeeva // E3S Web of Conferences, Kazan, 21–26 сентября 2020 года. Vol. 216. Kazan: EDP Sciences, 2020. P. 01080. DOI 10.1051/e3sconf/202021601080.

## РЕГИСТРАЦИЯ ВИБРАЦИОННЫХ КОЛЕБАНИЙ СТЕНОК ТРУБОПРОВОДОВ

Гатауллина Илюза Мансуровна

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
ttolin@inbox.ru

В статье рассмотрены вопросы повышения надежности энергетических трубопроводов, представлены виды неразрушающего контроля методом колебаний, рассмотрены метод вибрационных колебаний, произведен анализ результатов экспериментов.

**Ключевые слова:** надежность, диагностика, трубопровод, вибрация, колебание, дефект.

## REGISTRATION OF VIBRATION VIBRATIONS OF PIPELINE WALLS

Gataullina Ilyuza Mansurovna

FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
ttolin@inbox.ru

The article considers the issues of improving the reliability of power pipelines, presents the types of non-destructive testing by the vibration method, and considers the method of vibration oscillations, and analyzes the results of the experiments.

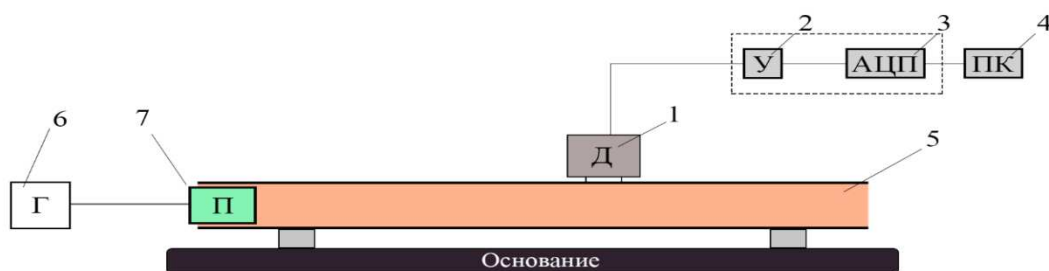
**Key words:** reliability, diagnostics, pipeline, vibration, oscillation, defect.

Надежность энергетических трубопроводов является приоритетной задачей в любой отрасли народного хозяйства. Техническая диагностика трубопроводов позволяет решать эту задачу, для чего необходимо своевременно и грамотно проводить неразрушающий контроль.

Среди различного множества методов технической диагностики (тепловизионный, термографический, вибрационный, акустический, магнитный, акустической эмиссии, частичных разрядов, хромотографический и др.) особо можно выделить метод колебаний, позволяющий с минимальными затратами оценить техническое состояние трубопроводов, выполненных из различных материалов [1].

В работе рассмотрено применение вынужденных колебаний, возбуждаемых в энергетическом трубопроводе на резонансной частоте. Оболочка трубопровода формируются волны Лэмба на этой же частоте. Известно, что частота волн Лэмба зависит от диаметра трубопровода и одинакова на всем протяжении объекта исследования [2].

Для реализации экспериментальной части работы применялась разработанная экспериментальная установка, блок-схема которой показана на рисунке.



Экспериментальная установка для исследования вибрационных колебаний в трубопроводе: 1 – пьезодатчик; 2 – усилитель сигнала; 3 – АЦП; 4 – персональный компьютер; 5 – объект исследования; 6 – низкочастотный генератор; 7 – пьезоэлектрический вибропреобразователь

В качестве объекта исследования использовалась стеклопластиковая труба диаметром 63 мм. Труба 5 свободно укладывается на опоры основания, в ней с помощью пьезоэлектрического преобразователя 7 возбуждаются вынужденные колебания, частота которых регулируется генератором низких частот 6. Измерения параметров колебаний происходят с применением пьезодатчика 1, вибросигнал с которого усиливается в усилителе 2 и преобразованный в АЦП 3 поступает в компьютер 4. Здесь производится запись сигнала с возможностью последующей обработки [3].

Регистрация полезного сигнала проводилась с применением прецизионного пьезоэлектрического датчика KD-35 [4].

При проведении измерений проводилась подготовка, настройка и регулировка применяемых в измерительной установке аппаратуры и вспомогательных устройств: датчиков и преобразователей колебаний. Калибровка пьезометрического датчика KD-35 проводилась на специальном вибрационном стенде для калибровки пьезоэлектрических датчиков [5].

В стенках трубы генерировались вынужденные колебания, имеющие частоту 4926 Гц. Сканирование поверхности стеклопластиковой трубы производилось с шагом 10 мм. В каждой точке производилось измерение амплитуды колебаний поверхности трубы [6].

По результатам экспериментов построены зоны распределения амплитуды вибрационных колебаний вдоль объекта исследования. Характер колебаний оболочки трубопровода определяется как волны Лэмба [7]. В зоне дефекта наблюдается уменьшение амплитуды колебания вследствие диссипации энергетической составляющей колебания из-за неоднородности материала [8].

### Источники

1. Гапоненко, С. О. Перспективные методы и методики поиска скрытых каналов, полостей и трубопроводов виброакустическим методом / С. О. Гапоненко, А. Е. Кондратьев // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2015. № 2(47). С. 9-13.

2. Acoustic-resonance method for control of the location of hidden hollow objects / S. A. Nazarychev, S. O. Gaponenko, A. E. Kondratiev, R. Z. Shakurova // Journal of Physics: Conference Series : Scientific Technical Conference on Low Temperature Plasma During the Deposition of Functional Coatings, Kazan, 05–08 ноября 2018 года. Vol. 1328. Kazan: Institute of Physics Publishing, 2019. P. 012054. DOI 10.1088/1742-6596/1328/1/012054.

3. Gaponenko, S. O. Low-frequency Vibro-acoustic Method of Determination of the Location of the Hidden Canals and Pipelines / S. O. Gaponenko, A. E. Kondratiev, A. R. Zagretdinov // 2nd International Conference on Industrial Engineering (ICIE-2016), Chelyabinsk, 19–20 мая 2016 года. Chelyabinsk: Elsevier Ltd, 2016. P. 2321-2326. DOI 10.1016/j.proeng.2016.07.312.

4. Shakurova, R. Z. On the issue of inertial excitation of diagnostic low-frequency vibrations in pipelines of housing and communal services / R. Z. Shakurova, S. O. Gaponenko, A. E. Kondratiev // E3S Web of Conferences, Kazan, 21–26 сентября 2020 года. Vol. 216. Kazan: EDP Sciences, 2020. P. 01079. DOI 10.1051/e3sconf/202021601079.

5. Установка для калибровки пьезоэлектрических датчиков / С. О. Гапоненко, А. Е. Кондратьев, Е. Е. Костылева, А. Р. Загретдинов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2016. № 7-8. С. 79-86.

6. Vankov Yu V and Kondrat'ev A E, 2004 Pribory i Sistemy Upravleniya (2) 45-53

7. Гапоненко, С. О. Построение математической модели распространения волн Лэмба в стальном трубопроводе с защитным наружным покрытием / С. О. Гапоненко, А. Е. Кондратьев, Г. Р. Мустафина // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 4. С. 3-15. DOI 10.30724/1998-9903-2022-24-4-3-15.

8. Кондратьев, А. Е. Применение метода свободных колебаний для диагностики технического состояния поршней дизельного двигателя автомобиля КамАЗ / А. Е. Кондратьев, А. Р. Загретдинов // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2010. Т. 76, № 12. С. 49-51.



## ОСОБЕННОСТИ УТИЛИЗАЦИИ И ПРИМЕНЕНИЯ СВАЛОЧНОГО ГАЗА

Гатауллина Илюза Мансуровна  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
ttolin@inbox.ru

В современных условиях наиболее перспективным нетрадиционным методом выработки энергии является добыча и переработка свалочного газа. Стремительный рост высоких технологий приводит к значительному увеличению различных технологических отходов, накопление которых может привести к экологической катастрофе. Известные способы утилизации отходов не всегда решают проблему увеличения мусорных полигонов, поэтому повсеместное внедрение технологии получения свалочного газа на мусорных полигонах является актуальной задачей. Одновременно решается вопрос получения тепловой энергии, которую можно направить как на выработку электрической энергии, так и тепловой.

**Ключевые слова:** мусорный полигон, свалочный газ, экология, тепловая энергия биометан, утилизация.

## FEATURES OF LANDFILL GAS UTILIZATION AND APPLICATION

Gataullina Ilyuza Mansurovna  
FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
ttolin@inbox.ru

At present, one of the promising non-traditional ways of obtaining energy is the extraction and processing of landfill gas. The rapid growth of high technologies leads to a significant increase in various technological wastes, the accumulation of which can lead to an environmental disaster. Known methods of waste disposal do not always solve the problem of increasing landfills, so the widespread introduction of landfill gas production technology at landfills is an urgent task. At the same time, the issue of obtaining thermal energy, which can be directed both to the generation of electric energy and heat, is being resolved.

**Key words:** landfill, landfill gas, ecology, thermal energy, biomethane, recycling.

Значительный рост населения планеты сопровождается необходимостью увеличения производства различных потребительских товаров как пищевого, так и непищевого характера. Улучшение качества жизни, расширение ассортимента товаров и рост потребности в конечном счете приводит к резкому увеличению бытовых и промышленных отходов, что значительно увеличивает загруженность мусорных полигонов [1].

Расширение количества и площадей таких полигонов увеличивает степень экологических проблем и заставляет искать пути различных способов утилизации отходов. Наиболее действенным в настоящее время является способ захоронения мусорных отходов путем засыпки грунтом, однако незначительное расстояние до населенных пунктов накладывает необходимость поиска дополнительных способов утилизации мусора [2].

В процессе естественного разложения органических отходов в большом количестве выделяется биометан. Биомета – природный газ, образующийся в процессе жизнедеятельности гидролизных, метанообразующих и кислотообразующих бактерий. Здесь также присутствуют и водородообразующие бактерии, но в незначительных количествах [3].

Кроме состава биосырья также необходимо учитывать давление и температуру биомассы. Значение этих параметров значительно ускоряют формирование биометана [4].

Организовывать процесс сбора биометана на мусорном полигоне целесообразно непосредственно во время его заполнения. Для этого заблаговременно устанавливаются обсадные и дренажные трубы. В виде дренажных труб возможно применение пластиковых труб, в качестве обсадных – металлических, либо толстостенных пластиковых. Усиление обсадных труб связано с возможной деформацией пластов мусора или естественной просадкой [5].

Среднее время эффективной выработки биометана колеблется в диапазоне 10-15 лет. Это срок зависит от состава исходного сырья, его количества и климатических условий [6].

Получаемый биометан целесообразно утилизировать (сжигать) непосредственно на месте с получением тепловой энергии. С этой целью оборудуются специальные котельные устройства, пригодные для сжигания неочищенного биометана, теплота сгорания которого может превышать 10 МДж. Следует заметить, что утилизация биометана является также экологически небезопасной, для исключения вреда внешней среды необходимо соблюдать особые условия горения биометана [7].

Таким образом, сбор и утилизация свалочного газа решает сразу несколько проблем: уменьшается объем мусорных полигонов, исключается выброс биометана в атмосферу, в качестве конечного продукта получается тепловая энергия, которую можно использовать как для получения электрической энергии, так и построение системы отопления и горячего водоснабжения [8].

## Источники

1. Мустафина, Г. Р. Особенности применения биогазовой установки на птицефабрике / Г. Р. Мустафина, А. Е. Кондратьев // Научному прогрессу творчество молодых. 2020. № 2. С. 38-40.
2. Ахметгалиев, И. Ф. Особенности сепарационной очистки попутного газа / И. Ф. Ахметгалиев, А. Е. Кондратьев // Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики : II Международная научная конференция, Сумгаит, 12–13 ноября 2020 года. Сумгаит: Сумгаитский государственный университет, 2020. С. 228-230.
3. Shakurova, R. Z. On the issue of inertial excitation of diagnostic low-frequency vibrations in pipelines of housing and communal services / R. Z. Shakurova, S. O. Gaponenko, A. E. Kondratiev // E3S Web of Conferences, Kazan, 21–26 сентября 2020 года. Vol. 216. Kazan: EDP Sciences, 2020. P. 01079. DOI 10.1051/e3sconf/202021601079.
4. Мустафина, Г. Р. Особенности конструкций реакторов для получения биотоплива / Г. Р. Мустафина, А. Е. Кондратьев // Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики : II Международная научная конференция, СУМГАИТ, 12–13 ноября 2020 года. Сумгаит: Сумгаитский государственный университет, 2020. С. 277-280.
5. Гапоненко, С. О. Построение математической модели распространения волн Лэмба в стальном трубопроводе с защитным наружным покрытием / С. О. Гапоненко, А. Е. Кондратьев, Г. Р. Мустафина // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 4. С. 3-15. DOI 10.30724/1998-9903-2022-24-4-3-15.
6. Даутов, Р. Р. Экологические аспекты применения тепловых насосов в индивидуальном отоплении / Р. Р. Даутов, А. Е. Кондратьев // Энергетика, инфокоммуникационные технологии и высшее образование : Международная научно-техническая конференция. Электронный сборник научных статей по материалам конференции В 3-х томах, Алматы, Казань, 20–21 октября 2022 года. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2023. С. 192-195.
7. Политрубная установка для анаэробного сбраживания органических отходов с получением биогаза / Г. И. Павлов, А. Е. Кондратьев, С. Р. Калачева, С. О. Гапоненко // Экологические системы и приборы. 2011. № 4. С. 26-28.
8. Макуева, Д. А. Перспективы использования солнечных коллекторов в Республике Татарстан / Д. А. Макуева, Я. О. Шайхутдинов, А. Е. Кондратьев // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве : Материалы VII Национальной научно-практической конференции, Казань, 09–10 декабря 2021 года. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2022. С. 711-713.

## К ВОПРОСУ УТИЛИЗАЦИИ СВАЛОЧНОГО БИОГАЗА

Гатауллина Илюза Мансуровна  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
ttolin@inbox.ru

Для складирования мусора в крупных городах могут представлять своеобразную экологическую бомбу замедленного действия. Дальнейший рост концентрации населения на единицу площади пропорционально увеличивает риск захламления, прилегающий территорий, поэтому утилизация мусора является актуальной.

**Ключевые слова:** свалка, биогаз, утилизация, захламление, биометан

## ON THE ISSUE OF LANDFILL BIOGAS UTILIZATION

Gataullina Ilyuza Mansurovna  
FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
ttolin@inbox.ru

Landfills for garbage storage in large cities can be a kind of environmental time bomb. Further growth in the concentration of population per unit area proportionally increases the risk of littering the surrounding areas, so garbage disposal is relevant.

**Keywords:** landfill, biogas, utilization, littering, biomethane

На сегодняшний день проблемы, связанные с отходами, становятся всё более острыми, требуя комплексного подхода к их решению. Устаревшие методы утилизации, такие как захоронение на полигоне, уже не способны адекватно справляться с объемами мусора [1]. Современные технологии, включая переработку, компостирование и инновационные системы раздельного сбора, дают возможность значительно снизить негативное воздействие на окружающую среду [2].

Однако на практике применение этих методов сопровождается целым комплексом сложностей. Необходимость в образовании и повышении экологической сознательности среди населения остаётся центральной. Важно, чтобы каждый горожанин осознал свою роль в этом процессе, так как успех системы утилизации напрямую зависит от участия каждого. Лишь совместными усилиями можно достичь сплочённости общества в решении проблемы отходов и обеспечить чистоту и безопасность городских пространств для будущих поколений [3].

Утилизация свалочного газа представляет собой важный процесс, позволяющий не только снизить негативное воздействие на окружающую среду, но и извлечь из отходов полезные ресурсы. Свалочный биогаз, образующийся в результате гниения органических отходов, состоит в своей основе из биометана и углекислого газа. Эффективные методы его переработки включают фланцевую систему откачки газа и его использование в качестве источника энергии [4].

Одним из методов способов утилизации является термопереработка свалочного газа на специализированных электростанциях. Этот процесс не только предотвращает выбросы парниковых газов в атмосферу, но и позволяет генерировать электрическую энергию. Установки для сжигания свалочного газа могут быть адаптированы к различным условиям и масштабам, что делает их универсальным решением для многих свалок.

Кроме того, возможна переработка свалочного газа в жидкое топливо или компоненты для химической промышленности. Инновационные технологии, такие как каталитическое преобразование, открывают новые горизонты для эффективного использования этого ресурса. Итак, утилизация свалочного газа не только решает экологическую проблему, но и способствует развитию устойчивых источников энергии [5].

Очистка свалочного газа является важной актуальной задачей в сфере экологии и распоряжения отходами. Свалочный газ, образующийся в результате разложения биоорганических веществ на свалках, состоит из биометана, диоксида углерода и других неприятных летучих соединений. Его выброс в атмосферу не только способствует парниковому эффекту, но и может негативно влиять на здоровье человека и экосистему [6].

Порядок очистки состоит из нескольких пунктов. Первый из них — сбор газа с поверхности свалки, который осуществляется с помощью систем заборов, состоящих из труб и скважин. Далее газ подается на фильтрацию. Существует несколько способов, таких как биологическая фильтрация, биохимическая очистка и термокatalитическое окисление. Каждая из этих методик обладает как преимуществами, так и недостатками, что требует индивидуального подхода к выбору технологии в зависимости от конкретных условий.

Итогом очистки является снижение концентрации вредных веществ до безопасного уровня, что не только защищает окружающую среду, но и позволяет использовать очищенный газ как источник возобновляемой энергии. В заключение, эффективная очистка свалочного газа становится серьезным действием на пути к дальнейшему развитию биотехнологий при охране окружающей среды [7].

## Источники

1. Мустафина, Г. Р. Особенности применения биогазовой установки на птицефабрике / Г. Р. Мустафина, А. Е. Кондратьев // Научному прогрессу творчество молодых. 2020. № 2. С. 38-40.

2. Gaponenko, S. O. Improving the efficiency of energy complexes and heat supply systems using mathematical modeling methods at the operational stage / S. O. Gaponenko, A. E. Kondratiev, R. Z. Shakurova // E3S Web of Conferences : 2019 International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems, SES 2019, Kazan, 18–20 сентября 2019 года. Vol. 124. Kazan: EDP Sciences, 2019. P. 05029. DOI 10.1051/e3sconf/201912405029.

3. Политрубная УСТАНОВКА ДЛЯ анаэробного сбраживания органических отходов с получением биогаза / Г.И. Павлов, А.Е. Кондратьев, С. Р. Калачева, С. О. Гапоненко // Экологические системы и приборы. 2011. № 4. С. 26-28.

4. Acoustic-resonance method for control of the location of hidden hollow objects / S. A. Nazarychev, S. O. Gaponenko, A. E. Kondratiev, R. Z. Shakurova // Journal of Physics: Conference Series : Scientific Technical Conference on Low Temperature Plasma During the Deposition of Functional Coatings, Kazan, 05–08 ноября 2018 года. Vol. 1328. Kazan: Institute of Physics Publishing, 2019. P. 012054. DOI 10.1088/1742-6596/1328/1/012054.

5. Ахметгалиев, И. Ф. Особенности сепарационной очистки попутного газа / И. Ф. Ахметгалиев, А. Е. Кондратьев // Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики : II МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ, СУМГАИТ, 12–13 ноября 2020 года. СУМГАИТ: Сумгаитский государственный университет, 2020. С. 228-230.

6. Ильясова, Г. Р. Применение аккумуляторов тепла в России / Г. Р. Ильясова, А. Е. Кондратьев // Научному прогрессу творчество молодых. 2016. № 2. С. 188-190.

7. Ахметгалиев, И. Ф. К вопросу очистки биогаза сепарационным методом / И. Ф. Ахметгалиев, А. Е. Кондратьев // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве : Материалы VI Национальной научно-практической конференции. В двух томах, Казань, 10–11 декабря 2020 года. Том 1. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2020. С. 400-403.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Гафиатуллина Камиля Расуловна<sup>1</sup>, Измайлова Евгения Вячеславовна<sup>2</sup>,  
Крайков Максим Дмитриевич<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

<sup>1</sup>Kgafiatullina@yandex.ru, <sup>2</sup>evgeniya-izmailova@yandex.ru, <sup>3</sup>maksim\_kraikov@mail.ru

В статье показаны результаты численного моделирования тепловой изоляции в программной среде COMSOL Multiphysics с целью оптимизации расчетов теплопередачи и оценки тепловых потерь.

**Ключевые слова:** теплоизоляционные материалы, аэрогель, численное моделирование.

## INVESTIGATION OF THE EFFECTIVENESS OF THERMAL INSULATION USING MATHEMATICAL MODELS

Kamilya Rasulovna Gafiatullina<sup>1</sup>, Evgeniya Vyacheslavovna Izmailova<sup>2</sup>,  
Maxim Dmitrievich Krakov<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan

<sup>1</sup>Kgafiatullina@yandex.ru, <sup>2</sup>evgeniya-izmailova@yandex.ru, <sup>3</sup>maksim\_kraikov@mail.ru

The article shows the results of numerical simulation of thermal insulation in the COMSOL Multiphysics software environment in order to optimize heat transfer calculations and estimate heat losses.

**Keywords:** thermal insulation materials, aerogel, numerical modeling.

Основными задачами теплоизоляционных материалов и конструкций являются уменьшение теплопотерь через ограждающие конструкции, сохранение требуемых свойств теплоносителя и предотвращение повышения температуры на поверхности теплопроводов и оборудования в процессе эксплуатации [1]. Именно поэтому важными аспектами при выборе теплоизоляционного материала являются его теплофизические характеристики, эффективность, устойчивость к воздействию факторам внешней среды, долговечность, удобство в эксплуатации и экономическая целесообразность [2].

Для определения эксплуатационных характеристик теплоизоляционных материалов проводятся различные испытания на воздействие климатических и производственных факторов. Методами, применяемыми при прогнозировании характеристик теплоизоляции, могут служить как натурные эксперименты, так и численное моделирование реальных

процессов. Программное обеспечение COMSOL Multiphysics разработано для моделирования и численных расчетов конструкций, устройств и процессов в различных сферах инженерии, производства и науки [3].

Целью данной работы является исследование эффективности тепловой изоляции с использованием математических моделей, направленных на оптимизацию расчетов теплопередачи и оценку тепловых потерь через изоляционные материалы.

Было проведено моделирование тепловой изоляции в виде БСТВ (базальтовое супертонкое волокно), аэрогелевого композита и термочехла на основе аэрогеля трубопровода с температурами нагретой поверхности 100, 200, 300 и 400 °С.

Выполнено 12 расчетов для трех видов теплоизоляционного слоя и температур 100, 200, 300 и 400 °С. В условиях стационарного режима, при постоянном тепловом потоке, использовались значения теплового потока и коэффициента теплопроводности, полученные из лабораторных экспериментов [4]. В результате расчетов были определены температуры на поверхности теплоизоляции. Результаты представлены в таблице.

#### Результаты моделирования теплоизоляций

Тепловая изоляция	Толщина, мм	Температура трубы, °С	Температура на поверхности теплоизоляции, °С
БСТВ	100	100	46
		200	112
		300	177
		400	253
Аэрогелевый композит	10	100	42,9
		200	69,91
		300	98,7
		400	135,26
Теплоизоляционный чехол на основе аэрогеля	12	100	41,6
		200	66,35
		300	93,5
		400	125,5

При сравнении температур на поверхности изоляционных материалов был сделан вывод о высокой эффективности тепловой изоляции на основе аэрогеля. Аэрогелевая теплоизоляция демонстрирует значительно лучшие результаты при повышенных температурах



(200–400 °С) по сравнению с БСТВ. Если при температуре трубы 100 °С разница в температурах на поверхности изоляционного слоя невелика (4–5 °С), то в остальных температурных диапазонах разница составляет около 60 °С, что вдвое превышает показатели аэрогелевой изоляции [5].

Результаты моделирования сравнивались с данными натуральных экспериментов. В среднем разница значений составила 0,2 °С. Это подтверждает обоснованность использования программного обеспечения COMSOL Multiphysics для оценки эффективности теплоизоляционных материалов без необходимости проведения дополнительных экспериментов.

### Источники

1. Захарова М.Ю. Выбор оптимальной структуры теплоизоляционных материалов в ограждающих конструкциях зданий // XII Международный молодежный форум «Образование. Наука. Производство». 2020. С. 92-97.

2. Бурков, Д. В. Защита трубопроводов от коррозии под тепловой изоляцией / Д. В. Бурков, М. Г. Губайдуллин // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2023. № 3(143). С. 94-102. DOI 10.17122/ntj-oil-2023-3-94-102.

3. Павлинова А. С. Исследование нестационарной теплопроводности в условиях численного эксперимента // Теплоэнергетика. 2023. С. 89-90.

4. М. Д. Крайков, К. Р. Гафиатуллина Лабораторный стенд для исследования теплопередачи через многослойную теплоизоляцию // XXVII Всероссийский аспирантско-магистерский научный семинар, посвященный Дню энергетика и 55-летию КГЭУ : материалы докладов, Казань, 05–06 декабря 2023 года. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2023. С. 176-178.

5. K. R. Gafiatullina, M. D. Kraikov, A. V. Fedyukhin, O. V. Afanaseva, A. E. Dontsova and D. V. Nemova, "Investigation of Aerogel-Based Thermal Covers Characteristics During Testing in a Climate Chamber," 2024 6th International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering (REEPE), Moscow, Russian Federation, 2024, pp. 1-5, doi: 10.1109/REEPE60449.2024.10479843.

## ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ «ВОЗДУХ-ВОЗДУХ»: ПРИНЦИП РАБОТЫ, ПРЕИМУЩЕСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ

Глухова Полина Евгеньевна<sup>1</sup>, Кондратьев Александр Евгеньевич<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>she\_is\_pauline@mail.ru

Тепловые насосы «воздух-воздух» становятся всё более популярным решением для отопления и охлаждения в жилых и коммерческих помещениях. Данная статья рассматривает принципы работы, преимущества использования, а также области применения тепловых насосов в России. Акцент сделан на технических аспектах функционирования и условиях, способствующих популяризации этой технологии в стране.

**Ключевые слова:** тепловой насос, воздух, тепло, испаритель, компрессор, конденсатор, расширительный вентиль, экологичность, компактность.

## AIR-TO-AIR HEAT PUMPS: PRINCIPLE OF OPERATION, ADVANTAGES AND APPLICATION

Glukhova Polina Evgenievna<sup>1</sup>, Kondratiev Alexander Evgenievich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>she\_is\_pauline@mail.ru

Air-to-air heat pumps are becoming an increasingly popular solution for heating and cooling in residential and commercial premises. This article examines the principles of operation, advantages of use, as well as the scope of application of heat pumps in Russia. The emphasis is placed on the technical aspects of operation and conditions conducive to the popularization of this technology in the country.

**Keywords:** heat pump, air, heat, evaporator, compressor, condenser, expansion valve, environmental friendliness, compactness.

В современных условиях вопросы энергосбережения проявляются всё более актуальными. Одним из эффективных решений является использование тепловых насосов (ТН), которые позволяют существенно снизить затраты на отопление и охлаждение помещений. Тепловые насосы «воздух-воздух» представляют собой устройства, использующие наружный воздух для обогрева и охлаждения внутренних помещений. Они работают на основе принципа обратного цикла Карно, используя хладагент для переноса тепла.

Тепловой насос «воздух-воздух» функционирует на основе аналогии с холодильной техникой, но в обратном направлении. Основные элементы системы включают [1]:

1. Испаритель: это элемент, который поглощает тепло из окружающего воздуха. Хладагент, находящийся в испарителе, имеет низкую температуру и давление, что позволяет ему за счет адсорбции тепла из воздуха испаряться и превратиться в газ.

2. Компрессор: хладагент в газообразном состоянии направляется в компрессор, где увеличивается его давление. Процесс сжатия приводит к повышению температуры и давления хладагента, что делает его более пригодным для передачи тепла в обогреваемое помещение.

3. Конденсатор: Горячий газ затем проходит через конденсатор. Здесь он отдает тепло окружающей среде (внутреннему помещению), конденсируясь и превращаясь обратно в жидкость.

4. Расширительный вентиль: Жидкий хладагент, покидая конденсатор, проходит через расширительный вентиль, где его давление резко уменьшается, что позволяет хладагенту вновь испариться в испарителе, и цикл начинается снова [2].

Хотя тепловые насосы «воздух-воздух» могут эффективно работать в температурных диапазонах до  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , современные модели, благодаря технологиям инверторного управления и применения фреонов с низкой критической температурой, могут работать и при более низких температурах. Это делает их особенно актуальными в условиях России с её холодным климатом [3].

Преимущества ТН «воздух-воздух»

1. Экологичность: Снижение выбросов углекислого газа и других загрязняющих веществ делает тепловые насосы дружелюбным к окружающей среде вариантом отопления.

2. Многофункциональность: тепловые насосы могут использоваться как для обогрева, так и для охлаждения помещений.

3. Компактность и простота установки: ТНВ-В не требует бурения скважин, что снижает затраты на установку [4].

Тепловые насосы «воздух-воздух» находят разнообразные применения в России, начиная от частных домов и заканчивая коммерческими зданиями. В условиях загородного строительства тепловые насосы становятся всё более популярными. [5].

Тепловые насосы «воздух-воздух» являются перспективной технологией для отопления и охлаждения жилых и коммерческих помещений в России. Гибкость, энергоэффективность и высокая экологическая эффективность делают их одним из предпочтительных решений в условиях современного мира [6].

## Источники

1. Глухова, П. Е. Тепловой насос как экологически безопасный источник тепловой энергии / П. Е. Глухова, А. Е. Кондратьев // Энергетика и энергосбережение: теория и практика : сборник материалов VII Международной научно-практической конференции, Кемерово, 07–09 декабря 2022 года. Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2023. С. 122-1-122-4.

2. Халилова, Э. А. К вопросу утепления крыши жилого дома / Э. А. Халилова, А. Е. Кондратьев // Научному прогрессу творчество молодых. 2016. № 2. С. 249-251.

3. Ильясова, Г. Р. Применение аккумуляторов тепла в России / Г. Р. Ильясова, А. Е. Кондратьев // Научному прогрессу творчество молодых. 2016. № 2. С. 188-190.

4. Ильясов, Н. Х. Влияние акустического воздействия на скорость выпадения в осадок неорганических загрязнений технической воды / Н. Х. Ильясов, А. Е. Кондратьев // Энергосбережение и водоподготовка. 2011. № 2(68). С. 31-33.

5. Acoustic-resonance method for control of the location of hidden hollow objects / S. A. Nazarychev, S. O. Gaponenko, A. E. Kondratiev, R. Z. Shakurova // Journal of Physics: Conference Series : Scientific Technical Conference on Low Temperature Plasma During the Deposition of Functional Coatings, Kazan, 05–08 ноября 2018 года. Vol. 1328. Kazan: Institute of Physics Publishing, 2019. P. 012054. DOI 10.1088/1742-6596/1328/1/012054.

6. Даутов, Р. Р. Экологические аспекты применения тепловых насосов в индивидуальном отоплении / Р. Р. Даутов, А. Е. Кондратьев // Энергетика, инфокоммуникационные технологии и высшее образование : Международная научно-техническая конференция. Электронный сборник научных статей по материалам конференции В 3-х томах, Алматы, Казань, 20–21 октября 2022 года. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2023. С. 192-195.

## ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ «ВОДА-ВОДА»: ОСОБЕННОСТИ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Глухова Полина Евгеньевна

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
she\_is\_pauline@mail.ru

Тепловые насосы «вода-вода» (ТНВ-В) играют важную роль в переходе на более устойчивые системы обогрева и охлаждения в условиях современных энергетических вызовов. Представлены основные принципы работы тепловых насосов «вода-вода», области их применения, а также перспективы развития в мире.

**Ключевые слова:** тепловой насос, вода, испаритель, компрессор, конденсатор, расширительный клапан, развитие технологий, возобновляемые источники энергии.

## WATER-TO-WATER HEAT PUMPS: FEATURES, EFFICIENCY AND USAGE

Glukhova Polina Evgenievna

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
she\_is\_pauline@mail.ru

Water-to-water heat pumps (TNV-V) play an important role in the transition to more sustainable heating and cooling systems in the context of modern energy challenges. The basic principles of operation of water-to-water heat pumps, their applications, as well as development prospects in the world are presented.

**Keywords:** heat pump, water, evaporator, compressor, condenser, expansion valve, technology development, renewable energy sources.

С увеличением внимания к устойчивому развитию и необходимости снижения углеродных выбросов, тепловые насосы «вода-вода» становятся всё более популярным вариантом отопления и охлаждения. Эти устройства используют тепло, извлекаемое из водоёмов, грунтовых вод или систем отопления, что значительно повышает их эффективность по сравнению с традиционными источниками энергии [1].

Тепловой насос «вода-вода» работает по принципу переноса тепла от одного теплоносителя к другому посредством использования хладагента. Основные компоненты системы включают: Испаритель – вода из источника (например, река, озеро или грунтовые воды) подаётся в испаритель, где происходит теплообмен [2]. Этот элемент заполняется хладагентом с низкой температурой и давлением, который забирает тепло

из воды и испаряется, переходя в газообразное состояние; Компрессор - газообразный хладагент поступает в компрессор, где он подвергается сжатию, что приводит к значительному увеличению его температуры и давления. В современных системах используются инверторные компрессоры, которые позволяют настраивать мощность в зависимости от потребностей; Конденсатор – горячий, сжатый газ поступает в конденсатор, где он отдает тепло в отопительную систему (или в охлаждаемую зону), конденсируясь обратно в жидкое состояние. Конденсатор может быть подключен к радиаторной системе, водяным полам или другим видам отопления; Расширительный клапан - после конденсации хладагент проходит через расширительный клапан, где его давление и температура падают, и он возвращается в испаритель для повторного цикла [3].

Тепловые насосы «вода-вода» имеют высокую эффективность, и их коэффициент полезного действия может достигать значений от 4 до 6. Это означает, что на каждые 1 кВт электрической энергии, потраченной на работу компрессора, можно получить от 4 до 6 кВт тепловой энергии. Холодный источник, обеспечиваемый водой, делает систему ещё более эффективной, так как температура водоёма, как правило, выше температуры окружающего воздуха в зимний период [4].

Тепловые насосы «вода-вода» находят свое применение в различных секторах. Жилой сектор – широко используются для отопления частных домов и многоквартирных зданий. Промышленные объекты – тепловые насосы могут использоваться в производственных процессах, где требуется постоянное обогревание или охлаждение. Примеры включают организации по переработке отходов питания [5].

Перспективы развития тепловых насосов «вода-вода»:

1. Развитие технологий: постоянное совершенствование конструкций ТНВ-В позволит повысить их эффективность и надёжность.

2. Интеграция с возобновляемыми источниками энергии: применение солнечных коллекторов или ветрогенераторов в сочетании с ТНВ-В может создать полностью автономные и устойчивые энергетические системы.

3. Расширение применения: с ростом осведомлённости о преимуществах ТНВ-В и увеличением доступности технологий, ожидается, что они будут использоваться всё шире.

Тепловые насосы «вода-вода» представляют собой эффективное решение для повышения энергоэффективности и снижения углеродного следа в различных секторах экономики. С учетом их высокой производительности, возможности интеграции с другими системами и преимуществ для устойчивого развития, можно уверенно сказать, что будущее этой технологии будет успешным [6]. Инвестиции в технологии тепловых насосов «вода-вода» могут сыграть важную роль в достижении целей по сокращению выбросов и обеспечению экологически чистого будущего.

### Источники

1. Глухова, П. Е. Тепловой насос как экологически безопасный источник тепловой энергии / П. Е. Глухова, А. Е. Кондратьев // Энергетика и энергосбережение: теория и практика : сборник материалов VII Международной научно-практической конференции, Кемерово, 07–09 декабря 2022 года. Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2023. С. 122-1-122-4.

2. Даутов, Р. Р. Экологические аспекты применения тепловых насосов в индивидуальном отоплении / Р. Р. Даутов, А. Е. Кондратьев // Энергетика, инфокоммуникационные технологии и высшее образование : Международная научно-техническая конференция. Электронный сборник научных статей по материалам конференции В 3-х томах, Алматы, Казань, 20–21 октября 2022 года. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2023. С. 192-195

3. Ильясова, Г. Р. Применение аккумуляторов тепла в России / Г. Р. Ильясова, А. Е. Кондратьев // Научному прогрессу творчество молодых. 2016. № 2. С. 188-190. EDN YGGXUP.

4. Макуева, Д. А. Системы теплоснабжения жилого дома от солнечных коллекторов / Д. А. Макуева, Я. О. Шайхутдинов, А. Е. Кондратьев // Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики : II Международная научная конференция, Сумгаит, 12–13 ноября 2020 года. СУМГАИТ: Сумгаитский государственный университет, 2020. С. 270-272.

5. Халилова, Э. А. К вопросу утепления крыши жилого дома / Э. А. Халилова, А. Е. Кондратьев // Научному прогрессу творчество молодых. 2016. № 2. С. 249-251.

6. Ильясов, Н. Х. Влияние акустического воздействия на скорость выпадения в осадок неорганических загрязнений технической воды / Н. Х. Ильясов, А. Е. Кондратьев // Энергосбережение и водоподготовка. 2011. № 2(68). С. 31-33.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МНОГОСЛОЙНОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОЙ КОНСТРУКЦИИ

Закирова Язиля Рамилевна, Базукова Эльвира Раисовна  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
yazilya\_zakirova5@mail.ru, pts\_kgeu@mail.ru

Теплоизоляция трубопроводов активно используется для снижения теплотерь в системах теплоснабжения. Правильно подобранная теплоизоляция. В статье рассмотрены многослойные теплоизоляционные конструкции в сравнении с однослойными, а также рассчитана величина теплового потока.

**Ключевые слова:** энергоэффективность, тепловая изоляция, теплотери, аэрогель, тепловой поток.

## IMPROVING THE EFFICIENCY OF HEAT SUPPLY THROUGH THE USE OF A MULTILAYER THERMAL INSULATION STRUCTURE

Zakirova Yazilya Ramilevna, Bazukova Elvira Raisovna  
FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
yazilya\_zakirova5@mail.ru, pts\_kgeu@mail.ru

Thermal insulation of pipelines is actively used to reduce heat loss in heat supply systems. Properly selected thermal insulation. The article considers multilayer thermal insulation structures in comparison with single-layer ones, and also calculates the value of the heat flow.

**Keywords:** energy efficiency, thermal insulation, heat loss, aerogel, heat flow.

Повышение качества и надежности системы теплоснабжения является приоритетной задачей в энергетической политике страны. Снижение тепловых потерь в тепловых сетях за счет применения высококачественных современных теплоизоляционных материалов позволит увеличить срок службы трубопроводов и рационально использовать энергетический потенциал. Реализация этих мер позволит достичь поставленных целей и снизить тарифы на тепловую энергию [1, 2].

Коэффициент теплопроводности, плотность и температурный диапазон применения материала являются важными характеристиками при выборе материала тепловой изоляции. В [3, 4] представлены основные характеристики наиболее распространенных видов теплоизоляций, таких как минеральная вата, пенополиуретан (ППУ), жидкая керамическая теплоизоляция и др.



Сочетание разных материалов с различными теплофизическими свойствами позволяет создать барьер, который значительно снижает теплопередачу. Для более точного анализа эффективности многослойной теплоизоляционной конструкции были проведены исследования величины теплового потока, которая вычисляется по следующей формуле [5]:

$$q_l = \frac{t_B - t_H}{R_H + R_{из}}, \quad (1)$$

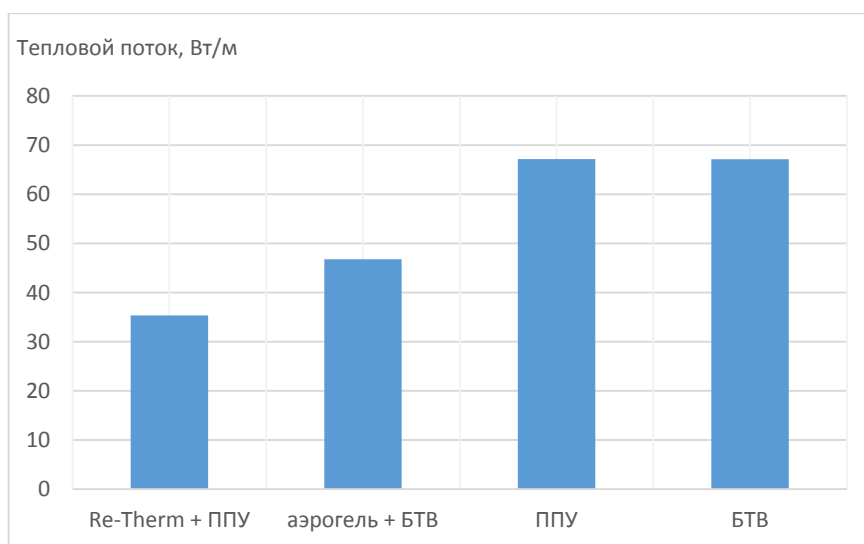
где  $t_B$ ,  $t_H$  – температуры соответственно внутри и снаружи трубопровода, °С;  $R_H$ ,  $R_{из}$  – сопротивление теплопередаче соответственно наружной поверхности теплоизоляции и самого изоляционного слоя,  $m^2 \cdot K/Вт$ .

Рассмотрим в качестве слоев теплоизоляционной конструкции жидкую изоляцию, состоящую из силиконовых микросфер с плотностью  $390 \text{ кг/м}^3$  в сухом виде (Re-Therm) первым слоем, вторым – пенополиуретан ( $\rho = 70 \text{ кг/м}^3$ ). Второй образец представляет собой конструкцию с первым слоем изоляции на основе аэрогелевых композитов, вторым – базальтовое тонкое волокно (БТВ) с плотностью  $\rho = 100 \text{ кг/м}^3$ . Расчеты производятся для трубопровода с условным диаметром  $D_y = 250$  мм и средней температурой теплоносителя  $t_B = 90$  °С по методике, представленной в [5]. Результаты приведены в таблице, более наглядно представлены на рисунке.

Результаты расчета характеристик многослойной и однослойной тепловой изоляции

	Re-Therm + ППУ		аэрогель + БТВ		ППУ	БТВ
	0,276	0,356	0,303	0,403		
$d_{из}, \text{ м}$	0,276	0,356	0,303	0,403	0,353	0,373
Коэфф. теплопроводности $\lambda_{из}, \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$	0,0015	0,033	0,025	0,04	0,033	0,04
$R_{из}, \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$	1,16	1,23	1,24	0,49	1,24	1,24
$R_H, \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$	0,034		0,0304		0,035	0,033
Толщина слоев изоляции, $\delta_{из}, \text{ мм}$	3	80	30	100	80	100
$q_l, \text{ Вт/м}$	35,33		46,78		67,15	67,12

Анализируя полученные значения, очевидно, что применение многослойной теплоизоляционной конструкции позволяет снизить тепловой поток.



Сравнение конструкции однослойной и многослойной теплоизоляции

### Источники

1. Константинов Д.С. Перспектива внедрения инновационных изоляционных материалов для повышения энергоэффективности холодильников // *Universum: технические науки*. 2024. Т. 7. №. 3. С. 5-8.
2. Путилов С.С. Замена тепловой изоляции трубопроводов отопления в целях повышения энергоэффективности // *Экономика строительства*. 2023. №. 5. С. 100-103.
3. Сагатаев В.Р., Закируллин Р.С. Теплоизоляционные материалы для снижения потерь тепла в тепловых сетях // *Шаг в науку*. 2023. № 3. С. 50-53.
4. Biryuzova E. A., Glukhanov A. S. Improving energy efficiency and reliability of heating networks through the use of multilayer thermal insulation structures // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing, 2020. Т. 962. №. 3. С. 032002.
5. Свод правил: СП 61.13330.2012. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов: нормативно-технический материал. Введ. 01.01.2013. М.: Минрегион России, 2012.

## ТЕПЛОВИЗИОННЫЙ КОНТРОЛЬ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЯ, КАК ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ

Иванов Артур Олегович<sup>1</sup>, Звонарева Юлия Николаевна<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

<sup>1</sup>artkazan94@mail.ru, <sup>2</sup>skulinaun@mail.ru

Статья посвящена преимуществам использования тепловизионного контроля ограждающих конструкций зданий и сооружений. Рассматриваются методы тепловизионного контроля, мероприятия по снижению теплопотерь через ограждающие конструкции зданий. На опытном примере приведены результаты эффективности мероприятий по снижению теплопотерь через ограждающие конструкции здания, что снижает эксплуатационные затраты и увеличивает микроклимат помещений.

**Ключевые слова:** тепловизионный контроль, теплопотери, ограждающие конструкции, энергоэффективность, изоляция, окна и двери, энергосбережение.

## THERMAL IMAGING CONTROL OF BUILDING ENVELOPES AS AN ENERGY EFFICIENT METHOD OF HEAT LOSS CONTROL

Ivanov Artur Olegovich<sup>1</sup>, Zvonareva Yulia Nikolayevna<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan

<sup>1</sup>artkazan94@mail.ru, <sup>2</sup>skulinaun@mail.ru

The article is devoted to the advantages of using thermal imaging control of enclosing structures of buildings and constructions. The methods of thermal imaging control, measures to reduce heat loss through building envelopes are considered. On an experimental example the results of effectiveness of measures to reduce heat loss through the building envelope, which reduces operating costs and increases the microclimate of premises are given.

**Keywords:** thermal imaging control, heat losses, building envelopes, energy efficiency, insulation, windows and doors, energy saving.

Снижение тепловых потерь через ограждающие конструкции являются важными задачами в современном строительстве. Одним из самых популярных и эффективных методов диагностики тепловых потерь является тепловизионное обследование. Это неразрушающий метод контроля, который позволяет выявить утечки тепла, дефекты теплоизоляции и нарушения в работе систем отопления с помощью

тепловизора – устройства, которое фиксирует инфракрасное излучение и преобразует его в изображение, показывающее распределение температуры на поверхности объекта [1].

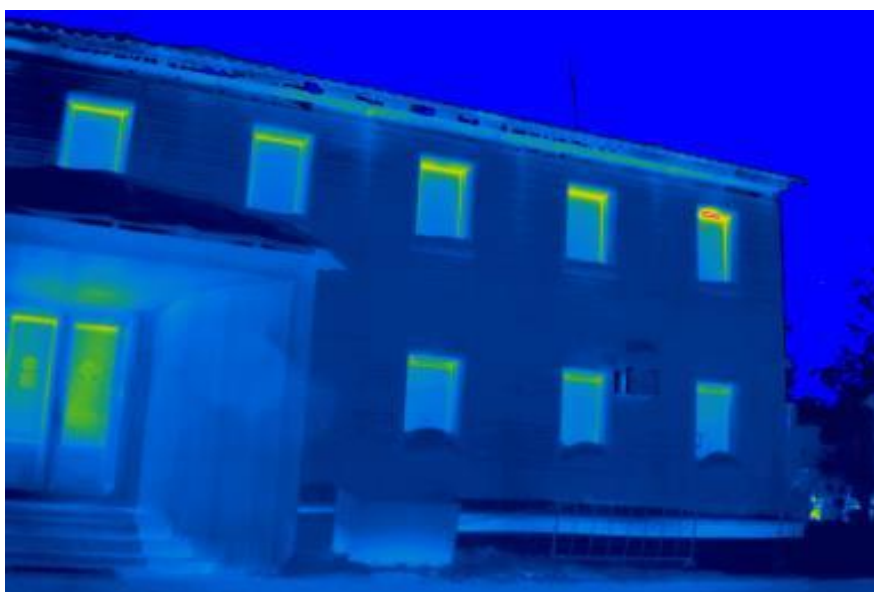


Рис. 1. Тепловизионное обследование здания

Тепловизионное обследование особенно эффективно для выявления:

- зон с высокой теплопроводностью (например, мостиков холода);
- дефектов утепления стен, крыши и окон;
- проблем с герметичностью ограждающих конструкций.

Применение тепловизоров позволяет быстро и точно оценить потери тепла. Процесс обследования прост: оператор использует тепловизор для сканирования поверхностей здания как снаружи, так и внутри. Полученные данные анализируются для выявления проблемных участков. Важно проводить обследование в холодное время года, когда разница между внутренней и внешней температурой максимальна, что облегчает обнаружение утечек тепла [2].

По итогам тепловизионного контроля двухэтажного административного здания, построенного на свайном основании, были обнаружены большие теплотери через оконные проемы и пол первого этажа. Было принято решение о выполнении следующих мероприятий [3]:

1. Утепление пола. Замена старого утеплителя в виде минеральной ваты на пенополистирольный утеплитель Пеноплекс.

2. Утепление окон. Снятие старого слоя пены с оконных проемов и запенивание оконных проемов с внутренней и наружной стороны здания [4].

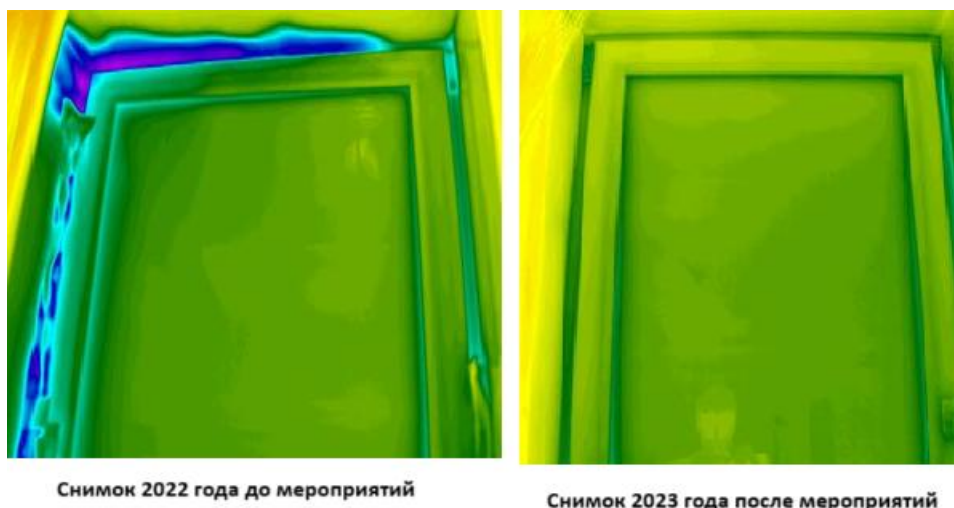


Рис. 2. Итоги мероприятия по снижению тепловых потерь

По итогам выполненных мероприятий тепловые потери здания снизились (см. рисунок 2), что привело к снижению эксплуатационных затрат на тепловую энергию в среднем на 15 % за год [5].

Таким образом, тепловизионное обследование обеспечивает точную диагностику и помогает разработать эффективные меры по снижению теплопотерь. Этот метод позволяет не только повысить энергоэффективность здания, но и сократить эксплуатационные затраты на отопление.

### Источники

1. Беляев А.А., Яковлева Н.П. Методы диагностики и контроля тепловых потерь в зданиях. М.: Теплотехника, 2023. — 72 с.
2. Сидоров П.Н. Оптимизация систем теплоснабжения на промышленных предприятиях. М.: Журнал систем теплоснабжения, 2023. 61 с.
3. Егоров А.Д., Семенихин К.С., Гришанов В.К. Энергоэффективные технологии и материалы в малоэтажном строительстве – Форум молодых ученых. 2017. № 12 (16). 567 с.
4. Комарова В.П. Тепловая изоляция зданий и трубопроводов: Справочник. Санкт-Петербург: Гидрометеоиздат, 2016.
5. Корнелиссена Л.А., Седова М.И. Инженерные системы зданий и сооружений: Учебник для вузов. М.: ИЦ «Академия», 2019.

## **ПРОГРАММА «СТАРТ» ДЛЯ РАСЧЕТА ПРОЧНОСТИ И ЖЕСТКОСТИ ТРУБОПРОВОДОВ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Измайлова Евгения Вячеславовна<sup>1</sup>, Гарнышова Елена Владимировна<sup>2</sup>,  
Федосеева Екатерина Владиславовна<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>evgeniya-izmailova@yandex.ru, <sup>2</sup>garnyshova@mail.ru

Каждый год индустрия теплоснабжения развивается, появляются новые технологии, оборудование и методы управления, направленные на улучшение эффективности и заботу об окружающей среде. В работе рассматривается программное обеспечение «СТАРТ», в котором могут быть рассчитаны прочности и жесткости трубопроводов различного назначения.

**Ключевые слова:** система теплоснабжения, трубопроводы, надежность, тепловая энергия, «СТАРТ».

## **«START» PROGRAM FOR CALCULATING STRENGTH AND STIFFNESS OF PIPELINES FOR VARIOUS PURPOSES**

<sup>1</sup>Izmaylova Evgeniya Vyacheslavovna, <sup>2</sup>Garnyshova Elena Vladimirovna,  
<sup>3</sup>Fedoseeva Ekaterina Vladislavovna

<sup>1,2,3</sup>FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
<sup>1</sup>evgeniya-izmailova@yandex.ru, <sup>2</sup>garnyshova@mail.ru

Every year the heat supply industry develops, new technologies, equipment and management methods appear, aimed at improving efficiency and caring for the environment. The paper deals with the software “START”, in which strengths and stiffnesses of pipelines for various purposes can be calculated.

**Keywords:** heat supply system, pipelines, reliability, heat energy, START.

Обеспечение энергетической безопасности, рациональное использование ресурсов, повышение энергоэффективности и сокращение выбросов вредных веществ – важные аспекты в области теплоснабжения и энергопотребления промышленных предприятий [1].

Главная задача системы теплоснабжения заключается в обеспечении достаточного уровня надежности и качества тепловой энергии для потребителей [2].

Для расчета прочности и жесткости трубопроводов различного назначения в России и странах СНГ используют программное обеспечение «СТАРТ», которая разработана экспертной организацией Ростехнадзора ООО «НТП Трубопровод» [3].

Программа доступна в четырех вариантах функциональности:

- СТАРТ – основной пакет для широкого круга пользователей.
- СТАРТ-Проф – предназначен для профессионалов, работающих над крупными проектами, включая расчет трубопроводов, заземленных в грунте, длиной более километра.

- СТАРТ-Лайт – упрощенная версия программы для образовательных учреждений, позволяющая работать с небольшими частями трубопроводов с ограничением в 150 степеней свободы. Включает фиксированный набор дополнительных модулей: Старт-Грунт, Старт-Word, Старт-DXF.

- СТАРТ-Экспресс – предназначен для быстрой оценки компенсирующей способности элементов трубопроводной трассы, а также для проверки их прочности и устойчивости на стадии конструирования.

Все программы семейства «СТАРТ» сертифицирован Госстандартом России.

В графическом интерфейсе программы отображается измененный вид трубопровода из-за действия нагрузок в разных расчетных состояниях. Анимация позволяет увидеть деформации трубопровода при его переходе из монтажного в рабочее и холодное состояния. Деформированный вид трубопровода может быть показан как осевая линия или в объеме. На схеме можно одновременно увидеть осевые линии в различных состояниях. При щелчке мыши по любой точке трубопровода можно узнать значения смещений.

Для начала работы указывается тип расчёта (рис. 1). После проводятся расчеты в соответствии с расчетными данными и нормативными документами, которые выбирают в соответствии с поставленными задачами. Тепловые сети рассчитываются в соответствии с ГОСТ Р 55596-2013. Проектируется тепловая сеть (рис. 2), проводится расчёт, данные выводятся в таблицу.

На рис. 3 показан пример окна с расчетной моделью технологического трубопровода.

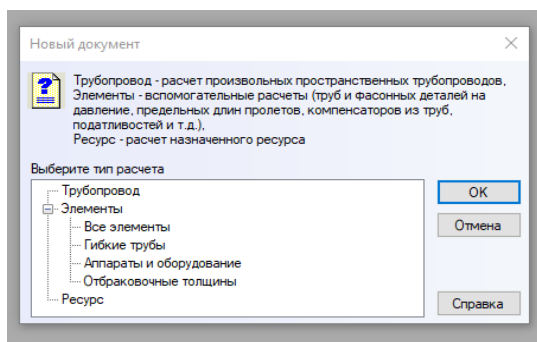


Рис. 1. Окно выбора типа расчёта

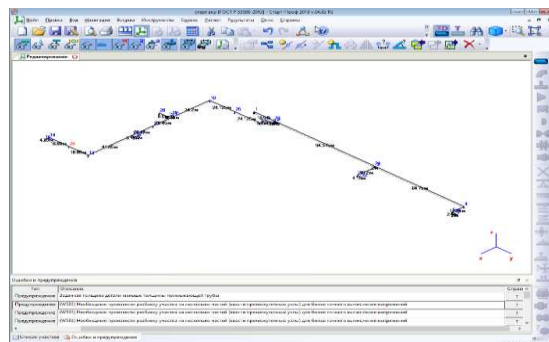


Рис. 2. Спроектированная тепловая сеть

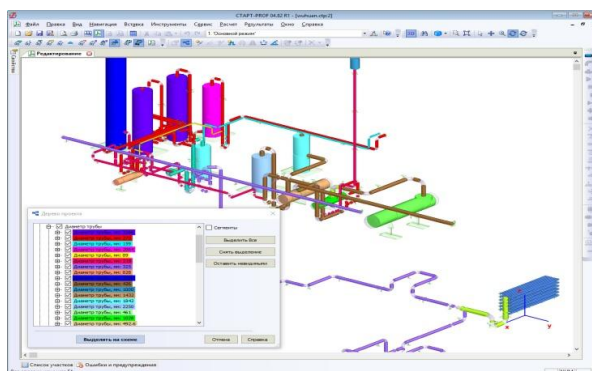


Рис. 3. Окно с расчетной моделью технологического трубопровода

Выполнение расчетов в «СТАРТ» обеспечивает надежность и безопасность при эксплуатации трубопроводных систем различного назначения, облегчает согласование проекта с контролирующими органами (Ростехнадзор, Главгосэкспертиза), сокращает затраты и время пусконаладочных работ.

### Источники

1. Evseev E., Kisel T. Integrated efficiency evaluation of the heat-supplying enterprises activity //E3S Web of Conferences. EDP Sciences, 2020. Т. 164, 01024.
2. Зиганшин Ш.Г., Ваньков Ю.В., Валиев Р.Н. Источники и системы теплоснабжения предприятий: Методич. указания к выполнению расчётно-графической работы. – Казань: Казан. гос. Энерг. ун-т, 2012. 183 с.
3. ООО «НТП Трубопровод». Инженерные решения и программное обеспечение. <https://www.truboprovod.ru/software/start>.



## ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ПАРОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ КАЗАНСКОЙ ТЭЦ-2

Кашин Владислав Геннадьевич  
Филиал АО «Татэнерго» – Казанская ТЭЦ-2, г. Казань  
monmaison@mail.ru

Пар можно назвать наиболее перспективным способом передачи тепловой энергии. Газообразную фазу такого теплоносителя удобно перемещать и изменять его характеристики. В статье предложена модернизация энергоблоков способом внедрения редуционно-охладительной установки на трубопроводы пара.

**Ключевые слова:** энергия, охлаждение, парогазовая установка, теплоэлектростанция.

## OPTIMIZATION OF OPERATION OF STEAM GAS PLANT OF KAZAN CHPP-2

Kashin Vladislav Gennadievich  
Branch of JSC "Tatenergo" – Kazan CHPP-2, Kazan  
monmaison@mail.ru

Steam can be called the most promising method of transferring thermal energy. It is convenient to move the gaseous phase of such a coolant and change its characteristics. The article proposes the modernization of power units by introducing a reduction-cooling unit onto steam pipelines.

**Key words:** energy, cooling, combined cycle plant, thermal power plant.

Передача тепловой энергии пара в будущем станет более эффективной с помощью модернизации редуционно-охладительных установок (РОУ) [1]. Сегодня основная задача заключается в модификации работающего оборудования, чтобы уменьшить затраты на его производство, увеличить его прочность и экономическую эффективность. Это определяет необходимость внедрения редуционно-охладительной установки с целью более полного и эффективного использования пара [2].

Объектом изучения является схема работы и технико-экономические характеристики ПГУ на КТЭЦ-2. Выдвигается предложение модернизации схемы производственного отбора пара, для возможности покрытия тепловых нагрузок в летний период отпуском тепла от блоков ПГУ-220МВт Казанской ТЭЦ-2, путем внедрения редуционно-охладительных

установок производительностью 3–30 т/ч каждая [3]. Реализация проекта позволит резервировать подачу производственного пара с параметрами  $P = 1,27\text{МПа}$ ,  $t = 250\text{ }^\circ\text{C}$  в общестанционный коллектор пара собственных нужд для обеспечения достаточного количества тепла договорных характеристик установкам собственных нужд (УПТС и с/н пара при растопке котлов или включении блоков ПГУ), потребителям «Тасма» и ПАО «КВЗ».

Назначение модернизации – повышение надежности и резервирование выработки тепловой энергии для обеспечения потребителей г. Казани [4]. Тепловая нагрузка предусматривается только для покрытия собственных нужд станции и потребителей г. Казани. РОУ собственных нужд запроектированы в существующем главном корпусе ПГУ Казанской ТЭЦ-2 на площадке +10.00, где располагаются существующие БРОУ низкого и высокого давлений блоков № 1 и № 2 в осях А-Б, колонны 4-7. Границей проектирования по острому пару высокой части РОУ являются существующие паропроводы  $\varnothing 219 \times 28$  из стали 12Х1МФ. Редуцированный пар от РОУ собственных нужд запроектирован с возможностью подключения к существующему коллектору собственных нужд блоков ПГУ  $\varnothing 159$  из Сталь 20 и к верхнему и нижнему коллекторам собственных нужд  $\varnothing 426$  из Сталь 20, расположенных в главном корпусе (машзале) Казанской ТЭЦ-2. Подключение к трубопроводам охлаждающей воды предусмотрено после расходомерного устройства линии подачи конденсата к существующим БРОУ. Для этого необходимо:

1. Произвести анализ параметров и оценку современных энергоблоков ПГУ.
2. Разработать вариант модернизации энергоблоков способом внедрения редуционно-охладительной установки на трубопроводы пара.
3. Продемонстрировать результаты работы.

По проведенному исследованию технического состояния блоков ПГУ КТЭЦ-2, характеристик и технико-экономических показателей было выявлено, что существующая рабочая схема трубопроводов пара не в полной мере позволяет обеспечить надежную работу станции, в итоге установка редуционно-охладительной установки является обязательным мероприятием, существенное значение имеет колебательный процесс паропроводов [5].

В итоге усовершенствование технической оснастки схемы работы ПГУ путем внедрения редуционно-охладительной установки на трубопроводы пара, привело к улучшению надежности, увеличению экономичности и безопасности работы станции КТЭЦ-2.

## Источники

1. РД 153-34.1-30.106-00. Правила технической эксплуатации газового хозяйства газотурбинных и парогазовых установок тепловых электростанций. М., 2001. 87 с.
2. Горбунов К.Г., Кондратьев А.Е. Законодательные проблемы теплоэнергетики // Научному прогрессу творчество молодых. 2019. № 2. С. 111–113.
3. Information-measuring system for monitoring the location of underground gas pipelines on the basis of improved acoustic resonance method / S.A. Nazarychev, S.O. Gaponenko, A.E. Kondratiev, R.Z. Shakurova // Journal of Physics: Conference Series: Scientific Technical Conference on Low Temperature Plasma During the Deposition of Functional Coatings. Kazan, 2019. Vol. 1328. DOI: 10.1088/1742-6596/1328/1/012055.
4. Gaponenko S.O., Kondratiev A.E. Device for Calibration of Piezoelectric Sensors // International Conference on Industrial Engineering. Saint-Petersburg, 2017. P. 146–150. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.10.451.
5. Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е., Мустафина Г.Р. Построение математической модели распространения волн Лэмба в стальном трубопроводе с защитным наружным покрытием // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 4. С. 3–15. DOI: 10.30724/1998-9903-2022-24-4-3-15.

## ВЛИЯНИЕ УТЕЧКИ ПОЛИПРОПИЛЕНОВОГО ТРУБОПРОВОДА НА ПОКАЗАТЕЛЬ ХЕРСТА АКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

Клюкин Илья Игоревич<sup>1</sup>, Загретдинов Айрат Рифкатович<sup>2</sup>, Зиганшин Шамиль Гаязович<sup>3</sup>  
<sup>1,2</sup> ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>Ilya.klyukinbkru.96@mail.ru, <sup>2</sup>azagretdinov@yandex.ru, <sup>3</sup>shz@list.ru

В работе экспериментально исследовано влияние нарушения герметичности полипропиленового трубопровода на показатель Херста акустических сигналов

**Ключевые слова:** показатель Херста, утечка, акустический сигнал, полипропиленовый трубопровод, метода нормированного размаха, R/S анализ

## THE EFFECT OF A POLYPROPYLENE PIPELINE LEAK ON THE HURST EXPONENT OF ACOUSTIC SIGNALS

Klyukin Ilya Igorevich<sup>1</sup>, Zagretdinov Ayrat Rifkatovich<sup>2</sup>, Ziganshin Shamil Gayazovich<sup>3</sup>  
<sup>1,2</sup> FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>Ilya.klyukinbkru.96@mail.ru, <sup>2</sup>azagretdinov@yandex.ru, <sup>3</sup>shz@list.ru

The paper experimentally investigated the effect of a violation of the tightness of a polypropylene pipeline on the Hurst exponent of acoustic signals

**Keywords:** Hurst exponent, leak, acoustic signal, polypropylene pipeline, the normalized span method, R/S analysis

Для выявления негерметичности трубопроводных систем широко используются различные методы контроля. Наибольшее распространение получили акустические методы. В работе исследовано влияние нарушения герметичности полипропиленового трубопровода на показатель Херста акустических сигналов, рассчитанного с применением метода нормированного размаха (R/S анализа).

В методе нормированного размаха анализируется отношение размаха накопленного отклонения от среднего к среднеквадратическому отклонению в зависимости от величины временного интервала [1-3].

Разработана экспериментальная установка, принципиальная схема которой показана на рис.1. Утечка воды моделировалась закреплением дисков с отверстиями разного диаметра (рис. 2) на штуцере.

Акустические сигналы регистрировались с частотой дискретизации 50 кГц. Для обработки акустических сигналов использовалась программа, разработанная в среде LabVIEW [4].

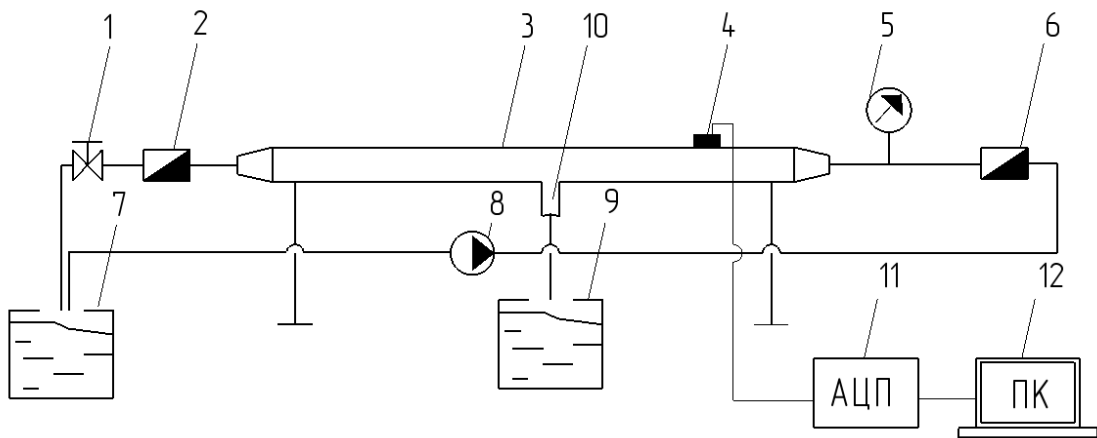


Рис. 1. Экспериментальная установка: 1 – регулирующий вентиль; 2, 6 – электромагнитные расходомеры; 3 – полипропиленовый трубопровод (длина 2 м, внешний диаметр 0,04 м); 4 – датчик вибрационного ускорения AP2038P-1000; 5 – манометр; 7 – ёмкость с водой; 8 – насос; 9 – бак для слива воды с утечки; 10 – штуцер для крепления дефекта; 11 – аналого-цифровой преобразователь; 12 – персональный компьютер

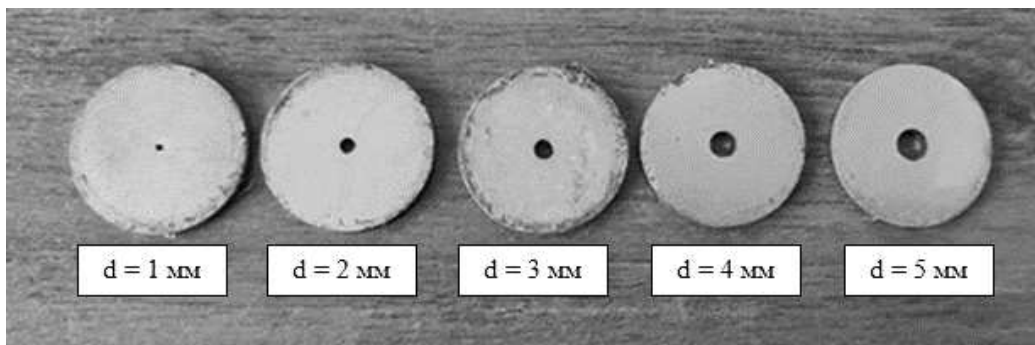


Рис. 2. Диски с размерами отверстий от 1 до 5 мм

На рис. 3 представлены результаты расчета показателя Херста акустических сигналов методом нормированного размаха. Анализировались акустические сигналы трубопровода длиной 20 тысяч отсчетов. Значения показателя Херста получены медианным усреднением результатов анализа 20 акустических сигналов.

Из рис. 3 видно, что при появлении утечки воды уровень значений показателя Херста падает.

Показатель Херста акустических сигналов бездефектного трубопровода находится на уровне  $0,5 < H < 1$ , что говорит о персистентности ряда. В случае дефектных сигналов показатель Херста находится в диапазоне  $0 < H < 0,5$ , что соответствует антиперсистентному процессу [5].

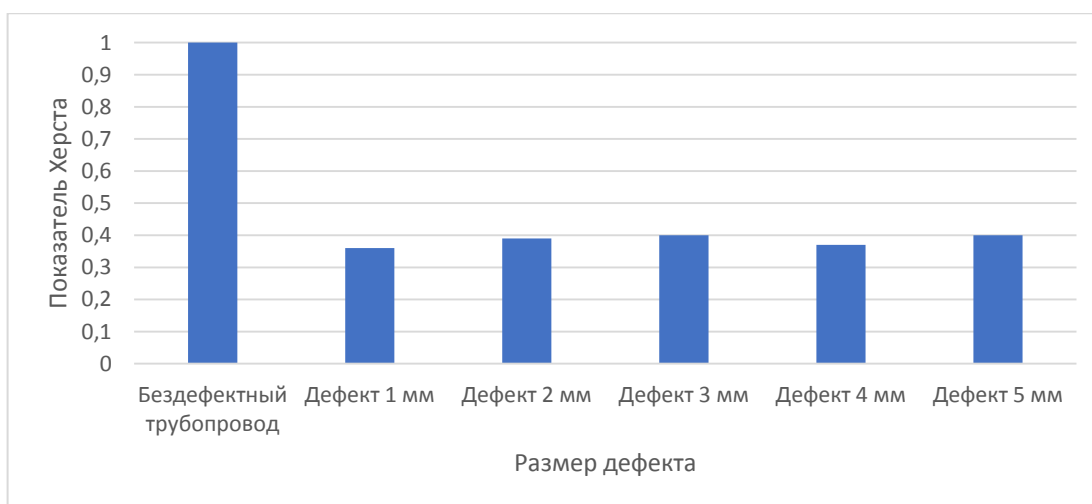


Рис. 3. Результаты расчета показателя Херста

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-79-10045, <https://rscf.ru/project/22-79-10045/>.

### Источники

1. Бояршинов М.Г., Вавилин А.С. Анализ интенсивности транспортного потока методом нормированного размаха // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. 2020. Т. 1. С. 21–25.

2. Determination of Pipeline Leaks Based on the Analysis the Hurst Exponent of Acoustic Signals / A. Zagretdinov, Sh. Ziganshin, Yu. Vankov [et al.] // Water. 2022. Vol. 14, Iss. 19. P. 3190. DOI: 10.3390/w14193190.

3. Грачева Я.И., Лепендин А.А. Оценка показателя Херста сигналов акустической эмиссии при разрушении методом нормированного размаха // Многоядерные процессоры, параллельное программирование, ПЛИС, системы обработки сигналов. 2015. Т. 1, № 5. С. 238–243.

4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020663737 Российская Федерация. FractLab-1: № 2020663076: заявл. 29.10.2020: опубл. 02.11.2020 / А.Р. Загретдинов, С.О. Гапоненко, Е.В. Измайлова; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический университет».

5. Бородин А.С., Тужилкин Д.А. Показатель Херста вариаций периода сердечных сокращений в норме и патологии // Известия вузов. Физика. 2012. Т. 55, № 8-3. С. 161–162.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТИЧЕСКИХ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ

Колоколов Егор Игоревич<sup>1</sup>, Базукова Эльвира Раисовна<sup>2</sup>  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
gorius2504@gmail.com, ell17@mail.ru

В данной статье рассматриваются определение фактических тепловых потерь при транспортировке теплоносителей, а именно определение тепловых потерь через теплоизоляцию.

**Ключевые слова:** тепловые потери, теплоноситель, анализ, расчет, теплоэнергетика, тепловизор, тепловизионный контроль.

## DETERMINATION OF ACTUAL HEAT LOSSES DURING TRANSPORTATION OF HEAT CARRIERS

Kolokolov Egor Igorevich<sup>1</sup>, Bazukova Elvira Raisovna<sup>2</sup>  
Scientific advisor Bazukova Elvira R.  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
<sup>1</sup>gorius2504@gmail.com, <sup>2</sup>ell17@mail.ru

This article discusses the definition of actual heat losses during the transportation of heat carriers, namely the definition of heat losses through thermal insulation..

**Keywords:** heat losses, coolant, analysis, calculation, thermal power engineering, thermal imager, thermal imaging control.

Самый распространенный способ учета тепловых потерь заключается в измерении температуры и расхода теплоносителя на обоих концах контролируемого сегмента трубы. Тем не менее, этот метод не позволяет выявить причины потерь и применим только в случае полного оснащения учетными приборами всех ответвлений трубопровода [1].

Описание проблемы. В нынешних условиях основой экономически эффективной деятельности промышленных предприятий и теплоэнергетических объектов является рациональное использование тепловой энергии. Примечательно, что около 70% тепла теряется в процессе его доставки к потребителю.

Потери тепла при транспортировке к потребителю включают:

- утраты тепловой энергии вдоль теплотрассы,;
- потери тепла из-за неточного распределения между потребителями;
- утечки теплоносителя.

Как видно из вышеизложенного, изучение тепловых потерь и вычисление температур теплоносителя по всей протяженности трубопровода, а не только на его концах и контрольных точках, важно для предотвращения и оперативного обнаружения проблемных мест на теплотрассах и в трубопроводах, что актуально в сфере теплоэнергетики [2].

Тепловые потери через изоляцию зависят от различных факторов, таких как длина и диаметр трубопроводов, используемые изоляционные материалы, выбранные температурные режимы, состояние тепловых сетей и время их службы. Поэтому тепловые утечки характеризуют каждую тепловую сеть индивидуально и должны рассчитываться отдельно для каждой системы.

В первом приближении тепловые потери могут быть определены в соответствии с нормативными документами по проектированию тепловой изоляции, нормами проектирования и различными СНиП [3]. Однако практика показывает, что расчетные значения теплотерь существенно отличаются от реальных показателей, которые зависят от состояния теплоизоляции. В таких условиях особенно важны методики, позволяющие оценить это состояние и корректировать нормативные данные по теплотерям.

Метод диагностики, основанный на бесконтактном измерении, заключается в фиксации инфракрасного излучения от поверхностей объектов для определения их температуры [4]. Для таких измерений применяются пирометры, которые позволяют измерить среднюю температуру в круге, определяемом углом обзора прибора, а также тепловизоры, создающие цифровую визуализацию температурного распределения. Этот подход чаще всего используется для идентификации участков системы с наибольшими тепловыми потерями или, реже, для оценки уровня износа трубопровода, что связано с изменением термического сопротивления стенок и увеличением плотности теплового потока через них.

Применение тепловизоров в контроле трубопроводов.

Выявление утечек: Изменение температурного поля вокруг точки утечки может быть выявлено на тепловизионных изображениях, позволяя определить точное месторасположение проблемы.

Контроль изоляции: Неравномерность температурного распределения может указывать на дефекты в изоляции, что в свою очередь ведет к ухудшенной энергоэффективности и возможным повреждениям.

Обнаружение коррозии и эрозии: Изменения температурного профиля могут также свидетельствовать о наличии коррозионных процессов, которые со временем ослабляют структуру трубопровода.



Мониторинг состояния: Регулярное тепловизионное обследование позволяет создать базу данных температурных изображений для последующего сравнения и анализа изменений, выявляя долговременные тенденции и потенциальные проблемы.

Преимущества тепловизионного обследования заключаются в том, что процедура не требует прямого контакта с поверхностью, что важно в случае высокотемпературных или опасных сред. Тепловизионные обследования могут быть проведены за короткие временные промежутки без остановки работы трубопровода. Метод позволяет проводить контроль на безопасном расстоянии, снижая риски для здоровья и безопасности персонала.

Однако зависимость от погодных условий и то, что тепловизионные данные требуют профессиональной интерпретации для обеспечения точности и достоверности анализа является его главными недостатками [5].

### **Источники**

1. Миронова Д.А. Теоретические аспекты энергетических потерь теплоснабжения // Молодежная неделя науки ИПМЭиТ. 2021. С. 40–42.

2. Щербинина О.А., Щербинин И.А. Опыт использования автоматизированных информационно измерительных систем управления и сбора данных параметров теплоносителя и тепловой энергии на основе тепловычислителей «Взлет, Логика и КМ-5» на примере учебных корпусов ФГБОУ ВО БГТУ им. В.Г. Шухова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 4. С. 127-131. Т. 5, № 2. С. 239–243.

3. Зонова А.Д., Черепанов В.Я. Исследование теплотрического метода неразрушающего контроля параметров теплоносителя в системах теплоснабжения // Гео-Сибирь. 2011. Т. 5, № 2. С. 239–243.

4. Госсорг, Ж. Инфракрасная термография. Основы, техника, применение / пер. с франц. М.: Мир, 1989. 416 с.

5. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи: монография. 2-е изд. М.: «Энергия», 1977. 344 с.

## **ВОМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ «ТЕПЛОЭКСПЕРТ» ДЛЯ АНАЛИЗА РАБОТЫ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

Колясев Данил Алексеевич<sup>1</sup>, Валиев Радик Нурттинович<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>kolyasev\_danil@mail.ru, <sup>2</sup>valievkgeu@yandex.ru

Статья посвящена современным системам теплоснабжения и их эффективному управлению с помощью специализированного программного обеспечения. В ней рассматривается программный комплекс "ТеплоЭксперт", как один из инструментов для анализа и оптимизации систем теплоснабжения. Статья описывает основные задачи и возможности, решаемые в среде "ТеплоЭксперт".

**Ключевые слова:** система теплоснабжения, программное обеспечение, ТеплоЭксперт, анализ, оптимизация.

## **CAPABILITIES OF USING "THERMOEXPERT" SOFTWARE FOR ANALYZING THE OPERATION OF HEAT SUPPLY SYSTEMS**

Kolyasev Danil Alekseevich<sup>1</sup>, Valiev Radik Nurtinovich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>kolyasev\_danil@mail.ru, <sup>2</sup>valievkgeu@yandex.ru

This article focuses on modern heat supply systems and their efficient management through the use of specialized software. It examines the software complex "ThermoExpert" as a tool for analyzing and optimizing heat supply systems, outlining its key tasks and capabilities.

**Keywords:** heat supply system, software, ThermoExpert, analysis, optimization.

Современная система теплоснабжения представляет сложный комплекс функционально взаимосвязанных элементов [1]. Она является ключевым звеном в обеспечении комфортных условий проживания и работы людей, а также поддерживает продуктивность различных отраслей экономики. Эффективное управление такой системой требует глубокого анализа ее работы, что в свою очередь делает необходимым использование специализированного программного обеспечения.

Программное обеспечение позволяет моделировать различные сценарии работы системы теплоснабжения, обеспечивает постоянный мониторинг состояния оборудования и параметров работы системы,

анализирует данные о потреблении тепла и так далее. Оно помогает повысить эффективность работы системы, ее надежность, оптимизировать различные процессы, а также снизить затраты на эксплуатацию.

В реальной практике эксплуатации систем теплоснабжения наиболее эффективные режимы их работы рассчитываются с помощью специального программного обеспечения, согласовываются, утверждаются и направляются для управления оборудованием на тепловые источники и в эксплуатационные подразделения [2]. Так же его основной задачей является широкое применение методов идентификации, технической диагностики, анализа и прогнозирования повреждаемости [3].

Одной из таких программ является геоинформационный расчетный комплекс «ТеплоЭксперт».

Основные задачи, решаемые в среде «ТеплоЭксперт» [4]:

1. Паспортизация компонентов и оборудования систем теплоснабжения, водоснабжения, водоотведения и электроснабжения.
2. Моделирование реальных эксплуатационных режимов действующих коммуникационных сетей.
3. Моделирование эксплуатационных режимов с учетом планов по модернизации, реконструкции, строительству и подключению новых объектов.
4. Подготовка расчетных данных для оптимизации режимов работы сетей и источников энергии.
5. Расчеты тепловых потерь в системах теплоснабжения.

Комплекс позволяет моделировать аварийные ситуации, что необходимо для прогнозирования последствий в случае их реального возникновения, а также для отработки порядка устранения аварий [5].

Программа в результате своей работы может предоставить ряд данных, включая тепловые нагрузки и расходы тепла в различных точках системы теплоснабжения, потери давления и тепла в системе, а также коэффициенты теплоотдачи и теплопередачи. Расчетный комплекс позволяет построить график изменения давления в различных точках системы (пьезометр), температурный график отпуска теплоты, а также диаграммы потоков теплоносителя и тепла в системе.

«ТеплоЭксперт» позволяет проанализировать необходимость замены аварийного трубопровода, а также произвести его оценку после.

«ТеплоЭксперт» является одним из инструментов для анализа и оптимизации систем теплоснабжения, позволяющим решать основные задачи, такие как паспортизация компонентов и оборудования,

моделирование реальных эксплуатационных режимов, прогнозирование последствий аварийных ситуаций и т.д. Использование такого программного обеспечения позволяет повысить эффективность и надежность работы систем теплоснабжения, а также снизить затраты на их эксплуатацию.

### Источники

1. Ротач Р.Р. Функциональный анализ систем теплоснабжения // Четырнадцатая международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых. - Иваново: Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина (Иваново), 2019. С. 77.

2. Косяков С.В., Садыков А.М., Сенников В.В., Смирнов В.В. Повышение эффективности эксплуатации систем централизованного теплоснабжения на основе применения информационной системы мониторинга тепловых сетей // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. 2018. № 2. С. 57–66.

3. Новицкий Н.Н., Шалагинова З.И., Алексеев А.В., Гребнева О.А., Токарев В.В., Луценко А.В., Вантеева О.В. Современное состояние, тенденции и задачи интеллектуализации систем теплоснабжения (обзор) // Теплоэнергетика. 2022. № 5. С. 65–83.

4. Геоинформационный расчетный комплекс «ТеплоЭксперт» // Научно-производственное предприятие «ТЕПЛОТЭК» URL: <https://www.teploexpert.ru/produkty/girk-teploekspert/28-geoinformatsionnyj-raschetnyj-kompleks-teploekspert> (дата обращения: 04.11.2024).

5. Прогнозирование изменения параметров потока отказов в тепловых сетях при различных температурных графиках / Ваньков Ю.В., Кузнецов П.А., Измайлова Е.В., Гарнышова Е.В., Валиев Р.Н. // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики. Материалы 95-го заседания международного научного семинара. Отв. редактор В.А. Стенников. Иркутск, 2023. С. 365–374.

## УТИЛИЗАЦИЯ СВАЛОЧНОГО ГАЗА НА МУСОРНОМ ПОЛИГОНЕ

Кондратьев Александр Евгеньевич  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
aekondr@mail.ru

Мусорные полигоны в крупных городских поселениях являются настоящим экологическим бедствием. Стремительное увеличение бытового, промышленного и строительного мусора связано с широким развитием промышленных технологий и дальнейшим улучшением условий жизни и потребительских способностей населения.

**Ключевые слова:** складирование, мусорный полигон, свалочный биогаз, экологическое загрязнение, тепловая энергия, биометан, переработка.

## LANDFILL GAS UTILIZATION AT THE LANDFILL

Kondratyev Aleksandr Evgenievich  
FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
aekondr@mail.ru

Landfills in large urban settlements are a real environmental disaster. The rapid increase in household, industrial and construction waste is associated with the widespread development of industrial technologies and further improvement of living conditions and consumer capabilities of the population.

**Keywords:** storage, landfill, landfill biogas, environmental problems, thermal energy, biomethane, processing.

Мусорные полигоны представляют собой наиболее актуальную экологическую проблему современного быта. С каждым годом объемы отходов растут, и, как следствие, увеличивается количество свалок, которые негативно влияют на окружающую среду. Рассмотрены аспекты экологического загрязнения, образования свалочного газа, его добычи и утилизации [1].

Согласно статистике, объемы твердых бытовых отходов (ТБО) в мире растут с каждым годом. Это связано с увеличением количества жителей, высоки уровнем потребления и улучшением жизненных условий. В результате, мусорные полигоны становятся переполненными, что приводит к различным экологическим проблемам [2].

Мусорные полигоны негативно действуют на среду обитания. Основные проблемы, связанные с их функционированием, включают:

– загрязнение почвы: отходы, особенно токсичные, могут просачиваться в почву, вызывая ее загрязнение;

– загрязнение воды: фильтрационные жидкости, образующиеся на свалках, могут попадать в подземные и поверхностные воды, что приводит к их загрязнению;

– воздушное загрязнение: разложение отходов на свалках приводит к образованию вредных газов, которые загрязняют атмосферу [3].

Основные компоненты свалочного газа: метан ( $\text{CH}_4$ ), углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ) и небольшие количества других газов, таких как аммиак и сероводород. Образование газа происходит в анаэробных условиях - органические вещества разлагаются без доступа кислорода [4].

Добыча свалочного газа осуществляется с помощью специальных систем, которые включают систему сбора газа – специальные трубы, которые собирают газ из различных слоев свалки и систему очистки, в которой газ очищается от примесей перед его использованием.

Добытый свалочный биогаз может быть реализован для выработки электроэнергии, отопления или синтеза биометана. В любом случае он утилизируется, этот процесс может проводиться разными способами: сжигание – газ сжигается для производства энергии, что позволяет уменьшить его объем и снизить выбросы парниковых газов; преобразование в биометан – газ очищается и используется как альтернативное топливо; использование в качестве сырья – некоторые компоненты свалочного газа могут быть использованы в химической промышленности [5].

Таким образом утилизация свалочного газа позволяет: снизить выбросы парниковых газов, уменьшить загрязнение воздуха, получить альтернативные источники энергии. Применение аккумуляторов тепловой энергии позволит запастись энергией впрок [6].

Проблема мусорных полигонов и связанное с ними экологическое загрязнение остаются актуальными для многих стран. Образование свалочного газа представляет собой как угрозу, так и возможность. Правильная добыча и утилизация свалочного газа могут значительно снизить негативное воздействие на окружающую среду и способствовать переходу к более устойчивым источникам энергии. Важно продолжать развивать технологии и практики, направленные на решение этой проблемы, чтобы обеспечить чистую и безопасную среду для будущих поколений [7].

## Источники

1. Политрубная установка для анаэробного сбраживания органических отходов с получением биогаза / Г.И. Павлов, А.Е. Кондратьев, С.Р. Калачева, С.О. Гапоненко // Экологические системы и приборы. 2011. № 4. С. 26–28.
2. Zagretdinov A.R. Reliability Increasing Solutions for Multilayer Composite Structures Shock-Acoustic Control / A.R. Zagretdinov, A.E. Kondratyev, S.O. Gaponenko // International Conference on Industrial Engineering. Saint-Petersburg, 2017. P. 656–661. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.10.533.
3. Мустафина Г.Р. Особенности применения биогазовой установки на птицефабрике / Г.Р. Мустафина, А.Е. Кондратьев // Научному прогрессу творчество молодых. 2020. № 2. С. 38–40.
4. Ахметгалиев И.Ф. К вопросу очистки биогаза сепарационным методом / И.Ф. Ахметгалиев, А.Е. Кондратьев // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: материалы VI Национальной научно-практической конференции: в 2 т. Казань, 2020. Т. 1. С. 400–403.
5. Макуева Д.А. Системы теплоснабжения жилого дома от солнечных коллекторов / Д.А. Макуева, Я.О. Шайхутдинов, А.Е. Кондратьев // Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики: II Международная научная конференция. Сумгаит, 2020. С. 270–272.
6. Ильясова Г.Р. Применение аккумуляторов тепла в России / Г.Р. Ильясова, А.Е. Кондратьев // Научному прогрессу творчество молодых. 2016. № 2. С. 188–190.
7. Ахметгалиев И.Ф. Особенности сепарационной очистки попутного газа / И.Ф. Ахметгалиев, А.Е. Кондратьев // Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики: II Международная научная конференция. Сумгаит, 2020. С. 228–230.

## МЕТОДИКА ПОЛУЧЕНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ НА ТЕПЛООБМЕННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Литвиненко Анна Алексеевна<sup>1</sup>, Гарнышова Елена Владимировна<sup>2</sup>,  
Измайлова Евгения Вячеславовна<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

<sup>1</sup>annaannaaver@gmail.com, <sup>2</sup>garnyshova@mail.ru, <sup>3</sup>evgeniya-izmailova@yandex.ru

В работе рассматривается методика получения отложений на теплообменной поверхности, на стенде, с использованием реактивов для повышения жесткости и индикатора жесткости воды.

**Ключевые слова:** отложения, теплообменная поверхность, контроль.

## METHOD OF OBTAINING DEPOSITS ON THE HEAT EXCHANGE SURFACE

<sup>1</sup>Litvinenko Anna Alekseevna, <sup>2</sup>Garnyshova Elena Vladimirovna,  
<sup>3</sup>Izmaylova Evgeniya Vyacheslavovna,

<sup>1,2,3</sup>FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan

<sup>1</sup>annaannaaver@gmail.com, <sup>2</sup>garnyshova@mail.ru, <sup>3</sup>evgeniya-izmailova@yandex.ru

The paper examines a method for obtaining deposits on a heat exchange surface, on a stand, using reagents to increase hardness and a water hardness indicator.

**Keywords:** deposits, heat exchange surface, control.

В процессе эксплуатации на теплообменных поверхностях неизбежно образуются [1] отложения, которые ухудшают эффективность работы теплообменников. Для обеспечения их бесперебойной работы важно обнаруживать [2] и контролировать эти отложения [3].

Для проведения экспериментов по контролю отложений на теплообменных поверхностях и получения достоверных данных, важно получить отложения на теплообменных поверхностях. Для этого создана методика получения отложений на теплообменных поверхностях.

Для проведения методики понадобится:

- емкость на 20 литров;
- термометр погружной;
- реактив для повышения жесткости;
- индикатор жесткости воды.



Ход проведения работы заключается в следующем:

1. Измерить жесткость исходной воды с помощью индикатора. Для этого сполоснуть мерный стакан 2–3 раза водой, налить 5 мл воды и добавлять по капле реактива в стакан пока вода не превратится из розового – красного – темно-красного в зеленый. Количество капель реагента будет равняться количеству немецких градусов жесткости ( $1\text{ }^{\circ}\text{Ж}$ ), т.е.  $n$  капель реагента равно  $n\text{ }^{\circ}\text{Ж}$ .

2. Классификация воды:

- до  $5\text{ }^{\circ}\text{Ж}$  – очень мягкая;
- $5\text{--}10\text{ }^{\circ}\text{Ж}$  – мягкая;
- $10\text{--}20\text{ }^{\circ}\text{Ж}$  – средняя жесткость;
- $20\text{--}30\text{ }^{\circ}\text{Ж}$  – жесткая;
- свыше  $35\text{ }^{\circ}\text{Ж}$  – очень жесткая.

3. Для повышения жесткости на  $2,5\text{ }^{\circ}\text{Ж}$  на каждые 20 литров необходимо 5 мл реактива. Допустим, при выполнении п.1. жесткость исходной воды получилась  $12\text{ }^{\circ}\text{Ж}$ , а необходимый объем составляет 20 л. Значит, чтобы повысить жесткость воды (со «средняя жесткость» до «очень жесткая» с  $12\text{ }^{\circ}\text{Ж}$  до  $35\text{ }^{\circ}\text{Ж}$  необходимо:  $35 - 12 = 23$ ;  $23 / 2,5 = 9,2$ ;  $9,2 * 5\text{ мл} = 46\text{ мл}$  реактива).

4. Налить 20 литров воды в емкость (или столько воды, чтобы вода покрывала пластины), добавить 46 мл реактива, активно перемешать, замерить жесткость полученной воды, согласно п.1.

5. Поместить пластины в емкость, поставить емкость на источник тепла, довести до температуры  $60 - 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Для первой итерация держать на источнике тепла 5 – 6 часов.

6. При нагревании вода будет испаряться и жесткость уменьшаться за счет отложения карбонатов на стенках емкости и пластинах. Для поддержания уровня воды и жесткости добавлять в емкость приготовленную воду. Например, при выкипании 500 мл воды: взять 500 мл исходной воды добавить в него 6 мл реактива, перемешать и перелить в емкость.

7. После проведения опыта собрать теплообменник, измерить температуру и давление при работе станда.

8. Разобрать теплообменник.

9. Повторить опыты п.2 – п.6 на протяжении еще 6 часов.

10. После проведения опыта собрать теплообменник, измерить температуру и давление при работе станда.

При соблюдении данной методики можно получить отложения на теплообменных поверхностях для проведения экспериментов и исследований, что позволит в дальнейшем сделать выводы о влиянии отложений на работоспособность теплообменников [4].

Работа выполнялась в рамках гос. задания № 075-03-2024-226/1.

### **Источники**

1. Клименюк И. В., Арапко А.А. Процесс образования отложений на теплообменных поверхностях // Вестник Дальневосточного государственного технического университета. 2011. С. 144–152.

2. Елистратова Ю.В., Семиненко А.С., Минко В.А. Актуальность моделей загрязнения для диагностики состояния пластинчатых теплообменников // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 10. С. 33–40.

3. Гарнышова Е.В., Измайлова Е.В., Ваньков Ю.В. Оценка толщины отложений на внутренней поверхности теплообмена по затуханию собственных колебаний // ИВУЗ. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22, № 4. С.106–114.

4. Минко В.А., Семиненко А.С., Гунько И.В., Елистратова Ю.В. Влияние отложений на рабочих поверхностях системы отопления на показатели работы элементов системы // Вестник БГТУ имени В.Г. Шухова. 2014. №5. С. 32–35.

## ПЕРЕВОД С ПАРОВОГО НА ВОДОГРЕЙНЫЙ РЕЖИМ КОТЕЛЬНОЙ ООО «БАШНЕФТЬ–ДОБЫЧА» г. ОКТЯБРЬСКИЙ

Марков Алексей Сергеевич  
ООО Башнефть-Добыча, г. Октябрьский  
Markovaleksey335@mail.ru

Одним из решений для обновления существующих котельных может стать преобразование паровых котлов в режим работы, основанный на нагреве воды, при этом без выработки пара. Модернизация тепловых котлов в системы отопления повышает эффективность установки за счет уменьшения расходов на топливо и электроэнергию для внутренних потребностей. Также отсутствует необходимость в приобретении дорогостоящего оборудования для нагрева воды, которое требует дополнительных расходов на обслуживание.

**Ключевые слова:** котельная, тепловая энергия, водогрейный режим, КПД, теплоснабжение.

## TRANSFER FROM STEAM TO HOT WATER BOILER ROOM OF BASHNEFT–DOBYCHA, OKTYABRSKY

Alexey Sergeevich Markov  
Bashneft-Dobycha LLC, Oktyabrsky  
Markovaleksey335@mail.ru

One of the solutions for updating existing boiler houses may be the conversion of steam boilers to a mode of operation based on heating water, while without steam generation. The modernization of thermal boilers into heating systems increases the efficiency of the installation by reducing fuel and electricity costs for internal needs. There is also no need to purchase expensive water heating equipment, which requires additional maintenance costs.

**Keywords:** boiler house, thermal energy, hot water regime, efficiency, heat supply.

Котельная ООО «Башнефть-добыча» оборудована тремя котлами ДКВр-6,5/13 с паропроизводительностью 6,5 т/ч каждый. Топливом для котельной служит природный газ. В качестве теплоносителя используется вода. Система теплоснабжения закрытая зависимая [1].

С 2005 года работа котельных агрегатов в водогрейном режиме позволила уменьшить удельный расход топлива на производство тепла, уменьшить потери тепла в теплообменниках, снизить затраты на обслуживание теплообменного оборудования, уменьшить гидравлические потери внутри котельной. И все-таки главной статьей затрат в себестоимости

тепловой энергии является стоимость топлива [2]. При переводе котельных агрегатов на водогрейный режим его расход снижается незначительно и эффект ощутим только в сравнении, когда котельный агрегат работает на небольшой нагрузке, что бывает редко. Поэтому на данном объекте более рационально было бы применение современной модульной котельной [3].

На основе выполненных расчетов можно сделать вывод, что часовая нагрузка котельной в максимально-зимний период составляет 1,98 Гкал/ч, в режиме наиболее холодного месяца – 1,41 Гкал/ч, в осенне-весенний период – 0,743 Гкал/ч. Расчетный расход сетевой воды 31,38 т/ч, расход теплоносителя в системе горячего водоснабжения: в зимний период – 9,380 т/ч, в летний период – 9,427 т/ч, расход подпиточной воды составляет 0,8 т/ч.

Также у паровых котлов имеются колоссальные потери тепловой энергии вместе с уходящими газами, из-за того что температура уходящих газов может достигать 329 °С, а также большие потери тепловой энергии уходят в окружающую среду по причине неплотностей, появляющихся из-за усталости металла [4]. Из-за чего КПД паровых котлов достигает лишь 87,0–89,0 %.

Для надежной и долговечной работы системы теплоснабжения нужна качественная подготовка сетевой и подпиточной воды [5]. Подпиточная вода не должна вызывать накипеобразования и шламовыделения в подогревателях, трубопроводах и местных системах, а также коррозию металла данного оборудования.

В итоге при рассматриваемых технических характеристиках рассматриваемой котельной было установлено, что при объеме производимой тепловой энергии ее себестоимость составляет 1626,6 руб/Гкал. Экономия денежных средств по сравнению с себестоимостью тепловой энергии до реконструкции составляет 1009,2 тыс.руб/год. Срок окупаемости проекта составляет 2,3 года.

Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что модернизация котельной привела к увеличению надежности, экономичности и безопасности работы оборудования.

### **Источники**

1. ПБ 10-574-03. Правила устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды. М., 2008. 128 с.

2. Варфоломеев Ю.М. Отопление и тепловые сети. М.: ИНФРА-М, 2007. 480 с.
3. ГОСТ 21.605-82. Сети тепловые (тепломеханическая часть). М., 1997. 12 с.
4. Gaponenko S.O. Device for Calibration of Piezoelectric Sensors / S.O. Gaponenko, A.E. Kondratiev // International Conference on Industrial Engineering. Saint-Petersburg, 2017. P. 146–150. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.10.451.
5. Болбот С.С., Карницкий Н.Б. Анализ схем перевода паровых котлоагрегатов в водогрейный режим работы // Наука – образованию, производству, экономике: материалы 15-й Международной научно-технической конференции. Минск: БНТУ, 2017. Т. 1. С. 131.

## ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМА ЭМПИРИЧЕСКОЙ МОДОВОЙ ДЕКОМПОЗИЦИИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ УТЕЧЕК В ТРУБОПРОВОДЕ

Миронов Илья Владиславович

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

ilyamironov310701@gmail.com

В данной статье рассматривается использование эмпирической модовой декомпозиции (EMD) для анализа данных, полученных от датчиков трубопроводов. Эмпирическая модовая декомпозиция позволяет разделить сложные сигналы на более простые компоненты и эффективно выявлять изменения, указывающие на утечки.

**Ключевые слова:** эмпирическая модовая декомпозиция, эмпирические моды, контроль, трубопроводы, утечки.

## APPLICATION OF EMPIRICAL MODE DECOMPOSITION ALGORITHM FOR CONTROL OF LEAKS IN PIPELINES

Mironov Ilya Vladislavovich

FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan

ilyamironov310701@gmail.com

This paper examines the use of empirical mode decomposition (EMD) to analyze pipeline sensor data. Empirical mode decomposition can separate complex signals into simpler components and effectively identify changes indicative of leaks.

**Keywords:** empirical mode decomposition, empirical modes, control, pipelines, leaks.

Контроль за состоянием трубопроводных систем является критически важной задачей в различных отраслях, включая нефть и газ, водоснабжение и химическую промышленность. Утечки в трубопроводах могут вызывать значительные экономические убытки и нанести вред окружающей среде. В этой связи к надёжной и безопасной эксплуатации трубопроводных систем предъявляются высокие требования [1]. Поэтому разработка эффективных методов их обнаружения и мониторинга остается актуальной. Для качественной оценки технического состояния трубопроводов необходимо, чтобы диагностическая информация была правильно извлечена из вибросигнала [2]. Одним из передовых подходов для анализа данных, полученных от датчиков трубопроводов, является эмпирическая модовая декомпозиция (EMD).

Метод EMD предназначен для анализа нестационарных и нелинейных процессов [3]. Алгоритм эмпирической модовой декомпозиции (EMD) представляет собой метод анализа сигналов, который позволяет разделить сложный сигнал на более простые составляющие, называемые эмпирическими модами (IMF) [4].

Алгоритм EMD заключается в следующем:

1. Устанавливают все экстремумы исходного сигнала  $x(t)$ .
2. Определяют верхнюю  $A_{\max}(t)$  и нижнюю  $A_{\min}(t)$  огибающую по всем локальным максимумам и минимумам.
3. Затем вычисляют средние значения для полученных огибающих и находят разности по формуле

$$h_1(t) = [x(t) - m_1(t)]. \quad (1)$$

Если  $h_1(t)$  не удовлетворяет условиям 1 и 2, то  $h_1(t)$  принимается за исходный сигнал, и этапы 1-3 повторяются до тех пор, пока функция  $h_{1k}(t) = h_{1(k-1)}(t) - m_{1k}(t)$  не будет соответствовать указанным условиям. При этом функция  $c_1(t) = h_{1k}(t)$  станет IMF<sub>1</sub> сигнала  $x(t)$ . Вычитая функцию  $c_1(t)$  из  $x(t)$ , получаем:

$$x(t) - q(t) = r(t). \quad (2)$$

Функция  $r_1(t)$  затем используется снова для выполнения этапов 1-3, в результате чего получается функция  $c_2(t)$ , которая будет IMF<sub>2</sub> сигнала  $x(t)$ . Продолжая эту процедуру, можно получить  $n$  компонентов IMF для  $x(t)$ , что приведет к декомпозиции  $x(t)$  в  $n$  эмпирическом приближении.

Для контроля утечек в трубопроводах, метод EMD может быть использован следующим образом:

Датчики, установленные вдоль трубопровода, фиксируют изменения давления, температуры и акустических сигналов, которые могут указывать на наличие утечек. Авторы работы [5] используют специальные акустические датчики, которые способны улавливать звуковые волны, создаваемые течью воды. Они должны быть достаточно чувствительными, чтобы обнаруживать даже небольшие изменения в звуковом фоне.

Собранные данные обрабатываются с помощью алгоритма EMD, который разделяет сигнал на несколько мод. Эти моды позволяют выявить изменения в сигнале, связанные с возможными утечками.

Каждая IMF представляет собой определенный аспект исходного сигнала. Анализируя их, можно определить наличие отклонений, характерных для утечек, таких как резкие изменения давления или специфические акустические паттерны.

На основе анализа IMF можно классифицировать типы утечек и даже определить их местоположение. Например, высокочастотные компоненты могут указывать на небольшие утечки, тогда как низкочастотные будут свидетельствовать о более крупных инцидентах.

Алгоритм эмпирической модовой декомпозиции представляет собой мощный инструмент для контроля утечек в трубопроводах. Его способность эффективно обрабатывать сложные сигналы и выделять ключевые характеристики делает его незаменимым в современных системах мониторинга трубопроводной инфраструктуры. Внедрение EMD в практику позволит значительно повысить эффективность обнаружения утечек и, как следствие, улучшить безопасность и надежность трубопроводных систем.

### **Источники**

1. Шакурова Р.З. К вопросу инерциального возбуждения диагностических низкочастотных вибрационных колебаний в трубопроводах ЖКХ / Р.З. Шакурова, С.О. Гапоненко, А.Е. Кондратьев // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики: материалы 92-го заседания Международного научного семинара им. Ю.Н. Руденко, Казань, 21–26 сентября 2020 года / Ответственный редактор Н.И. Воропай. Вып. 71, кн. 3. Казань: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук, 2020. С. 276–282.

2. Шакурова Р.З., Гапоненко С.О. Применение методов энтропийной параметризации для обработки виброакустических сигналов при диагностике трубопроводных систем // XXV Туполевские чтения (Школа молодых ученых). 2021. С. 333–338.

3. Acoustic-resonance method for control of the location of hidden hollow objects / S.A. Nazarychev, S.O. Gaponenko, A.E. Kondratiev, R.Z. Shakurova // Journal of Physics: Conference Series : Scientific Technical Conference on Low Temperature Plasma During the Deposition of Functional Coatings. Kazan, 2019. Vol. 1328. P. 012054. DOI: 10.1088/1742-6596/1328/1/012054.

4. Долгаль А.С., Христенко Л.А. Применение эмпирической модовой декомпозиции при обработке геофизических данных // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2017. Т. 328, № 1. С. 100–108.

5. Feng C. [et al.] Acoustic-based approach for micro-leakage detection and localization in water supply pipelines // Environmental Science: Water Research & Technology. 2024.



## **ВЛИЯНИЕ ВНЕДРЕНИЯ БОКОВЫХ ГОРЕЛОК В ТУННЕЛЬНУЮ ПЕЧЬ ПРИ ОБЖИГЕ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ**

Мукатдаров Алик Альбертович<sup>1</sup>, Мукатдарова Диана Альбертовна<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>alikjan1155@yandex.ru, <sup>2</sup>di\_mukatdarovaaa@mail.ru

В статье представлен опыт применения боковых горелок при обжиге керамических изделий.

**Ключевые слова:** туннельная печь обжига, боковые горелки, температурное поле, зона подготовки.

## **EFFECT OF INTRODUCING SIDE BURNERS INTO A TUNNEL KILN WHEN FIRE-FIRED CERAMIC PRODUCTS**

Mukatdarov Alik Albertovich<sup>1</sup>, Mukatdarova Diana Albertovna<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>alikjan1155@yandex.ru, <sup>2</sup>di\_mukatdarovaaa@mail.ru

The article presents the experience of using side burners when firing ceramic products..

**Keywords:** Tunnel kiln, side burners, temperature field, preparation area.

В настоящее время для обжига строительных керамических кирпичей применяются только печи непрерывного действия такие как, кольцевые и туннельные. Из-за больших затрат физического труда, имеющейся неравномерности температуры по сечению канала обжига и из-за трудности механизации работ при проектировании, отдается предпочтение туннельным печам. Туннельная печь состоит из длинного прямолинейного канала, вдоль которого перемещаются вагоны с садками обжигаемых кирпичей. Теплоноситель, представляющий смесь продуктов сгорания газообразного топлива и воздуха, движется навстречу перемещающимся вагонам. Физические и химические процессы происходят при теплообмене обтекающего воздуха по перемещаемым садкам кирпичей. Обычно условно канал туннельной печи разделяют на зону подогрева (подготовки), обжига и охлаждения (рис. 1) [1].

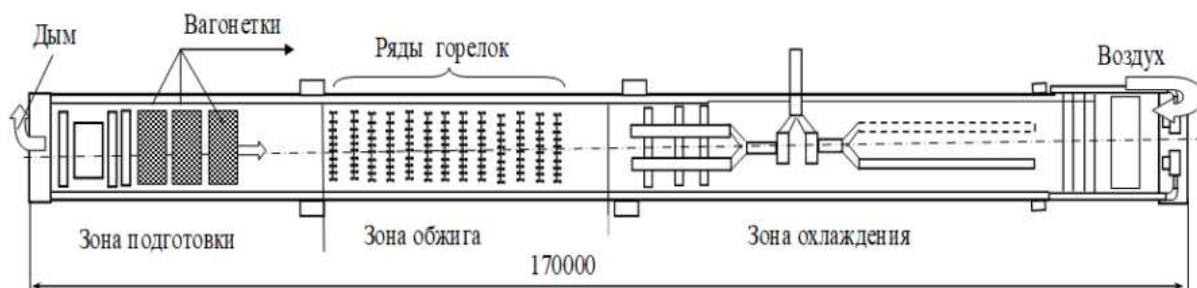


Рис. 1. Упрощенная схема туннельной печи: вид сверху

В зоне подготовки происходит процесс нагрева керамических изделий до температуры 800-850 °С [2]. При такой температуре материал обладает наибольшей пористостью, способствующей беспрепятственному удалению воды и летучей части органических веществ. Так же в интервале температуры от 300-1000 °С происходит разложение карбонатов. При быстром проталкивании обжиговых вагонеток в печи, возникает проблема недогрева изделий в зоне подготовки, тем самым изделия попадают в зону обжига непрогретыми, тепло-химические процессы в зоне подготовки не успевают завершиться, из-за чего возникают отстрелы керамических изделий в зоне обжига [3].

На одном из кирпичных заводов, вблизи г. Казани столкнулись с данной проблемой. В связи с изменением исходного сырья, изделия-сырцы, которые требуют более длительной выдержки в зоне подготовки не успевали прогреться до нужной температуры, ввиду этого на выходе из печи появлялся брак в виде отстрелов черепков от кирпичей.

С целью борьбы с данной проблемой было решено увеличить температуру подогрева в зоне подготовки. Изначально испробовано увеличение скорости вращения вентилятора дымосососа, с целью «растягивания» температурного поля по всей длине печи обжига, но данный метод оказался бесполезен, т. к. помимо «отстрелов» появилась явное различие цвета готового изделия, т. е. действующие горелки не смогли обеспечить увеличения температуры по всей длине канала [4].

В связи с этим было решено установить дополнительные боковые горелки, в зоне подготовке (рис. 2).

Всего было установлено по шесть горелок с каждой стороны печи. После введения в эксплуатацию данных горелок, удалось достичь нормализацию температурных параметров в зоне подготовки печи и более равномерному расслоению температурного поля по всей части зоны подготовки [5].

Данное технологическое решение позволило уменьшить количество брака на выходе готовой продукции. Благодаря боковым горелкам, получилось поднять температуру в зоне подготовки с 550 °С до 750 °С.



Рис. 2. Боковые горелки в зоне подготовки туннельной печи

Нами было выявлено, что при установке дополнительных источников тепла в зоне подготовки, удалось достичь оптимальных показателей качества продукции без снижения требуемой производительности.

### **Источники**

1. Мукатдаров А.А., Вафин Д.Б., Мукатдарова Д.А. Тепловое состояние в туннельной печи обжига кирпичей со сводовым расположением горелок // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2024. № 3.

2. Жежера Н.И., Сабанчин В.Р. Туннельная печь для обжига керамических изделий как объект автоматического управления по разрежению продуктов горения // Интернет-журнал «Науковедение». 2014. № 6.

3. Мукатдаров А.А. Автоматизированная система управления туннельной печи обжига керамического кирпича / А.А. Мукатдаров, Д.Б. Вафин // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: материалы IX Национальной научно-практической конференции, посвященной 55-летию КГЭУ, Казань, 2023. Казань, 2024. С. 920–922.

4. Вафин Д.Б. Зависимость аэродинамики продуктов сгорания газообразного топлива и тепловых потоков к трубчатому экрану в трубчатых печах от типа и размещения горелок / Д.Б. Вафин, Ш.Г. Зиганшин, А.А. Мукатдаров // XIII семинар вузов по теплофизике и энергетике : тезисы докладов Всероссийской научной конференции. Нижний Новгород, 2023.

5. Дагаев М.И., Муртазова Х.Т., Авторханов А.М. Система управления процессом обжига кирпича // Вестник ГГНТУ. Технические науки. 2019. Т. 15. № 3. С. 5–9.

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДЕЛИ АККУМУЛЯТОРА ТЕПЛОТЫ С ТРЕМЯ МАТЕРИАЛАМИ С ФАЗОВЫМ ПЕРЕХОДОМ

Мурзаев Александр Сергеевич

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
erodonov@list.ru

В статье описаны экспериментальные результаты повышения эффективности многослойных тепловых аккумуляторов с фазовым переходом. В отличие от полученного эффекта сокращения времени плавления в двухслойных аккумуляторах, в случае одновременным использованием компоновок с тремя различными РСМ существуют компоновки, при которых время зарядки аккумулятора практически не меняется (и может находиться в пределах погрешности измерений), но изменяется количество саккумулированной энергии по истечению зарядки.

**Ключевые слова:** материал с фазовым переходом, аккумулялирование энергии, тепловые аккумуляторы, парафин, церезин, стеариновая кислота.

## EFFICIENCY ASSESSMENT OF A HEAT ACCUMULATOR MODEL WITH THREE PHASE-CHANGE MATERIALS

Murzaev Alexander Sergeevich

FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
erodonov@list.ru

The article describes experimental results of increasing the efficiency of multilayer phase-change heat accumulators. In contrast to the obtained effect of reducing the melting time in two-layer accumulators, in the case of simultaneous use of arrangements with three different PCMs, there are arrangements in which the accumulator charging time practically does not change (and can be within the measurement error), but the amount of accumulated energy changes after charging.

**Keywords:** phase change material, energy storage, heat accumulators, paraffin, ceresin, stearic acid.

Основными преимуществами многослойных аккумуляторов с материалами с фазовым переходом (с РСМ) являются расширение температурного диапазона применения и большая управляемость, по сравнению с теплоаккумуляторами с одним РСМ. Управление аккумулялирующей способностью осуществляется при подборе совокупности РСМ с определенными значениями температуры плавления, теплопроводности в твердой фазе

и теплоемкости. В литературе представлены различные модели многослойных аккумуляторов с РСМ, но все конструкции можно разделить на три вида: с последовательным и параллельным расположением слоев РСМ и концентрические модели [1, 2].

В процессе исследования на экспериментальной установке проводились измерения температуры слоев РСМ при их последовательном расположении для случаев зарядки аккумулятора на температурах 90, 120 и 150 °С. В качестве РСМ использовались парафин П2, церезин марки М75, а также стеариновая кислота ( $C_{17}H_{35}COOH$ ). Оценка эффективности зарядки, выраженная в сокращении времени плавления и количестве саккумулированной теплоты, при изменении компоновок слоев для аккумулятора с двумя РСМ представлена в ранее опубликованных материалах.

Как и при зарядке аккумулятора с двумя РСМ (церезин и парафин), наименьшее время зарядки трехслойного аккумулятора соответствует компоновке слоев с уменьшением температур плавления по мере удаления от горячей стенки (207 мин), а наибольшее время зарядки – обратной компоновке (322 мин). Для этих компоновок сохранилось относительное значение сокращения среднего времени плавления зарядки аккумулятора, которое для случая нагрева на 120 °С составило 36 %. В отличие от зарядки аккумулятора с двумя РСМ, где сокращение времени плавления от изменения компоновок слоев показало линейную зависимость, в трехслойном аккумуляторе время зарядки для различных компоновок возрастает нелинейно. Однако, несмотря на приблизительно одинаковое время зарядки некоторых компоновок, значительно отличаются температуры первых двух слоев в момент окончания зарядки, и соответственно, количество саккумулированной энергии.

Управление процессом аккумуляции энергии в теплоаккумуляторах больше, чем с одним РСМ, заключается в определении параметров температурного режима охлаждаемого оборудования (тепловая мощность, диапазон изменения температур и т.д.) для выбора наиболее эффективных совокупности РСМ и конструкции аккумулятора [3, С. 119138].

Необходимо провести дополнительные экспериментальные исследования зарядки аккумулятора на 90 и 150 °С (как в случае с двухслойным аккумулятором). Интересны дальнейшие исследования многослойных конструкций аккумулятора с другим набором РСМ [4, С. 905] и их большим объемом [5, с. 154] с целью определения доли влияния температуры плавления и теплоемкости РСМ на процесс зарядки и количество саккумули-

рованной теплоты [5]. При проведении исследований и изготовлении теплоаккумуляторов стоит учитывать испарение легкой фракции РСМ на высоких температурах (выше 100 – 120 °С), что может оказать негативное влияние на эксплуатацию системы и здоровье человека. Кроме того, придание герметичности контейнерам с РСМ позволит существенно облегчить экспериментальные исследования благодаря исключению необходимости добавлять РСМ для получения необходимого объёма.

Исследования поддерживаются Государственным заданием № 075-03-2024-226.

### **Источники**

1. Elsanusi O.S., Nsofor E.C. Melting of multiple PCMs with different arrangements inside a heat exchanger for energy storage // Applied thermal engineering. 2021. Т. 185. С. 116046.

2. Sadeghi H.M., Babayan M., Chamkha A. Investigation of using multi-layer PCMs in the tubular heat exchanger with periodic heat transfer boundary condition //International Journal of Heat and Mass Transfer. 2020. Т. 147. С. 118970.

3. Ranawade V., Nalwa K. S. Multilayered PCMs-based cooling solution for photovoltaic modules: Modelling and experimental study //Renewable Energy. 2023. Т. 216. С. 119136.

4. Sefidan A. M. et al. Multi-layer PCM solidification in a finned triplex tube considering natural convection // Applied thermal engineering. 2017. Т. 123. С. 901-916.

5. Influence of PCM design parameters on thermal and optical performance of multi-layer glazed roof / Liu C. [et al.] // Applied energy. 2018. Т. 212. С. 151–161.

## РАСЧЕТ МАЛОЙ ПГУ-ТЭС

Новоселова Марина Сергеевна, Ваньков Юрий Витальевич  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
nova-mara0607@list.ru

Газотурбинные установки (ГТУ) обладают высокой маневренностью и малыми габаритами за счет отсутствия необходимости в большом количестве вспомогательного оборудования. При установке утилизационного теплообменника становится возможным генерировать не только электричество, но и теплоту. Однако в теплый период года, когда отсутствует потребность в отоплении, утилизация теплоты уходящих газов будет недостаточной с учетом того, что расход теплоты для обеспечения горячего водоснабжения (ГВС) значительно меньше. В таком случае стоит использовать схему парогазовой установки (ПГУ) с котлом-утилизатором (КУ), в которой теплота выхлопных газов утилизируется круглый год.

**Ключевые слова:** паровая турбина, парогазовая установка.

## CALCULATION OF A SMALL COMBINED CYCLE POWER PLANT

Novoselova Marina Sergeevna, Vankov Yuri Vitalievich  
FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
nova-mara0607@list.ru

Gas turbine units are highly maneuverable and small in size due to the lack of need for a large amount of auxiliary equipment. When installing a waste heat exchanger, it becomes possible to generate not only electricity, but also heat. However, in the warm season, when there is no need for heating, the utilization of the heat of the exhaust gases will be insufficient given that the heat consumption for providing hot water supply is significantly less. In this case, it is worth using a combined-cycle plant with a waste heat boiler, in which the heat of the exhaust gases is utilized all year round.

**Keywords:** steam turbine, combined-cycle plant.

Эксплуатация газотурбинных электростанций разных мощностей обладает как рядом преимуществ, так и определенными недостатками. Так, ГТУ обладают маневренностью и небольшими габаритами, однако требуют при этом решения проблемы с утилизацией теплоты уходящих в атмосферу с высокой температурой продуктов сгорания [1].

С для решения этого вопроса используются как теплообменники, возвращающие энергию в цикл работы ГТУ, так и котлы-утилизаторы для выработки тепловой энергии. Однако эффективность последних значительно снижается при повышении температуры наружного воздуха.



В таком случае, для круглогодичной утилизации теплоты, можно эксплуатировать ГТУ в составе блока ПГУ [2].

В состав рассматриваемой ПГУ входит газотурбинная установка типа ГТА-8 РМ номинальной мощностью 8 МВт, температурой газов на выходе, равной 520 °С, и расходом уходящих газов, равным 50 кг/с [3]. Обычно для утилизации тепла уходящих газов для данной установки используют одноконтурный котел-утилизатор, паропроизводительностью 20 т/ч и параметрами свежего пара 440 °С и 4 МПа.

Для расчета парогазовой установке рассматривается работа газотурбинной установки на номинальном режиме (при температуре наружного воздуха равной 15 °С) и при работе в холодный период года, расчетная температура которой бралась для города Казань ( $t_b = -29$  °С) [4]. В таких условия котел-утилизатор для этой ГТУ будет вырабатывать 7,47 и 8,87 кг/с на номинальном режиме и в отопительный период соответственно.

Результаты расчета парогазовой установки при работе паровой турбины (ПТ) в конденсационном режиме по методике, описанной в [5], отражены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты теплового расчета парогазовой установки

Название характеристики	Единица измерения	Значение	
		летний период	зимний период
Электрическая мощность ГТУ	кВт	7 990,8	12 940,2
Электрическая мощность ПТ	кВт	5 602,5	6 656,3
КПД ПГУ брутто по выработке электрической энергии	%	54,3	55,5
КПД ПГУ нетто по выработке электрической энергии	%	51,0	52,2
Расход условного топлива на выработку электроэнергии	г/(кВт·ч)	241,0	235,7

Таким образом, суммарная мощность ПГУ при работе на номинальном режиме составит 14,6 МВт при этом обладая КПД нетто на выработку электроэнергии, равным 51,0%. Такая схема будет дешевле аналогичной, но использующей отборы ПТ на теплофикацию. Однако, с другой стороны, схема с теплофикационной паровой турбиной может повысить эффективность работы мини-ТЭС и устраняет вопрос об установке дополнительного водогрейного оборудования для обеспечения потребителей тепла.

## Источники

1. Новоселова, М. С. Мини-ТЭЦ на основе газотурбинной установки НК-16-18 СТ // XXVII Всероссийский аспирантско-магистерский научный семинар, посвященный Дню энергетика и 55-летию КГЭУ: материалы докладов. Казань, 2023. С. 182–185.
2. Десяткин Д.П. Утилизация тепла уходящих газов / Д.П. Десяткин, Р.Р. Гайфутдинов // Аллея науки. 2018. Т. 8, № 5 (21). С. 259–264.
3. Газотурбинные энергетические агрегаты ГТА-6РМ и ГТА-8РМ [Электронный ресурс] // Объединённая двигателестроительная корпорация. URL: <https://www.uecrus.com/> (дата обращения: 27.10.2024).
4. СНиП 23-09-99\*. Строительная климатология. М., 2006. 74 с.
5. Расчет показателей тепловых схем и элементов парогазовых и газотурбинных установок электростанции: учебное пособие / С.В. Цанев [и др.]. М.: МЭИ, 2000. 72 с.

## МЕТОДЫ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ТРУБОПРОВОДА

Политова Татьяна Олеговна<sup>1</sup>, Загретдинов Айрат Рифкатович<sup>2</sup>,  
Зиганшин Шамиль Гаязович<sup>3</sup>, Сидоров Михаил Валерьевич<sup>4</sup>  
<sup>1,2,3,4</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>Politovatatyana@ya.ru

В статье рассмотрены методы для машинного обучения. Были проделаны испытательные работы на стенде. Полученные данные были сформированы массивы необходимые для машинного обучения. Представлены результаты обработки данных с помощью методов машинного обучения.

**Ключевые слова:** модель, трубопровод, методы машинного обучения, энергоэффективности.

## MACHINE LEARNING METHODS FOR PIPELINE CONDITION MONITORING

Politova Tatyana Olegovna<sup>1</sup>, Zagretdinov Ayrat Rifkatovich<sup>2</sup>,  
Ziganshin Shamil Gayazovich<sup>3</sup>, Sidorov Mikhail Valerievich<sup>4</sup>  
<sup>1,2,3,4</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>Politovatatyana@ya.ru

The article discusses methods for machine learning. Testing work was carried out on the stand. The data obtained were formed into arrays necessary for machine learning. The results of data processing using machine learning methods are presented.

**Keywords:** model, pipeline, machine learning methods, energy efficiency.

Системы обнаружения утечек в трубопроводе в последние годы приобретают все большую популярность. В процессе эксплуатации трубопровода в нем зарождаются различные дефекты: трещины, утонения стенки и сквозные дефекты в основном за счет коррозии металла и др.

Внедрение искусственного интеллекта для обнаружения утечек на трубопроводах позволяет обеспечить быстрое, не зависящее от человеческого фактора и очень точное выявление повреждений трубопровода. Для распознавания и классификации дефектов трубопроводов по их акустическим сигналам предлагается использовать алгоритмы машинного обучения. Преимуществом нейронных сетей является их способность обучаться выполнению задач на основе данных, которые сеть получает

в процессе реальной работы [1,2]. Однако достоверность полученных результатов сильно зависит от выбора типа нейронной сети, ее настроек, и грамотно сформированного дата-фрейма.

Машинное обучение и искусственный интеллект часто программируют на питоне. Это удобно делать на простом языке с эффективной производительностью при обработке данных. Для решения задачи в качестве основ были выбраны: метод градиентного бустинга; метод  $k$ -ближайших соседей; метод случайного леса; метод многослойной нейронной сети [3, 4].

На разработанной экспериментальной установке, которая включает в себя стальную трубу длиной 2 м, с внешним диаметром 0,159 м, толщиной стенки 6 мм; обратный клапан; задвижку; компрессор; манометр; персональный компьютер. Были проведены экспериментальные исследования. В ходе экспериментов были получены сигналы вибрации. Данные, полученные в ходе экспериментов, позволили обнаружить закономерности, графическое представление которых показано на рисунке 1, связанные с изменением амплитудных спектров трубопроводов в зависимости от давления в трубопроводе, а также от вида предполагаемой неисправности. В дальнейшем из полученных данных будут сформированы массивы необходимые для машинного обучения.

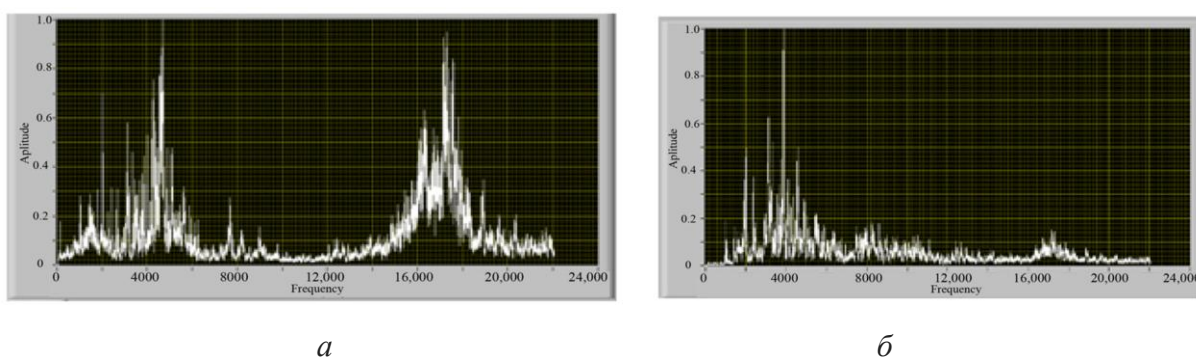


Рис. 1. Частотные спектры трубопроводов с дефектами (при давлении 3 атм):  
*а* – сигнал по оси  $X$  трубопровода с диаметром отверстия 1 мм;  
*б* – сигнал по оси  $Y$  трубопровода с диаметром отверстия 1 мм

Результаты работы стенда формировались в файлах с расширением txt, с содержанием значений в количестве 80000.

В результате получался обучающий файл Excel в котором содержались значения, распределенные отдельно по листам. Таким-же образом формировались остальные массивы, содержащие в себе отличные друг от друга по содержанию данные.

Уже готовые массивы использовались для машинного обучения, заранее распределив их как тестовая выборка и обучающие.

Были проведены многочисленные опыты с программой, результаты которой приведены в таблице

Сводная таблица результатов

Наименование метода машинного обучения	Среднее время обучения, сек.	Бездефектный трубопровод		Трубопровод – дефект трещина	
		Отношение верно предсказанного класса к общему числу опытов, %	Средняя точность предсказания класса, %	Отношение верно предсказанного класса к общему числу опытов, %	Средняя точность предсказания класса, %
Градиентный бустинг	10981	5	40	38	62
$k$ – ближайших соседей	0,7	98	100	0	0
Случайный лес	22	10	48	0	0
Многослойная нейронная сеть	85	60	86	3	98

Использование искусственного интеллекта для определения течеискания трубопровода возможно, что свидетельствует высокий процент верно определенного класса неисправности и высокий процент точности. Самым подходящим стал метод  $k$ -ближайших соседей, имея точность свыше 95 процентов, а наименее точным показал себя метод случайного леса, с общим количеством верных предсказаний класса 5 %.

Метод нейронных моделей немного уступает  $k$ -ближайшему в точности, повысить ее возможно путем увеличения числа скрытых нейронов, но это значительно увеличивает время обучения, и достаточно сильно загружает как центральный процессор, так и забивает оперативную память, от чего становится невозможным пользование компьютером.

### Источники

1. Городов А.Р. Разработка модели для прогнозирования технического состояния линейной части магистральных газопроводов: магистерская диссертация. Томск, 2017. 105 с.

2. Assessment of the condition of pipelines using convolutional neural networks / Y. Vankov [et al.] // Energies. 2020. Vol. 13, Iss. 3. P. 618.

3. Машинное обучение и интеллектуальный анализ данных : Практикум. Челябинск : Челябинский государственный университет, 2022. 65 с.

4. Газимагамадова Д.М. Машинное обучение / Д.М. Газимагамадова // Инновационный дискурс развития современной науки и технологий : сборник статей III Международной научно-практической конференции. Петрозаводск, 2021. С. 45–50.

5. Sibindi R. A boosting ensemble learning based hybrid light gradient boosting machine and extreme gradient boosting model for predicting house prices / R. Sibindi, R.W. Mwangi, A.G. Waititu // Engineering Reports. 2023.

## ПОСТРОЕНИЕ ПРОФИЛЯ КОРРОЗИОННОЙ ПЛОСКОСТИ

Рудич Анна Павловна<sup>1</sup>, Валиев Радик Нурттинович<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

<sup>1</sup>annaselylk6@gmail.com, <sup>2</sup>valievkgeu@yandex.ru

В статье рассматривается метод построения профиля коррозионной плоскости, для моделирования которой использовался код на языке Python, разработанный в среде PyCharm. В качестве объекта исследования взят трубопровод длиной 10 метров и диаметром 33,7 миллиметров. Данные толщинометрии получены при проведении экспертизы промышленной безопасности. Актуальность проблемы визуализации результатов толщинометрии, обусловлена повышением эффективности диагностирования коррозионных дефектов.

**Ключевые слова:** профиль коррозионной плоскости, массив данных, трубопроводные системы, предельное состояние, остаточный ресурс.

## CONSTRUCTION OF A CORROSION PLANE PROFILE

Rudich Anna Pavlovna<sup>1</sup>, Valiev Radik Nurttinovich<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan

<sup>1</sup>annaselylk6@gmail.com, <sup>2</sup>valievkgeu@yandex.ru

The article discusses a method for constructing a corrosion plane profile, which was modeled using Python code developed in the PyCharm environment. A pipeline with a length of 10 meters and a diameter of 33.7 millimeters was taken as the object of the study. Thickness measurement data were obtained during an industrial safety examination. The relevance of the problem of visualization of thickness measurement results is due to an increase in the efficiency of diagnosing corrosion defects.

**Keywords:** corrosion plane profile, data array, pipeline systems, limit state, residual resource.

Наиболее распространенной причиной деградации трубопроводных сетей является коррозия [1]. В следствие коррозионного износа на стенках трубопровода образуется утонение, а в редких случаях локальное утолщение. Такие дефекты, как местные углубления, питтинговые поражения, окалина и отложения [2], обнаруживаются при проведение ультразвуковой толщинометрии с помощью специального оборудования [3]. В данном исследовании использовался толщиномер ультразвуковой А1208.

Объектом исследования стал трубопровод длиной 10 м, фактическим диаметром 33,7 мм и нормативной толщиной трубы 2,6 мм, изготовленный из стали ТТSt35, российским аналогом которой является марка стали 20. Трубопровод используется для транспортировки воздуха, при рабочих

параметрах 0,6 МПа и плюс 20 градусов Цельсия. Предположительно, за время эксплуатации трубопровод мог подвергнуться общей, равномерной коррозии так как сталь 20 входит в реакцию окисления при воздействии кислорода и влаги, что могло привести к истощению стенок. Эффективное выявление коррозионных дефектов и достоверное моделирование процессов разрушения стенок позволяют оценить состояние трубопровода и прогнозировать его дальнейший износ, точные данные о толщине стенок трубопроводов помогают определить необходимость ремонта или замены.

Для моделирования профиля коррозионной плоскости, использовались данные ультразвуковой толщинометрии, полученные в рамках экспертизы промышленной безопасности. Построение проводилось с помощью кода, написанного на Python и разработанного в кроссплатформенной интегрированной среде PyCharm. Данные замеров представлены в виде таблицы, отвечающей условиям построения плоскости (массивы данных «X», «Y», и «Z» с согласованными размерами, где «Z» соответствует условию «X×Y»). На рис.1. с графиками оси подписаны как: «X» - «X Axis», «Y» - «Y Axis», «Z» - «Thickness». Для работы кода установлены библиотеки, отвечающие за выполнение конкретных задач: «Pandas» для чтения файла Excel и импорта данных в виде DataFrame; «NumPy» для работы с уникальными значениями, создания сетки координат и преобразования данных в формат, подходящий для 3D-графика; «Plotly» для визуализации данных, применяется для создания 3D-графика профиля коррозионной плоскости, а также «SciPy» для обнаружения и маркировки потенциальных участков разрушения на основе данных о толщине покрытия [4].

Данные замеров были загружены в таблицу Microsoft Excel, путь к которой указан в коде. При проведении ультразвуковой толщинометрии адрес пути можно заменить на адрес облачного хранилища, в которое результаты будут импортироваться автоматически. На основе этих данных были построены графики распределения толщины стенок по длине трубопровода, позволяющие визуализировать и анализировать изменения в зависимости от координат по оси трубопровода. При первом запуске кода, распределение координаты «Thickness» критично не отклонилось от отбракованной толщины стенки. В терминале PyCharm отобразилась информация: «Минимальная толщина стенки: 1.8. Количество потенциальных участков разрушения: 0»

Для наглядного обоснования удобства применения профиля коррозионной плоскости, в таблицу данных внесены изменения для получения дефекта утонения. Минимальная толщина стенки превысила пороговое значение отбракованной толщины равной для данной трубы 1,5 мм.



При повторном запуске кода в терминале PyCharm отобразилось предупреждение: «Минимальная толщина стенки: 1,4; Количество потенциальных участков разрушения: 1». Разница минимального замера составила 0,4 мм., при этом визуально график кардинально изменился и даже при беглом просмотре явно виден дефект.

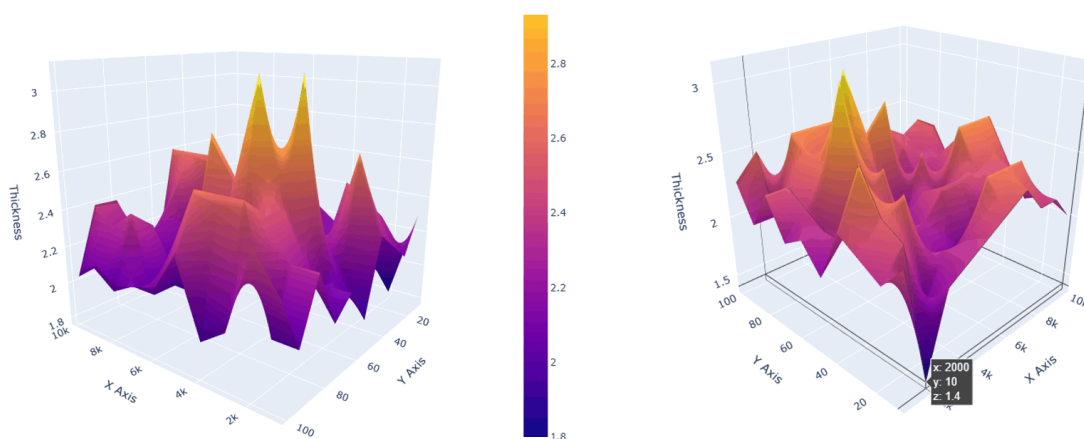


Рис. 1. Графики при первом и втором запуске кода соответственно

Применение Python и среды PyCharm для разработки кода позволило обеспечить высокую точность обработки данных. Данное решение упрощает восприятие классического табличного вида замеров и может быть более эффективно применено в рамках экспертизы промышленной безопасности [5].

### Источники

1. Берман В.И. Коррозия и защита металлов. М.: Металлургия, 2002. 480 с.
2. Воробьев А.М., Поликарпов В.П. Проблемы коррозии и коррозионного износа трубопроводов. СПб.: Технолит, 2017. 328 с.
3. Иванов П.С. Ультразвуковая диагностика трубопроводов. М.: Издательство МАИ, 2014. 256 с.
4. Прокофьев А.Н. Применение Python для анализа и моделирования данных. М.: Синергия, 2020. 384 с.
5. Бирилло И.Н. Усовершенствованные методы оценки состояния газопроводов с коррозионными повреждениями. // Труды конференции по диагностике и прогнозированию технического состояния трубопроводных систем. Москва: Издательство промышленной безопасности, 2021. С. 78–85.

## ВОПРОСЫ ПЕРЕХОДА К ТВЕРДОМУ ТОПЛИВУ НА ТЭЦ

Сафин Фанис Фаритович<sup>1</sup>, Вафин Данил Билалович<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

<sup>1</sup>safin-8787@bk.ru

В данной статье рассматриваются вопросы перехода к твердому топливу на ТЭЦ. Особое внимание уделяется ключевым особенностям связанные с этим переходом. Переход к твердым топливам на ТЭЦ представляет собой сложный и многогранный процесс, требующий комплексного подхода.

**Ключевые слова:** твердое топливо, теплоэлектрические централи (ТЭЦ), уголь, окружающая среда, процесс, сжигание.

## ISSUES OF TRANSITION TO SOLID FUEL AT CHPPS

Safin Fanis Faritovich<sup>1</sup>, Vafin Danil Bilalovich<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan

<sup>1</sup>safin-8787@bk.ru

This article deals with the issues of transition to solid fuel at CHPPs. Special attention is paid to the key features associated with this transition. The transition to solid fuels at CHPPs is a complex and multifaceted process that requires a comprehensive approach.

**Keywords:** solid fuel, combined heat and power plants (CHP), coal, environment, process, combustion.

Интенсивное развитие топливно-энергетического комплекса на протяжении последних десятилетий привело к тому, что для удовлетворения растущих потребностей производств и населения в увеличивающихся объемах тепловой и электрической энергии ежегодно необходимо сжигать все больше твердых топлив: угля, торфа, сланца и др. [1, С. 42] и наблюдается растущий интерес к переходу теплоэлектрических централи (ТЭЦ) на твердые виды топлива.

Для устранения указанных недостатков был предложен альтернативный метод сжигания твердого топлива на промышленных ТЭЦ, который является более эффективным с энергетической и экологической точек зрения. Суть разработанного способа сжигания заключается в том, что в начале твердое топливо проходит термохимическую обработку (газификацию), а затем полученный генераторный газ после очистки

используется в газопоршневых или газотурбинных установках. Эти установки могут работать по когенерационным, тригенерационным и парогазовым циклам, что повышает общую энергетическую эффективность предлагаемой альтернативной схемы использования твердого топлива [2, С. 13].

Рассмотрим ключевые вопросы, связанные с этим переходом:

1) *Экологические аспекты.* С одной стороны, использование местных ресурсов может снизить углеродный след, однако с другой – сжигание угля приводит к выбросам углекислого газа и других загрязняющих веществ. Поэтому важным аспектом является внедрение технологий очистки выбросов и эффективного сжигания [3]. Основными видами твердого энергетического топлива являются бурый и каменный угли, в небольших количествах используются горючий сланец, торф, отходы углеобогащения [4, С. 7].

Актуальность перехода на использование угля на Казанской ТЭЦ-2 может быть объяснена несколькими факторами: а) широкое распространение и доступность угля в России и в странах СНГ, а также его значительные запасы; б) относительно низкая цена угля как энергетического ресурса, особенно в районах его добычи; в) возможность создания запасов на электростанциях, что обеспечивает долгосрочную надежность работы даже при перебоях в поставках топлива; г) доставка угля на ТЭЦ-2 осуществляется с помощью железнодорожного или конвейерного транспорта. Актуальность использования угля на Казанской ТЭЦ-2 может возрасти в случае истощения запасов газа или его удорожания. В таких условиях уголь станет экономически целесообразной альтернативой, даже если он будет доставляться из удаленных мест добычи. Кроме того, важность перехода к углю может быть связана с эффективной утилизацией отходов углеобогащения и нефтепереработки в составе водоугольных и органоводоугольных топлив. Это позволит сократить потребление природных ресурсов и минимизировать негативное воздействие теплоэнергетики на здоровье населения и окружающую среду. Уголь является основным резервным топливом для Татарстана.

2) *Технологические вызовы.* Переход на твердые топлива требует модернизации существующих ТЭЦ. Это включает в себя: необходимость в новых котлах, которые могут эффективно работать на твердом топливе; твердые топлива требуют других подходов к логистике, чем жидкие или газообразные; разработка новых методов сжигания, таких как газификация или пиролиз, которые могут быть более эффективными и менее загрязняющими [5].

3) *Экономическая целесообразность*. Экономическая эффективность перехода на твердые топлива зависит от ряда факторов: а) стоимость угля и других твердых видов топлива должна быть конкурентоспособной по сравнению с газом и нефтью; б) необходимы значительные капиталовложения для обновления оборудования и технологий; в) субсидии и налоговые льготы могут сыграть ключевую роль в стимулировании перехода и др. факторы.

4) *Энергетическая безопасность*. Использование местных твердых видов топлива может повысить энергетическую безопасность страны, уменьшая зависимость от импортируемых энергоносителей.

5) *Социальные аспекты*. Переход на твердые топлива может повлиять на занятость в регионах, связанных с добычей и переработкой этих ресурсов.

Применение твердого топлива на промышленных ТЭЦ с предварительной газификацией представляет собой многообещающее направление для развития промышленной энергетики в России. Этот метод извлечения связанной химической энергии из твердого топлива позволяет существенно повысить эффективность его использования и увеличить производство электрической энергии, одновременно снижая выбросы загрязняющих веществ в атмосферу [2, С. 12]. Переход к твердым топливам на ТЭЦ представляет собой сложный и многогранный процесс, требующий комплексного подхода.

### **Источники**

1. Дмитриенко М.А., Няшина Г.С., Шлегель Н.Е., Шевырев С.А. Снижение антропогенных выбросов при сжигании углей и отходов их переработки в качестве компонентов органоводоугольных суспензий // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики, 2017. 19 (3-4). С. 41-52.

2. Бухмиров В.В., Соколов А.К., Ярунин С.Н., Ярунина Н.Н., Смирнов Н.Н. Повышение эффективности использования твердого топлива на промышленных ТЭЦ // Вестник ИГЭУ, 2023. Вып. 5. С. 12–18.

3. Мадаева А.Д., Турлуев Р.А-В, Умарова М.Х., Джамалуева А.А. Топливо и теория горения: учебное пособие. Грозный: ГГНТУ, 2021. 70 с.

4. Методы исследования свойств твердых топлив: учебное пособие / сост.: В.И. Николаева, К.В. Буваков, Р.Б. Табакаев. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. 92 с.

5. Бирюков А.Б. Сжигание и термическая переработка органических топлив. Твердое топливо: учебное пособие / А.Б. Бирюков, И.П. Дробышевская, Ю.Е. Рубан. Донецк: ГВУЗ «ДонНТУ», 2014. 232 с.

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОРОДА В ТЕПЛОСНАБЖЕНИИ ЖКХ

Семенчук Анастасия Олеговна<sup>1</sup>, Кондратьев Александр Евгеньевич<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>anastasiasemenchuk796@gmail.com

Вопрос о целесообразности использования водорода в теплотехнических системах жилых комплексов и городского хозяйства (ЖКХ) становится все более актуальным в контексте глобальных усилий по снижению углеродных выбросов и переходу к устойчивым источникам энергии.

**Ключевые слова:** теплоснабжение, водородная энергетика, эффективность, экология.

## EFFICIENCY OF HYDROGEN USE IN HEAT SUPPLY OF HOUSING AND COMMUNAL SERVICES

Semenchuk Anastasia Olegovna<sup>1</sup>, Kondratiev Alexander Evgenievich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
<sup>1</sup>anastasiasemenchuk796@gmail.com

The issue of the feasibility of using hydrogen in heating systems of residential complexes and municipal services (MSS) is becoming increasingly relevant in the context of global efforts to reduce carbon emissions and transition to sustainable energy sources.

**Keywords:** heat supply, hydrogen energy, efficiency, ecology.

В ближайшие десятилетия вопросы энергетической безопасности и снижения выбросов парниковых газов станут ключевыми для развитых стран, таких как Россия, США, Европейский Союз, Япония и др. С истощением запасов нефти и газа, эти страны повышают политические усилия для гарантированных поставок энергоресурсов. В условиях предстоящей нехватки они также развивают производство альтернативных источников энергии, при этом сокращая углеродные выбросы. Водород рассматривается как один из основных кандидатов для решения этой задачи, но расходы на исследования в этой области достигают сотен миллионов долларов ежегодно [1].

Доля Российской Федерации на мировом рынке получения водорода на 2023 год составляет чуть менее 7 % (около 5 млн т в год), страна занимает пятое место в мире после Китая, США, ЕС и Индии. С 2018 по 2023 гг. производство водородного топлива в России увеличилось на 16,8 %: с 2,05 до 2,39 млрд м<sup>3</sup> [2].

Водород как источник энергии привлекает внимание ученых, инженеров и политиков благодаря своему потенциалу для обеспечения устойчивого и экологически чистого теплоснабжения. Однако, как и любой другой источник энергии, у водорода есть свои преимущества и недостатки.

Достоинство водорода в теплоснабжении:

1. Водород является экологически безвредным топливом, так как при его сгорании выделяется только вода в виде пара. Это делает его альтернативой ископаемым источникам, которые выбрасывают углекислый газ.

2. Водород используется для хранения избыточной энергии, вырабатываемой солнечными и ветряными установками, обеспечивая стабильность поставок теплоэнергии.

3. Водород можно использовать как для сжигания, так и в топливных элементах, что позволяет интегрировать его в существующие энергетические системы, включая гибридные тепловые насосы. Он также может способствовать балансировке электроснабжения и поддерживать электрификацию теплоснабжения [3].

Несмотря на перечисленные преимущества, существуют и серьезные вызовы, которые ставят под сомнение эффективность и рациональность использования водорода в теплоснабжении ЖКХ [4]:

1. Преобразовать газовую сеть в водородную не так уж просто. Требуется замена существующих газовых счётчиков и горелок в бытовых приборах, а иногда и устройств целиком.

2. Классические способы получения водорода требуют существенных энергетических затрат и сопровождаются выбросами углекислого газа. Чтобы обеспечить декарбонизацию промышленности, необходимо уменьшить затраты на получение водорода с низким уровнем углерода. Также важным ограничением для применения водорода являются трудности с его хранением и транспортировкой, в которых есть потенциал для значительного снижения затрат [5].

Немецкий институт Fraunhofer IAA также провёл детальное исследование по использованию водорода для отопления и результаты исследования четки: водород не является подходящим вариантом для обогрева зданий. Объём «зелёной» электроэнергии, требуемой для производства «зелёного» водорода, в 500–600 % превышает тот, который необходим для обеспечения аналогичного количества тепловых насосов [6].

Исходя из вышесказанного, ответ на вопрос о рациональности использования водорода в теплоснабжении ЖКХ нельзя назвать однозначным. С одной стороны, водород предлагает экологически чистое решение с высокими перспективами, а с другой – сталкивается с серьезными экономическими и техническими барьерами.

### Источники

1. Ильясова Г.Р. Применение аккумуляторов тепла в России / Г.Р. Ильясова, А.Е. Кондратьев // Научному прогрессу творчество молодых. 2016. № 2. С. 188-190. EDN YGGXUP.

2. Ильясов Н.Х. Влияние акустического воздействия на скорость выпадения в осадок неорганических загрязнений технической воды / Н.Х. Ильясов, А.Е. Кондратьев // Энергосбережение и водоподготовка. 2011. № 2 (68). С. 31–33.

3. Acoustic-resonance method for control of the location of hidden hollow objects / S.A. Nazarychev, S.O. Gaponenko, A.E. Kondratiev, R.Z. Shakurova // Journal of Physics: Conference Series : Scientific Technical Conference on Low Temperature Plasma During the Deposition of Functional Coatings. Kazan, 2019. Vol. 1328. P. 012054. DOI: 10.1088/1742-6596/1328/1/012054.

4. Ахметгалиев И.Ф. Особенности сепарационной очистки попутного газа / И.Ф. Ахметгалиев, А.Е. Кондратьев // Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики: II Международная научная конференция. Сумгаит, 2020. С. 228–230.

5. Халилова Э.А. К вопросу утепления крыши жилого дома / Э.А. Халилова, А.Е. Кондратьев // Научному прогрессу – творчество молодых. 2016. № 2. С. 249–251.

6. Даутов Р.Р. Экологические аспекты применения тепловых насосов в индивидуальном отоплении / Р.Р. Даутов, А.Е. Кондратьев // Энергетика, инфокоммуникационные технологии и высшее образование: Международная научно-техническая конференция: в 3 т. Казань, 2023. С. 192–195.

## ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МИКРОРАЙОНА ГОРОДА

Соколов Виталий Юрьевич<sup>1</sup>, Соколова Татьяна Юрьевна<sup>2</sup>,  
Козловцев Андрей Петрович<sup>3</sup>

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»  
г. Оренбург

<sup>1</sup>teploosu@mail.ru, <sup>2</sup>sokolova\_25@mail.ru, <sup>3</sup>ap\_kozlovcev@mail.ru

Проектирование системы теплоснабжения микрорайона города – это крайне сложная задача для решения которой необходимо использовать самые современные инженерные решения и программные комплексы, уделяя особое внимание первоначальным этапам проектирования по выделениям границ участков трасс и особенностям подключения потребителей.

**Ключевые слова:** теплоснабжение микрорайона города, профили тепловой сети, подземная прокладка трубопроводов

## FEATURES OF THE DESIGN OF THE HEAT SUPPLY SYSTEM OF THE CITY MICRODISTRICT

Sokolov Vitaly Yuryevich<sup>1</sup>, Sokolova Tatyana Yuryevna<sup>2</sup>,  
Kozlovcev Andrey Petrovich<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Orenburg State University

Orenburg

<sup>1</sup>teploosu@mail.ru, <sup>2</sup>sokolova\_25@mail.ru, <sup>3</sup>ap\_kozlovcev@mail.ru

Designing a heat supply system for a city microdistrict is an extremely difficult task to solve which it is necessary to use the most modern engineering solutions and software complexes, paying special attention to the initial stages of design for the allocation of boundaries of sections of highways and the specifics of connecting consumers.

**Keywords:** heat supply of the city microdistrict, profiles of the thermal network, underground laying of pipelines.

Проектирование системы теплоснабжения микрорайона города начинается с технического задания, в котором заказчик описывает: цель работы; вид строительства; основные технические показатели объекта строительства; срок выполнения работ; требования к составу документации; выводы по работе; особые требования; требования предъявляемые к стандартам, СНиПам и прочим правилам; требования к подрядчику и исполнителю; отбор проектной организации; перечень исходных данных передаваемых заказчиком Генподрядчику [1].



При проектировании микрорайона города, проектной организации требуется план расположения домов с определенными тепловыми нагрузками, по каждому элементу строительства. На первичном этапе обрисовывается схема прокладки тепловой сети с расстановкой тепловых камер, компенсаторов, неподвижных опор, ответвлений для потребителей, углы поворотов. Каждый из вышерассмотренных элементов нумеруется от источника теплоснабжения или от границы проектирования [2] рис. 1. На плане в местах поворота тепловой сети прописываются координаты угла в глобальных осях для GPRS навигации. В нашем случае исходно из за ошибок геодезистов по расположению объектов (а это выяснилось только после наложения предлагаемой схемы теплоснабжения на [yandex.ru/maps](http://yandex.ru/maps) в режиме гибридного изображения) пришлось изменять длины основных магистральных участков на 520 метров.

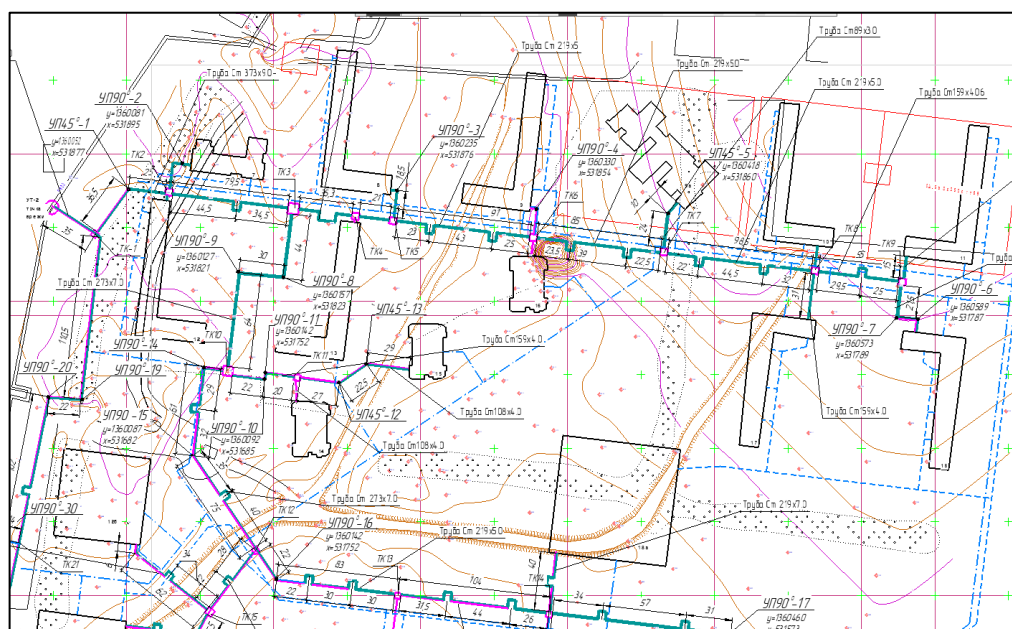


Рис. 1. План тепловой сети

При проектировании нового микрорайона города, прокладку всех магистральных сетей предпочтительней отдавать одной проектной организации в противном же случае необходимо обеспечить плотное взаимодействие между ними, во избежание взаимоисключающих решений, (в нашем случае мы просим разрешение на увеличение диаметра, заказчик настаивает на уменьшении диаметра магистрали). Пересечение сетей при подземной прокладке обязательно фиксируется на листах профилей тепловой сети с указанием назначения коммуникации и расстояния до нее по разным горизонтам рис. 2. В проект должны быть внесены все профили

участков и ответвлений трубопровода в масштабе 1 : 500 по оси абсцисс и 1:100 по оси ординат. В ходе проектирования следует избегать чрезмерного заглубления трассы так как это приведет к удорожанию проекта по строительной части.

Одним из основных этапов проектирования является гидравлический расчет в ходе которого определяются основные потери в магистральном трубопроводе и диаметры трубопровода, широкое распространение получил приближенный метод, представленный в справочнике Николаева А.А. [3], значения эквивалентных длин и местных сопротивлений представлены в таблицах (9.11, 9.12). Для работы с таблицами необходимо иметь понимание об основной расходной характеристике теплоносителя, которая определяется из следующей формулы:

$$G = \frac{3,6Q_{\max}}{c(t_1 - t_2)}, \quad (1)$$

где  $Q_{\max}$  – максимальный тепловой поток на отопление;  $t_1, t_2$  – температура воды в подающем и обратном трубопроводе тепловой сети при расчетной температуре наружного воздуха, °С.

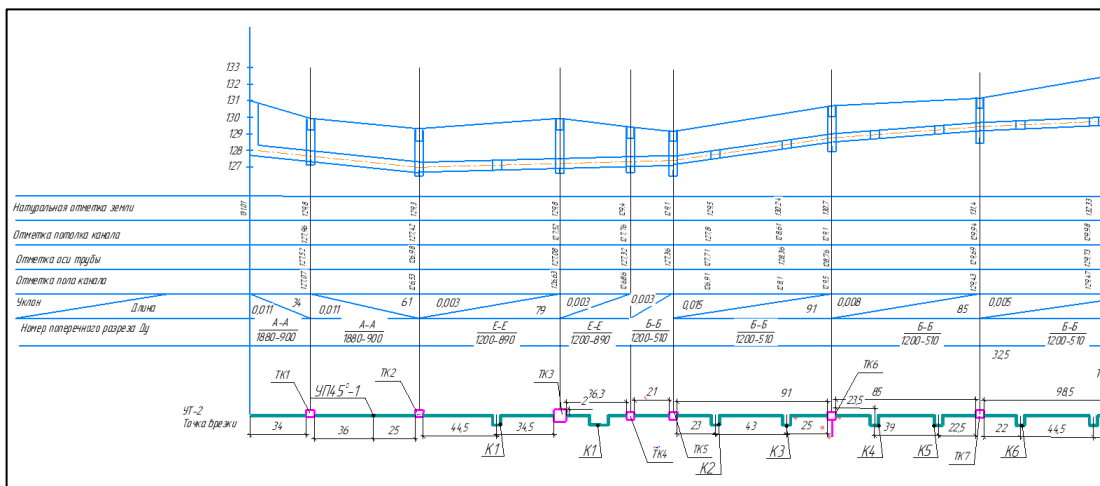


Рис. 2. Профиль тепловой сети

Ошибка в технологической части приводит к фатальному изменению строительных и прочих решений проект становится не реализуем.

Расчет на прочность при помощи программы Start позволяют в значительной степени облегчить расчет в различных сферах; программа согласована с контролирующими органами РФ, к тому же сокращает время пуско-наладочных работ; позволяет учесть внешние факторы, влияющие на эксплуатацию трубопровода.

## Источники

1. ГОСТ Р57839-2017. Производственные услуги. Системы безопасности технические. Задание на проектирование. Общие требования. М., 2019. 24 с.
2. ГОСТ 21.605-82\* (СТ СЭВ 5676-86). Сети тепловые (Тепломеханическая часть). М., 1997. 12 с.
3. Справочник проектировщика: Проектирование тепловых сетей / А.А. Николаева. М.: Книга по Требованию, 2017. 359 с.
4. Теплоснабжение района города: учеб. пособие / А.К. Тихомиров. Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2006. 135 с.
5. Кузин Е.В., Логунов Е.В., Поляков Е.В. Применение направляющих опор на трубопроводах с осевыми сильфонными компенсаторами // Новости теплоснабжения. 2011. № 12. С. 34–38.

## СРАВНЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ И ФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЕГАЗАЦИИ

Сорокин Константин Сергеевич<sup>1</sup>, Гаврилин Владимир Владимирович<sup>2</sup>,  
Гапоненко Сергей Олегович

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>Kostya.sorokin.kostya.sorokin@mail.ru, <sup>2</sup>volodya.gavrilin.97@mail.ru

В данной статье рассмотрены различные методы дегазации воды. Приведено их описание, выявлены наиболее распространенные методы и их преимущества. Проведено сравнение двух наиболее часто встречающихся способов дегазации.

**Ключевые слова:** дегазация, коррозия, удаление газов, водоснабжение, отопление, вакуумная дегазация.

## COMPARISON OF CHEMICAL AND PHYSICAL DEGASSING METHODS

Konstantin S. Sorokin<sup>1</sup>, Vladimir V. Gavrilin<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
<sup>1</sup>Kostya.sorokin.kostya.sorokin@mail.ru, <sup>2</sup>volodya.gavrilin.97@mail.ru

This article discusses various methods of water degassing. Their description is given, the most common methods and their advantages are identified. A comparison was made of the two most common degassing methods.

**Key words:** degassing, corrosion, gas removal, water supply, heating, vacuum degassing.

Актуальность дегазации в условиях нарастания отопительных мощностей и потребления водоснабжения постоянно возрастает. С увеличением протяженности сетей снабжения возрастает и нагрузка на ремонтные бригады и обслуживающие компании. Износ из-за коррозии является наиболее распространенной и частой причиной выхода из строя трубопроводов.

Основные виды и причины коррозии водопроводов:

**Химическая коррозия.** Вода содержит различные химические вещества, которые могут вызывать коррозию. Например, кислород и углекислый газ из воздуха могут растворяться в воде и вызывать коррозию металлических труб [1, С. 136].

**Электрохимическая коррозия.** В системе водопровода может возникать разность потенциалов между различными металлами или участками одного металла, что приводит к электрохимической коррозии. Это может быть вызвано наличием разных металлов в конструкции (например, сталь и медь), а также неоднородностью поверхности металла [2, С. 42].

Рассмотрим методы борьбы именно с химической коррозией. Как основной метод будем рассматривать дегазацию, так как этот метод является наиболее оптимальным. Например, применение коррозионно-стойких материалов требует больших капитальных затрат и проведения масштабного объема работ, так как значительная часть систем тепло- и водоснабжения являются частично изношенными и технически устаревшими и полная замена системы будет очень затруднительна. Другой вариант – электрохимическая защита, но ее применение ограничено из-за большой протяженности системы трубопроводов [3, С. 214].

**Дегазация воды** — это процесс удаления растворённых газов из воды, таких как кислород, углекислый газ и сероводород [4, С. 94].

Основные виды дегазации:

1. Термическая дегазация.
2. Механическая дегазация.
3. Химическая дегазация.
4. Мембранная дегазация [5, С. 89].

Наиболее распространенными в применении являются методы химической и механической дегазации.

Под химическими способами, которые предназначены для дегазации воды, понимают добавление в жидкость специальных реагентов, которые имеют способность связывать растворенные в жидкости газы. Так как происходит изменение состава воды, в результате чего она не может быть применена в системах водоснабжения. Но она имеет большое распространение в промышленной сфере в формате различных установок дозирования и умягчения.

Физические способы подразумевают под собой создание условий, при которых происходит выделение растворенных в воде газов. Наглядным примером послужит вакуумный дегазатор. Он понижает давление над уровнем жидкости, что приводит к высвобождению растворенных в воде газов.

Физические методы получили большее распространение, так как они являются более бюджетными в эксплуатации, не требуют постоянного добавления реагентов и могут быть применены для работы в большинстве систем.

Таким образом физические методы являются более актуальными для массового применения, но не могут в полной мере заменить химические. Так как в случае необходимости регулирования химического состава воды, в основном для промышленного сектора, установки дозирования будут выполнять сразу несколько функций.

### **Источники**

1. Рябичева Л.А. Анализ видов коррозии трубопроводов тепловых сетей / Л.А. Рябичева, В.В. Засько // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. 2020. № 12 (42). С. 135–139.

2. Аманова А. Рассмотрение и схематизация видов коррозии трубопроводов / А. Аманова, М. Беденеев, Ш. Бяшимова // Инновационная наука. 2024. № 9-2. С. 42–43.

3. Макотрина Л.В. Виды коррозии металлических трубопроводов системы водоснабжения и методы их защиты / Л.В. Макотрина, А.Н. Яхимбаев // Качество городской среды: строительство, архитектура и дизайн: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Иркутск, 20–22 декабря 2017 года. Иркутск: Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2017. С. 213–215.

4. Ильина Е.А. Методы дегазации воды / Е.А. Ильина, К.С. Осокин // Инженерные и социальные системы: сборник научных трудов института архитектуры, строительства и транспорта ИВГПУ. Иваново, 2019. Вып. 4. С. 93–97.

5. Ильясов Н.Х. Влияние акустического воздействия на скорость выпадения в осадок неорганических загрязнений технической воды / Н.Х. Ильясов, А.Е. Кондратьев // Энергосбережение и водоподготовка. 2011. № 2 (68). С. 31–33.

## ПРЕИМУЩЕСТВА ЦИФРОВОГО ЗОНИРОВАНИЯ

Субботин Леонид Алексеевич

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

lenia.subb@gmail.com

Статья рассматривает преимущества цифрового зонирования в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (HVAC). Цифровое зонирование позволяет управлять температурой в отдельных помещениях, что обеспечивает более комфортные условия и повышает энергоэффективность. Подчеркивается экономия энергии, индивидуальный комфорт и возможность управления системой по расписанию как ключевые преимущества цифрового зонирования.

**Ключевые слова:** зонирование, цифровизация, цифровые системы управления, HVAC, преимущества.

## ADVANTAGES OF DIGITAL ZONING

Subbotin Leonid Alekseevich

FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan

lenia.subb@gmail.com

The article examines the advantages of digital zoning in heating, ventilation and air conditioning (HVAC) systems. Digital zoning allows you to control the temperature in individual rooms, which provides more comfortable conditions and increases energy efficiency. Energy savings, individual comfort and the ability to manage the system on a schedule are highlighted as key advantages of digital zoning.

**Keywords:** zoning, digitalization, digital control systems, HVAC, advantages.

Цифровое зонирование – это инновационная технология отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (HVAC), которая обеспечивает более точный контроль температуры в здании или доме. С помощью традиционных систем HVAC все пространство нагревается или охлаждается до одной температуры [1]. Но с помощью цифрового зонирования вы можете настраивать температуру в отдельных комнатах или зонах [2]. Это достигается путем установки нескольких интеллектуальных блоков HVAC или заслонок, которые могут управляться независимо. Блоки или заслонки связаны с центральной цифровой системой управления, которая координирует каждую зону. Датчики в каждой зоне передают данные о температуре обратно в центральную систему, чтобы она могла соответствующим образом регулировать отопление или охлаждение.

Цифровое зонирование обеспечивает экономию энергии, поскольку вы не нагреваете или не охлаждаете неиспользуемые помещения до одинакового уровня [3]. Оно также повышает комфорт, позволяя настраивать температуры в соответствии с тем, как заняты и используются разные комнаты. Цифровое зонирование идеально подходит для больших домов, офисных зданий, школ и любых мест, где есть несколько комнат с различными потребностями в отоплении и охлаждении. Его персонализированное управление снижает затраты на электроэнергию и обеспечивает большую удовлетворенность температурой.

К основным преимуществам можно отнести [4, 5]:

1) Энергосбережение.

Системы HVAC могут потреблять более 40% энергии в коммерческих зданиях. Это делает их главной целью для мер по энергосбережению, и цифровое зонирование находится на переднем крае этих усилий. Благодаря обогреву или охлаждению только тех зон, которые в настоящее время заняты, энергия не тратится на неиспользуемые площади. Это не только приводит к снижению счетов за электроэнергию, но и уменьшает углеродный след здания, способствуя экологической устойчивости.

2) Индивидуальный комфорт с контролем температуры в каждой комнате.

Одной из выдающихся особенностей цифрового зонирования является его способность обеспечивать контроль температуры в каждой комнате. В жилых помещениях этот уровень настройки позволяет домовладельцам устанавливать желаемую температуру в отдельных комнатах. Например, спальни можно поддерживать более прохладными для лучшего комфорта сна, не влияя на температуру в остальной части дома.

Цифровое зонирование представляет собой передовую технологию в сфере управления системами отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (HVAC), обеспечивающую более точный контроль температуры в каждом помещении и повышающую энергоэффективность зданий.

3) Управление зонами на основе расписания.

Цифровое зонирование позволяет программировать работу системы HVAC по расписанию, что оптимизирует комфорт и энергоэффективность в течение дня. Например, в нерабочее время можно снизить температуру в неиспользуемых помещениях, что позволяет экономить энергию без ущерба для комфорта.

4) Улучшение качества воздуха в помещении.



Цифровые системы зонирования могут автоматически регулировать интенсивность вентиляции на основе занятости и уровня CO<sub>2</sub>, обеспечивая свежий воздух в помещениях и сокращая потребление энергии.

#### 5) Устранение горячих и холодных точек.

Цифровое зонирование позволяет решать проблемы с неравномерным распределением температуры в здании, обеспечивая комфортные условия для всех жильцов.

В целом, цифровое зонирование является эффективным и устойчивым решением для современных зданий, обеспечивая комфорт, экономию энергии и улучшение качества воздуха в помещениях.

### **Источники**

1. Юнусбоев Б.А. разработка и внедрение интеллектуальных систем управления отоплением, вентиляции и кондиционирования воздуха для повышения энергоэффективности зданий и сооружений // Экономика и социум. 2024. № 5-2 (120). С. 1599–1602.

2. Чебан А.Н. Системы интеллектуального управления зданиями православных храмов // Architecture and Modern Information Technologies. 2019. № 4 (49). С. 281–292.

3. Важдаев К.В., Абдрахманов В.Х., Салихов Р.Б. Интеллектуальная система жилых зон на основе информационно-измерительных систем управления // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2016. Т. 12, № 2. С. 70–75.

4. Гурина Л. А., Томин Н. В., Прусов С. Г. Угрозы и уязвимости объектов киберфизической энергетической системы при цифровой трансформации ее свойств // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2022. – Т. 14. – №. 3 (55). – С. 89-98.

5. Способ интенсификации теплообмена на основе интеллектуального управления режимными характеристиками теплообменного оборудования / К.Х. Гильфанов [и др.] // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14, № 4 (56). С. 91–102.

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОТОПЛЕНИЕМ

Субботин Леонид Алексеевич

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
lenia.subb@gmail.com

Статья посвящена рассмотрению преимуществ интеллектуальных систем управления отоплением в современных домах. Подчеркивается удобство и эффективность дистанционного управления системой отопления с помощью мобильного приложения, а также возможность оптимизации потребления энергии и сокращения расходов на отопление. В статье подробно анализируются три основных преимущества интеллектуальных систем отопления: экономия денежных средств, управление отоплением из любой точки мира и интеллектуальные функции, повышающие эффективность работы системы.

**Ключевые слова:** система отопления, цифровизация, цифровые системы управления, энергоэффективность, преимущества.

## INTELLIGENT HEATING CONTROL SYSTEMS

Subbotin Leonid Alekseevich

FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
lenia.subb@gmail.com

The article is devoted to the advantages of intelligent heating control systems in modern homes. The convenience and efficiency of remote control of the heating system using a mobile application is emphasized, as well as the possibility of optimizing energy consumption and reducing heating costs. The article analyzes in detail the three main advantages of intelligent heating systems: saving money, controlling heating from anywhere in the world and intelligent functions that increase the efficiency of the system.

**Keywords:** heating system, digitalization, digital control systems, energy efficiency, advantages.

Умные технологии и цифровые инструменты для дома становятся все более распространенными, и многие домашние утилиты, такие как освещение и бытовая техника, модернизируются для использования с мобильным телефоном или планшетом [1]. Умная система управления отоплением позволяет вам контролировать отопление и горячую воду с помощью приложения для смартфона, то есть вам даже не нужно быть дома, чтобы включить ее.

С постоянным развитием интеллектуальных технологий мы все начинаем пользоваться преимуществами, которые эта новая технология привносит в нашу повседневную жизнь [2]. С помощью простого переключения приложения или голосовой команды мы можем включить музыку, изменить освещение или температуру в комнате, и все это при этом чувствовать себя в безопасности с помощью интеллектуальных продуктов безопасности.

Умные термостаты — это простой способ экономии энергии, а также обеспечения тепла, когда вам это нужно, даже если вас нет дома. Умный термостат избавляет от необходимости заходить в холодный дом [3]. Поскольку термостатом можно управлять с помощью мобильного устройства, это означает, что вы полностью контролируете свою систему отопления, где бы вы ни находились.

Интеллектуальная система управления отоплением — это тип технологии, которая позволяет дистанционно управлять отоплением и горячим водоснабжением с помощью приложения, установленного на смартфоне или мобильном устройстве.

Система управления устанавливается на существующий совместимый котел и подключается к интернет-маршрутизатору в вашем доме. Это позволяет вам управлять системой с помощью приложения, где бы вы ни находились в мире.

Внедрение интеллектуальных систем управления отоплением в современных домах приносит множество преимуществ, обеспечивая комфорт, экономию и устойчивость [4-5].

#### 1. Экономия денежных средств:

Интеллектуальные системы позволяют контролировать потребление энергии и эффективность работы системы отопления и горячего водоснабжения. Специальные приложения предоставляют данные о потребляемой энергии, что позволяет оптимизировать использование ресурсов.

Благодаря возможности управления отоплением и горячей водой удаленно, можно избегать ненужного потребления энергии, отключая отопление в пустом доме или откладывая его включение до прихода жильцов.

#### 2. Управление отоплением из любой точки мира:

С помощью интеллектуальных систем отопления можно включать и отключать отопление удаленно, не находясь дома. Это позволяет создать комфортные условия в доме перед возвращением жильцов, что особенно актуально в зимнее время.

### 3. Интеллектуальные функции:

Современные интеллектуальные системы отопления часто оснащены дополнительными функциями, повышающими эффективность работы системы. Например, некоторые системы способны автоматически регулировать температуру в зависимости от погоды в регионе, исключая необходимость в установке отдельного датчика погоды.

Использование интеллектуальных функций позволяет увеличить эффективность работы котла, снизить потребление энергии и сократить расходы на отопление.

В сочетании с регулярным техническим обслуживанием интеллектуальные системы отопления могут значительно улучшить комфорт жизни, снизить расходы на энергию и сократить влияние на окружающую среду.

В заключении хочется подчеркнуть, что Интеллектуальные системы управления отоплением, являются частью растущей тенденции внедрения умных технологий в быт, предлагают удобный и эффективный способ контроля за системами отопления и горячего водоснабжения. Удаленное управление с помощью мобильных устройств позволяет оптимизировать использование ресурсов, снизить потребление энергии и сократить расходы на отопление. Возможность управления из любой точки мира обеспечивает комфорт и контроль над микроклиматом в доме. Интеллектуальные функции, такие как автоматическая регулировка температуры в зависимости от погоды, повышают эффективность работы системы и минимизируют влияние на окружающую среду. Таким образом, внедрение интеллектуальных систем управления отоплением является шагом к созданию более комфортных, экономичных и устойчивых домов в современном мире.

### Источники

1. Юнусбоев Б.А. разработка и внедрение интеллектуальных систем управления отоплением, вентиляции и кондиционирования воздуха для повышения энергоэффективности зданий и сооружений // Экономика и социум. 2024. № 5-2 (120). С. 1599–1602.

2. Чебан А.Н. Системы интеллектуального управления зданиями православных храмов // Architecture and Modern Information Technologies. 2019. № 4 (49). С. 281–292.

3. Важдаев К.В., Абдрахманов В.Х., Салихов Р.Б. Интеллектуальная система жилых зон на основе информационно-измерительных систем управления // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2016. Т. 12, № 2. С. 70–75.

4. Гурина Л.А., Томин Н.В., Прусов С.Г. Угрозы и уязвимости объектов киберфизической энергетической системы при цифровой трансформации ее свойств // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14, № 3 (55). С. 89–98.

5. Способ интенсификации теплообмена на основе интеллектуального управления режимными характеристиками теплообменного оборудования / К.Х. Гильфанов [и др.] // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14, № 4 (56). С. 91–102.

## **РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ НА МОДУЛЬНОЙ КОТЕЛЬНОЙ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА**

Сычугов Петр Васильевич

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
petr\_sychugov@mail.ru

Статья посвящена разработке мероприятий по обеспечению энергосбережения на модульной котельной в условиях крайнего севера. Рассматриваются эффективные методы сокращения теплопотерь и повышения энергоэффективности, включая применение предизолированных труб, внедрение пластинчатых теплообменников, автоматизацию управления нагрузкой электроприводов, а также методы снижения потерь тепла на потребителях. Описание предложенных решений подчеркивает важность их внедрения для минимизации затрат на энергию и поддержания стабильной работы котельной в экстремальных климатических условиях.

**Ключевые слова:** энергосбережение, модульная котельная, предизолированные трубы, теплообменники, автоматизация, энергоэффективность, инфракрасные излучатели.

## **DEVELOPMENT OF ENERGY-SAVING MEASURES FOR MODULAR BOILER HOUSES IN THE HARSH CONDITIONS OF THE FAR NORTH**

Sychugov Pyotr Vasilyevich

FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
petr\_sychugov@mail.ru

This article is dedicated to the development of energy-saving measures for modular boiler houses in the harsh conditions of the Far North. The effective methods of reducing heat losses and improving energy efficiency are discussed, including the use of pre-insulated pipes, the implementation of plate heat exchangers, automation of electric drive load control, and methods of reducing heat losses at consumers. The proposed solutions emphasize the importance of their implementation for minimizing energy costs and ensuring the stable operation of the boiler house in extreme climatic conditions.

**Keywords:** energy saving, modular boiler house, pre-insulated pipes, heat exchangers, automation, energy efficiency, infrared radiators.

В условиях крайнего севера, где климатические особенности и суровые зимы требуют особого подхода к организации тепловых систем, энергосбережение на модульных котельных становится важнейшей задачей. Эффективное использование энергии не только снижает эксплуатационные расходы, но и способствует охране окружающей среды. Рассмотрим ключевые мероприятия, которые помогут повысить энергоэффективность и минимизировать теплотери.

В условиях низких температур, характерных для северных регионов, одним из главных факторов, влияющих на эффективность теплообмена, является сохранение тепла в трубопроводах. Применение предизолированных труб позволяет значительно сократить теплотери при транспортировке горячей воды или пара. В условиях крайнего севера это решение становится особенно актуальным, так как теплоизоляция помогает поддерживать требуемые параметры в течение всего года, минимизируя дополнительные затраты на отопление [1, С. 25].

Замену традиционных кожухотрубных теплообменников на более современные пластинчатые модели можно рассматривать как одно из эффективных решений для повышения энергетической эффективности котельных. Пластинчатые теплообменники обладают более высокой теплоотдачей, компактностью и возможностью регулирования потока теплоносителя. В условиях северных регионов, где доступ к теплоносителям может быть ограничен, это особенно важно для стабильной работы котельных [2, С. 12].

Для эффективного управления модульной котельной на крайнем севере необходима автоматизированная система, которая позволяет регулировать работу котельных установок в зависимости от внешних условий. Важным аспектом является внедрение средств автоматического регулирования нагрузки на электроприводы, что позволяет оптимизировать потребление электроэнергии и снизить механическую нагрузку на оборудование.

Кроме того, система автоматического контроля температуры, давления и расхода топлива помогает предотвратить перегрузки и обеспечивает стабильную работу котельной при изменяющихся климатических условиях. Установка датчиков и регуляторов позволяет быстро реагировать на изменения внешней среды и оперативно корректировать параметры работы системы, что минимизирует теплотери и обеспечивает высокую эффективность [3, С. 22].

Помимо собственно котельной, важной задачей является сокращение потерь тепла на уровне потребителей. Для этого рекомендуется применение газовых инфракрасных излучателей, которые могут эффективно распределять тепло по помещениям, не перегревая воздух, что также способствует экономии энергии. Внедрение регуляторов расхода тепловой энергии на потребителях позволяет точнее контролировать потребление энергии и исключить перерасход, что особенно важно при высоких температурах наружного воздуха.

Также стоит отметить установку теплоотражающих экранов, которые уменьшают теплопотери через стены и окна, а также обеспечивают лучшую циркуляцию тепла внутри помещений. Это позволяет значительно улучшить общее энергоснабжение и снизить потребность в дополнительном отоплении [4, С. 15].

Разработка мероприятий по энергосбережению для модульных котельных в условиях крайнего севера требует комплексного подхода, включающего применение инновационных технологий и систем, которые обеспечат эффективное и экономичное использование энергетических ресурсов. Применение предизолированных труб, эффективных теплообменников, автоматизация процессов и меры по сокращению теплопотерь на уровне потребителей являются основными направлениями, которые помогут повысить энергоэффективность и снизить эксплуатационные расходы, что крайне важно в условиях суровых климатических условий.

### **Источники**

1. Иванов И.П. Технологии теплоизоляции в условиях Крайнего Севера. М.: Изд-во «Наука», 2017.
2. Петров А.М. Энергетическая эффективность в теплотехнических системах. СПб.: Изд-во «Теплоэнерго», 2018.
3. Смирнов В.А. Автоматизация котельных: принципы и методы. Новосибирск: Сибирское издательство, 2019.
4. Кузнецова О.Н. Модернизация теплоснабжения в арктических регионах. Якутск: Восточная книга, 2020.
5. Волкова Н.В. Современные решения для повышения энергоэффективности в теплотехнических системах. Екатеринбург: УрФУ, 2021.



## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ НА НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Тимершин Азат Робертович<sup>1</sup>, Шарафиев Дмитрий Евгеньевич<sup>2</sup>,  
Плотникова Людмила Валерьяновна<sup>3</sup>, Зарипова Дания Анасовна<sup>4</sup>  
<sup>1,2,3,4</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>timer.az@yandex.ru, <sup>2</sup>vip.sharafiev00@mail.ru, <sup>3</sup>mikhailovalv@mail.ru,  
<sup>4</sup>zaripova1\_da@mail.ru

В статье представлены способы вторичного использования энергетических ресурсов, возможностях их комбинирования для повышения энергоэффективности производственных процессов

**Ключевые слова:** энергоэффективность, вторичный энергоресурс, тепловой насос, паронакопитель.

## INCREASING THE EFFICIENCY OF USING SECONDARY ENERGY RESOURCES AT PETROCHEMICAL ENTERPRISES

Timershin Azat Robertovich<sup>1</sup>, Sharafiev Dmitry Evgenievich<sup>2</sup>,  
Plotnikova Lyudmila Valeryanovna<sup>3</sup>, Zaripova Daniya Anasovna<sup>4</sup>  
<sup>1,2,3,4</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>timer.az@yandex.ru, <sup>2</sup>vip.sharafiev00@mail.ru, <sup>3</sup>mikhailovalv@mail.ru,  
<sup>4</sup>zaripova1\_da@mail.ru

The article presents methods of secondary use of energy resources, possibilities of their combination to increase energy efficiency of production processes.

**Keywords:** energy efficiency, secondary energy resource, heat pump, steam accumulator.

Повышение энергоэффективности технологических процессов является приоритетной задачей для большинства промышленных предприятий. Снижение потребления топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) обусловлено не только желанием производителя снизить себестоимость готовой продукции для повышения прибыли, но и необходимостью повышать энергетическую эффективность предприятия согласно требованиям законодательства нашей страны минимум на 5 % ежегодно [1].

Наиболее энергоемкими в нашей стране являются предприятия нефтехимической, нефтеперерабатывающей промышленности [2]. Основными энергоресурсами, используемыми в данных отраслях, являются горячая вода и водяной пар.

В процессе нефтепереработки предприятие сбрасывает огромное количество низкопотенциальной энергии, в виде конденсата и отработавшего пара. Специфика отрасли такова, что конденсат и отработавший пар значительно загрязняются, что делает невозможным возврат отработавших энергоресурсов на источник пара, что требует от нас искать другие пути для рекуперации данных вторичных энергоресурсов (ВЭР).

Простейшими способами использования конденсата и отработавшего пара является предварительный подогрев технологических потоков, подготовка горячей воды для бытовых нужд предприятия. Однако данный способ использования тепловых ВЭР малоэффективен, а также зачастую тяжел в реализации по ряду причин: неравномерность потребления и выработки ВЭР; возможность изменения теплофизических и химических свойств [3]. Совокупность данных факторов требует от нас ввода дополнительного оборудования дабы нивелировать негативные факторы, что влечет за собой дополнительные финансовые затраты при низкой экономической эффективности.

Более эффективным способом использования конденсата является превращение его во вторичный пар за счет расширительных сепараторов. Однако он имеет значительно меньшее давления относительно исходного пара, что значительно снижает возможность его использования в технологических процессах. Решить данную проблему можно за счет повышения потенциала получившегося пара в термотрансформаторах. Принцип работы данных установок предельно прост, повышение теплового потенциала потока происходит за счет увеличения его давления. Подобные термотрансформаторы называются пароконпрессорными. Также повысить потенциал пара вторичного вскипания можно за счет внедрения пара высокого давления, такие установки называются пароструйными. Что в первом, что во втором случае для повышения потенциала необходимо затратить некоторое количество энергетического ресурса.

На промышленных предприятиях имеется дисбаланс между поступлением и потреблением энергоресурсов. Что может привести к переизбытку или недостатке ВЭР для технологических нужд. Решением данной проблемы является включение в схему теплоаккумуляторов [4].

Комбинирование использование теплоутилизирующих установок таких как: паросепаратор, пароструйный компрессор и паровой аккумулятор, позволит более полно использовать ВЭР, снизить потребление первичного пара минимум на 30 %, сгладить дисбаланс между выработкой и потреблением ВЭР [5].

Исследование выполнено по государственному заданию с номером соглашения № 075-03-2024-226 от 15.02.2024 г.

### **Источники**

1. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_93978/?ysclid=m57ydh6ft338699163](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/?ysclid=m57ydh6ft338699163) (дата обращения: 21.10.2024).

2. Закиров Д.Г., Рюмкин А.А., Мухамедшин М.А. Проблемы энергоэффективности на крупных энергоемких предприятиях и пути их решения // Энергосбережение и водоподготовка. 2020. № 5 (127). С. 19–25.

3. Шелгинский Е.А., Яворовский Ю.В., Шелгинский А.Я. Утилизация вторичных энергоресурсов в агрегате азотной кислоты с повышением производительности // Промышленная энергетика. 2022. № 7. С. 10–17

4. Бежан А.В., Ваньков Ю.В., Абдуллин Т.Р., Измайлова Е.В. Программа для расчета зависимости параметров теплового аккумулятора по времени: свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2023664293, 03.07.2023. Заявка № 2023662820 от 21.06.2023.

5. Рекуперация и аккумулирование вторичных энергетических ресурсов на предприятиях нефтеперерабатывающего комплекса / Ю.В. Ваньков, Л.В. Плотникова, Ш.Г. Зиганшин, А.Р. Загретдинов. СПб.: Изд-во «Наукоемкие технологии», 2024. 142 с.

## АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ПЕРЕХОДА С ОТКРЫТЫХ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ НА ЗАКРЫТЫЕ

Токтарова Алина Александровна<sup>1</sup>, Звонарева Юлия Николаевна<sup>2</sup>  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>azayceva441@gmail.ru, <sup>2</sup>skulinaun@mail.ru

В данной работе рассматривается анализ особенностей и сложностей перехода с открытых систем теплоснабжения на закрытые. Приводятся фактические данные о состоянии тепловых сетей города Казань.

**Ключевые слова:** тепловая сеть, открытая, закрытая, теплоснабжение, теплообменник.

## ANALYSIS OF THE FEATURES OF THE TRANSITION FROM OPEN HEAT SUPPLY SYSTEMS TO CLOSED ONES

Toktarova Alina Alexandrovna<sup>1</sup>, Zvonareva Julia Nikolaevna<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
<sup>1</sup>azayceva441@gmail.ru, <sup>2</sup>skulinaun@mail.ru

This paper examines the analysis of the features and difficulties of the transition from open heat supply systems to closed ones. The actual data on the state of the heating networks of the city of Kazan are presented.

**Keywords:** heating network, open, closed, heat supply, heat exchanger.

В настоящее время с развитием строительства многие проектировщики используют нестандартные технические решения, способствующие повышению автономности.

Повышение автономности объясняется тем, что в части теплоснабжения существует необходимость снижения энергетических потерь. Открытые системы теплоснабжения, которые используются в большинстве домов советской застройки, давно признаны энергетически неэффективными, по сравнению с закрытыми [1].

В части теплоснабжения потребителей законом №417-ФЗ регламентируется, что с 1 января 2013 г. не допускается подключение потребителя к централизованному отоплению открытого типа для нужд горячего водоснабжения, а с 1 января 2022 г. в принципе запрещается использование систем с открытым типом [2].

Для того, чтобы наиболее отчётливо провести анализ особенностей перехода с открытых систем теплоснабжения на закрытые, необходимо определить разницу между данными системами. Главным различием открытой и закрытой систем теплоснабжения заключается в том, что открытая система подразумевает отбор горячей воды и отопления из одной тепловой сети. Закрытая же система представляет собой изолированный контур с теплообменником, магистральный теплоноситель используется только для отопления, а горячая вода представляет собой нагретую холодную воду от поступающего теплоносителя [3].

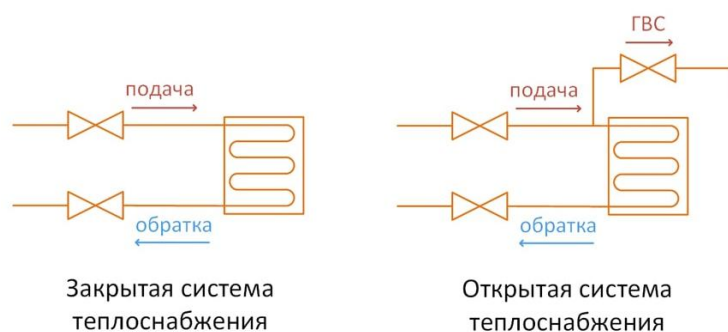


Схема открытой и закрытой систем теплоснабжения

Одним из важных недостатков открытых систем теплоснабжения в отличие от закрытых является необходимость поддержания гидравлического режима тепловой сети [4, 5]. Соответственно, на центральных тепловых пунктах должны быть установлены насосные станции в большой номинальной мощности, необходимой для поддержания не только давления, но и требуемых показателей температуры с соответствующей циркуляцией теплоносителя. Исходя из вышеприведённого, необходимо отметить, что насосные станции на центральных тепловых пунктах потребляют достаточно большое количество электроэнергии и занимают существенную долю в затратах на обслуживание оборудования тепловом пункте.

Помимо этого, существующие открытые системы имеют достаточно высокую степень износа, что негативно сказывается на качестве получаемой услуги. На примере города Казань, необходимо подчеркнуть важность темы систем теплоснабжения: по состоянию на июль 2024 г., степень износа тепловых сетей в городе составляет 55 %.

Если говорить об особенностях перехода с открытых систем отопления на закрытые, то стоит отметить, что возникает ряд необходимых мероприятий. Закрытые тепловые системы предполагают установку

теплообменников и насосов для горячей воды от теплообменника автоматизированной регулировочной запорной арматуры, которая в зависимости от внешней температуры воздуха будет управлять подачей теплоносителя потребителю. Помимо этого, индивидуальным тепловым пунктом может считаться котельная, которая требует значительных вложений в оборудование и постройку. Но окупаемость данного пункта достаточно высока. Также необходимо выделить, что потребление холодной воды значительно вырастет, но в противовес можно отметить, что холодная вода дешевле горячей. Увеличение потребления холодной воды влечёт за собой повышение нагрузки на сети хозяйственно-питьевого водоснабжения, но в случае новой застройки данный вопрос не является критичным.

Подводя итоги, можно отметить, что переход от открытых систем теплоснабжения к закрытым – это достаточно сложный и капиталоемкий процесс, который сопровождается возникновением ряда сложностей, необходимых для решения. Быстрый переход к индивидуальным пунктам теплоснабжения требует не только реконструкции многих косвенных сетей инженерно-технического обеспечения, но и существенных вложений в рамках различных программ реконструкций.

### **Источники**

1. Губина Н.А. Особенности перехода жилого образования на закрытую систему теплоснабжения // Научный вестник Арктики. 2019. № 7. С. 65–71.
2. Водный кодекс РФ: Федеральный закон от 12 апреля 2006 г. № 74-ФЗ. М.: Совет Федерации, 2006.
3. Тихомиров С.А. Проблемы перехода на закрытые системы теплоснабжения / С.А. Тихомиров, А.И. Василенко // Инженерный вестник Дона. 2013. № 4 (27). С. 285.
4. Звонарева Ю.Н. Изменение параметров работы систем теплоснабжения при поэтапном внедрении АИТП / Ю.Н. Звонарева, К.С. Кузборская // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2021. Т. 13, № 2 (50). С. 109–118.
5. Захватова М.А., Гришкова А.В. О переводе открытых систем теплоснабжения на закрытые // Строительство: новые технологии – новое оборудование. 2017. № 2.

## РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗОК ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В THERMOCALC

Хасанов Артур Ринатович<sup>1</sup>, Измайлова Евгения Вячеславовна<sup>2</sup>,  
Гарнышова Елена Владимировна<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

<sup>1</sup>hasanovartur2002@gmail.com, <sup>2</sup>evgeniya-izmailova@yandex.ru, <sup>3</sup>garnyshova@mail.ru

В работе предлагается использовать приложение ThermoCALC на основе языка программирования Python для упрощения и автоматизации расчетов тепловых нагрузок потребителей.

**Ключевые слова:** системы теплоснабжения, тепловые нагрузки, ThermoCALC, Python.

## CALCULATION OF HEAT LOADS OF CONSUMERS IN THERMOCALC

Khasanov Artur Rinatovich<sup>1</sup>, Izmaylova Evgeniya Vyacheslavovna<sup>2</sup>,  
Garnyshova Elena Vladimirovna<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan

<sup>1</sup>hasanovartur2002@gmail.com, <sup>2</sup>evgeniya-izmailova@yandex.ru, <sup>3</sup>garnyshova@mail.ru

This paper proposes to use ThermoCALC application based on Python programming language to simplify and automate calculations of heat loads of consumers.

**Keywords:** heat supply systems, heat loads, ThermoCALC, Python.

Качество проектирования системы теплоснабжения играет ключевую роль в обеспечении надежности и экономичности системы, способствуя эффективному использованию материальных и топливных ресурсов и обеспечивая непрерывность теплоснабжения [1].

Для упрощения и автоматизации расчетов тепловых нагрузок потребителей предлагается использовать приложение ThermoCALC на языке Python, в котором можно провести расчет максимальных тепловых нагрузок жилого микрорайона или квартала, исходя из параметров площади жилых помещений (рис. 1); расчет максимальных тепловых нагрузок жилого здания, исходя из объемных характеристик здания (рис. 2); расчет тепловой нагрузки и смещение температурного графика относительно конкретной температуры наружного воздуха (рис. 3).

ThermoCALC

### Расчет тепловых нагрузок по площади

Количество жителей n:

Общая жилая площадь  $A$  в  $m^2$ :

Удельный показатель теплового потока на отопление жилых зданий  $q_0$  ( $Вт/m^2$ ):

Коэффициент, учитывающий тепловой поток на отопление общественных зданий  $k_1$ :  
(числа в поле  $k_1$  0,25 если нет данных)

Коэффициент, учитывающий тепловой поток на вентиляцию общественных зданий  $k_2$ :  
здание застройки до 1985г. | здание застройки 1985-2000г. | здание застройки после 2000г.

Удельный показатель теплового потока на горячее водоснабжение  $q_{гв}$  ( $Вт$ ):

Вычислить тепловую нагрузку квартала

Рис. 1. ThermoCALC по расчету максимальных тепловых нагрузок по площади

ThermoCALC

### Расчет тепловых нагрузок здания

Удельный тепловой поток на отопление  $q_{от}$  ( $Вт/(m^3 \cdot K)$ ):

Удельный тепловой поток на вентиляцию  $q_{вент}$  ( $Вт/(m^3 \cdot K)$ ):

Расчетная температура внутри здания  $t_i$  (C):

Расчетная температура наружного воздуха  $t_0$  (C):

Наружный объем здания  $V_{зд}$  ( $m^3$ ):

$\alpha$  - поправочный коэффициент к величине  $q_0$ :

Вычислить тепловую нагрузку здания

Рис. 2. ThermoCALC по расчету максимальных тепловых нагрузок по объему

ThermoCALC

### Расчет тепловых нагрузок и смещение температурного графика по температуре наружного воздуха

Введите суммарную нагрузку на отопление высчитанную по всем кварталам  $Q_{от}$  ( $Вт$ ):

Введите суммарную нагрузку на вентиляцию высчитанную по всем кварталам  $Q_{вент}$  ( $Вт$ ):

Введите суммарную нагрузку на ГВС высчитанную по всем кварталам  $Q_{гв}$  ( $Вт$ ):

Коэффициент, учитывающий изменение среднего расхода воды на ГВС в неотапливаемый период по отношению к отопительному периоду  $\beta$ :

ЖКХ сектор | предприятие

1.2 (курортный тип)  
1.3 (курортный тип)  
1.4 (курортный тип)  
1.5 (курортный тип)

Введите температуру наружного воздуха  $t_n$  (C):

Введите температуру внутреннего воздуха  $t_i$  (C):

Введите расчетную температуру наружного воздуха для отопления по СНиП  $t_0$  (C):

Температура холодной воды в неотапливаемый (летний период)  $t_{c5}$  (C):

Температура холодной воды в отопительный  $t_c$  (C):

Введите температуру сетевой воды от источника  $t_1$  (C):

Введите температуру сетевой воды обратного конденсата  $t_2$  (C):

Введите температуру сетевой воды потребителя  $t_3$  (C):

Вычислить тепловую нагрузку и смещение температурного графика по наружной температуре

Рис. 3. ThermoCALC по расчету тепловой нагрузки, а также смещения температурного графика относительно заданной температуры наружного воздуха

Приложение ThermoCALC основано на графической библиотеке под названием «tk.inter» языка Python [2]. Часть рабочего, основного кода приложения представлена на рис. 4.





## **Источники**

1. Зиганшин Ш.Г., Гафиатуллина К.Р., Политова Т.О. Источники системы теплоснабжения. Казань: КГЭУ, 2022.
2. Боклаг С.К., Буйначев Н.Ю. Основы программирования на языке Python. Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2014.
3. Кудрявцев Л.В., Улазовский С.В., Кондауров П.П. Расчет тепловых потоков. Волгоград: ВолгГАСУ, 2016.

## МОДЕЛЬ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ И НАЛАДОЧНЫЙ РАСЧЕТ В ZULU

Хасанов Артур Ринатович<sup>1</sup>, Измайлова Евгения Вячеславовна<sup>2</sup>,  
Гарнышова Елена Владимировна<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

<sup>1</sup>hasanovartur2002@gmail.com, <sup>2</sup>evgeniya-izmailova@yandex.ru, <sup>3</sup>garnyshova@mail.ru

В работе рассматривается программное обеспечение Zulu, с помощью которого можно моделировать эксплуатационные режимы тепловых сетей, анализировать аварийные ситуации, оценивать эффективность мер по модернизации и развитию систем централизованного теплоснабжения.

**Ключевые слова:** тепловые сети, тепловая камера, гидравлический расчет, Zulu Thermo, Zulu GIS.

## HEAT NETWORK MODEL AND ADJUSTMENT CALCULATION IN ZULU

Khasanov Artur Rinatovich<sup>1</sup>, Izmaylova Evgeniya Vyacheslavovna<sup>2</sup>,  
Garnyshova Elena Vladimirovna<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan

<sup>1</sup>hasanovartur2002@gmail.com, <sup>2</sup>evgeniya-izmailova@yandex.ru, <sup>3</sup>garnyshova@mail.ru

The paper deals with the Zulu software, which can be used to simulate operational modes of heat networks, analyze emergency situations, and evaluate the effectiveness of measures to modernize and develop district heating systems.

**Keywords:** heat networks, heat chamber, hydraulic calculation, Zulu Thermo, Zulu GIS.

Централизованные системы теплоснабжения активно развиваются на базе ТЭЦ, промышленных, районных и квартальных котельных. Повышаются требования к качеству этого вида теплоснабжения – система должна быть надежной, экономичной и простой в обслуживании. Для повышения надежности тепловых сетей необходимо внедрение современных схем, разработка нового оборудования и конструкций для тепловых сетей.

Способы подключения к тепловым сетям для потребителей делятся на типы в зависимости от вида теплоснабжения. После ТЭЦ, котельных или центральных тепловых пунктов распределение сетей к местным системам отопления (рис. 1) происходит в тепловых камерах (рис. 2), где устанавливаются запорная и регулирующая арматура, позволяющие

отключать или регулировать поток сетевой воды на определенные участки тепловой сети без отключения всей ветки; используются при прокладке газовых сетей, водопровода и канализации [1].



Рис. 1. Разводка тепловой сети до потребителей

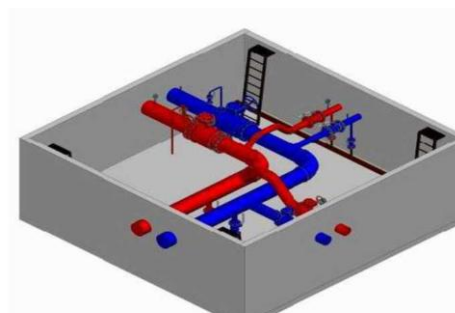


Рис. 2. Схема тепловой камеры

Программное обеспечение Zulu включает пакет программ Zulu GIS для моделирования инженерных сетей и Zulu Thermo – для гидравлических режимов в тепловых сетях [2]. С их помощью можно моделировать эксплуатационные режимы тепловых сетей, анализировать аварийные ситуации, а также оценивать эффективность мер по модернизации и развитию систем централизованного теплоснабжения.

Zulu Thermo позволяет выполнять расчеты для тупиковых и кольцевых тепловых сетей, включая системы с насосными станциями и дросселирующими устройствами, работающими от одного или нескольких источников. Программа поддерживает теплогидравлические расчеты с подключением индивидуальных тепловых пунктов и центральных тепловых пунктов по множеству различных схем. Также возможен гидравлический расчет сети с использованием обобщенных потребителей, без необходимости указывать тепловые нагрузки и конкретные схемы подключения к тепловой сети. Также программа предлагает широкий ассортимент трубопроводов и арматурно-регулирующего оборудования.

В работе взят жилой квартал микрорайона Каравеево города Казани (рис. 3), его расчетная схема показана на рис. 4 [3].

Гидравлический расчет магистральной тепловой сети, а также постройка пьезометрических графиков от источника (ТЭЦ-2) до потребителей были выполнены в Zulu Thermo и Zulu GIS.

Перед построением пьезометрического графика необходимо провести наладку тепловой сети при этом ввести необходимые данные у источника, потребителя, линий трубопровода и узлов ответвлений [4].



Рис. 3. Жилой квартал Караваяево г. Казань



Рис. 4. Расчетная схема тепловой сети

Результат наладочного расчета представлен на рис. 5.

<b>Источник ID=1 ТЭЦ:</b>		
Количество тепла, вырабатываемое на источнике за час	11.439,	Гкал/ч
Расход тепла на систему отопления	7.642,	Гкал/ч
Расход тепла на систему вентиляции	1.127,	Гкал/ч
Расход тепла на открытые системы ГВС	2.670,	Гкал/ч
Суммарный расход в подающем трубопроводе	156.130,	Гкал/ч
Суммарный расход в обратном трубопроводе	134.763,	Гкал/ч
Суммарный расход на подпитку	21.362,	Гкал/ч
Суммарный расход на систему отопления	117.568,	Гкал/ч
Суммарный расход на систему вентиляции	17.201,	Гкал/ч
Суммарный расход воды на систему ГВС (открытая схема)	21.362,	Гкал/ч
Давление в подающем трубопроводе	85.100,	кПа
Давление в обратном трубопроводе	53.000,	кПа
Располагаемый напор		м
Температура в подающем трубопроводе	32.100,	°C
Температура в обратном трубопроводе	130.000,	°C
Расчет окончен!	64.937,	°C
Время - 00:00:00		

Рис. 5. Результат расчетов наладки в Zulu

Использование программного обеспечения Zulu, а именно Zulu GIS – для моделирования тепловых сетей и Zulu Thermo – для расчета гидравлических режимов, автоматизирует и ускоряет требуемые расчеты.

Работа выполнялась в рамках гос. задания № 075-03-2024-226/1.

### Источники

1. Xuezhil L., Jijanzhong W., Nick J., Audrius B. Combined analysis of electricity and heat networks // Applied Energy. 2016. Pp. 1238–1250.
2. Политерм. Программное обеспечение в области геоинформационных технологий и компьютерного моделирования инженерных коммуникаций [Электронный ресурс]. URL: <https://www.politerm.com/?ysclid=m28mn8tc7n847098739>.
3. Вафин Д.Б. Проектирование систем теплоснабжения. Казань: Редакционно-издательский центр «Школа», 2024.
4. Зиганшин Ш.Г., Гафиатуллина К.Р., Политова Т.О. Источники системы теплоснабжения. – Казань: КГЭУ, 2022.

## О ВЛИЯНИИ НИЗКОЧАСТОТНЫХ ВИБРАЦИОННЫХ КОЛЕБАНИЙ НА ДИАГНОСТИКУ СТАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ С ОТЛОЖЕНИЯМИ КАЛЬЦИЯ

Чанчина Вероника Евгеньевна<sup>1</sup>, Кондратьев Александр Евгеньевич<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>veronika.zaharova.95@mail.ru, <sup>2</sup>aekondr@mail.ru

В работе представлены результаты изучения влияния кальциевого отложения различной толщины на внутренних поверхностях трубы на характеристики ее собственных колебаний. Создана математическая модель стальной трубы без отложений и с кальциевыми наслоениями различной толщины на ее внутренних поверхностях, проведен модальный анализ ее собственных колебаний с учетом заданных критериев.

**Ключевые слова:** математическая модель, прочность, система трубопроводов, метод собственных колебаний, модальный анализ.

## ON THE EFFECT OF LOW-FREQUENCY VIBRATION VIBRATIONS ON THE DIAGNOSIS OF STEEL PIPELINES WITH CALCIUM DEPOSITS

Veronika Evgenevna Chanchina<sup>1</sup>, Aleksandr Evgenevich Kondratiev<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>veronika.zaharova.95@mail.ru, <sup>2</sup>aekondr@mail.ru

This work is devoted to the study of the effect of calcium deposits of various thicknesses on the inner surfaces of the pipe on the characteristics of its own vibrations. A mathematical model of a steel pipe without deposits and with layers of calcium of various thicknesses on its inner surfaces was created, and a modal analysis of its own vibrations was carried out taking into account the specified criteria.

**Keywords:** mathematical model, strength, pipeline system, method of natural oscillations, modal analysis.

Цель исследования – создание математической модели стального трубопровода, которая будет принимать во внимание наличие кальциевых отложений на его внутренней поверхности, а также проведение модального анализа колебаний трубопровода толщины кальциевых отложений [1].

Научная значимость – теоретическое обоснование зависимости колебаний трубопровода от наличия кальциевых отложений на его внутренних поверхностях [2].

Для выполнения расчётов был отобран отрезок стальной трубы протяжённостью 1000 мм с определёнными параметрами (размер диаметра 165 мм, величин толщины стенки 5,5 мм). Отрез трубопровода условно закреплён по краям [3].

Созданы математические модели фрагмента трубы без отложений и с внутренним слоем кальция разной толщины (2, 4, 6, 8 и 10 мм). Считается, что обрастание отложениями происходит однородно. Проведен анализ собственных частот трубопровода в программном комплексе, который предназначен для проведения конечно-элементного анализа, (рис. 1) [4].

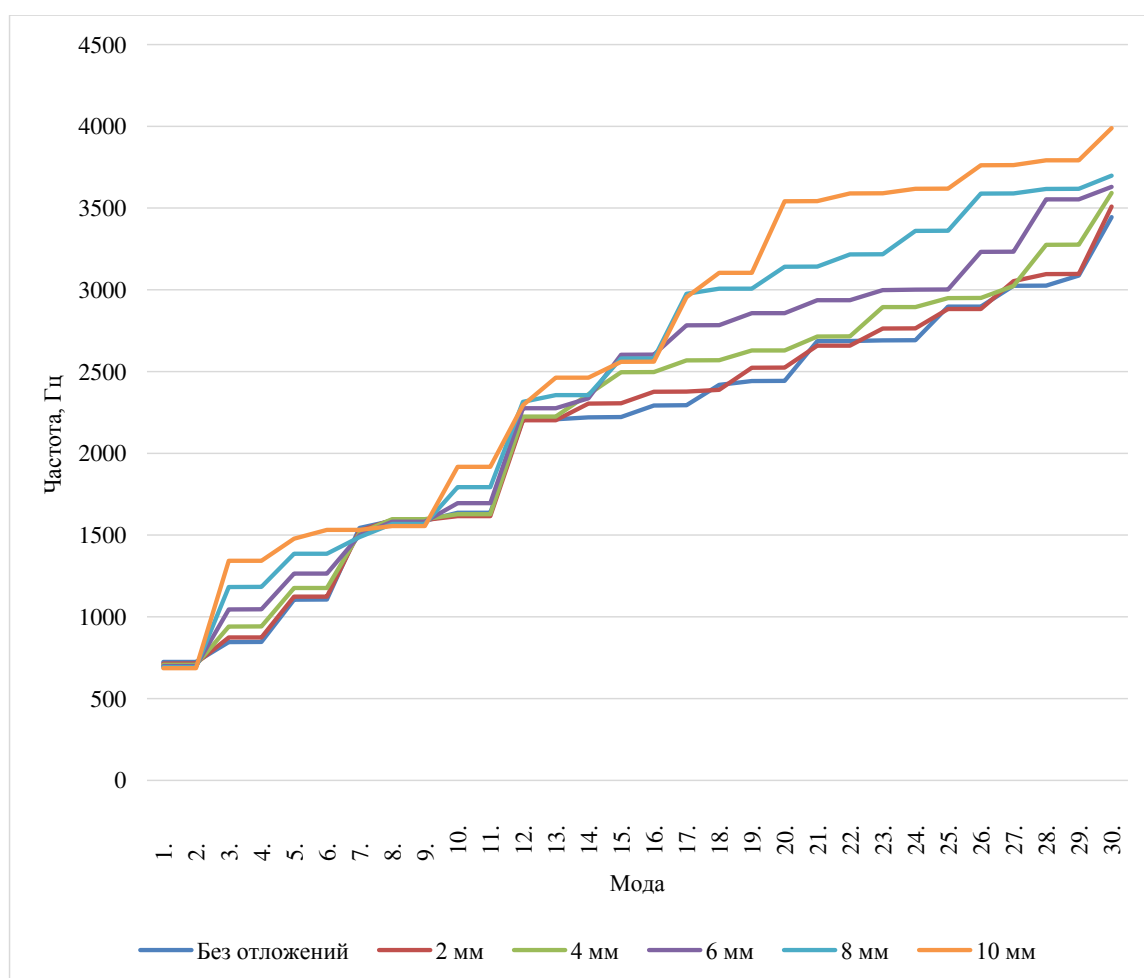


Рис. 1. График изменения собственных частот трубопроводов

Анализ полученных результатов показывает, что собственные частоты колебаний трубопровода увеличиваются с увеличением толщины кальциевых отложений [5]. Это указывает на то, что с ростом количества отложений трубопровод становится более жёстким и менее гибким. Этот эффект может быть связан с изменением плотности и модуля упругости материала трубопровода при образовании отложений [6].

## Источники

1. Чанчина В.Е. Метод вынужденных колебаний при анализе возможного влияния грунтов различного типа на собственные колебания трубопровода / В.Е. Чанчина, С.О. Гапоненко // Тинчуринские чтения – 2023 «Энергетика и цифровая трансформация»: материалы Международной молодежной научной конференции: в 3 т. / под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Казань, 2023. Т. 2. С. 467–470.
2. Применение методов математического моделирования для определения влияния грунта на частоты собственных колебаний трубопроводов / В.Е. Чанчина [и др.] // Надежность и безопасность энергетики. 2021. Т. 14, № 2. С. 142–147.
3. Чанчина В.Е. Влияние внутренних отложений на собственные колебания стального трубопровода / В.Е. Чанчина, А.Е. Кондратьев // Трубопроводный транспорт – 2023: тезисы докладов XVIII Международной научно-практической конференции. Уфа, 2023. С. 444–445.
4. Гапоненко С.О. Построение математической модели распространения волн Лэмба в стальном трубопроводе с защитным наружным покрытием / С.О. Гапоненко, А.Е. Кондратьев, Г.Р. Мустафина // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 4. С. 3–15. DOI: 10.30724/1998-9903-2022-24-4-3-15.
5. Логунов Г.И. Численное исследование возможности применения вейвлет-функций при диагностике линий электропередачи локационными методами / Г.И. Логунов, Л.Н. Федотова, А.Е. Кондратьев // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2010. № 3. С. 52–54.
6. Чанчина В.Е. Модальный анализ волн Лэмба стального трубопровода с кальциевыми отложениями / В.Е. Чанчина, А.Е. Кондратьев, Н.А. Анцупов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2024. Т. 26, № 4. С. 29-40. DOI: 10.30724/1998-9903-2024-26-4-29-40.



## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИЗМЕРЕНИЙ РАСХОДА СТОЧНЫХ ВОД В БЕЗНАПОРНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ**

Шабалин Алексей Сергеевич  
ВНИИР – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»,  
г. Казань, Республика Татарстан  
shabalin90@yandex.ru

Коммерческий учет воды имеет важное значение, а требования по его организации закреплены во многих нормативных правовых актах. Измерения расхода в безнапорных трубопроводах является довольно сложной задачей, в связи с чем вопрос точности данных измерений остается открытым.

**Ключевые слова:** коммерческий учет, безнапорный трубопровод, сточные воды, расход.

## **PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF WASTEWATER FLOW MEASUREMENTS IN NON-PRESSURE PIPELINES**

Shabalin Alexey Sergeevich  
VNIIR – Branch of the Federal State Unitary Enterprise "VNIIM named after D.I. Mendeleev", Kazan, Republic of Tatarstan  
shabalin90@yandex.ru

Commercial water metering is important, and the requirements for its organization are enshrined in many regulatory legal acts. Flow measurements in non-pressure pipelines are quite challenging, and therefore the question of the accuracy of these measurements remains open.

**Keywords:** commercial metering, non-pressure pipeline, wastewater, consumption.

Коммерческий учет воды имеет важное значение и требования по его организации закреплены во многих нормативных правовых актах [1, 2, 3]. Традиционным методом учета сточных вод является сопоставление их объема с объемом водопотребления. Объем водопотребления измеряется счетчиком, установленным на напорном трубопроводе и измеряющем расход жидкости с установленными метрологическими характеристиками. Таким образом все данные для расчета есть и этот расчет достаточно корректен. Данный метод при всей своей малой стоимости (не требует дополнительных средств измерений) весьма приблизительный и применим для индивидуальных домохозяйств. На предприятиях существует множество технологических процессов, потребляющих воду, в связи с чем

объем стоков может существенно снизиться (на 10–30 % от объема поступившей воды) или, наоборот, могут присутствовать неучтенные источники воды, что приведет к увеличению объема стоков по сравнению с объемом поступившей воды. Данные обстоятельства требуют организации учета сточных вод [4]. Существуют разные подходы к измерениям расхода сточных вод. Все существующие современные методы измерений расхода сточных вод в безнапорных трубопроводах можно отнести к следующим [5]:

1. Перевод безнапорного течения в трубопроводе в напорное путем ограничения потока.

2. Применение электромагнитных расходомеров для измерений расхода жидкости со встроенной емкостной системой измерения уровня, что позволяет измерять расход жидкости в трубопроводах, заполненных не менее, чем на 10 %.

3. Использование метода «переменного уровня».

4. Использование метода «площадь-скорость». По измеренному уровню и известной геометрии поперечного сечения трубопровода вычисляется площадь заполнения поперечного сечения, которая вместе с измеренной средней скоростью участвуют в расчете объемного расхода жидкости (1):

$$Q = V \cdot \left( R^2 \cdot \arccos \left( 1 - \frac{h}{R} \right) - (R - h) \cdot \sqrt{2Rh - h^2} \right) \cdot 3600, \quad (1)$$

где  $R$  – радиус трубопровода, м;  $h$  – уровень заполнения трубопровода, м;  $V$  – средняя скорость потока, м/с;  $Q$  – объемный расход, м<sup>3</sup>/ч.

В настоящее время наиболее перспективным методом измерений расхода жидкости в безнапорных трубопроводах является метод «площадь-скорость». Проведенный анализ средств измерений утвержденного типа в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений показал, что средств измерений расхода жидкости, работающих по принципу «площадь-скорость» и предназначенных для измерений расхода жидкости в безнапорных трубопроводах, насчитывается более 50 типов. Данный подход при всей его простоте не учитывает явлений, сопровождающих измерения жидкости в безнапорных трубопроводах. Это подпоры, клиноструйность, возмущения потока, неоднородность среды, обратные потоки. В результате у эксплуатирующих организаций возникают сомнения в достоверности учета и появляется потребность в периодических сопоставительных

измерениях с применением других подобных средств измерений. Для примера приведены результаты сравнения экспериментальных исследований двух расходомеров, установленных последовательно на безнапорном коллекторе теплоэлектростанции. [6]

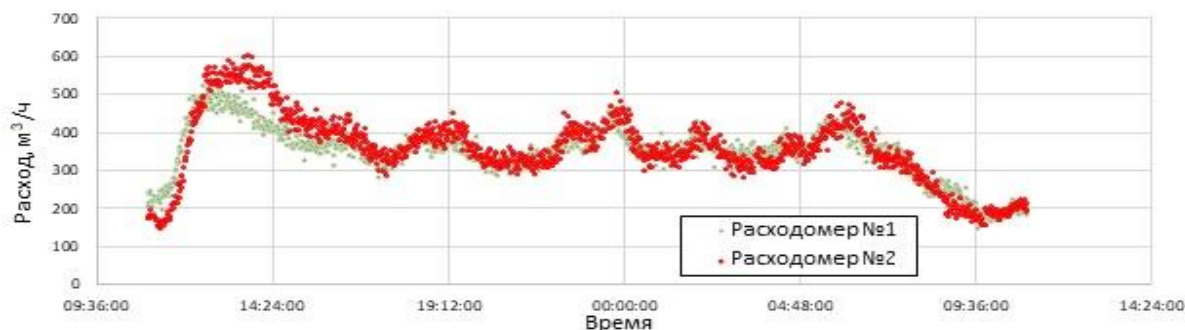


Рис. 1. Результаты сравнения экспериментальных исследований двух расходомеров, установленных последовательно на безнапорном коллекторе теплоэлектростанции, в виде зависимости объемного расхода от времени

Проведенный анализ свидетельствует о существующих проблемах, для решения которых предлагается:

- 1) изменить подход к определению погрешности объема и объемного расхода сточных вод в безнапорных трубопроводах;
- 2) определить наилучший метод для поверки средств измерений расхода сточных вод в безнапорных трубопроводах на месте эксплуатации.

### Источники

1. О водоснабжении и водоотведении [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 7 декабря 2011 г. № 416-ФЗ. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_122867/?ysclid=m57zh4rout483142346](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_122867/?ysclid=m57zh4rout483142346) (дата обращения: 23.10.2024).

2. Об утверждении Правил холодного водоснабжения и водоотведения и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации [Электронный ресурс]: Постановление Правительства Российской Федерации от 29 июля 2013 г. № 644. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_150474/?ysclid=m57zijnoeh339049960](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_150474/?ysclid=m57zijnoeh339049960) (дата обращения: 23.10.2024).

3. Об утверждении Правил организации коммерческого учета воды, сточных вод [Электронный ресурс]: Постановление Правительства Российской Федерации от 4 сентября 2013 г. № 776. URL: <https://base.garant.ru/70447322/?ysclid=m57zj8eo5m519226103> (дата обращения: 23.10.2024).

4. Трофимов В.В. Коммерческий учет сточных вод в безнапорных каналах // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2011. № 7. С. 4–11.
5. Матюгин М.А., Мильцын Д.А. Современные приборы и методы измерения расхода воды в открытых водотоках // Вестник ВГАВТ. Вып. 44. 2015. С.66–76.
6. Шабалин А.С. Проблемы измерений расхода сточных вод в безнапорных трубопроводах и пути решения // Водные ресурсы – основа глобальных и региональных проектов обустройства России, Сибири и Арктики в XXI веке. Тюмень. 2023. С. 184–187.

## РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОЗДАНИЮ МОДЕЛЕЙ АККУМУЛЯТОРА ТЕПЛА ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА НА ОСНОВАНИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Шарафиев Дмитрий Евгеньевич<sup>1</sup>, Тимершин Азат Робертович<sup>2</sup>,  
Ваньков Юрий Витальевич<sup>3</sup>, Ахметова Ирина Гареевна<sup>4</sup>  
<sup>1,2,3,4</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>vip.sharafiev00@mail.ru, <sup>2</sup>timer.az@yandex.ru, <sup>3</sup>yvankov@mail.ru,  
<sup>4</sup>irina\_akhmetova@mail.ru

В работе представлен анализ экспериментальных данных заряда аккумулятора тепла фазового перехода и рекомендации по изменению модели теплового аккумулятора

**Ключевые слова:** тепловой аккумулятор, фазовый переход, энергосбережение.

## RECOMMENDATIONS FOR CREATING MODELS OF HEAT ACCUMULATOR OF PHASE TRANSITION BASED ON EXPERIMENTAL DATA

Sharafiev Dmitry Evgenievich<sup>1</sup>, Timershin Azat Robertovich<sup>2</sup>,  
Vankov Yuri Vitalievich<sup>3</sup>, Ahmetova Irina Gareevna<sup>4</sup>  
<sup>1,2,3,4</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>vip.sharafiev00@mail.ru, <sup>2</sup>timer.az@yandex.ru, <sup>3</sup>yvankov@mail.ru,  
<sup>4</sup>irina\_akhmetova@mail.ru

The paper presents an analysis of experimental data on the charge of a phase transition heat accumulator and recommendations for changing the model of the heat accumulator

**Keywords:** thermal battery, phase change, energy saving.

Объекты энергетической и промышленной отраслей имеют определенный ряд проблем, в первую очередь связанных с уменьшением расхода потребляемых энергоресурсов, а также тепловым аккумулярованием [1].

На смену традиционным технологиям аккумулярования тепловой энергии приходит аккумулярование посредством тепловых аккумуляторов на фазовом переходе (АФП), которые функционируют за счет изменения агрегатного состояния рабочего тела (теплоаккумулирующего материала (ТАМ)) [2, 3].

В данной статье произведен анализ результатов экспериментальных исследований процесса заряда АФП с прямым цилиндрическим корпусом.

Для проектирования и сборки конструкции аккумулятора тепла были учтены такие факторы как: (а) количество тепла, которое необходимо запасти, (б) форму теплообменной поверхности и ее размеры, (в) выбрать теплоаккумулирующее вещество, которое будет использовано в качестве рабочего тела АФП. Данные расчеты производились в разработанном ПО «ACCDES» [4,5]. По полученным данным были сконструированы экспериментальные модели АФП, вид которых представлен на рис. 1.

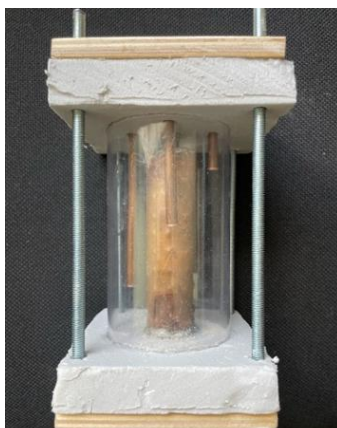


Рис. 1. Внешний вид корпуса АФП

В процессе проведения экспериментальной части было обнаружено, что при заряде аккумулятора теплоносителем температурой в 58–60 °С на дне корпуса АФП образовывалась нерасплавленная зона ТАМ, что является недостатком использования прямой цилиндрической формы корпуса АФП. Вид слоя в тепловизионной съемке представлен на рис. 2.

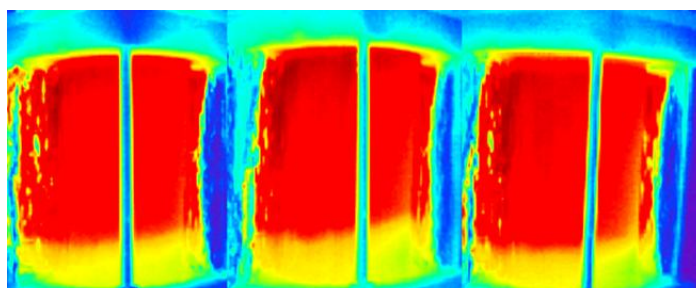


Рис. 2. Вид нерасплавленного слоя ТАМ (тепловизионная съемка)

При дальнейшем нагревании данного слоя его размеры, и что немаловажно, температура, незначительно изменялись со временем. Из этого следует вывод, что влияние внутренней конвекции внутри корпуса АФП на данный слой ослаблено. Следовательно, можно сказать, что дальнейший нагрев не несет в себе эффекта и нецелесообразен.

В качестве общего вывода можно сказать, что для дальнейших исследований в данной области существует возможность применения альтернативной формы корпуса, как например: усечение нижней части корпуса АФП до диаметра равного диаметру теплообменной поверхности, применение скругленного дна корпуса АФП с радиусом равного радиусу основной части корпуса АФП, что способствует исключению образования нерасплавленной части ТАМ. Также возможно применение в качестве теплообменной поверхности пучка труб в вертикальном положении, либо расположение теплообменных поверхностей в горизонтальном виде внутри корпуса АФП.

Исследование выполнено по государственному заданию с номером соглашения № 075-03-2024-226/1 от 15.02.2024 г.

### **Источники**

1. Недвига П.Н. Возможности использования тепловых аккумуляторов и низкопотенциального тепла земли при отоплении индивидуальных домов // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 3. С. 11–14.

2. Спицын И.А. Орехов А.А. Чушкин М.В. Тепловой аккумулятор фазового перехода // Агроинженерия. 2008. С. 52–53.

3. Котенко Э.В., Умеренков Е.В., Котенко В.И. Экологические аспекты использования аккумуляторов теплоты // Серия Техника и технологии. 2013. № 3. С. 111–113.

4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024619858 Российская Федерация. Ассдес: № 2024618790: заявл. 23.04.2024; опубл. 27.04.2024 / Д.Е. Шарафиев, А.Р. Тимершин, И.И. Ключкин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический университет».

5. Razmat Makhmudov Mirzo Ulugbek, Samarkand Shavkat. Experimental technique for a heat storage model with a phase transition of substance // Universum. 2021. № 5. 5 p.

## ВИБРАЦИОННАЯ ДИАГНОСТИКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ

Якупова Инна Дмитриевна

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
26764@mail.ru

Поддержание энергетических трубопроводов в исправном состоянии является приоритетной задачей народного хозяйства. Особенно это актуально в теплоэнергетической отрасли и системах водоснабжения. Существует множество способов контроля технического состояния энергетических трубопроводов, одним из актуальнейших является виброакустический способ неразрушающего контроля. Этот способ способен не только определить внутренние и внешние дефекты трубопроводов, но и дать достаточно достоверные сведения о степени надежности и сроках безаварийной службы.

**Ключевые слова:** надежность, техническая диагностика, виброакустическая диагностика, трубопровод, вибрация, колебание, дефект.

## VIBRATION DIAGNOSTICS OF ENERGY PIPELINES

Yakupova Inna Dmitrievna

FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
26764@mail.ru

Maintaining energy pipelines in good condition is a priority task of the national economy. This is especially true in the heat and power industry and water supply systems. There are many ways to control the technical condition of power pipelines, one of the most relevant is the vibroacoustic method of non-destructive testing. This method is able not only to determine internal and external defects of pipelines, but also to provide sufficiently reliable information about the degree of reliability and terms of trouble-free service.

**Key words:** reliability, technical diagnostics, vibroacoustic diagnostics, pipeline, vibration, oscillation, defect.

Обеспечение надежной и безотказной работы энергетических трубопроводов в значительной степени зависит не только от соблюдения условий эксплуатации, но и от полного и своевременного контроля технического состояния. Это достигается использованием различных средств и методик неразрушающего контроля [1].



В настоящее время широкое распространение нашли такие методы неразрушающего контроля, как: магнитный, термографический, тепловизионный, виброакустический, частичных разрядов, проникающими веществами и др. Все эти методы в разной степени пригодны для оценки технического состояния энергетических трубопроводов, однако из них следует выделить виброакустический метод, как недорогой, экологически чистый и достоверный метод поиска дефектов трубопроводов [2].

В основе виброакустического метода лежит анализ таких параметров собственных колебаний стенки трубопровода, как частота, амплитуда и фаза. Применение двух первых параметров приоритетно, так как регистрация и обработка результатов сигнала по частоте и амплитуде достаточно отработана [3].

Измерение вибрационного сигнала осуществляется пьезокерамическими вибрационными датчиками. Известны способы диагностики с одним, двумя и несколькими датчиками. Результаты тем более достоверны, чем большее количество вибрационных датчиков [4].

Перед осуществлением измерения полезного сигнала необходимо выполнить наладку, настройку и калибровку оборудования. Известны как стационарные средства, так и мобильные средства калибровки вибрационных датчиков [5].

В испытуемом трубопроводе механическим воздействием формируются колебания. Способов возбуждения несколько, самый простой – удар специальным молоточком по стенке трубы [6]. Полученные таким способом механические колебания распространяются по стенкам трубопровода. В определенных местах устанавливаются пьезодатчики, полезный сигнал с которых усиливается и поступает в персональный компьютер для записи, обработки и анализа [7].

Обработка сигнала заключается в преобразовании его в спектр, производится сравнение полученного спектра с эталонным. По степени отличия от эталонного спектра осуществляется определение степени износа трубопровода, а также наличие или отсутствие дефектов оболочки [8].

### **Источники**

1. Gaponenko S.O. Improving the efficiency of energy complexes and heat supply systems using mathematical modeling methods at the operational stage / S.O. Gaponenko, A.E. Kondratiev, R.Z. Shakurova // E3S Web of Conferences: 2019 International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems. Kazan, 2019. Vol. 124. P. 05029. DOI: 10.1051/e3sconf/201912405029.

2. Acoustic-resonance method for control of the location of hidden hollow objects / S. A. Nazarychev, S. O. Gaponenko, A. E. Kondratiev, R. Z. Shakurova // Journal of Physics: Conference Series : Scientific Technical Conference on Low Temperature Plasma During the Deposition of Functional Coatings. Kazan, 2019. Vol. 1328. P. 012054. DOI: 10.1088/1742-6596/1328/1/012054.

3. Determination of Pipeline Leaks Based on the Analysis the Hurst Exponent of Acoustic Signals / A. Zagretdinov, Sh. Ziganshin, Yu. Vankov [et al.] // Water. 2022. Vol. 14, Iss. 19. P. 3190. DOI: 10.3390/w14193190.

4. Zagretdinov A.R. Reliability Increasing Solutions for Multilayer Composite Structures Shock-Acoustic Control / A.R. Zagretdinov, A.E. Kondratyev, S.O. Gaponenko // International Conference on Industrial Engineering. Saint-Petersburg, 2017. P. 656–661. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.10.533.

5. Установка для калибровки пьезоэлектрических датчиков / С.О. Гапоненко, А.Е. Кондратьев, Е.Е. Костылева, А.Р. Загретдинов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2016. № 7-8. С. 79–86.

6. Гапоненко С.О. Построение математической модели распространения волн Лэмба в стальном трубопроводе с защитным наружным покрытием / С.О. Гапоненко, А.Е. Кондратьев, Г.Р. Мустафина // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 4. С. 3–15. DOI: 10.30724/1998-9903-2022-24-4-3-15.

7. Information-measuring system for monitoring the location of underground gas pipelines on the basis of improved acoustic resonance method / S.A. Nazarychev, S.O. Gaponenko, A.E. Kondratiev, R.Z. Shakurova // Journal of Physics: Conference Series: Scientific Technical Conference on Low Temperature Plasma During the Deposition of Functional Coatings. Kazan, 2019. Vol. 1328. P. 012055. DOI: 10.1088/1742-6596/1328/1/012055.

8. Кондратьев А.Е. Применение метода свободных колебаний для диагностики технического состояния поршней дизельного двигателя автомобиля КамАЗ / А.Е. Кондратьев, А.Р. Загретдинов // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2010. Т. 76, № 12. С. 49–51.

## ПРИМЕНЕНИЕ ЭНТРОПИЙНОЙ ПАРАМЕТРИЗАЦИИ В ВИБРОДИАГНОСТИКЕ

Якупова Инна Дмитриевна  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
26764@mail.ru

Современные методы вибродиагностики подразумевают применение перспективных аппаратных приборов, точность регистрации которых благодаря совершенным технологиям постоянно увеличивается. Это накладывает дополнительные требования к методам обработки полезного сигнала. Одним из таких методов является энтропийная параметризация, основанная на энтропийных способах анализа параметров виброакустических сигналов с целью выделения диагностических признаков объекта исследования.

**Ключевые слова:** диагностика, вибрация, полезный сигнал, энтропийная параметризация, надежность, диагностический признак.

## APPLICATION OF ENTROPY PARAMETERIZATION IN VIBRATION DIAGNOSTICS

Yakupova Inna Dmitrievna  
FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
26764@mail.ru

Maintaining energy pipelines in good condition is a priority task of the national economy. This is especially true in the heat and power industry and water supply systems. There are many ways to control the technical condition of power pipelines, one of the most relevant is the vibroacoustic method of non-destructive testing. This method is able not only to determine internal and external defects of pipelines, but also to provide sufficiently reliable information about the degree of reliability and terms of trouble-free service.

**Key words:** diagnostics, vibration, useful signal, entropy parameterization, reliability, diagnostic feature.

Развитие новейших технологий в производстве товаров промышленного и народнохозяйственного назначения накладывает дополнительные требования к повышению качества и надежности производимой продукции [1].

Обеспечение высокой надежности и работоспособности технических изделий достигается не только высоким качеством производимых товаров, но и постоянным контролем за их техническим состоянием. Существует разрушающий и неразрушающий контроль, поэтому оценка технического состояния во время эксплуатации возможна только неразрушающими методами [2].

Известны следующие виды неразрушающего контроля: люминесцентный контроль, оптический контроль, ультразвуковой контроль, тепловизионный контроль, виброакустический и пр. Из известных типов контроля рассмотрим вибрационный [3].

Вибрационная диагностика заключается в обработке параметров колебаний, возникающих в контролируемом объекте. Здесь анализируются такие параметры вибрации, как амплитуда, частота и фаза колебаний [4]. В настоящее время известно несколько способов обработки контролируемых параметров, имеющие как преимущества, так и недостатки. Для повышения достоверности критериев сравнения применить метод энтропийной обработки сигнала [5].

Информационная энтропия, известная как энтропия Больцмана-Гиббса,

$$S = -k_B \sum_{i=0}^N p_i \ln p_i,$$

где  $p_i$  – вероятность пребывания системы в состоянии с номером  $i$  ( $i = 1, \dots, N$ ), положительный множитель  $k_B$  выполняет две функции: его выбор равнозначен выбору основания логарифма шкалы температуры [6].

Известно, что частными случаями энтропии Больцмана-Гиббса являются энтропия Шеннона и фон Неймана, но их применение может привести к необоснованному завышению энтропии [7].

Энтропийная параметризация полученных значений вибрации объекта исследования значительно упрощает сам процесс обработки параметров, что сокращает время анализа и позволяет увеличить достоверность полученных результатов [8].

### **Источники**

1. Гапоненко С.О. Перспективные методы и методики поиска скрытых каналов, полостей и трубопроводов виброакустическим методом / С.О. Гапоненко, А.Е. Кондратьев // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2015. № 2 (47). С. 9–13.

2. Gaponenko S.O. Improving the efficiency of energy complexes and heat supply systems using mathematical modeling methods at the operational stage / S.O. Gaponenko, A.E. Kondratiev, R.Z. Shakurova // E3S Web of Conferences: 2019 International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems. Kazan, 2019. Vol. 124. P. 05029. DOI: 10.1051/e3sconf/201912405029.

3. Information-measuring system for monitoring the location of underground gas pipelines on the basis of improved acoustic resonance method / S.A. Nazarychev, S.O. Gaponenko, A.E. Kondratiev, R.Z. Shakurova // Journal of Physics: Conference Series: Scientific Technical Conference on Low Temperature Plasma During the Deposition of Functional Coatings. Kazan, 2019. Vol. 1328. P. 012055. DOI: 10.1088/1742-6596/1328/1/012055.

4. Determination of Pipeline Leaks Based on the Analysis the Hurst Exponent of Acoustic Signals / A. Zagretdinov, Sh. Ziganshin, Yu. Vankov [et al.] // Water. 2022. Vol. 14, Iss. 19. P. 3190. DOI: 10.3390/w14193190.

5. Установка для калибровки пьезоэлектрических датчиков / С.О. Гапоненко, А.Е. Кондратьев, Е.Е. Костылева, А.Р. Загретдинов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2016. № 7-8. С. 79–86.

6. Гапоненко С.О. Построение математической модели распространения волн Лэмба в стальном трубопроводе с защитным наружным покрытием / С.О. Гапоненко, А.Е. Кондратьев, Г.Р. Мустафина // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 4. С. 3–15. DOI: 10.30724/1998-9903-2022-24-4-3-15.

7. Acoustic-resonance method for control of the location of hidden hollow objects / S. A. Nazarychev, S. O. Gaponenko, A. E. Kondratiev, R. Z. Shakurova // Journal of Physics: Conference Series : Scientific Technical Conference on Low Temperature Plasma During the Deposition of Functional Coatings. Kazan, 2019. Vol. 1328. P. 012054. DOI: 10.1088/1742-6596/1328/1/012054.

8. Кондратьев А.Е. Применение метода свободных колебаний для диагностики технического состояния поршней дизельного двигателя автомобиля КамАЗ / А.Е. Кондратьев, А.Р. Загретдинов // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2010. Т. 76, № 12. С. 49–51.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ СТЕКЛОПЛАСТИКОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Ямилева Алсу Рузилевна<sup>1</sup>, Гапоненко Сергей Олегович<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

<sup>1</sup>galimovaar00@mail.ru, <sup>2</sup>sogaponenko@yandex.ru

В статье предложено математическое исследование колебаний стеклопластиковых трубопроводов. Трубопроводы были смоделированы и проанализированы в программном комплексе Ansys. Результат исследования является регистрация информативных частот трубопроводов при различных режимах вибрации.

**Ключевые слова:** математическое моделирование, колебания, частота, стеклопластик.

## MATHEMATICAL MODELING OF VIBRATIONS OF FIBERGLASS PIPELINES

Yamileva Alsu Ruzilevna<sup>1</sup>, Gaponenko Sergey Olegovich<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan

<sup>1</sup>galimovaar00@mail.ru, <sup>2</sup>sogaponenko@yandex.ru

The article proposes a mathematical study of the vibrations of fiberglass pipelines. Pipelines were modeled and analyzed in the Ansys software package. The result of the study is the registration of informative frequencies of pipelines under various vibration modes.

**Keywords:** mathematical modeling, vibrations, frequency, fiberglass.

Топливо-энергетический комплекс (ТЭК) – основа экономического развития любой страны. Однако, традиционные материалы для трубопроводов – сталь и чугун – все чаще сталкиваются с вызовами времени: коррозия, высокая стоимость, сложность монтажа. В этой ситуации стеклопластиковые трубопроводы представляют собой революционную альтернативу. Их высокая коррозионная стойкость, длительный срок службы, легкость монтажа и низкая стоимость открывают новые горизонты для ТЭК, позволяя снизить затраты, повысить надежность и безопасность. Их применение сопряжено с необходимостью глубокого исследования динамических свойств, в частности, собственных колебаний [1]. Соответственно, создание универсального способа контроля технического состояния носит актуальный характер. Существующие

методы технической диагностики не позволяют полностью оценить состояние исследуемых объектов. Поэтому авторы в поиске перспективных, более достоверных способов оценки технических состояний сочли целесообразным рассмотреть различные математические модели колебательных систем, с характерными геометрическими и структурными параметрами [2]. В качестве объекта для расчета выбраны стеклопластиковые трубопроводы: 1) стеклопластиковый трубопровод толщиной стенки  $\delta = 5$  мм, длина  $L = 100$  мм, внутренний диаметр  $d_{\text{внут}}=75$  мм, внешний диаметр  $d_{\text{внеш}}=85$  мм; 2) стеклопластиковый трубопровод толщиной стенки  $\delta = 5$  мм, длина  $L = 100$  мм, внутренний диаметр  $d_{\text{внут}}=72$  мм, внешний диаметр  $d_{\text{внеш}}=82$  мм.

Цель работы – проведение математического моделирования колебаний стеклопластиковых трубопроводов в программном комплексе Ansys. В ходе работы были смоделированы трехмерные модели исследуемых объектов. Расчет частот и форм собственных колебаний проводился по следующей формуле:

$$([K] - \omega_i^2[M])[\Phi_i] = 0, \quad (1)$$

где  $\omega_i^2$  – собственное значение с номером  $i$  (в данном случае  $\omega_i$  является круговой частотой собственных колебаний);

$[\Phi_i]$  – соответствующий ему собственный вектор (характеризующий форму собственных колебаний).

Для оценки шага  $\Delta t$  была применена следующая формула:

$$T_{\min} = \frac{1}{f_{\max}}, \quad (2)$$

где  $T_{\min}$  и  $f_{\max}$  – период и частота формы собственных колебаний [3].

С целью получения достоверных первых мод колебаний была выделена плоскость созданного объекта и возбуждены вдоль стенок трубопровода акустические колебания. Процесс позволил зарегистрировать полученные сигналы. Увеличение значения частоты возникает вследствие затухания возбужденного колебания внутри корпусной опоры на участке от места возникновения до места установки первичного измерительного датчика [4].

Таким образом, в трубопроводе № 1 при режиме вибрации 30; 40 и 50 зарегистрированы следующие частоты 2239; 3181,5 и 5784,1 Гц

соответственно. В трубопроводе №2 при режиме вибрации 30; 40 и 50 зарегистрированы следующие частоты 2399,6; 3216,7 и 6215,8 Гц соответственно [5].

### Источники

1. Галимова А.Р., Гапоненко С.О. Анализ результатов численного моделирования стеклопластикового трубопровода // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: материалы IX Национальной научно-практической конференции, посвященной 55-летию КГЭУ. Казань, 2024. С. 864–866.

2. Галимова А.Р. Эффективность применения виброакустического метода контроля для оценки технического состояния трубопроводов ЖКХ / А.Р. Галимова, С.О. Гапоненко, А.Е. Кондратьев // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: материалы VIII Национальной научно-практической конференции. Казань, 2023. С. 937–939.

3. Кондратьев А.Е. Особенности анализа параметров вибрационных колебаний / А.Е. Кондратьев // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: материалы IX Национальной научно-практической конференции. Казань, 2024. С. 908–910.

4. Гапоненко С.О. Перспективные методы и методики поиска скрытых каналов, полостей и трубопроводов виброакустическим методом / С.О. Гапоненко, А.Е. Кондратьев // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2015. № 2 (47). С. 9–13.

5. Acoustic-resonance method for control of the location of hidden hollow objects / S. A. Nazarychev, S. O. Gaponenko, A. E. Kondratiev, R. Z. Shakurova // Journal of Physics: Conference Series : Scientific Technical Conference on Low Temperature Plasma During the Deposition of Functional Coatings. Kazan, 2019. Vol. 1328. P. 012054. DOI: 10.1088/1742-6596/1328/1/012054.



## Направление 9. ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И РЕШЕНИЯ В ТЭК И ЖКХ

УДК 004.415.2

### РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКОЙ ПРЕДПРИЯТИЯ ПАО «НЕФАЗ»

Анварова Регина Айдаровна<sup>1</sup>, Филимонова Тамара Константиновна<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>reginanvarova12@yandex.ru, <sup>2</sup>filimonova.tamara@bk.ru

В данной статье рассматривается важность разработки программного обеспечения для управления транспортной логистикой для предприятия. Разработанное программное обеспечение позволяет снизить денежные и временные затраты при организации процесса перевозки грузов.

**Ключевые слова:** транспортная логистика, программное обеспечение, оптимизация процесса, база данных, язык программирования Python.

### DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR TRANSPORT LOGISTICS FOR THE ENTERPRISE PAO "NEFAZ"

Anvarova Regina Aidarovna<sup>1</sup>, Filimonova Tamara Konstantinovna<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>reginanvarova12@yandex.ru, <sup>2</sup>filimonova.tamara@bk.ru

This article discusses the importance of developing a transport logistics management information system for an enterprise. The developed software allows reducing money and time costs during the process of transporting goods.

**Keywords:** transport logistics, software, process optimization, database, Python programming language.

Сегодня актуальность транспортной логистики стала особенно острой для предприятий различных секторов, так как она позволяет значительно сократить затраты, улучшить качество обслуживания и повысить конкурентоспособность на рынке [1].

Основными видами выпускаемой продукции ПАО «НЕФАЗ» являются самосвальные установки, пассажирские автобусы, электробусы, вахтовые автомобили, ёмкостно-наливная техника, бортовые прицепы и полуприцепы. Продукцию завода используют в более 60 регионах России и стран ближнего зарубежья [2]. Поэтому транспортировка продукции в места эксплуатации играет важную роль.

В рамках стратегического планирования логистических процессов можно выделить несколько ключевых шагов: анализ текущего состояния – оценка эффективности текущей системы логистики; выявление проблемных мест и слабых звеньев; определение стратегических целей – установление долгосрочных целей, которые должна достичь логистическая система; выбор оптимальной стратегии – разработка плана действий, который позволит достичь поставленных целей, учитывая особенности организации и рынка; имплементация стратегии – внедрение разработанного плана действий, анализ его эффективности и корректировка при необходимости [3].

Стратегическое планирование логистических процессов позволяет организациям эффективно управлять и развивать свою транспортную логистику, а также прогнозировать потребности и изменения на рынке. В результате, она может существенно снизить затраты и повысить качество обслуживания клиентов.

Оптимизация транспортной логистики включает распределение товаров, улучшение сервиса и снижение издержек, а также сокращение транспортных пробок и вредного воздействия на окружающую среду <sup>[1]</sup>.

На ПАО «НЕФАЗ» используются интермодальные перевозки грузов, поэтому в данном случае важным аспектом оптимизации является сотрудничество с поставщиками, производителями и клиентами, что позволяет сократить время обработки заказов и избежать избыточного запаса <sup>[2]</sup>.

Интермодальные перевозки представляют собой уникальную логистическую модель, в которой заказчик самостоятельно заключает контракты с каждым перевозчиком, отвечающим за определенный участок маршрута. Это означает, что вся ответственность ложится на плечи заказчика. Такой подход требует от него высокой степени организации и управления, но одновременно предоставляет значительные преимущества [3].

Автоматизация интермодальных поставок даст следующие преимущества: автоматический сбор и обработка данных, что позволяет сократить время на выполнение логистических операций, улучшенный контроль и управление запасами, что позволяет предотвратить излишние

или недостаточные запасы товаров на складах, точное планирование маршрутов и доставки, что позволяет снизить затраты на транспортировку товаров и улучшить сервис для клиентов, отслеживание статуса грузов, что позволяет оперативно реагировать на возможные задержки или проблемы в доставке.

При разработке данного программного обеспечения были использованы следующие инструменты и технологии:

1. Язык программирования Python: Python был выбран как основной язык разработки благодаря своей простоте и множеству библиотек, которые облегчают создание программ с графическим интерфейсом [4].

2. СУБД Microsoft SQL Server с использованием утилиты SQL Server Management Studio: была разработана БД, куда вносились данные [5].

Таким образом, эффективность и оптимизация процессов в рамках транспортной логистики играют важную роль в успешном развитии бизнеса. Они позволяют снизить затраты и повысить эффективность работы, что является необходимым условием достижения конкурентных преимуществ на рынке.

### **Источники**

1. Актуальность транспортной логистики сегодня [Электронный ресурс] <https://logistics.by/blog/aktualnost-transportnoj-logistiki-osnovnye-problemy-i-resheniya-v-sovremennom-mire> (дата обращения: 05.11.2024).

2. Официальный сайт «НЕФАЗ» <https://www.nefaz.ru/> (дата обращения: 05.11.2024).

3. Бауэрсокс Д.Дж., Клосс Д. Дж. Логистика: интегрированная цепь поставок / пер. с англ. Н.Н. Барышниковой и Б.С. Пинскера. М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2015. 640 с.

4. The Python Tutorial [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.python.org/3.8/tutorial/index.html> (дата обращения 05.11.2024).

5. Что такое SQL Server Management Studio (SSMS)? [Электронный ресурс]. URL: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/sql/ssms/sql-server-management-studio-ssms?view=sql-server-ver16> (дата обращения 05.11.2024).

## БЛОКЧЕЙН И ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Анисимов Валерий Александрович<sup>1</sup>, Сандаков Виталий Дмитриевич<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup> dikisma@yandex.ru

В статье рассматриваются блокчейн и децентрализованные технологии в энергетике и их основные преимущества.

**Ключевые слова:** энергетика, блокчейн, децентрализованные технологии, зеленая энергия, ВИЭ.

## BLOCKCHAIN AND DECENTRALIZED TECHNOLOGIES IN THE ENERGY SECTOR

Anisimov Valerii Alexandrovich<sup>1</sup>, Sandakov Vitalii Dmitrievich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup> FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
<sup>1</sup> dikisma@yandex.ru

The article discusses blockchain and decentralized technologies in the energy sector and their main advantages.

**Keywords:** energy, blockchain, decentralized technologies, green energy, renewable energy.

В последние годы энергетический сектор переживает значительные изменения, связанные с потребностью в более эффективных, безопасных и устойчивых системах. Одной из ключевых технологий, которая активно внедряется в эту область, является блокчейн. Блокчейн-технологии открывают новые возможности для децентрализации энергетических систем, повышения прозрачности и безопасности транзакций, а также для создания новых бизнес-моделей.

Традиционная энергетическая инфраструктура часто характеризуется централизованным управлением, где крупные энергогенерирующие компании контролируют производство и распределение электроэнергии. Однако, с ростом распределенной генерации, особенно от возобновляемых источников энергии (ВИЭ), появлением солнечных панелей и ветровых турбин, возникает необходимость в более гибких и децентрализованных системах.

Блокчейн-технологии позволяют создавать децентрализованные сети, где производители и потребители электроэнергии могут взаимодействовать напрямую, без посредников. Например, платформа LO3 Energy разработала прототип для обмена сертификатами на энергию ВИЭ, позволяя домохозяйствам продавать излишки энергии соседним домам через блокчейн-сеть [1].

Эта децентрализация не только снижает затраты на электроэнергию для конечных пользователей, но и стимулирует рост микрогенерации. В странах, активно использующих ВИЭ, такие как Голландия, стартапы уже предлагают онлайн-платформы для покупки электроэнергии у владельцев малых энергоустановок, удовлетворяя потребность в «зелёной» энергии [2].

Одним из ключевых преимуществ блокчейн-технологий является их способность обеспечивать безопасность и прозрачность транзакций. Блокчейн представляет собой распределённый реестр, где все транзакции регистрируются и подтверждаются участниками сети. Это исключает возможность манипуляций с данными и гарантирует, что все операции проводятся безопасно.

В энергетическом секторе это особенно важно, поскольку оно позволяет документировать права собственности и связанные с ними транзакции. Блокчейн может хранить историю владения каждым сертификатом на энергию вместе с полным журналом транзакций, что обеспечивает полную прозрачность и подотчетность [3].

Умные контракты, основанные на блокчейн-технологиях, являются еще одним мощным инструментом для энергетического сектора. Эти контракты представляют собой машинные алгоритмы, которые автоматически выполняют определенные действия при возникновении заданных условий. В энергетике умные контракты могут использоваться для автоматического управления балансом между спросом и предложением электроэнергии.

Например, если в системе доступна большая мощность, чем необходимо потребителям, умные контракты могут обеспечить зарядку накопителей. И наоборот, когда возникает нехватка генерирующей мощности, электроэнергия из накопителей может быть направлена к потребителям. Это позволяет поддерживать баланс в энергосистеме и оптимизировать использование ресурсов [4].

Внедрение блокчейн-технологий в энергетический сектор находится на стадии активного тестирования и пилотных проектов. По данным на 2019 год, было запущено уже 234 блокчейн-проекта в области электроэнергетики, с общим объемом инвестиций почти в \$600 млн. Большая часть этих проектов получила внешнее финансирование, что указывает на высокий интерес инвесторов к этой области.

Страны, такие как США, Германия и Великобритания, лидируют в запуске блокчейн-проектов в энергетике. Государственная политика в области цифровизации и климатической повестки играет значительную роль в развитии этих технологий. Активность энергетических компаний и поставщиков решений также способствует их внедрению[5].

В заключение, блокчейн и децентрализованные технологии представляют собой революционную силу в энергетическом секторе. Они обеспечивают децентрализацию, безопасность и прозрачность транзакций, автоматизацию процессов и создание новых бизнес-моделей. Пока что, это только начало пути, но уже сейчас очевидно, что эти технологии имеют потенциал кардинально изменить способ, которым мы производим, распределяем и потребляем электроэнергию.

### **Источники**

1. Сценарии декарбонизации в России [Электронный ресурс]. URL: [https://sk.skolkovo.ru/storage/file\\_storage/9b713c16-cfb4-4da3-aeaa-66061e1d14f5/SKOLKOVO\\_EneC\\_RU\\_Decarbonisation\\_Scenarios\\_in\\_Russia.pdf](https://sk.skolkovo.ru/storage/file_storage/9b713c16-cfb4-4da3-aeaa-66061e1d14f5/SKOLKOVO_EneC_RU_Decarbonisation_Scenarios_in_Russia.pdf) (дата обращения: 10.11.2024).

2. The rise and stall of world electricity efficiency: 1900-2017, results and insights for the renewables transition / R. Pinto [et al.] // Energy. 2023. Vol. 269.

3. Белкин П.А, Посмаков Н.П., Ростовский Н.С. Применение технологии блокчейн в электроэнергетике как связующей цифровой технологии при переходе на децентрализованную генерацию // Современные наукоемкие технологии. 2020. № 3. С. 19–24.

4. Блокчейн в энергетическом секторе: ландшафт проектов и инвесторов [Электронный ресурс]. URL: [https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO\\_EneC\\_RU\\_MINDS\\_MITH\\_blockchain\\_investment\\_landscape2019.pdf](https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_EneC_RU_MINDS_MITH_blockchain_investment_landscape2019.pdf) (дата обращения: 10.11.2024).

5. Бизнес-инжиниринг: отраслевые и функциональные решения: монография / И.В. Ильин [и др.]; под ред. И.В. Ильина, А.И. Лёвиной, С. В. Широковой. СПб.: Политех-пресс, 2024. 183 с.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ BIG DATA В СФЕРЕ ЖКХ

Ахтарьянов Арсений Альбертович<sup>1</sup>, Сандаков Виталий Дмитриевич<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>arsa20034@mail.ru., <sup>2</sup> vitalysandakov@mail.ru

В данной статье рассматриваются перспективы и возможности использования технологий больших данных для оптимизации расходов и аналитики в сфере ЖКХ

**Ключевые слова:** большие данные, ЖКХ, энергоэффективность, анализ данных, информационные технологии

## PROSPECTS OF USING BIG DATA TECHNOLOGIES IN THE HOUSING AND UTILITIES SECTOR

Arseny Albertovich Akhtaryanov<sup>1</sup>, Sandakov Vitaly Dmitrievich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>arsa20034@mail.ru., <sup>2</sup> vitalysandakov@mail.ru

This article considers the concept of the Internet of Things (IoT), its possibilities of application in housing and communal services, as well as examples of real use abroad and in Russia.

**Keywords:** big data, housing and utilities sector, energy efficiency, data analysis, information technology

В настоящее время технологии обработки и хранения больших данных (Big Data) широко распространяются во всех сферах жизни человека [1], и сфера ЖКХ не является исключением. Большие данные представляют собой массивы информации, которые могут быть собраны из различных источников, включая датчики, системы учета и мониторинга состояния. Их анализ позволяет значительно улучшить управление ресурсами и повысить эффективность работы коммунальных служб.

Одним из ключевых направлений применения больших данных в ЖКХ является оптимизация управления ресурсами. С помощью аналитики можно прогнозировать потребление воды, электроэнергии и тепла, что позволяет избежать избыточных затрат и улучшить планирование закупок. Например, анализ исторических данных о потреблении помогает выявить сезонные колебания и предсказать пиковые нагрузки, что способствует более эффективному распределению ресурсов.

Примером успешного применения технологий обработки больших данных в России в сфере жилищно-коммунального хозяйства является сервис «Онлайн-мониторинг воды» от компании Мегафон. Этот продукт использует решения на базе Big Data и IoT, и в рамках его работы было установлено оборудование для передачи данных в большом количестве многоквартирных домов, который обслуживал Нижегородский водоканал. Это решение дало возможность собрать обширный массив данных и сформировать архив с почасовыми отчетами о потреблении воды для каждого дома на протяжении года.[2]

Существуют и другие системы учёта потребления холодной и горячей воды, которые собирают различные метрики из множества домовладений, но они пока не так широко распространены, как в западных странах, однако тенденция к модернизации систем ЖКХ в нашей стране безусловно есть, и это не может не радовать. [3] Использование современных приборов и аналитических инструментов помогает сократить технические потери, обеспечить прозрачный баланс потребления, а также доступ к необходимой статистике за любой период.

Взаимодействие с жителями также может быть значительно улучшено с помощью больших данных. Анализ отзывов и жалоб граждан позволяет выявлять проблемные зоны и оперативно реагировать на них. Платформы для обратной связи, основанные на больших данных, могут помочь коммунальным службам лучше понимать потребности населения и адаптировать свои услуги под запросы жителей.[4]

Часто в качестве системы управления базами данных (СУБД) используется СУБД Clickhouse, которая отлично подходит для аналитики по большому количеству метрик. Эта СУБД с лёгкостью обрабатывает миллиарды строк, содержащих метрики, и позволяет проводить различные агрегации на основе этих самых данных. Её плюс заключается в том, что вычисления проводятся за секунды, а то и доли секунды, а это в свою очередь позволяет в режиме on-line видеть изменения состояния работы какой-либо системы, или иные аномалии. Например, можно построить дашборд, на котором будут отображены графики среднего расхода воды, и в случае аномалий, можно автоматически присылать уведомление службам, которые разберутся, в чём проблема, и быстро исправят ситуацию. Обычно такая визуализация реализуется на инструменте с открытым исходным кодом Grafana.

Использование больших данных для анализа состояния инфраструктуры ЖКХ и потребления ресурсов людьми является главным трендом сегодняшнего развития в этой сфере. Компании всё чаще набирают инженеров данных в свой штат, и строят корпоративные



хранилища данных для решения этих задач. Это положительно образом сказывается на эффективном потреблении ресурсов и уровне общего благосостояния населения.

### **Источники**

1. Абдыкаримова А.Т. Big Data: проблемы и технологии // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2019. № 5-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/big-data-problemy-i-tehnologii> (дата обращения: 09.11.2024).

2. «МегаФон» по воду пошел [Электронный ресурс]. URL: <https://www.comnews.ru/content/207786/2020-06-26/2020-w26/megafon-vodu-poshel> (дата обращения: 09.11.2024).

3. Ланько Д.И., Синютин Е.С. Обзор существующих приборов учета расхода холодной воды и подходов к повышению точности измерения расхода воды // Инженерный вестник Дона, 2017. № 4. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4y2017/4603](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4y2017/4603) (дата обращения: 09.11.2024).

4. Черняк Л. Большие Данные – новая теория и практика // Эксперт, 2013. URL: <http://www.osp.ru/os/2011/10/13010990> (дата обращения: 09.11.2024).

5. Крылов В.В., Крылов С.В. Большие данные и их приложения в электроэнергетике от бизнес-аналитики до виртуальных электростанций М.: Нобель Пресс, 2014. 91 с.

## ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЛАСТИ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Бикчурин Тимур Айратович<sup>1</sup>, Сандаков Виталий Дмитриевич<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

<sup>2</sup>vitalysandakov@mail.ru

В статье рассматривается влияние цифровых технологий на нефтегазовый сектор, подчеркивая их роль в повышении эффективности, безопасности и качестве продукции. Основное внимание уделяется применению аналитики данных и предиктивной аналитики для выявления неэффективности и предупреждения потенциальных проблем. Рассматриваются важные аспекты автоматизации, интеграции Интернета вещей (IoT) и непрерывного мониторинга, которые существенно улучшают качество продукции и оперативное управление. Автор также акцентирует внимание на переходе от реактивного к профилактическому техническому обслуживанию, что способствует сокращению простоев и улучшению процессов принятия решений. В заключение подчеркивается, что цифровизация создает динамичную структуру, способствующую постоянному повышению качества и устойчивости операционной деятельности.

**Ключевые слова:** цифровые технологии, нефтегазовый сектор, аналитика данных, предиктивная аналитика, автоматизация, Интернет вещей (IoT), качество продукции, техническое обслуживание, процессы принятия решений, операционная устойчивость.

## APPLICATION OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE OIL PRODUCTS SECTOR

Bikchurin Timur Airatovich<sup>1</sup>, Sandakov Vitaliy Dmitrievich<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan

<sup>2</sup>vitalysandakov@mail.ru

The article examines the impact of digital technologies on the oil and gas sector, highlighting their role in enhancing efficiency, safety, and product quality. It focuses on the application of data analytics and predictive analytics to identify inefficiencies and prevent potential issues. Important aspects of automation, the integration of the Internet of Things (IoT), and continuous monitoring are discussed, which significantly improve product quality and operational management. The authors also emphasize the transition from reactive to proactive maintenance, which helps reduce downtime and enhance decision-making processes. In conclusion, it is noted that digitalization creates a dynamic structure that fosters continuous improvement in quality and operational resilience.

**Keywords:** digital technologies, oil and gas sector, data analytics, predictive analytics, automation, Internet of Things (IoT), product quality, maintenance, decision-making processes, operational resilience.

Появление цифровых технологий значительно изменило нефтегазовый сектор, что привело к повышению эффективности, безопасности и качества продукции. Одним из ключевых достижений является совершенствование операционных процессов с помощью аналитики данных, которая помогает организациям выявлять неэффективность и потенциальные сбои до того, как они перерастут в серьезные проблемы. Такой упреждающий подход основан на предиктивной аналитике, позволяющей операторам принимать обоснованные решения на основе данных в реальном времени и исторических тенденций.

Внедрение IoT на перерабатывающих предприятиях привело к значительному улучшению качества продукции. Непрерывный мониторинг позволяет немедленно принимать корректирующие меры при возникновении отклонений от стандартов качества. Механизмы контроля качества стали более совершенными благодаря цифровым технологиям, обеспечивающим комплексное отслеживание всего производственного процесса, от сырья до готовой продукции. Внедрение надежных систем контроля качества необходимо для соблюдения отраслевых норм и повышения удовлетворенности клиентов.

По мере развития цифровых технологий их влияние на обеспечение качества становится все более значительным. Например, использование передовой аналитики позволяет компаниям получать постоянную информацию о показателях качества продукции, что крайне важно для поддержания высоких стандартов в отрасли, где даже небольшие ошибки могут привести к значительным финансовым потерям или нанести вред окружающей среде.

Предиктивная аналитика также играет важную роль в планировании технического обслуживания на перерабатывающих предприятиях. Анализируя тенденции изменения операционных данных во времени, организации могут предвидеть, когда оборудование может выйти из строя или потребовать обслуживания, предотвращая сбои в производственном графике. Такой переход от реактивного к профилактическому обслуживанию сокращает время простоя и продлевает срок службы активов.

В заключение следует отметить, что цифровые технологии не только оптимизируют процесс обработки данных в нефтегазовом секторе, но и создают динамичную структуру, способствующую постоянному повышению качества продукции и операционной устойчивости.

### **Источники**

1. Топ-5 вариантов использования цифровых технологий в нефтегазовой отрасли [Электронный ресурс]. URL: <https://www.basetwo.ai/blogs/top-5-use-cases-for-digital-transformation-in-the-oil-and-gas-industry> (дата обращения: 08.11.2024).

2. Сингх С. Цифровая трансформация в нефтегазовой отрасли: анализ данных для повышения эффективности [Электронный ресурс]. URL: <https://appinventiv.com/blog/digital-transformation-in-oil-and-gas/> (дата обращения: 08.11.2024).

3. Бурклафф Н. Нефтегазовая промышленность: руководство по исследованию добычи и разведке. [Электронный ресурс]. URL: <https://guides.loc.gov/oil-and-gas-industry/upstream> (дата обращения: 08.11.2024).

4. Аль-Рбави С. Обзор современных подходов к цифровизации в нефтегазовой отрасли. Январь 2023. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2666260423000130> (дата обращения: 08.11.2024).

5. Цифровая трансформация нефтегазовой отрасли и обзор рабочей силы – 2020 [Электронный ресурс]. Доступно: [https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/en\\_gl/topics/oil-and-gas/ey-oil-and-gas-digital-transformation-and-the-workforce-survey-2020.pdf](https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/en_gl/topics/oil-and-gas/ey-oil-and-gas-digital-transformation-and-the-workforce-survey-2020.pdf) (дата обращения: 08.11.2024).

## ЦИФРОВИЗАЦИЯ В ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ, ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ РЫНКАХ И ЧАСТНЫХ ИНВЕСТИЦИЯХ

Булычев Вячеслав Александрович<sup>1</sup>, Сандаков Виталий Дмитриевич<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>lame.jns@gmail.com, <sup>2</sup>vitalysandakov@mail.ru

В статье представлена информация о состоянии области электроэнергетики, введении децентрализации, технологиях, используемых для ее реализации и встречающихся проблемах, приведены результаты использования данных технологий.

**Ключевые слова:** Электроэнергетика, децентрализация, цифровизация, информационные технологии.

## DIGITALIZATION IN DECENTRALIZED POWER GENERATION, DECENTRALIZED MARKETS AND PRIVATE INVESTMENTS

Bulychev Vyacheslav Aleksandrovich<sup>1</sup>, Sandakov Vitaly Dmitrievich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup> FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>lame.jns@gmail.com, <sup>2</sup>vitalysandakov@mail.ru

The article presents information about the state of the electric power industry, the introduction of decentralization, technologies used for its implementation and the problems encountered, the results of the use of these technologies are given.

**Keywords:** Electric power industry, decentralization, digitalization, information technologies.

Область электроэнергетики в наше время переживает период глубокой трансформации. Переход от централизованных моделей работы с электроэнергией к децентрализованным системам, основанным на возобновляемых источниках энергии (ВИЭ), становится все более явной тенденцией [1]. В этом процессе цифровизация играет ключевую роль, предоставляя инструменты и платформы для эффективного управления сложными распределенными сетями и привлечения частных инвестиций.

Децентрализованная энергетика предполагает наличие множества небольших источников энергии, которые можно интегрировать в более гибкую сеть. Однако управление такой системой значительно сложнее, чем традиционной централизованной моделью. Именно здесь на помощь приходит цифровизация. Из ключевых используемых технологий можно выделить:

1. Интернет вещей (IoT), представленный в виде умных счетчиков, датчиков и сенсоров, устройств управления, автоматизирующих управление распределенными генераторами, накопителями энергии и другими компонентами системы [2].

2. Искусственный интеллект (AI) и машинное обучение (ML), представленные прогнозированием производства возобновляемых источников энергии (ВИЭ), оптимизацией работы микросетей и обнаружением аномалий и предотвращением сбоев [3].

3. Блокчейн и распределенные реестры, представленные P2P-торговлей энергией, управлением сертификатами происхождения энергии и автоматизацией процессов с использованием, например, умных контрактов.

4. Облачные технологии, представленные хранением и обработкой данных, развертыванием приложений.

5. Технологии коммуникаций, представленные умными сетями (Smart Grid) [4]; беспроводными технологиями; протоколами связи.

Взаимодействие этих технологий создает мощную синергию, которая трансформирует энергетическую систему, делая ее более эффективной, надежной, устойчивой и доступной для всех. Децентрализация, подкрепленная цифровыми технологиями, на пути своей интеграции встречается с трудностями, среди которых:

1. Проблемы кибербезопасности: защита цифровых систем от кибератак является критически важной задачей, так как те же IoT-устройства могут встать точками входа для хакеров, распределенные системы могут стать мишенью для кибератак и т.п.

2. Стандартизация и совместимость: Отсутствие единых стандартов для цифровых платформ затрудняет интеграцию различных систем и устройств, существует необходимость обеспечить совместимость оборудования от разных производителей.

3. Регулирование и правовые вопросы: необходимо разработать четкие правовые рамки для функционирования peer-to-peer энергетических сетей и обеспечить защиту прав потребителей в децентрализованных энергетических системах.

На данный момент наблюдается полномасштабное развитие цифровизации в электроэнергетике. Растет число «умных» устройств, они интегрируются в ВИЭ, появляются новые приборы для оптимизации потребления энергии. Децентрализованные системы прогрессируют, в них все чаще вводятся микросети [5], появляются новые P2P платформы, применяются блокчейн-технологии. Данные используются более интенсивно, аналитика Big Data и ML используются для прогнозирования спроса, оптимизации работы. Правительства и регулирующие органы разрабаты-

вают новые правила и стандарты для децентрализованных систем, создаются стандарты для обмена данными и взаимодействия между различными устройствами и платформами. Вкладываются значительные средства в развитие цифровых технологий для энергетики, появляются новые стартапы, разрабатывающие инновационные решения для децентрализованных систем.

### **Источники**

1. Андреева О.А. Анализ текущего состояния цифровизации электрических сетей и подстанций // Universum: технические науки. 2023. № 11. С. 116.

2. Krishnan P. R., Jacob J. An IOT based efficient energy management in smart grid using DHOCSA technique [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210670722000580> (дата обращения: 20.10.2024).

3. Intelligent Energy Management across Smart Grids Deploying 6G IoT, AI, and Blockchain in Sustainable Smart Cities [Электронный ресурс] / Mithul A.T. Raaj [et al.]. URL: <https://www.mdpi.com/2624-831X/5/3/25> (дата обращения: 20.10.2024).

4. Surendra K., Umesh P., Bhupesh B. Achieving Peak Energy Efficiency in Smart Grids Using AI and IOT [Электронный ресурс]. URL: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-47055-4\\_11](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-47055-4_11) (дата обращения: 20.10.2024).

5. Arévalo P. Optimizing Microgrid Operation: Integration of Emerging Technologies and Artificial Intelligence for Energy Efficiency [Электронный ресурс]. URL: <https://doi.org/10.3390/electronics13183754> (дата обращения: 20.10.2024).

## ИНФОРМАЦИОННЫЙ ТЕРМИНАЛ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Гиматдинов Руслан Рафаилович<sup>1</sup>, Орлов Андрей Сергеевич<sup>2</sup>, Вассунова Юлия Юрьевна<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>danilakuzhel@yandex.ru, <sup>2</sup>hkgxg1567@gmail.com

Описывается информационный терминал для производственных предприятий, предназначенный для оперативного информирования работников о ключевых аспектах производства. Терминал оснащен навигационными функциями и системой авторизации для персонализации и безопасности. Включена поддержка голосового помощника, адаптированного для производственных задач, а также возможность синхронизации с мобильными устройствами. Интерфейс терминала разработан с учётом удобства и включает светлую и тёмную темы оформления.

**Ключевые слова:** информационный терминал, производство, навигация, система авторизации, голосовой помощник, персонализация, синхронизация с телефоном, пользовательский интерфейс, светлая и тёмная тема.

## INFORMATION TERMINAL AT THE PRODUCTION SITE

Gimatdinov Ruslan Rafailovich<sup>1</sup>, Orlov Andrey Sergeevich<sup>2</sup>, Vasunova Julia Yurievna<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>danilakuzhel@yandex.ru, <sup>2</sup>hkgxg1567@gmail.com

Describes an information terminal for manufacturing plants, designed to provide workers with quick information on key aspects of production. The terminal is equipped with navigation functions and an authorisation system for personalisation and security. Support for a voice assistant adapted to production tasks is included, as well as the ability to synchronise with mobile devices. The terminal's interface is designed with convenience in mind and includes light and dark design themes.

**Keywords:** information terminal, production, navigation, authorisation system, voice assistant, personalisation, phone sync, user interface, light and dark theme.

Информационные терминалы на производственных предприятиях становятся важным инструментом для повышения эффективности работы и удобства сотрудников. Они служат ключевым элементом цифровизации процессов, предоставляя рабочим актуальную информацию о производственном цикле, персонализированные данные и удобные функции навигации на рабочих местах. Рассмотрим основные функции и возможности такого терминала на современном производстве.

Информирование о ключевых аспектах производства



Информационный терминал предоставляет работникам доступ ко всей необходимой информации о текущем производственном процессе, включая:

- План смены и задания на день.
- Инструкции по технике безопасности.
- Оперативные уведомления о возможных изменениях или аварийных ситуациях.
- Статистику и производственные показатели, например, процент выполнения плана, данные по качеству продукции.

Таким образом, терминал помогает работнику оставаться в курсе всех ключевых аспектов его деятельности и обеспечивает максимальную информированность без лишних затрат времени.

Навигационная система терминала позволяет сотрудникам быстро ориентироваться на рабочем месте и производственной территории. С помощью этой функции можно:

- Определить местоположение и маршруты к нужным объектам, например, к складу или сервисной зоне.
- Получить информацию о расположении и статусе оборудования, что особенно полезно для тех, кто работает с оборудованием на большой площади.
- Найти ближайшие аварийные выходы и точки безопасности.

Эти функции значительно упрощают и ускоряют передвижение сотрудников, повышая производительность и безопасность на производстве.

Для повышения уровня безопасности и предоставления персонализированных данных, в информационном терминале предусмотрена система авторизации. Сотрудники могут входить в систему с помощью персональных пропусков или биометрических данных. Благодаря авторизации терминал:

- Подстраивает отображаемую информацию под конкретного пользователя (например, показывает задания только для его смены).
- Ограничивает доступ к конфиденциальной информации.
- Фиксирует активность сотрудников, помогая отслеживать и анализировать производственные процессы.

Голосовой помощник, адаптированный под производство

В систему терминала интегрирован голосовой помощник, разработанный специально для производственной среды. Он предоставляет возможность быстрого и удобного взаимодействия с терминалом без отвлечения от основной деятельности. С помощью голосового помощника можно:

- Запросить информацию о текущих производственных заданиях или статусе оборудования.

- Задать вопросы по навигации.

- Получить консультацию по технике безопасности.

Особенностью данного голосового помощника является его адаптация к специфике производственной среды, что делает его полезным инструментом для работников.

Интеграция с мобильными устройствами

Для повышения удобства и мобильности сотрудников предусмотрена возможность привязки информационного терминала к телефону. Это позволяет:

- Получать уведомления и напоминания на мобильное устройство.

- Сканировать QR-коды для быстрого доступа к информации на терминале.

- Управлять задачами и запрашивать данные удаленно, не находясь рядом с терминалом.

Интеграция с мобильными устройствами делает информационный терминал более гибким инструментом для современного производства.

Удобный и понятный интерфейс

Пользовательский интерфейс терминала разработан с учетом простоты и удобства. Он интуитивно понятен, не требует сложного обучения, и имеет возможность настройки:

- Выбор светлой или темной темы, чтобы снизить нагрузку на глаза в зависимости от условий освещения.

- Структурированное меню и понятные пиктограммы, которые позволяют легко находить нужные функции.

- Современный дизайн, создающий комфортную среду для взаимодействия, что особенно важно для повышения концентрации и настроения сотрудников.

Информационный терминал на производстве — это многофункциональная система, которая упрощает работу, повышает эффективность и безопасность сотрудников. Благодаря интеграции всех вышеперечисленных возможностей, терминал становится не просто информационной панелью, но полноценным помощником на каждом этапе работы.

## Источники

1. Блохин В.Н., Михеев С.П. Автоматизированные системы управления на производстве // Производственные технологии. 2018. № 3. С. 45–52.

2. Иванов П.А., Романова Т.В. Цифровые технологии в управлении производством: опыт внедрения и перспективы // Вестник инженерных наук. 2020. Т. 9, № 2. С. 23–30.
3. Мельников К.С. Информационные терминалы в промышленных системах: дизайн и эргономика // Труды конференции «Инновации в производственной сфере». М.: Технополис, 2019. С. 102–108.
4. Сидоров А.В. Системы авторизации и безопасности на производстве // Цифровая безопасность. 2021. № 5. С. 65–71.
5. Петрова Л.И., Кузнецов Д.М. Голосовые помощники в промышленных приложениях // Автоматизация и производство. 2019. Т. 5, № 4. С. 49–54.
6. Рябинин Н.В. Мобильные технологии в производственной среде: синхронизация и интеграция // Промышленная информатика. 2022. № 1. С. 14–21.

## МАСШТАБИРОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ, ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ ИХ РЕШЕНИЯ

Дыдалин Григорий Дмитриевич<sup>1</sup>, Зарипова Римма Солтановна<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>grd200x@gmail.com

В статье рассматриваются ключевые вызовы и стратегии масштабирования нейронных сетей. Описаны проблемы, связанные с вычислительными ресурсами, объемами данных, распределённым обучением и переобучением. Предложены различные подходы к оптимизации масштабируемых моделей. Особое внимание уделено важности энергоэффективности и будущим направлениям развития масштабируемых нейросетей, включая квантовые вычисления и нейроморфные процессоры.

**Ключевые слова:** нейронные сети, глубокое обучение, распределенное обучение, оптимизация нейронных сетей, энергоэффективность.

## SCALING OF NEURAL NETWORKS, PROBLEMS AND METHODS OF THEIR SOLUTION

Dydalın Grigorij Dmitrievich<sup>1</sup>, Zaripova Rimma Soltanovna<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup> FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
<sup>1</sup>grd200x@gmail.com

The article discusses the key challenges and strategies for scaling neural networks. The problems related to computing resources, data volumes, distributed learning and retraining are described. Various approaches to optimizing scalable models are proposed. Special attention is paid to the importance of energy efficiency and the future directions of development of scalable neural networks, including quantum computing and neuromorphic processors.

**Keywords:** neural networks, deep learning, distributed learning, optimization of neural networks, energy efficiency.

Масштабирование нейронных сетей – это процесс увеличения их мощности и производительности для работы с большими объемами данных или решения более сложных задач. Это направление развития нейронных сетей играет ключевую роль в современных исследованиях искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения, так как с увеличением данных и сложности задач возникают новые вызовы. Рассмотрим основные проблемы, с которыми сталкиваются разработчики, и стратегии, которые помогают преодолеть эти трудности.

Основные проблемы, с которыми сейчас сталкиваются разработчики: ограничения вычислительных ресурсов, обучение на распределенных системах, переобучение, энергоэффективность.

Проблему ограничение вычислительных ресурсов с помощью перехода к модели с разреженной архитектурой – она представляет собой модель, где только часть нейронов является активными, что сокращает количество вычислений, а соответственно уменьшает требования к памяти и времени обучения, сохраняя производительность. На практике можно использовать метод регуляризации Dropout (Исключение), чтобы построить такую модель [1].

Обучение на распределенных системах существенно повышает производительность, но при обучении часто происходит рассинхронизация между весами, из-за чего часто вся система ждет, пока один из узлов закончит свою работу. Для решения этой проблемы можно использовать Stale Synchronous Parallel (SSP). Суть метода заключается в том, что рассинхронизация между самым быстрым и самым медленным узлами обработки данных составляла не более фиксированного числа  $s$  итераций. При достижении этого отставания, самый быстрый узел приостанавливается [2].

Переобучение – подстраивание модели под входные данные, чтобы это предотвращало в моделях мы можем использовать или методы регуляризации L1 и L2 [3], или увеличить объем данных, создав синтетические данные или аугментировав их [4].

Проблема энергоэффективности частично решается, когда устраняются вышеперечисленные проблемы, но дополнительно мы можем использовать подходящие процессоры, например TPU (Tensor processing unit), NPU (neural processing unit), вместо CPU (Central processing unit) и GPU (Graphics processing unit). [5]

Тенденция к росту масштабов нейронных сетей продолжится с развитием новых архитектур, таких как трансформеры и графовые нейронные сети [6]. Для работы с экзафлопными вычислениями потребуются новые подходы к параллелизации и оптимизации ресурсов, а также более энергоэффективные алгоритмы. Основные направления будущего масштабирования включают создание сетей, которые могут обучаться и выполнять задачи быстрее и с меньшими затратами, при этом сохраняя высокий уровень точности и универсальности. Это включает в себя исследование квантовых вычислений, нейроморфных процессоров и других инновационных технологий.

## Источники

1. Qingyang Li, Weimao Ke. Investigating the Synergistic Effects of Dropout and Residual Connections on Language Model Training. [Электронный ресурс]. URL: <https://arxiv.org/pdf/2410.01019> (дата обращения: 18.10.2024).
2. More Effective Distributed ML via a Stale Synchronous Parallel Parameter Server [Электронный ресурс] / Qirong Ho [et al.]. URL: [https://www.cs.cmu.edu/~seunghak/SSPTable\\_NIPS2013.pdf](https://www.cs.cmu.edu/~seunghak/SSPTable_NIPS2013.pdf) (дата обращения 18.10.2024).
3. Mostafa I. Understanding L1 and L2 regularization: techniques for optimized model training [Электронный ресурс]. URL: <https://wandb.ai/mostafaibrahim17/ml-articles/reports/Understanding-L1-and-L2-Regularization-Techniques-for-Optimized-Model-Training--Vmlldzo3NzYwNTM5> (дата обращения: 18.10.2024).
4. A Controllable Synthetic Data Generation Pipeline for Pretraining Cloth-Changing Person Re-Identification Models [Электронный ресурс] / Yujian Zhao [et al.]. URL: <https://arxiv.org/pdf/2410.13567> (дата обращения: 18.10.2024).
5. Norman P. Jouppi, Cliff Young, Nishant Patil, David Patterson. In-Datcenter Performance Analysis of a Tensor Processing Unit [Электронный ресурс]. URL: <https://arxiv.org/pdf/1704.04760> (дата обращения: 18.10.2024).
6. Пырнова О.А., Зарипова Р.С. Методы и проблемы переобучения многослойной нейронной сети // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2020. № 2 (20). С. 101–102.

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ И ПОДХОДЫ К ЕЁ УЛУЧШЕНИЮ

Дыдалин Григорий Дмитриевич<sup>1</sup>, Зарипова Римма Солтановна<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

<sup>1</sup>grd200x@gmail.com

Статья посвящена анализу проблем энергетической эффективности нейронных сетей, которые с ростом масштабов моделей и числа применений требуют значительных вычислительных ресурсов и энергии. Рассматриваются основные факторы, влияющие на энергопотребление, такие как размер модели, типы слоев и параллелизм вычислений. Описаны современные подходы к повышению энергоэффективности, включая оптимизацию моделей через прореживание, квантование и использование специализированных ускорителей (TPU, NPU), а также нейроморфных вычислений. Особое внимание уделено архитектурным и алгоритмическим решениям, таким как MobileNet, EfficientNet и адаптивные методы обучения, включая Adam. В статье обсуждаются вызовы и перспективы дальнейших исследований в данной области.

**Ключевые слова:** нейронные сети, энергетическая эффективность, оптимизация моделей, алгоритмы оптимизации.

## ENERGY EFFICIENCY OF NEURAL NETWORKS AND APPROACHES TO ITS IMPROVEMENT

Dy dalin Grigorij Dmitrievich<sup>1</sup>, Zaripova Rimma Soltanovna<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan

<sup>1</sup>grd200x@gmail.com

The article is devoted to the analysis of the problems of energy efficiency of neural networks, which, with the increasing scale of models and the number of applications, require significant computing resources and energy. The main factors affecting energy consumption, such as model size, layer types, and computational parallelism, are considered. Modern approaches to energy efficiency improvement are described, including optimization of models through thinning, quantization and the use of specialized accelerators (TPU, NPU), as well as neuromorphic computing. Special attention is paid to architectural and algorithmic solutions such as MobileNet, EfficientNet and adaptive learning methods, including Adam. The article discusses the challenges and prospects for further research in this area.

**Keywords:** neural networks, energy efficiency, model optimization, optimization algorithms.

Современные нейронные сети, особенно глубокие и крупномасштабные модели, требуют значительных вычислительных ресурсов и, соответственно, потребляют большое количество энергии [1]. С ростом числа применений нейросетей в различных областях проблема энергетической эффективности становится всё более актуальной. Повышение энергоэффективности нейронных сетей необходимо для снижения эксплуатационных расходов, обеспечения возможности развёртывания моделей на энергоограниченных устройствах, уменьшения углеродного следа и воздействия на окружающую среду, улучшения общей устойчивости и масштабируемости систем искусственного интеллекта.

Один из влияющих факторов – размер модели. Количество параметров и слоёв напрямую влияет на вычислительную сложность и потребление энергии. Также большое значение имеют типы слоёв. Некоторые слои (например, свёрточные слои) требуют больше вычислений по сравнению с другими (например, плотные слои). Параллелизм и оптимизация вычислений способствуют эффективному распределению задач, которое позволяет уменьшить энергозатраты.

Для решения вышеперечисленных проблем можно использовать следующие подходы улучшения энергетической эффективности. Оптимизировать модель можно с помощью прореживания – это удаление незначимых весов или нейронов из модели без существенного ухудшения её производительности, что уменьшает количество вычислений и, соответственно, энергопотребление [2]. Квантование – использование чисел с меньшей разрядностью (например, INT8 вместо INT32) для представления весов и активаций [2], что снижает объем памяти и ускоряет вычисления.

Аппаратно оптимизировать модель можно с помощью специализированных ускорителей и нейроморфных вычислений. Специализированные ускорители, такие как TPU (тензорный процессор) и NPU (нейронный процессор), значительно эффективнее, чем GPU (графический процессор). При их проектировании уже были заложены функции оптимизации вычислений с плавающей запятой. Нейроморфные вычисления имитируют работу биологических нейронных сетей за счет параллельных вычислений и архитектуры сети, что повышает энергоэффективность [3].

Также можно применить алгоритмические улучшения: изменение архитектуры и адаптивные вычисления. Уже были разработаны EfficientNet [4], MobileNet [5] и других лёгкие модели, которые



значительно быстрее и точнее своих конкурентов, поэтому использование их архитектуры для решения других задач может послужить хорошей практикой. Адаптивные вычисления, такие как Adam [6], ускоряют градиентный спуск и обучение для каждого параметра нейронной сети, поэтому при разработке архитектуры надо заранее подумать, какой алгоритм оптимизации будет наиболее эффективным в данном случае.

Энергетическая эффективность нейронных сетей является критически важной областью исследований, учитывая стремительный рост применения искусственного интеллекта и его воздействие на окружающую среду и экономику. Существующие методы оптимизации демонстрируют значительный потенциал, однако остаются вызовы, требующие дальнейших исследований и инноваций. Будущее энергетически эффективных нейронных сетей зависит от междисциплинарного подхода, объединяющего оптимизацию моделей, аппаратных решений и алгоритмов.

### **Источники**

1. Strubell, E., Ganesh, A., McCallum, A. Energy and Policy Considerations for Deep Learning in NLP [Электронный ресурс]. URL: <https://arxiv.org/pdf/1906.02243> (дата обращения: 15.10.2024).

2. Han S., Mao H., Dally W.J. Deep Compression: Compressing Deep Neural Networks with Pruning, Trained Quantization and Huffman Coding. [Электронный ресурс]. URL: <https://arxiv.org/pdf/1510.00149> (дата обращения: 15.10.2024).

3. Зарипова Р.С., Рочева О.А., Гайсин И.Т. Перспективы развития искусственного интеллекта в условиях развития цифровой экономики / Наука Красноярья. 2023. Т. 12, № 1-3. С. 42–46.

4. Tan M., Le Q. EfficientNet: Rethinking Model Scaling for Convolutional Neural Networks [Электронный ресурс]. URL: <https://arxiv.org/pdf/1905.11946> (дата обращения: 15.10.2024).

5. Mobile Nets: Efficient Convolutional Neural Networks for Mobile Vision Applications [Электронный ресурс] / Andrew G. Howard [et al.]. URL: <https://arxiv.org/pdf/1704.04861> (дата обращения: 15.10.2024).

6. Diederik P. Kingma, Jimmy Ba Adam: A Method for Stochastic [Электронный ресурс]. URL: <https://arxiv.org/pdf/1412.6980> (дата обращения: 15.10.2024).

## СНИЖЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА НА КОНТРОЛЬ ЗА РАДИОАКТИВНОСТЬЮ: ВОЗМОЖНОСТИ НЕЙРОСЕТЕВЫХ РЕШЕНИЙ

Дыдалин Григорий Дмитриевич<sup>1</sup>, Филимонова Тамара Константиновна<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>grd200x@gmail.com

В статье исследуются возможности применения нейросетей для мониторинга радиоактивных веществ на предприятиях с повышенным радиационным фоном. Рассматриваются преимущества нейросетевых алгоритмов, включая повышение точности анализа данных и снижение нагрузки на операторов за счёт автоматизации и обнаружения аномалий в реальном времени. Отмечены также проблемы, такие как зависимость от качества данных и сложность интерпретации решений нейросетей.

**Ключевые слова:** радиоактивность, мониторинг, нейросети, автоматизация, безопасность, человеческий фактор, анализ данных.

## REDUCING THE INFLUENCE OF THE HUMAN FACTOR ON THE CONTROL OF RADIOACTIVITY: THE POSSIBILITIES OF NEURAL NETWORK SOLUTIONS

Dydalin Grigorij Dmitrievich<sup>1</sup>, Filimonova Tamara Konstantinovna<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>grd200x@gmail.com

The article explores the possibilities of using neural networks to monitor radioactive substances in enterprises with a high radiation background. The advantages of neural network algorithms are considered, including improving the accuracy of data analysis and reducing the burden on operators through automation and anomaly detection in real time. Problems such as dependence on data quality and the complexity of interpreting neural network solutions are also noted.

**Keywords:** radioactivity, monitoring, neural networks, automation, security, human factor, data analysis.

Мониторинг радиоактивных веществ необходим для обеспечения безопасности в ядерной энергетике, на предприятиях с радиоактивными материалами, в медицинских учреждениях, а также в зонах повышенного радиационного фона. Использование нейросетей для обработки и анализа данных позволяет не только повысить точность измерений, но и минимизировать риск, связанный с человеческим фактором [1]. В этой

работе исследуются различные подходы к применению нейросетей для анализа радиоактивных данных, а также их влияние на автоматизацию процессов контроля и снижение нагрузки на оператора.

Контроль радиоактивности требует значительных усилий от операторов, которые сталкиваются с рядом вызовов: возможные ошибки при интерпретации данных, усталость оператора и связанное с этим с этим снижение внимание к деталям, субъективность в оценки данных [2]. Таким образом, минимизация влияния человеческого фактора становится приоритетной задачей.

Современные нейросетевые алгоритмы, такие как свёрточные нейронные сети, рекуррентные нейронные сети и их модификации, позволяют: разработать структуры и функций компьютерной подсистемы оперативного управления участком, выбрать метода оптимизации плана графика работы производственного участка для конкретного технологического процесса с использованием модели, анализ существующих компьютерных систем для оперативного управления производством [3].

В настоящее время различные методы машинного обучения уже применяются на предприятиях для распознавания аномалий. Во время прохождения летней практики на предприятии Балаковской АЭС была успешно разработано веб-приложение для автоматизации контроля за уровнем радиоактивности спецодежды на этапе дезактивации в спецпрачечной с помощью нейросети. Нейронная сеть анализирует данные, получаемые детекторов в реальном времени, и при нахождении аномалии изменяет статус одежды в базе данных из-за чего она не может попасть на следующий этап, пока не окажется полностью чистой от радиации.

Результаты показали, что нейросеть успешно обнаруживала отклонения в реальном времени, значительно снижая время реакции на них [4]. Это позволило уменьшить нагрузку на операторов, снизив необходимость ручного анализа данных.

Несмотря на очевидные преимущества, использование нейросетей сопряжено с рядом проблем: нейросети зависят от точности данных, поступающих с датчиков, и наличие шумов или некорректных данных может снизить точность, тренировка нейросети требует значительных вычислительных ресурсов и времени, модель нейросети, особенно глубокая, часто интерпретируется как «чёрный ящик», что усложняет объяснение её решений операторам [5].

Нейросетевые решения представляют собой перспективный инструмент для минимизации человеческого фактора в контроле радиоактивности. Благодаря их способности анализировать данные в режиме реального времени и выявлять аномалии с высокой точностью, нейросети могут существенно повысить безопасность и эффективность систем мониторинга. Однако для внедрения нейросетей необходимо учитывать ряд ограничений, связанных с качеством данных и интерпретируемостью моделей.

### **Источники**

1. Варнавский А.Н. Повышение безопасности технологического производства, управляемого оператором // Спецтехника и связь. 2012. № 3. С. 30–34.

2. Карманов М.В., Минашкин В.Г. Проблемы интерпретации в статистической науке и практике // Известия Тульского государственного университета. Экономические и юридические науки. 2014. № 4-1. С. 150–159.

3. Виноградова Е. Ю. "Управление производством с использованием нейросетевых технологий" / Journal of new economy, №3 (29), 2010, С. 153-158.

4. Detection for Incident Response at Scale [Электронный ресурс] / Hanzhang Wang [et al.]. URL: <https://arxiv.org/abs/2404.16887> (дата обращения: 05.11.2024).

5. Гурина Л.А., Зорина Т.Г., Томин Н.В., Прусов С.Г. Угрозы и уязвимости объектов киберфизической энергетической системы при цифровой трансформации ее свойств // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14, № 3 (55). С. 89–98.

## РОЛЬ БАЗ ДАННЫХ В ЦИФРОВОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ

Зайдуллина Эльвина Расилевна<sup>1</sup>, Николаева Светлана Глебовна<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>e.zaydullina@list.ru, <sup>2</sup>dist\_chm@mail.ru

В статье исследуется значение баз данных для цифровой автоматизации процессов управления энергопотреблением на промышленных предприятиях. Анализируются функции систем управления, опирающихся на данные, и технологии, используемые для мониторинга и оптимизации энергопотребления в режиме реального времени. Рассматривается интеграция баз данных с аналитическими инструментами, что содействует увеличению эффективности использования энергетических ресурсов в условиях цифровой трансформации.

**Ключевые слова:** базы данных, автоматизация, бизнес-процессы, управление энергопотреблением, цифровизация, аналитика.

## THE ROLE OF DATABASES IN DIGITAL AUTOMATION OF BUSINESS PROCESSES OF ENERGY CONSUMPTION MANAGEMENT

Zaydullina Elvina Rasilevna<sup>1</sup>, Nikolaeva Svetlana Glebovna<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>e.zaydullina@list.ru, <sup>2</sup>dist\_chm@mail.ru

The article examines the role of databases in digital automation of energy management at industrial enterprises. The functions of database-based management systems and technologies used for monitoring and optimizing energy consumption in real time are analyzed. The integration of databases and data analytics is considered in order to improve the efficiency of energy resource use in the context of digital transformation.

**Keywords:** databases, automation, business processes, energy management, digitalization, analytics.

С повышением требований к энергопотреблению и необходимостью его оптимизации наблюдается активное внедрение цифровых технологий и систем управления, строящихся на базе данных. Эти базы обеспечивают сбор и хранение информации в реальном времени, что становится основополагающим для автоматизации бизнес-процессов управления энергоресурсами на промышленных предприятиях [1].

Для достижения эффективного управления энергетическими ресурсами особенно важны интеграция и анализ данных, что позволяет проводить мониторинг и автоматизацию процессов энергопотребления [2]. Основные функции баз данных заключаются в сборе информации с датчиков, ее хранении и обработке с целью оптимизации процессов [3].

Использование средств аналитики больших данных и искусственного интеллекта дает возможность предприятиям формировать прогнозы по потреблению и настраивать оборудование для экономии ресурсов [4].

Цифровизация бизнес-процессов управления энергопотреблением с применением баз данных значительно увеличивает точность планирования и управления. Это, в свою очередь, способствует снижению затрат, уменьшению износа оборудования и повышению энергоэффективности [5]. Современные облачные и локальные системы управления, интегрированные с базами данных, предоставляют возможность быстро реагировать на изменения в потребностях и поддерживать гибкость производства.

Таким образом, использование баз данных для автоматизации бизнес-процессов управления энергопотреблением представляет собой ключевой элемент цифровой трансформации промышленных предприятий. Основываясь на данных, такие системы повышают устойчивость, производительность и энергоэффективность организации.

### **Источники**

1. Пономарева С.В., Серебрянский Д.И., Мустафаев Т.А. Разработка базы данных для автоматизации управленческих бизнес-процессов промышленных предприятий в условиях цифровизации экономики Российской Федерации // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2019. Т. 12, № 4. С. 67–77.

2. Рахмонов И.У. Автоматизированная система управления электропотреблением промышленных предприятий // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14, № 4 (56). С. 30–38.

3. Казаков В.Г., Луканин П.В., Федорова О.В., Зверева Э.Р. Энергосберегающие технологии в процессе производства сульфатной целлюлозы в целлюлозно-бумажной промышленности // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2023. Т. 15, № 1 (57). С. 3–11.

4. Оценка сравнительной эффективности свайных фундаментов зданий и сооружений в условиях Крайнего Севера / И.Н. Якшибаев [и др.] // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2023. Т. 15, № 4 (60). С. 3–10.

5. Моделирование течения газа в трубчатом канале с диафрагмой в турбулентном режиме / А.А. Курбангалеев [и др.] // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2021. Т. 13, № 4 (52). С. 3–13.

## КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ СЕКТОРЕ: ЗАЩИТА БАЗ ДАННЫХ

Зарипова Кадрия Игоревна<sup>1</sup>, Николаева Светлана Глебовна<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>kadriya.zaripova@yandex.ru, <sup>2</sup>dist\_chm@mail.ru

В статье обсуждается важность кибербезопасности в энергетическом секторе с акцентом на защиту баз данных. В работе освещаются потенциальные уязвимости, типы кибератак, угрожающих энергетической инфраструктуре, и наилучшие методы защиты баз данных, такие как шифрование, контроль доступа и мониторинг.

**Ключевые слова:** кибербезопасность, энергетический сектор, защита баз данных, шифрование, контроль доступа, киберугрозы, базы данных.

## CYBERSECURITY IN THE ENERGY SECTOR: DATABASE PROTECTION

Zaripova Kadriya Igorevna<sup>1</sup>, Nikolaeva Svetlana Glebovna<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>kadriya.zaripova@yandex.ru, <sup>2</sup>dist\_chm@mail.ru

The article discusses the importance of cybersecurity in the energy sector with an emphasis on database protection. The paper highlights potential vulnerabilities, types of cyber-attacks that threaten energy infrastructure, and best practices for protecting databases such as encryption, access control, and monitoring.

**Keywords:** cybersecurity, energy sector, database protection, encryption, access control, cyber threats, databases.

Кибербезопасность стала одной из ключевых проблем энергетического сектора в связи с растущей зависимостью от цифровых технологий и баз данных для управления операциями, клиентскими данными и инфраструктурой. По этой причине защита баз данных (БД), играющих ключевую роль в функционировании энергетических компаний и принятии решений, становится чрезвычайно важной. Цель этой статьи – изучить ключевые стратегии и технологии защиты баз данных и снижения рисков, связанных с киберугрозами.

Для начала необходимо понять общую ситуацию с кибератаками на энергетический сектор. В 2022 году 46% энергетических компаний сообщили о кибератаках, что значительно больше, чем в предыдущие годы. Известные атаки включают в себя атаку программы-вымогателя Colonial Pipeline в 2021 году, которая нарушила поставки топлива по всей территории США, и кибератаку на энергосистему Украины в 2015 году, в результате которой 225 000 человек остались без электричества [1,2].

Но почему так происходит? В первую очередь, только 70% компаний используют все меры безопасности. Также, зачастую энергетические системы особенно уязвимы из-за [3]:

- использования устаревшего программного обеспечения;
- удаленного управления;
- растущей интеграции устройств Internet of Things (IoT) [2].

По мере того, как энергетические компании продолжают внедрять все более сложные цифровые решения по управлению операциями и данными, киберпреступники находят слабые места, которые могут быть использованы для атак на критическую инфраструктуру. Финансовый и операционный ущерб от таких инцидентов может быть существенным.

Для того чтобы понять, как решить проблемы с безопасностью, необходимо проанализировать текущий рынок систем управления базами данных (СУБД) и выяснить, что используют энергетические компании. Проанализировав рынок, было выявлено, что наиболее часто используются [4]:

- реляционные БД, такие как Oracle, Microsoft SQL Server и PostgreSQL, которые используются для структур данных;
- БД NoSQL, такие как MongoDB и Cassandra, которые подходят для обработки больших объемов неструктурированных данных.

Рассмотренные базы данных имеют большое количество модулей защиты, которые требуют постоянного обновления. Комплексный подход, позволяющий обеспечить максимальную защиту баз данных, включает следующие меры предосторожности [5]:

- шифрование данных, которое позволяет защитить данные от несанкционированного просмотра и использования;
- резервное копирование данных;
- внедрение контроля доступа (RBAC), который ограничивает доступ к БД в зависимости от роли пользователя;
- многофакторная аутентификация (MFA), которая обеспечивает дополнительный уровень безопасности, требуя прохождения нескольких форм проверки;
- мониторинг и аудит (например, SIEM-системы) помогает обнаруживать подозрительное поведение и реагировать на него в режиме реального времени;
- обновление программного обеспечения и баз данных с помощью последних исправлений безопасности снижает риск использования уязвимостей злоумышленниками.



Стоит отметить, что российский энергетический сектор использует от 40% до 50% иностранного ПО, что в нынешней ситуации делает его более уязвимым. Компании, являющиеся крупными игроками энергетического сектора, начинают внедрять отечественные технологии защиты БД. Например, в сентябре 2024 года Газпром перевел инфраструктуру системы электронного документооборота (СЭД) полностью на отечественный стек, включая СУБД Jatoba, что позволило существенно повысить отказоустойчивость и производительность системы.

В заключение необходимо отметить, что кибератаки на энергетическую инфраструктуру могут привести к серьезным последствиям, поэтому защита баз данных должна быть в приоритете. Применение шифрования, системы контроля доступа, многофакторной аутентификации и постоянного мониторинга позволяет энергетическим компаниям значительно снизить риски. Эти меры укрепляют киберустойчивость, минимизируют уязвимости и помогают обеспечить бесперебойную работу критически важной инфраструктуры.

### **Источники**

1. Краснова А.А., Верба В.А., Деркач А.А. Анализ методов обеспечения информационной безопасности баз данных для систем обработки финансовой информации // *Инновации. Наука. Образование*. 2021. № 27. С. 873–883.
2. Румянцев И.А. Анализ угроз информационной безопасности баз данных и шифрование в базах данных // *Интернаука*. 2024. № 18-4 (335). С. 9–13.
3. Дадашова А.С., Николаева С.Г., Джабагова С.С. Информационная безопасность и системный анализ: стратегии защиты и анализ рисков // *Научно-технический вестник Поволжья*. 2023. № 12. С. 239–241.
4. Rykova V.V. The Arctic regional security: a scientometric analysis of information arrays in databases Web of Science and Scholar Sibirica // *International Journal of Advanced Studies*. 2020. Vol. 10, Iss. 3. P. 18–29.
5. Юртаев В.В., Николаева С.Г. Базы данных как уязвимость организации // *Технологический суверенитет и цифровая трансформация: Международная научно-техническая конференция, Казань, 2023*. С. 256–260.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ CRM-СИСТЕМ В СФЕРЕ ЖКХ

Ильина Диана Ильсуровна

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
ilinadiana99@gmail.com

В статье рассматривается вопрос использования CRM-систем в сфере жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ). Описываются основные функции CRM-систем, такие как ведение базы данных жильцов, автоматизация процессов обслуживания, анализ данных, управление отношениями с поставщиками и отчётность. Также приводятся примеры успешного внедрения CRM-систем управляющими компаниями, ресурсоснабжающими организациями и жилищными кооперативами.

**Ключевые слова:** CRM-система, жилищно-коммунальное хозяйство, внедрение, автоматизация процессов, анализ данных.

## THE USE OF CRM SYSTEMS IN THE HOUSING AND COMMUNAL SERVICES SECTOR

Ilina Diana Ilurovna

FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
ilinadiana99@gmail.com

The article discusses the use of CRM systems in the field of housing and communal services (housing and communal services). The main functions of CRM systems are described, such as maintaining a database of tenants, automating maintenance processes, data analysis, managing supplier relationships and reporting. Examples of successful implementation of CRM systems by management companies, resource supply organizations and housing cooperatives are also given.

**Keywords:** CRM system, housing and communal services, implementation, automation of processes, data analysis.

В современном мире, где технологии развиваются с невероятной скоростью, внедрение новых инструментов становится необходимостью для успешной работы компаний. Одной из таких инноваций являются CRM-системы (Customer Relationship Management), которые помогают автоматизировать и оптимизировать процессы взаимодействия с клиентами. В данной статье мы рассмотрим, как использование CRM-систем может быть полезным в сфере жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ).

CRM-система – это программное обеспечение, которое помогает управлять взаимоотношениями с клиентами, хранить информацию о них, анализировать данные и автоматизировать процессы обслуживания [1]. В сфере ЖКХ CRM-системы могут быть полезны для управления отношениями с жильцами, поставщиками услуг и другими заинтересованными сторонами.

Основной функцией систем является ведение базы данных жильцов. Она позволяет хранить информацию о жильцах, включая их контактные данные, историю платежей, обращения в службу поддержки и т. д. Это упрощает взаимодействие с жильцами и позволяет предоставлять им более персонализированный сервис- [2]. Также можно отметить, что система автоматически отправляет уведомления жильцам о предстоящих платежах, изменениях в тарифах и других важных событиях. Это освобождает сотрудников от рутинной работы и позволяет им сосредоточиться на более сложных задачах [3].

CRM-система предоставляет инструменты для анализа данных о жильцах и их поведении, что позволяет выявлять тенденции, прогнозировать потребности и разрабатывать более эффективные стратегии обслуживания.

Еще она помогает отслеживать сроки и условия договоров с поставщиками услуг, контролировать выполнение обязательств, генерирует отчёты о работе компании, которые можно использовать для принятия управленческих решений. Отчёты могут включать информацию о доходах, расходах, эффективности работы сотрудников и другие важные показатели [4].

Рассмотрим несколько примеров применения CRM-систем в жизни. Управляющие компании используют ее для ведения базы данных собственников жилья, учёта платежей и обращений в службу поддержки. Это помогает повысить эффективность работы и улучшить качество обслуживания. Ресурсоснабжающие организации используют CRM-системы для автоматизации процессов выставления счетов и сбора платежей, что снижает риски неплатежей и повышает их собираемость. Строительные компании - для управления отношениями с дольщиками и инвесторами. Жилищные кооперативы - для учёта взносов членов кооператива, управления общим имуществом и взаимодействия с жильцами, что обеспечивает прозрачность и открытость деятельности кооператива [5].

В заключении можно отметить, что использование CRM-систем в ЖКХ может привести к повышению удовлетворённости жильцов, улучшению качества обслуживания и увеличению прибыли компании. Однако внедрение CRM-системы требует времени и ресурсов, поэтому важно тщательно продумать стратегию внедрения и оценить ожидаемые результаты.

### **Источники**

1. Стерлягов С.П., Патудин В.М., Авдеев А.С. CRM-система как инструмент устойчивого развития управляющих организаций жилищно-коммунального кластера // Экономика. Профессия. Бизнес. 2022. С. 122–128.

2. Программы для ЖКХ: что выбрать управляющей компании? [Электронный ресурс]. URL: <https://ds24.ru/news/capability/programmy-dlya-zhkkh-cto-vybrat-upravlyayushchey-kompanii/> (дата обращения: 12.10.2024).

3. Программное обеспечение для ЖКХ: будущее за виртуальными сервисами [Электронный ресурс]. URL: <https://умное-жкх.рф/article/programmnoe-obespechenie-dlya-zhkh-budushee-za-virtualnymi-servisami> (дата обращения: 12.10.2024).

4. Столяров И.С., Зарипова Р.С. Цифовые технологии в ТЭК и ЖКХ: современные вызовы и перспективы // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: материалы IX Национальной научно-практической конференции, посвященной 55-летию КГЭУ. Казань, 2024. С. 402–404.

5. Салахутдинова А.Р., Зарипова Р.С. Инновационные методы оптимизации энергопотребления в жилых и коммунальных объектах // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: материалы IX Национальной научно-практической конференции, посвященной 55-летию КГЭУ. Казань, 2024. С. 385–387.

## ПРИМЕНЕНИЕ ИОТ В ЖКХ ДЛЯ СБОРА ДАННЫХ И УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ

Ильина Диана Ильсуровна<sup>1</sup>, Зарипова Римма Солтановна<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup> ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>ilinadiana99@gmail.com

В статье рассматривается применение интернета вещей (IoT) в жилищно-коммунальном хозяйстве (ЖКХ) для оптимизации процессов сбора данных и эффективного управления ресурсами, а также IoT может быть использован для мониторинга состояния зданий, учёта потребления ресурсов, автоматизации процессов и многого другого. Также обсуждаются технические и организационные вопросы внедрения IoT в сферу ЖКХ.

**Ключевые слова:** интернет вещей, жилищно-коммунальное хозяйство, автоматизация процессов, умный дом, сбор данных.

## THE USE OF IT IN HOUSING AND COMMUNAL SERVICES FOR DATA COLLECTION AND RESOURCE MANAGEMENT

Ilina Diana IIsurovna<sup>1</sup>, Zaripova Rimma Soltanovna<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup> FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>ilinadiana99@gmail.com

The article discusses the use of the Internet of Things (IoT) in housing and communal services (housing and communal services) to optimize data collection processes and effective resource management, how IoT can be used to monitor the condition of buildings, account for resource consumption, automate processes and much more. Technical and organizational issues of It implementation in the housing and communal services sector are also discussed.

**Keywords:** Internet of things, housing and communal services, process automation, smart home, data collection.

На сегодняшний день технологии играют всё более важную роль в различных отраслях, включая жилищно-коммунальное хозяйство (ЖКХ). Одним из наиболее перспективных направлений развития является использование интернета вещей (IoT) для сбора данных и оптимизации управления ресурсами.

IoT представляет собой сеть устройств, которые могут обмениваться данными между собой и с центральным сервером без участия человека. В сфере ЖКХ IoT может быть использован для мониторинга состояния зданий, учёта потребления ресурсов, автоматизации процессов и многого

другого [1]. Это позволяет повысить эффективность работы коммунальных служб, снизить затраты на обслуживание и улучшить качество предоставляемых услуг.

Одним из основных преимуществ IoT является возможность сбора и анализа больших объёмов данных о работе систем ЖКХ. Датчики и сенсоры, установленные на зданиях, коммуникациях и оборудовании, позволяют получать информацию о температуре, влажности, давлении, уровне воды, электроэнергии и других параметрах. Эти данные могут быть использованы для выявления проблем, прогнозирования возможных неисправностей и принятия мер по их предотвращению [2]. Например, датчики температуры и влажности могут использоваться для контроля микроклимата в жилых помещениях. Если температура или влажность выходят за пределы допустимых значений, система может автоматически регулировать работу отопления, вентиляции или кондиционирования воздуха. Это не только обеспечивает комфортные условия проживания, но и снижает энергопотребление.

IoT позволяет автоматизировать процессы учёта и оплаты коммунальных услуг. С помощью смарт-счётчиков и систем дистанционного считывания показаний можно точно и оперативно получать информацию о потреблении ресурсов [3]. Это упрощает процесс выставления счетов и позволяет избежать ошибок и недоразумений. Также IoT может применяться для управления уличным освещением, парковками, зелёными насаждениями и другими объектами инфраструктуры. Например, уличные фонари могут автоматически включаться и выключаться в зависимости от времени суток, наличия людей или погодных условий. Это экономит электроэнергию и повышает безопасность. Однако внедрение IoT в сферу ЖКХ требует решения ряда технических и организационных вопросов. Необходимо обеспечить надёжную защиту данных от несанкционированного доступа, а также разработать стандарты и протоколы взаимодействия между устройствами. Кроме того, необходимо обучить персонал работе с новыми технологиями и обеспечить техническую поддержку. Несмотря на эти сложности, применение IoT в ЖКХ имеет большой потенциал для повышения эффективности и качества услуг. Это позволит создать более комфортные и безопасные условия жизни для населения, а также снизить нагрузку на окружающую среду.

Рассмотрим пример использования IoT для управления ресурсами в сфере ЖКХ на примере системы «умный дом». Система «умный дом» – это комплекс устройств, которые позволяют автоматизировать управление

различными системами в доме. В системе «умный дом» используются различные датчики и сенсоры, которые собирают данные о состоянии дома: температуре, влажности, освещении, наличии людей и т. п. Эти данные передаются на центральный сервер, где они обрабатываются с помощью алгоритмов машинного обучения. На основе полученных данных система может автоматически регулировать работу систем «умного дома», обеспечивая комфортные условия проживания и снижая энергопотребление.

Например, если температура в помещении становится слишком высокой или низкой, система может автоматически включить или выключить отопление или кондиционирование воздуха. Если уровень влажности становится слишком высоким, система может включить осушитель воздуха. Если в комнате никого нет, система может снизить яркость освещения или полностью его отключить.

Таким образом, применение IoT в системе «умный дом» позволяет повысить эффективность управления ресурсами и обеспечить комфортные условия проживания.

### **Источники**

6. Пырнова О.А. Когнитивные технологии и их роль в современном обществе // Достижения современной науки. Материалы Международной (заочной) научно-практической конференции. под общей редакцией А.И. Вострецова. 2018. С. 35-39.

7. Нгуен Тхи Тху, Р.С. Зарипова, Нгуен Фук Хау. Интернет вещей: революционная технология для решения проблем современности // Научно-технический вестник Поволжья. 2023. № 10. С. 206-209.

8. И.С. Столяров, Р.С. Зарипова. Цифовые технологии в ТЭК и ЖКХ: современные вызовы и перспективы // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве. материалы IX Национальной научно-практической конференции, посвященной 55-летию КГЭУ. Казань, 2024. С. 402–404.

## **АНАЛИЗ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ КИБЕРАТАК НА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УЧЕТА И УПРАВЛЕНИЯ В ЖКХ**

Кочкин Михаил Николаевич<sup>1</sup>, Микаева Светлана Анатольевна<sup>2</sup>,  
Абрамова Наталья Викторовна<sup>3</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «РТУ МИРЭА»,  
г. Москва

<sup>1</sup>misha13misha11@gmail.com , <sup>2</sup>mikaeva\_s@mirea.ru, <sup>3</sup>abramova@mirea.ru

В данной статье рассматривается проблема киберугроз для интеллектуальных систем учета и управления в жилищно-коммунальном хозяйстве (ЖКХ). Современные системы ЖКХ становятся все более уязвимыми для кибератак, что может привести к серьезным последствиям для обеспечения надежности и безопасности инфраструктуры. Анализ показывает, что наиболее распространенные угрозы связаны с недостаточной защитой данных, несанкционированным доступом и программным обеспечением с уязвимостями. В статье также предлагаются меры по предотвращению кибератак, включая внедрение многоуровневой защиты, регулярные обновления программного обеспечения и обучение персонала.

**Ключевые слова:** кибератаки, интеллектуальные системы, безопасность, ЖКХ, защита данных.

## **ANALYSIS AND PREVENTION OF CYBER ATTACKS ON INTELLIGENT ACCOUNTING AND MANAGEMENT SYSTEMS IN HOUSING AND COMMUNAL SERVICES**

Kochkin Mikhail Nikolaevich<sup>1</sup>, Mikaeva Svetlana Anatolyevna<sup>2</sup>,  
Abramova Natalia Viktorovna<sup>3</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU IN "RTU MIREA",  
Moscow

<sup>1</sup>misha13misha11@gmail.com , <sup>2</sup>mikaeva\_s@mirea.ru, <sup>3</sup>abramova@mirea.ru

This article addresses the issue of cyber threats to intelligent accounting and management systems in housing and communal services (HCS). Modern HCS systems are becoming increasingly vulnerable to cyber attacks, which can lead to serious consequences for the reliability and security of infrastructure. The analysis shows that the most common threats are related to insufficient data protection, unauthorized access, and software vulnerabilities. The article also proposes measures to prevent cyber attacks, including the implementation of multi-level protection, regular software updates, and staff training.

**Keywords:** cyber attacks, intelligent systems, security, HCS, data protection.



В последние десятилетия сфера жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ) претерпевает значительные изменения благодаря внедрению цифровых технологий и автоматизации процессов. Интеллектуальные системы учета и управления становятся важнейшими элементами городской инфраструктуры, обеспечивая эффективное использование ресурсов, мониторинг состояния объектов и повышение качества обслуживания населения. Однако с ростом зависимости от технологий увеличиваются и риски, связанные с киберугрозами. По данным исследований, количество инцидентов в области кибербезопасности в ЖКХ увеличивается на 15–20 % ежегодно, что требует особого внимания к вопросам защиты данных и систем [1–3].

Несанкционированный доступ к системам управления и мониторинга может привести к серьезным последствиям. Взломы таких систем могут обеспечить злоумышленникам возможность манипуляций с данными учета ресурсов, а также вмешательства в работу критически важных систем, таких как водоснабжение, электроснабжение и теплоснабжение. В результате этого могут возникнуть сбои в предоставлении услуг, что негативно сказывается на жителях города [4–5].

Устаревшие или недостаточно защищенные версии программного обеспечения являются одной из главных причин уязвимости систем ЖКХ. Использование программ с известными уязвимостями открывает двери для кибератак. Злоумышленники могут воспользоваться такими лазейками для внедрения вредоносного кода, получения доступа к конфиденциальной информации или даже разрушения систем управления [6].

Методы фишинга и социальная инженерия становятся все более распространенными в киберпреступности. Злоумышленники могут использовать различные уловки, чтобы обмануть сотрудников, заставив их предоставить доступ к учетным записям или конфиденциальной информации. Это может привести к утечкам данных и несанкционированным действиям в системах ЖКХ [7–9].

Для минимизации рисков кибератак на интеллектуальные системы ЖКХ необходимо внедрить комплексный подход, включающий несколько ключевых мероприятий.

Одним из первых шагов в обеспечении безопасности систем является внедрение многоуровневой защиты. Это включает использование брандмауэров, антивирусного ПО и систем обнаружения вторжений. Такие меры помогут создать несколько барьеров, которые затруднят доступ злоумышленникам к критически важным системам [10].

Поддержание программного обеспечения в актуальном состоянии является важной частью стратегии кибербезопасности. Регулярные обновления помогают закрыть известные уязвимости и защитить систему от потенциальных угроз. Каждая версия программного обеспечения должна проходить тестирование на безопасность перед внедрением, чтобы минимизировать риски [11].

Люди часто становятся слабым звеном в системе безопасности. Поэтому проведение регулярных тренингов по кибербезопасности для сотрудников является критически важным. Обучение должно охватывать основные принципы безопасности, методы распознавания фишинга и социального инженерного воздействия, а также правила работы с конфиденциальными данными.

Необходимо иметь четкие планы реагирования на инциденты, которые позволят быстро и эффективно устранять последствия кибератак. Эти планы должны включать процедуры уведомления о нарушениях, оценку ущерба и шаги по восстановлению нормальной работы систем. Наличие заранее подготовленных сценариев поможет минимизировать время простоя и потери.

Постоянный мониторинг систем на предмет подозрительной активности и анализ потенциальных угроз помогут выявлять уязвимости на ранних стадиях. Важно проводить регулярные аудиты безопасности и тестирование на проникновение, чтобы определить слабые места в системе и оперативно их устранить.

Киберугрозы представляют собой серьезный вызов для интеллектуальных систем учета и управления в ЖКХ. Увеличение числа кибератак подчеркивает необходимость комплексного подхода к обеспечению безопасности этих систем. Внедрение многоуровневой защиты, регулярные обновления программного обеспечения, обучение персонала, разработка планов реагирования на инциденты и постоянный мониторинг – все эти меры помогут снизить риски и защитить критически важные инфраструктурные объекты.

Обеспечение кибербезопасности в ЖКХ не только повысит уровень безопасности, но и укрепит доверие пользователей к системам управления. В условиях, когда технологии продолжают развиваться, важно оставаться на шаг впереди злоумышленников, чтобы гарантировать надежность и устойчивость систем, от которых зависит качество жизни граждан.

## Источники

1. Иванов С.В. Киберугрозы в жилищно-коммунальном хозяйстве: методы анализа и защиты // Журнал информационной безопасности. 2023.
2. Петров А.И. Современные технологии защиты данных в ЖКХ. М.: Изд-во «Наука», 2022.
3. Смирнова Е.В. Обучение персонала как метод предотвращения кибератак // Журнал кибербезопасности. 2023.
4. Кузнецов Д.Н. Уязвимости программного обеспечения в системах ЖКХ: анализ и меры по устранению. СПб.: Изд-во: «Стройинформ», 2021.
5. Smith J. Cybersecurity in Energy Sector // IEEE Security Journal. 2019.
6. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. URL: <https://www.energyret.ru/jour> (дата обращения: 23.10.2024).
7. Вестник КГЭУ. URL: <https://vkgeu.ru/> (дата обращения: 23.10.2024).
8. Иванов В.А. Кибербезопасность в цифровом мире. СПб.: Изд-во «Питер», 2023.
9. Смирнов Д.В. Защита информации в системах управления. СПб.: Изд-во «Лань», 2021.
10. Микаева С.А., Журавлева Ю.А. Полупроводниковые приборы и источники света. Цифровые электронные устройства. Алгоритмы обработки цифровой информации: практикум. Вологда, 2025.
11. Микаева С.А., Микаева А.С. Промышленная электроника. Экономическая безопасность в приборостроении. М., 2024.

## **ВНЕДРЕНИЕ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ (IoT) В ЖИЛИЩНО- КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ ДЛЯ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ И ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ**

Леонова Дарья Петровна<sup>1</sup>, Сандаков Виталий Дмитриевич<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup> ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>qaqq.qiqiq@yandex.ru, <sup>2</sup> vitalysandakov@mail.ru

В данной статье рассмотрено понятие интернета вещей (IoT), его возможности применения в жилищно-коммунальном хозяйстве, а также примеры реального использования за рубежом и в России.

**Ключевые слова:** интернет-вещей (IoT), устройство, жилищно-коммунальное хозяйство, система, датчики, анализ данных, инфраструктура, оптимизация.

## **IMPLEMENTATION OF THE INTERNET OF THINGS (IoT) IN THE HOUSING AND COMMUNAL SERVICES SECTOR TO MONITOR THE STATE OF INFRASTRUCTURE AND IMPROVE ENERGY EFFICIENCY**

Leonova Darya Petrovna<sup>1</sup>, Sandakov Vitaly Dmitrievich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup> FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
<sup>1</sup>qaqq.qiqiq@yandex.ru, <sup>2</sup> vitalysandakov@mail.ru

This article discusses the concept of the Internet of Things (IoT), its application possibilities in housing and communal services, as well as examples of real use abroad and in Russia.

**Keywords:** Internet of Things (IoT), device, housing and communal services, system, sensors, data analysis, infrastructure, optimization.

Интернет вещей (IoT) – это объединение различных устройств в общую сеть, которая позволяет им собирать информацию, обмениваться данными и взаимодействовать друг с другом, с человеком и серверами в дата-центре или облаке. IoT используется в быту и бизнесе для автоматизации рутинных задач, удалённого управления устройствами и упрощения производственных процессов [1].

Система IoT состоит из физических объектов со встроенными сенсорами, уникальным идентификатором и связью с интернетом, которые взаимодействуют с окружающей средой и передают данные в управляющий центр.

Одним из примеров IoT является «умный дом», где различные устройства, такие как датчики температуры, света и движения, объединены и управляются основным устройством [2].

Но «умный дом» не единственное решение, где возможно внедрение интернета вещей (IoT). Сегодня IoT находит применение в жилищно-коммунальном хозяйстве. Там он позволяет мониторить состояние инфраструктуры и повышать энергоэффективность.

IoT состоит из множества устройств, подключённых к интернету и обменивающихся данными. Это помогает автоматизировать процессы, прогнозировать проблемы и оптимизировать работу оборудования [3, С. 9–15].

Мониторинг состояния инфраструктуры с использованием IoT включает сбор и анализ данных с датчиков, прогнозирование возможных проблем и управление ресурсами. Повышение энергоэффективности достигается благодаря автоматическому управлению освещением, электроприборами, температурой и влажностью в помещениях, а также контролю потребления ресурсов [4, С. 32–33].

На сегодняшний день уже существуют удачные примеры внедрения интернета вещей в жилищно-коммунальное хозяйство за рубежом [5, С. 63–67]. Так, например, в Германии также существует проект SmartWater. В рамках данного проекта в городских водопроводных системах были установлены умные сенсоры, которые передают данные в облачную платформу для анализа и выявления утечек. В Нидерландах похожий проект Smart City позволяет управлять городскими инфраструктурами с использованием датчиков в системах водоснабжения и канализации.

В России одним из успешных примеров реализации IoT-технологий является проект умного города «Москва Сити». В данном проекте реализованы системы управления освещением улиц, за счет которых можно оптимизировать работу уличной системы освещения, а также сократить затраты на электроэнергию, при этом повысить безопасность на улицах. Также в проекте с помощью IoT налажена система управления инфраструктурой многоквартирных домов. За счет нее можно оптимизировать работу систем отопления, сбора и утилизацию отходов, вентиляцию и многое другое.

Несмотря на все удачно реализованные проекты, стоит отметить, что IoT-технологии только начинают развиваться в сфере ЖКХ. В недалеком будущем нас могут ждать новые технологии и интересные решения, с помощью которых можно будет оптимизировать управление инфраструктурой города, за счет чего получится улучшить качество жизни жителей города.

## Источники

1. Довгаль В.А., Довгаль Д.В. Интернет Вещей: концепция, приложения и задачи // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2018. № 1 (212).
2. Утегенов Н.Б. Интернет вещей (IoT) и информационные системы // Universum: технические науки. 2023. № 7-1 (112).
3. Баланов А.Н. IoT-решения: принципы, примеры, перспективы: учебное пособие для вузов. СПб.: Лань, 2024. С. 9–15.
4. Страшун Ю.П. Технические средства автоматизации и управления на основе IIoT/IoT: учебное пособие для вузов. СПб., 2024. С. 32–33.
5. Баланов А.Н. Цифровая трансформация бизнеса: учебное пособие для вузов. СПб., 2024. С. 63–67.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЛИС В РОБОТОТЕХНИКЕ

Лукоянов Кирилл Андреевич<sup>1</sup>, Мухаметгалеев Танир Хамитевич<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

<sup>1</sup>kirill\_lukoyanov@list.ru

В данной статье рассматриваются перспективы использования программируемых логических интегральных схем в робототехнике.

**Ключевые слова:** ПЛИС, робототехника, система на кристалле, вычислительные устройства.

## PROSPECTS FOR USE OF FPGA IN ROBOTICS

Lukoyanov Kirill Andreevich<sup>1</sup>, Mukhametgaleev Tanir Khamitevich<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan

<sup>1</sup>kirill\_lukoyanov@list.ru

This article discusses the prospects for using programmable logic integrated circuits in robotics.

**Keywords:** FPGA, robotics, system on a chip, computing devices.

Робототехника стремительно развивается, и одним из ключевых элементов этого прогресса является разработка и выпуск вычислительных устройств, которые объединяют в себе надежность и высокую производительность. Одними из таких устройств являются, которые нашли широкое применение в области робототехники, являются программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС). ПЛИС предоставляют высокую степень гибкости и производительности, что делает их идеальным решением для реализации различных задач в роботах. В данной статье рассматриваются области применения ПЛИС, их основные достоинства и недостатки.

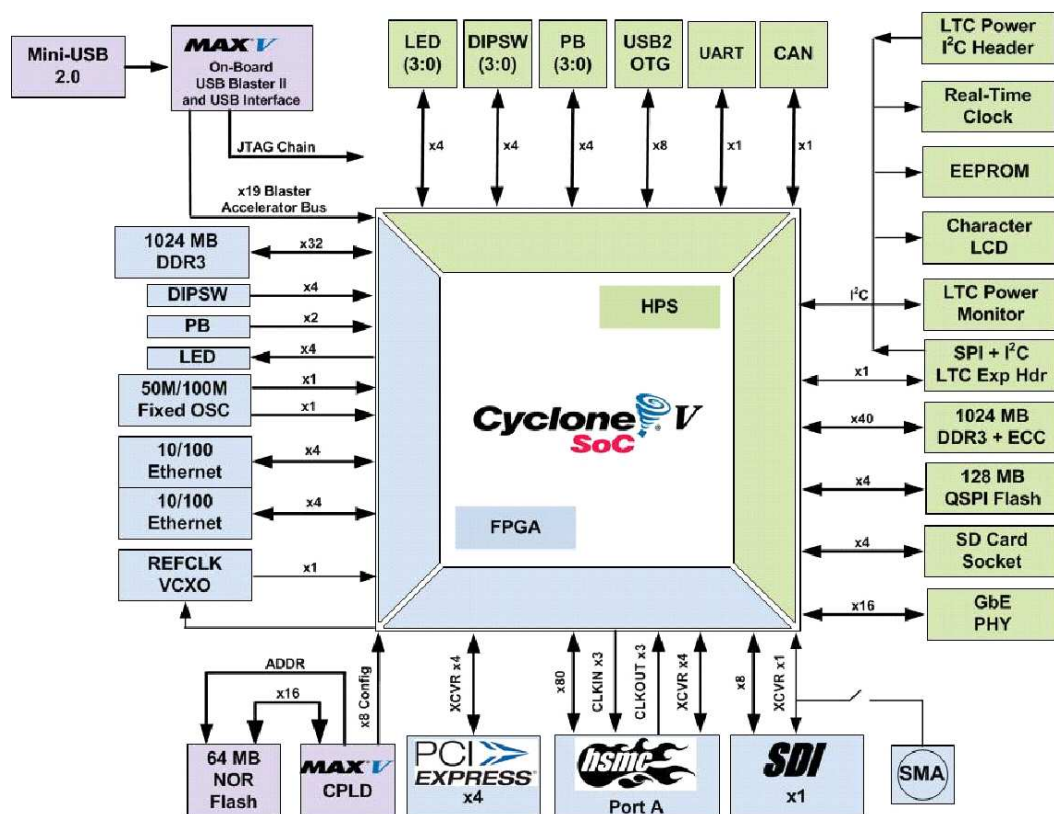
К вычислительным устройствам, применяемым в робототехнике, предъявляются определенные требования, которые включают в себя [3]:

- возможность работы в реальном времени, то есть обеспечивают минимальную возможную задержку реакции на внешнее воздействие;
- низкое энергопотребление, которое играет особую роль в системах, к которым предъявляются жесткие эргономические требования;
- надежность, которая играет особую роль в системах военного назначения;
- возможность реконфигурирования под новые требования

ПЛИС предоставляют высокую степень параллелизма и могут быть эффективно использованы для обработки сигналов в реальном времени. Классическим примером использования ПЛИС является создание систем управления на основе конечных автоматов [5].

ПЛИС выполняются по принципу SoC (Система на кристалле), то есть объединяет несколько контроллеров на одном кристалле, каждый из которых выполняет свою специфическую функцию. Благодаря такому подходу обеспечивается одновременное нахождение в одном устройстве [1]:

- процессора общего назначения, который поддерживает запуск современных операционных систем;
- блоков высокоскоростных ЦАП и АЦП;
- модулей памяти разных типов, в основном используется SRAM память, за счет низкого электропотребления и высокой скорости чтения и записи;
- регуляторов напряжений и стабилизаторы питания;
- большое количество блоков, реализующих высокоскоростные интерфейсы для подключения внешних устройств: USB, Ethernet, PCIe;
- программируемых логических матриц (ПЛИМ).



Архитектура ПЛИС Altera Cyclone 5 от компании Intel



Благодаря тому, что на ПЛИС можно реализовать эффективные алгоритмы умножения матриц и векторов, поддерживающие высокую параллельность вычислений, их можно эффективно применять для задач обработки и распознавания изображений, а также для обучения нейронных сетей [2].

Главным недостатком ПЛИС является их высокая стоимость, что делает их применение разумным только в случае небольшого объема выпуска и длительного жизненного цикла изделий [4].

Таким образом, ПЛИС в робототехнике может найти широкий спектр применения, позволяя создавать надежные и высокопроизводительные решения для многих задач, таких как: обработка информации с датчиков, обмен информации через проводное и беспроводное подключение к интернету, ориентирование на местности, планирование движения, выполнение онлайн обучения нейронных сетей.

### **Источники**

1. Система на кристалле [Электронный ресурс]. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/System\\_on\\_a\\_chip](https://en.wikipedia.org/wiki/System_on_a_chip) (дата обращения: 23.10.2024).

2. Технология FPGA для тысячи применений [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/articles/505838/> (дата обращения: 23.10.2024).

3. Robotic Computing on FPGAs: Current Progress, Research Challenges, and Opportunities [Электронный ресурс]. URL: <https://arxiv.org/pdf/2205.07149.pdf> (дата обращения: 23.10.2024).

4. Харрис С., Харрис Д. Цифровая схемотехника и архитектура компьютера [Электронный ресурс]. URL: <https://publications.hse.ru/pubs/share/direct/657563017.pdf> (дата обращения: 25.10.2024).

5. Конечные автоматы [Электронный ресурс]. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Конечный\\_автомат](https://ru.wikipedia.org/wiki/Конечный_автомат) (дата обращения: 23.10.2024).

## ПРИМЕНЕНИЕ ОБЛАЧНЫХ БАЗ ДАННЫХ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ В СФЕРЕ ЖКХ

Михеев Андрей Сергеевич<sup>1</sup>, Николаева Светлана Глебовна<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

<sup>1</sup>andrey.kirov23@mail.ru, <sup>2</sup>dist\_chm@mail.ru

В статье рассматриваются преимущества использования облачных баз данных для автоматизации процессов в сфере жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ). Описаны ключевые преимущества облачных решений, включая повышение эффективности управления данными, обеспечение безопасности, а также возможность интеграции с мобильными платформами для взаимодействия с работниками и жителями. Проведён анализ применения облачных технологий в реальных кейсах и представлены основные перспективы их дальнейшего использования.

**Ключевые слова:** облачные базы данных, автоматизация, ЖКХ, цифровизация, мобильные приложения, безопасность данных, IoT.

## THE USE OF CLOUD DATABASES TO AUTOMATE PROCESSES IN THE HOUSING AND COMMUNAL SERVICES SECTOR

Mikheev Andrey Sergeevich<sup>1</sup>, Nikolaeva Svetlana Glebovna<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan

<sup>1</sup>andrey.kirov23@mail.ru, <sup>2</sup>dist\_chm@mail.ru

The article discusses the advantages of using cloud databases to automate processes in the field of housing and communal services (housing and communal services). The key advantages of cloud solutions are described, including improving the efficiency of data management, ensuring security, as well as the ability to integrate with mobile platforms for interacting with employees and residents. The analysis of the application of cloud technologies in real cases is carried out and the main prospects for their further use are presented.

**Keywords:** cloud databases, automation, housing and communal services, digitalization, mobile applications, data security, IoT.

Современная сфера жилищно-коммунального хозяйства сталкивается с вызовами, связанными с необходимостью повышения эффективности процессов, сокращения затрат и улучшения качества обслуживания населения. В этом контексте цифровизация и автоматизация становятся важнейшими направлениями развития отрасли. Облачные базы данных предоставляют новые возможности для хранения и обработки данных, обеспечивая простоту управления и масштабируемость решений [1].

Преимущества облачных баз данных [2]:

1. Экономическая эффективность. Использование облачных баз данных снижает затраты на приобретение и обслуживание серверного оборудования. Облачные провайдеры предлагают гибкие тарифные планы, позволяющие платить только за фактически используемые ресурсы.

2. Масштабируемость. Облачные базы данных легко адаптируются к изменению объёмов данных, что особенно важно в сфере ЖКХ, где данные могут существенно увеличиваться из-за роста числа обслуживаемых объектов и подключения новых устройств IoT (интернет вещей).

3. Доступность и мобильность. Современные облачные решения обеспечивают доступ к данным из любой точки мира при наличии интернета. Это упрощает работу сотрудников, предоставляя возможность оперативного внесения данных и получения обновлений в режиме реального времени.

4. Интеграция с мобильными платформами. Одним из ключевых преимуществ является возможность интеграции с мобильными приложениями для работников и жителей. Диспетчеры могут оперативно отправлять задания на мобильные устройства сотрудников, а те, в свою очередь, могут предоставлять отчёты о выполнении работ.

Облачные базы данных характеризуются высокой степенью надёжности и безопасности. Провайдеры предлагают многоуровневую защиту данных, включая шифрование, резервное копирование и средства мониторинга доступа. Особое внимание уделяется соблюдению законодательства в области защиты персональных данных, что критически важно для сферы ЖКХ, так как базы содержат информацию о жителях и их адресах [3].

Автоматизация процессов в сфере ЖКХ с использованием облачных технологий уже доказала свою эффективность. Примером может служить создание единой платформы для управления запросами жителей. В такой системе запросы автоматически регистрируются и направляются исполнителям, что позволяет минимизировать человеческий фактор и повысить скорость обработки обращений. Кроме того, интеграция с интернетом вещей (IoT) способствует улучшению мониторинга состояния коммунальных объектов, таких как водопроводные сети или системы отопления [4].

Использование облачных баз данных открывает перспективы для дальнейшего развития умных городов. Автоматизация процессов позволяет не только улучшать качество обслуживания жителей, но и

оптимизировать потребление ресурсов. В будущем можно ожидать более тесной интеграции с аналитическими системами, использующими машинное обучение для предсказания аварий и оптимизации ремонтных работ [5].

Таким образом, облачные базы данных представляют собой эффективное решение для автоматизации процессов в сфере ЖКХ. Они обеспечивают экономическую эффективность, высокую доступность и безопасность данных, а также способствуют созданию современных систем управления, интегрированных с мобильными и IoT-технологиями. Дальнейшее развитие и внедрение облачных технологий в сферу ЖКХ может значительно повысить её технологический уровень и качество обслуживания населения.

### **Источники**

1. Анисимова Н.А., Макеева Т.И., Серебрякова И.А. Экономика предприятий жилищно-коммунальной сферы. – М.: КноРус, 2023. 172 с.

2. Облачные базы данных: определение и преимущества [Электронный ресурс] // Skupro wiki. URL: <https://sky.pro/wiki/sql/oblachnye-bazy-dannyh-opredelenie-i-preimushhestva/> (дата обращения: 30.10.2024).

3. Кутлыгин О.П. Применение облачных СУБД при проектировании информационных систем // Прикладная информатика. 2020. Т. 15, № 2. С. 119–130.

4. Горбачев Д.В., Хакимова Э.Г. Обзор современных информационных технологий автоматизации деятельности в сфере ЖКХ // Молодой ученый. 2015. № 13 (93). С. 33–35.

5. Попов Е.В., Семячков К.А. Умные города. М.: Изд-во Юрайт, 2024. 346 с.

## ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ В ТЭК И ЖКХ

Разжевалов Сергей Александрович<sup>1</sup>, Сандаков Виталий Дмитриевич<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>sergejrazzevalov@gmail.com

В статье предложен обзор использования цифровых двойников в сфере топливно-энергетического комплекса (ТЭК) и жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ). Цифровые двойники представляют собой виртуальные аналоги физических объектов и процессов, которые дают возможность моделировать, контролировать и оптимизировать различные аспекты работы оборудования и инфраструктуры в режиме реального времени. Рассмотрены возможности цифровых двойников для управления и прогнозирования работы систем, минимизации аварийных ситуаций и повышения энергоэффективности. Представлены примеры применения и анализ потенциальных преимуществ для повышения устойчивости и надежности отраслей ТЭК и ЖКХ.

**Ключевые слова:** цифровой двойник, ТЭК, ЖКХ, виртуальная модель, энергоэффективность, прогнозирование, управление.

## DIGITAL TWINS IN THE ENERGY AND UTILITIES SECTOR

Razzhvalov Sergey Alexandrovich<sup>1</sup>, Sandakov Vitaly Dmitrievich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
<sup>1</sup>sergejrazzevalov@gmail.com

The article provides an overview of the use of digital twins in the energy and utilities sector. Digital twins are virtual analogs of physical objects and processes that enable real-time modeling, monitoring, and optimization of various aspects of equipment and infrastructure performance. The capabilities of digital twins for system management and forecasting, minimizing emergencies, and improving energy efficiency are considered. Examples of applications and an analysis of potential benefits for enhancing resilience and reliability in the energy and utilities sectors are presented.

**Keywords:** digital twin, energy sector, utilities, virtual model, energy efficiency, forecasting, management.

Благодаря технологическому прогрессу удалось осуществлять мониторинг и контроль строительных операций и активов удаленно. Оверлейные цифровые двойники, в основе которых лежит компьютерное

моделирование, создают Цифровую карту физических объектов. За последние несколько лет исследования оверлейных цифровых двойников для проектов энергетических объектов получили широкое распространение. Эти применения несколько увеличились с годами. Однако обзор таких примеров был недостаточно развернут. Данная статья является первой из систематического обзора применения оверлейных цифровых двойников в строительстве, основанного на контент-анализе. Оверлейные цифровые двойники показывают, что они способны сделать строительство более доступным и дружелюбным, снизить расходы на строительство и эксплуатацию, уменьшить число человеческих ошибок, автоматизировать потребление энергии, выводить управление активами на более высокий уровень, сохранять это управление и использовать его.

Цифровой двойник предполагает организацию потока данных от реального объекта к цифровому и наоборот (например, данные, поступающие от датчиков, установленных на оборудовании). и наоборот (например, данные, поступающие с датчиков, установленных на оборудовании). Таким образом, изменение состояния реального объекта определяет изменение состояния цифрового объекта и, наоборот, изменение состояния цифрового объекта также приводит к изменению состояния реального объекта. состояние реального объекта.

Цифровые двойники в ТЭК и ЖКХ используются для улучшения управления, мониторинга и оптимизации работы энергосистем. Вот несколько ключевых причин их применения:

1. Повышение надежности и безопасности. Цифровые двойники позволяют в реальном времени отслеживать состояние оборудования подстанции, выявлять потенциальные проблемы и прогнозировать отказы. Это помогает предотвратить аварии и минимизировать риски для персонала и оборудования.

2. Оптимизация обслуживания и планирования. Используя данные от сенсоров и симуляции, цифровые двойники могут прогнозировать необходимость технического обслуживания, что позволяет проводить его по мере необходимости, а не по расписанию. Это снижает затраты на обслуживание и продлевает срок службы оборудования.

3. Моделирование и тестирование. Цифровые двойники позволяют тестировать различные сценарии работы подстанции и анализировать их последствия без вмешательства в реальную инфраструктуру. Это особенно важно при внедрении новых технологий или обновлении системы, где важно избежать простоев и аварий.

Таким образом, цифровые двойники – это не просто технологическое нововведение, а стратегический инструмент, обеспечивающий переход к интеллектуальной, устойчивой и эффективной энергетической системе будущего. Они позволяют не только повышать эффективность и надежность, но и создают основу для инновационных решений, отвечающих растущим потребностям современного общества.

### **Источники**

1. Чернякевич Л.М. Развитие региональной и отраслевой экономики в условиях цифровизации: монография. Йошкар-Ола: ПГТУ, 2022. 216 с.
2. Капогузов Е.А., Оводова С.Н., Чупин Р.И. Механизмы взаимодействия городских сообществ при формировании Smart-City (на примере города Омска) // Вопросы управления. 2019. № 6. С. 272–280.
3. Власенко С.А., Игнатенко И.В., Тряпкин Е.Ю. Информационно-техническое обеспечение цифровой подстанции : учебное пособие. Хабаровск: ДВГУПС, 2022. 107 с.
4. Пенский О.Г. Математические модели цифровых двойников: учебное пособие. Пермь: ПГНИУ, 2019. 157 с.

## КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ В МЕХАТРОННЫХ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ДЛЯ ТЭК

Семенченко Данил Константинович<sup>1</sup>, Микаева Светлана Анатольевна<sup>2</sup>,  
Микаева Анжела Сергеевна<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>ФГБОУ ВО «РТУ МИРЭА», г. Москва

<sup>1</sup>danilsemencenko811@gmail.com, <sup>2</sup>mikaeva\_s@mirea.ru, <sup>3</sup>mikaeva@mirea.ru

Статья рассматривает актуальную проблему кибербезопасности в мехатронных и робототехнических системах, особенно в сфере Топливо-Энергетического Комплекса (ТЭК). С развитием технологий появляются новые уязвимости, представляющие серьезные угрозы для эффективности и безопасности систем. Статья обсуждает типичные уязвимости, примеры угроз и методы защиты, включая обновление ПО, аудит безопасности, шифрование данных, многофакторную аутентификацию, физическую безопасность, обучение персонала и сегментацию сетей. Комплексный подход к кибербезопасности является неотъемлемой частью обеспечения безопасности информации и инфраструктуры.

**Ключевые слова:** кибербезопасность, мехатронные системы, робототехнические системы, ТЭК, уязвимости, угрозы, методы защиты, обновление ПО, аудит безопасности, шифрование данных.

## CYBERSECURITY IN MECHATRONIC AND ROBOTIC SYSTEMS FOR THE FUEL AND ENERGY SECTOR

Semenchenko Danil Konstantinovich<sup>1</sup>, Mikaeva Svetlana Anatolyevna<sup>2</sup>,  
Mikaeva Angela Sergeevna<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> FGBOU IN "RTU MIREA",  
Moscow

<sup>1</sup>danilsemencenko811@gmail.com, <sup>2</sup>mikaeva\_s@mirea.ru

The article examines the urgent problem of cybersecurity in mechatronic and robotic systems, especially in the field of Fuel and Energy Complex (Fuel and Energy Complex). With the development of technology, new vulnerabilities are emerging that pose serious threats to the efficiency and security of systems. The article discusses typical vulnerabilities, threat examples, and protection methods, including software updates, security audits, data encryption, multi-factor authentication, physical security, staff training, and network segmentation. An integrated approach to cybersecurity is an integral part of ensuring the security of information and infrastructure.

**Keywords:** cybersecurity, mechatronic systems, robotic systems, fuel and energy complex, vulnerabilities, threats, protection methods, software update, security audit, data encryption, multi-factor authentication, physical security, personnel training, network segmentation.



Кибербезопасность становится одной из самых актуальных тем в современном мире, охватывающим инновационные технологии, включая мехатронные и робототехнические системы (МРС), в частности в сфере Топливо-Энергетического Комплекса (ТЭК). Развитие технологий открывает новые горизонты для повышения эффективности и производительности, однако оно также влечет за собой множество новых уязвимостей. В условиях быстрого прогресса важно понимать, что киберугрозы могут иметь серьезные последствия для бизнеса, экологии и даже безопасности человека.

Серьезные кибератаки могут привести к авариям, нарушению работы ключевых систем и, как следствие, к значительным финансовым потерям. Неправильное функционирование мехатронных и робототехнических систем может вызвать экологические катастрофы, что делает кибербезопасность одной из главных задач для компаний, работающих в сфере ТЭК. В связи с этим важно разработать эффективные стратегии защиты, которые помогут минимизировать риски и защитить системы от угроз.

Одной из основных уязвимостей является программное обеспечение. Использование устаревших систем и недостаточное обновление софта могут открывать доступ злоумышленникам. Нападения часто происходят через уязвимости в коде, которые могут быть легко использованы для несанкционированного доступа. Другое важное направление — это связь и сети. МРС активно используют как беспроводные, так и проводные каналы передачи данных. Некоторые из этих технологий могут иметь слабые места, которые злоумышленники могут использовать для перехвата данных или осуществления атак, таких как DDoS. [3,4]

Еще одним фактором риска является физический доступ к системам. Даже самый защищенный софт может быть скомпрометирован, если злоумышленник получит физический доступ к оборудованию. Поэтому физическая безопасность объектов, на которых установлены МРС, должна быть на уровне первоочередных задач. Интерфейсы и датчики, которые собирают и передают данные, также являются областями потенциальных атак. Изменение показателей датчиков может привести к неправильным решениям, что может обернуться катастрофическими последствиями.

Не стоит забывать и о человеческом факторе. Операторы и технический персонал могут стать жертвами социальных атак, таких как фишинг. Знание и осведомленность о методах кибератак имеют первостепенное значение для защиты систем.

Для повышения безопасности МРС важно внедрить комплексные меры защиты. Регулярное обновление программного обеспечения — наш первый шаг к улучшению киберзащиты. Патчи и обновления помогают закрывать известные уязвимости, что снижает риск структурных атак. Также необходимо проводить аудит безопасности, который поможет выявить недостатки и потенциальные угрозы. Это должно стать рутинной практикой в каждой компании, работающей с высокими технологиями [5, 6].

Шифрование данных — ещё один важный метод защиты, необходимый для защиты информации, передаваемой в сети. Это значительно усложняет злоумышленникам задачу по перехвату и расшифровке критически важной информации. Так же необходимо внедрение многофакторной аутентификации, которая повысит уровень защиты доступа к системам.

Физическая безопасность объектов требует использования систем контроля доступа и видеонаблюдения. Это необходимо для предотвращения несанкционированного доступа к оборудованию. Обучение персонала также играет критически важную роль в укреплении кибербезопасности. Сотрудники должны понимать основные принципы кибербезопасности и знать, как действовать в случае подозрительной активности.

Сегментация сетей, которая подразумевает разделение их на небольшие, более управляемые сегменты, позволяет предотвратить быстрое распространение угроз и ограничить доступ к критически важным ресурсам. Такой подход значительно снижает риски, если одна из сетей подвергнется атаке [1, 2].

Важно понимать, что кибербезопасность — это не только техническая задача, но и задача управления и обучения. Эффективная защита требует системного подхода, который включает технологии, управление, планирование и постоянное обучение персонала. Оперативное реагирование на угрозы, анализ инцидентов и постоянное обновление стратегий являются неотъемлемыми элементами обеспечения безопасности информации и систем.

Следует пристально следить за изменениями в угрозах и тенденциях кибератак, чтобы адаптировать защитные меры к новым вызовам. Только комплексный подход, объединяющий технологии, обучение сотрудников, управленческие меры и постоянный мониторинг, обеспечит эффективную защиту информации и инфраструктуры от киберугроз. Важно отметить,

что кибербезопасность требует постоянного внимания и обновления, так как технологии и методы кибератак постоянно эволюционируют. В заключение, для успешного функционирования мехатронных и робототехнических систем в ТЭК необходимо комплексное понимание и применение кибербезопасности.

### **Источники**

1. Кузнецов И.В. Кибербезопасность в мехатронных и робототехнических системах: практическое руководство. Казань, 2020.
2. Шнайер Р. Безопасность информационных систем. М., 2003.
3. Бояршинов А.В., Попов Д.В. Промышленная кибербезопасность: методы и технологии. М., 2012.
4. Микаева С.А., Брысин А.Н., Ларшина Э.Л., Журавлева Ю.А., Электроника и схемотехника: учебное пособие для студентов-бакалавров, магистров и аспирантов. 2-е изд. Казань, 2022.
5. Микаева С.А., Микаева А.С., Экономическая безопасность в приборостроении // Промышленная электроника. М., 2024.
6. Султанов С.Н., Микаева С.А. Беспроводные устройства и их компоненты // Естественные и технические науки. 2024. № 5 (192). С. 208–211.

## МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ ДЛЯ ТЕЧЕЙСКАНИЯ В ТРУБОПРОВОДЕ

Сидоров Михаил Валерьевич<sup>1</sup>, Гилязиева Гузель Зофаровна<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>ООО «Газпром трансгаз Казань», г. Казань  
<sup>1</sup>sidr7907@gmail.com, <sup>2</sup>gilyazieva78@mail.ru

Машинное обучение может быть использовано для обнаружения течейскаания в трубопроводах. Этот подход основан на анализе данных, собранных с помощью различных сенсоров, таких как датчики давления или уровня воды.

**Ключевые слова:** течейскаание, машинное обучение, массив данных, мониторинг, бустинг, дерево моделей.

## MACHINE STUDING FOR DETECTING LEAKS IN THE PIPELINE

Sidorov Mikhail Valeryevich<sup>1</sup>, Gilyazieva Guzel Zofarovna<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup> FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
<sup>1</sup>LLS «Gazprom transgaz Kazan», Kazan  
<sup>1</sup>sidr7907@gmail.com, <sup>2</sup>gilyazieva78@mail.ru

Machine learning can be used to detect leak detection in pipelines. This approach is based on the analysis of data collected using various sensors, such as pressure or water level sensors.

**Keywords:** leak detection, machine learning, data array, monitoring, boosting, model tree.

Machine learning algorithms are a powerful tool for early detection of leaks and failures in pipeline networks. In this context, several categories of algorithms can be distinguished.

First, learning algorithms with a teacher, such as logistic regression, decision trees, and support vector machines, are actively used to predict possible failures based on historical performance data of pipeline systems.

Second, teacherless learning algorithms, including k-means clustering and principal component analysis, help to identify patterns and anomalies in the data, which can be useful for pipeline condition diagnosis and accident prevention.

Finally, deep learning algorithms such as convolutional neural networks (CNNs) and recurrent neural networks (RNNs) show promising results in failure

detection and prediction tasks. These methods are able to account for complex dependencies in the data and extract information that traditional algorithms would miss.

Thus, the application of these algorithms helps to improve the reliability of pipeline systems and reduce the risks associated with leaks and failures.

The process of leak detection using machine learning includes the following steps:

1. *Data collection* : To train the model, data on normal pipeline operation and leakage incidents need to be collected. This data can be obtained from various sensors installed on the pipeline.

2. *Data pre-processing*: The collected data must be pre-processed to remove noise or anomalies. This may involve filtering the data or applying other signal processing techniques.

3. *Model training*: in this step, machine learning algorithm is used to train the model based on the collected data. The model can be trained based on various machine learning techniques such as neural networks, support vector method or random forest.

4. *Model testing and evaluation*: After training, the model should be tested on new data to evaluate its performance. This may include evaluating the accuracy, completeness, and other important reference data to determine how well the model detects leaks.

5. *Use of the model*: after successful testing, the model can be deployed for use in real-world applications. This may include integrating the model with a pipeline monitoring system or other control systems [1, 2].

Advantages of using machine learning [3–5]:

– *Greater accuracy*: machine learning models can be trained on large amounts of data and are able to detect even small changes that may indicate a leak.

– *Continuous monitoring capability*: Machine learning models can operate in real time and continuously monitor pipelines for leaks. This allows for rapid response to problems and prevents major damage from occurring.

– *Environmental independence*: Machine learning is *independent of environmental* conditions, unlike acoustic sensing. This means it can be effective even in hard-to-reach or confined spaces.

However, machine learning also has its limitations and drawbacks [3–5]:

– *Need for large amount of data*: To train a machine learning model effectively, a large amount of data about leaks and their characteristics is required. This can be challenging if leaks are rare or unusual events.

– *Dependence on proper tuning and updating of models*: machine learning models require proper tuning and updating to ensure high accuracy in leak detection. Improper tuning or outdated models can lead to incorrect results or missing leaks.

– *High development and support costs*: developing and supporting machine learning models can be expensive. This includes the cost of training models, developing software, and updating models as needed.

## References

1. Черкасов Д.Ю., Иванов В.В. Машинное обучение // Наука, техника и образование. 2018. № 5 (46). С. 85–87.

2. Астапов Р.Л., Мухамадеева Р.М. Автоматизация подбора параметров машинного обучения и обучение модели машинного обучения // Актуальные научные исследования в современном мире. 2021. № 5-2 (73). С. 34–37.

3. Сайтов С.Р., Карачурин Б.Р., Сидоров М.В. Прогнозирование пиковых часов энергосбытовых компаний, входящих в реестр гарантирующих поставщиков АО «АТС» // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14, № 4 (56). С. 59–68.

4. Сайтов С.Р., Карачурин Б.Р., Сидоров М.В. Прогнозирование пиковых часов гарантирующих поставщиков, входящих в реестр АО «АТС» // Энергетика, инфокоммуникационные технологии и высшее образование: Международная научно-техническая конференция: в 3 т. Казань, 2023. Т. 1. С. 301–311.

5. Карачурин Б.Р., Сидоров М.В., Сайтов С.Р. Анализ данных для прогнозирования пиковых часов с использованием макросов VBA // XXVI Всероссийский аспирантско-магистерский научный семинар, посвященный дню энергетика: материалы докладов: в 3 т. Казань, 2023. Т. 2. С. 79–82.

## ПАКЕТ ПРОГРАММ ЛОГОС

Федоров Александр Михайлович<sup>1</sup>, Закиров Ринат Нургалиевич<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>federov2002@mail.ru

Пакет программ ЛОГОС представляет собой мощный инструмент для численного анализа и инженерного анализа, разработанный при поддержке Госкорпорации «Росатом» и Российского центра финансирования РФЯЦ-ВНИИЭФ. В данной статье автором подробнее рассматриваются особенности применения данного пакета программ.

**Ключевые слова:** пакет Логос, интерфейс, современные технологии, форматирование, редактирование.

## LOGO SOFTWARE PACKAGE

Fedorov Alexander Mikhailovich<sup>1</sup>, Zakirov Rinat Nurgalieievich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
<sup>1</sup>federov2002@mail.ru

The LOGOS software package is a powerful tool for numerical analysis and engineering analysis, developed with the support of Rosatom State Corporation and the Russian Financing Center RFNC-VNIIEF. In this article, the author discusses in more detail the features of the application of this software package.

**Keywords:** package Logo, interface, modern technologies, formatting, editing.

Современные технологии позволяют значительно упростить процесс работы с текстами, а пакет программ Логос занимает одно из ключевых мест в этом сегменте. Использующийся как в образовательных учреждениях, так и в научных и деловых кругах, инструмент предоставляет ряд уникальных возможностей для работы с текстовыми материалами [1]. В данной статье мы рассмотрим основные функции пакета, его преимущества, а также области применения.

Пакет программ Логос был разработан с целью повысить уровень обработки и анализа текстов. С момента своего появления программы Логос претерпели значительные изменения, адаптировавшись к требованиям пользователей и современным технологиям. С течением времени Логос стал настоящим стандартом в области работы с текстами на русском языке, предоставляя доступ к огромным библиотекам литературных, научных и периодических изданий [2, 3].

Пакет Логос предлагает пользователю ряд преимуществ, которые делают его о более удобным и эффективным инструментом для работы с текстами:

Логос предоставляет функции для совместной работы, позволяя нескольким пользователям одновременно редактировать один и тот же документ. Это значительно ускоряет процесс написания научных статей и отчетов [4].

Пакет программ Логос может быть использован в различных сферах.

Логос – это мощный инструмент для моделирования и анализа, который может быть эффективно применён в различных областях, от экономики до техники [5].

Рассмотрим задачу оптимизации процесса производства, в которой нам необходимо минимизировать затраты на производство определённого товара, учитывая ограничения по ресурсам.

Допустим, у нас есть функция затрат, заданная формулой:

$$C(x) = 5x + 200,$$

где  $C(x)$  – общие затраты,  $x$  – количество произведённых единиц товара.

Кроме того, предполагается, что у нас есть ограничения по ресурсам:

1. Мы можем произвести не более 100 единиц товара.
2. У нас есть минимально необходимый объём в 10 единиц товара для покрытия спроса. Таким образом, задача может быть записана как: минимизировать  $C(x)$  при:  $[10 \leq x \leq 100]$ .

#### **Решение задачи с использованием Логос.**

1. Создание модели. В пакете Логос создаём новую модель. Открываем редактор и задаём целевую функцию:

$$\text{Min } C(x) = 5x + 200.$$

2. Задание ограничений. В разделе ограничений вводим:  $x \leq 100$ .

3. Построение графиков. Логос позволяет визуализировать целевую функцию и ограничения. Строим график функции затрат  $C(x)$  и видим, как она изменяется в зависимости от количества произведённых единиц товара.

4. Поиск оптимального решения. Используя встроенные инструменты Логос, запускаем оптимизационный анализ. Программа вычисляет, что минимизация затрат достигается при  $(x = 10)$ .



5. Расчет итоговой стоимости. Подставляем найденное значение  $x$  в функцию затрат:

$$C(10) = 5 \cdot 10 + 200 = 250.$$

В результате проведенного анализа, мы определили, что оптимальное количество производства, минимизирующее затраты, составляет 10 единиц товара, а общие затраты на это количество будут составлять 250 денежных единиц. Использование пакета Логос значительно упростило процесс оптимизации, позволив визуализировать данные и быстро получать результаты. Такой подход можно адаптировать для решения различных задач в бизнесе, прогнозировании и исследовательской деятельности [5].

**Заключение.** Пакет программ Логос является надежным инструментом для решения задач оптимизации, предоставляя пользователям все необходимые средства для анализа и принятия обоснованных решений. При качественной постановке задачи и правильном использовании возможностей программы, можно значительно улучшить эффективность производственных процессов.

### Источники

1. Schafer M. Computational Engineering – Introduction to Numerical Methods. Berlin : Springer, 2021.
2. Панов А.И. Методика решения уравнения теплопроводности на неструктурированной сетке // Вопросы атомной науки и техники. Сер. Методики и программы численного решения задач математической физики. 2024. Вып. 4. С. 27–40.
3. Beam R.M., Warming R.F. An implicit finite-difference algorithm for hyperbolic systems in conservation-law form // J. Comput. Phys. 2021. Vol. 22, Iss. 1. P. 87–110.
4. Самарский А.А., Вабищевич П.Н. Вычислительная теплопередача. М.: ЛИБРОКОМ, 2019.
5. Оцисик М.Н. Сложный теплообмен. М.: Мир, 2021.

## ЗАЩИТА КРИТИЧЕСКИХ ИНФРАСТРУКТУР ТЭК И ЖКХ ОТ КИБЕРУГРОЗ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ

Феоктистов Федор Вячеславович<sup>1</sup>, Микаева Светлана Анатольевна<sup>2</sup>,  
Микаева Анжела Сергеевна<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>ФГБОУ ВО «РТУ МИРЭА»,  
г. Москва

<sup>1</sup>maler\_ff@mail.ru, <sup>2</sup>mikaeva\_s@mirea.ru, <sup>3</sup>mikaeva@mirea.ru,

В статье описываются исследования киберугроз, направленных на критические инфраструктуры топливно-энергетического комплекса и жилищно-коммунального хозяйства, а также разработка рекомендаций по защите с использованием современных технологий кибербезопасности. В статье проведен анализ основных типов киберугроз для этих секторов, рассмотрены технологии обнаружения вторжений, защиты сетевого периметра и управления доступом. Основное внимание уделено важности комплексного подхода к киберзащите критически важных объектов и инфраструктур.

**Ключевые слова:** кибербезопасность, критическая инфраструктура, ТЭК, ЖКХ, кибератаки, защита данных, SCADA.

## PROTECTION OF CRITICAL ENERGY AND UTILITIES INFRASTRUCTURES FROM CYBER THREATS USING CYBERSECURITY TECHNOLOGIES

Feoktistov Fyodor Vyacheslavovich<sup>1</sup>, Mikaeva Svetlana Anatolyevna<sup>2</sup>,  
Mikaeva Angela Sergeevna<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>FGBOU IN "RTU MIREA",  
Moscow

<sup>1</sup>maler\_ff@mail.ru, <sup>2</sup>mikaeva\_s@mirea.ru, <sup>3</sup>mikaeva@mirea.ru,

The article describes the research of cyber threats aimed at critical infrastructures of the fuel and energy complex and housing and communal services, as well as the development of recommendations for protection using modern cybersecurity technologies. The article analyzes the main types of cyber threats for these sectors, examines intrusion detection technologies, network perimeter protection and access control. The main attention is paid to the importance of an integrated approach to cyber protection of critical facilities and infrastructures.

**Keywords:** cybersecurity, critical infrastructure, fuel and energy complex, housing and communal services, cyber attacks, data protection, SCADA.

Критические инфраструктуры являются важным элементом жизнеобеспечения. В секторах топливно-энергетического комплекса (ТЭК) и жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ) цифровизация процессов

значительно повышает эффективность, но при этом увеличивается риск уязвимости данных систем перед кибератаками. При нарушении работы в данных секторах, могут возникнуть тяжкие последствия в социальных, экономических и экологических сферах [1–9].

По мере развития информационных технологий, защита объектов критической инфраструктуры от киберугроз становится более актуальной. Кибератаки на промышленные системы управления, представляют собой реальную угрозу для стабильности работы ТЭК и ЖКХ. Из-за этого, разработка и внедрение передовых технологий кибербезопасности является важной задачей для государственных органов и частных компаний, работающих в этих секторах [2–4].

В ходе исследования были проанализированы методы анализа существующей литературы и нормативных документов в области кибербезопасности критической инфраструктуры. Так же изучены случаи кибератак на объекты ТЭК и ЖКХ, это позволило выделить основные угрозы и уязвимости [8, 9].

Методология исследования включала в себя: анализ статистических данных о кибератаках; моделирование возможных сценариев угроз; оценка применимости современных технологий защиты данных и систем управления. В табл.1 представлены основные киберугрозы для инфраструктур ТЭК и ЖКХ.

Таблица 1

Основные киберугрозы для инфраструктур ТЭК и ЖКХ

Тип угрозы	Описание	Примеры последствий
Атаки на SCADA-системы	Нарушение работы систем управления	Остановка процессов энергоснабжения или водоснабжения
DDoS-атаки	Перегрузка сетевого трафика и нарушение доступности	Отключение информационных систем, задержки в обслуживании
Вредоносное ПО (включая шифровальщики)	Проникновение в сеть, шифрование данных	Выкуп за данные, потеря важной информации
APT (Advanced Persistent Threat)	Продолжительные целевые атаки для сбора информации	Длительный несанкционированный доступ к критическим данным

Самые часто встречающиеся кибератаки на ТЭК и ЖКХ представлены на рис. 1.

Частота кибератак на ТЭК и ЖКХ (%)

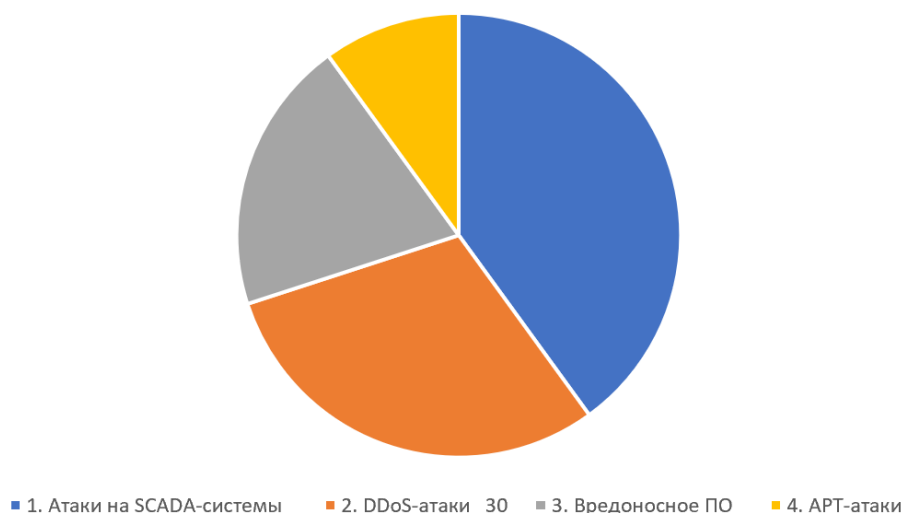


Рис. 1. Частота различных типов кибератак на инфраструктуры ТЭК и ЖКХ (в %)

В ходе анализа, были выявлены основные методы кибербезопасности для эффективной защиты объектов ТЭК и ЖКХ:

1. Системы обнаружения и предотвращения вторжений (IDS/IPS): IDS расшифровывается как Intrusion Detection System — система обнаружения вторжений. IPS, или Intrusion Prevention System, — система предотвращения вторжений. Данные системы анализируют сетевой трафик и выявляют подозрительную активность, что позволяет своевременно обнаружить и предотвратить потенциальную кибератаку.

2. Защита сетевого периметра: применяются брандмауэры, шлюзы безопасности и VPN (виртуальные частные сети) для защиты каналов связи от внешних угроз. Брандмауэры создают барьер между внутренней сетью и интернетом, а VPN обеспечивает зашифрованное соединение для передачи данных.

3. Шифрование данных: одним из основных элементов защиты является шифрование информации, передаваемой внутри инфраструктуры, и за ее пределами.

4. Контроль и управление доступом: внедрение строгой политики управления доступом (RBAC – role-based access control) позволяет ограничить доступ к критическим данным и системам только авторизованным пользователям.

5. Сегментация сетей: разделение корпоративных и операционных сетей с применением принципа минимального доступа помогает уменьшить риски распространения атак внутри инфраструктуры. В случае проникновения злоумышленника в одну сеть, он не сможет получить доступ к другим сегментам системы.

На основе проведенного анализа можно предложить следующие рекомендации для улучшения киберзащиты объектов ТЭК и ЖКХ:

1. Регулярные аудиты безопасности: необходимо проводить постоянные проверки на наличие уязвимостей и тестирование систем на устойчивость к кибератакам.

2. Использование системы управления инцидентами (SIEM): такая система позволяет централизованно собирать, анализировать и реагировать на потенциальные угрозы.

3. Обучение и повышение квалификации персонала: сотрудники критических объектов должны регулярно проходить обучение по вопросам кибербезопасности, чтобы предотвращать человеческие ошибки и фишинговые атаки.

4. Разработка плана реагирования на инциденты: заранее разработанные сценарии реагирования на кибератаки могут существенно снизить ущерб от инцидента и ускорить восстановление работы инфраструктуры.

Для защиты критически важных объектов энергетики и жилищно-коммунального хозяйства от киберугроз необходимо использовать современные технологии кибербезопасности, регулярно контролировать и повышать осведомленность сотрудников. В условиях все большей цифровизации и взаимосвязи систем энергетики и ЖКХ, важность обеспечения кибербезопасности продолжает расти. Внедрение комплексных мер защиты позволит снизить риски и обеспечить бесперебойную работу ключевых объектов инфраструктуры при возможных кибератаках

### **Источники**

1. Иванов И.В. Кибербезопасность критических инфраструктур. М.: Наука, 2020.

2. Smith J., Cybersecurity in Energy Sector // IEEE Security Journal, 2019.

3. Кузнецов С.В. Методы обнаружения киберугроз в промышленных сетях // Журнал информационной безопасности. 2021.

4. Романов Д.Г. Современные технологии защиты критической инфраструктуры. М.: Техносфера, 2022.

5. Петров А.В. Управление рисками кибератак в энергетической отрасли // Информационные технологии. 2020.

6. Brown R. Cybersecurity Strategies for Critical Infrastructure // Journal of Cyber Defense. 2021.

7. Ахметов Р.Ф. Кибербезопасность объектов критической инфраструктуры Республики Татарстан // Вестник Казанского технологического университета. 2022.

8. Микаева С.А., Журавлева Ю.А. Полупроводниковые приборы и источники света. цифровые электронные устройства. Алгоритмы обработки цифровой информации: практикум. Вологда, 2025.

9. Микаева С.А., Микаева А.С. Промышленная электроника. экономическая безопасность в приборостроении. М., 2024.

## **ВИРТУАЛЬНЫЙ ТРЕНАЖЁР «КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ В ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ»**

Хаерова Эндже Ильдаровна<sup>1</sup>, Гатауллин Булат Ильнурович<sup>2</sup>,  
Тумбинская Марина Владимировна<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ», Казанский национальный исследовательский  
технический университет им. А.Н. Туполева–КАИ»,  
г. Казань

<sup>1</sup>engikhaer@gmail.com, <sup>2</sup>mr.bulgat12@mail.ru, <sup>3</sup>tumbinskaya@inbox.ru

На сегодняшний день защита персональных данных является актуальным и приоритетным направлением в жилищно-коммунальном хозяйстве. Использование цифровых методов и средств, технологий адаптивного и индивидуализированного обучения может обеспечить повышение уровня компетентности сотрудников и пользователей при работе с конфиденциальными данными. В работе предложено современное цифровое решение, основанное на технологии виртуальной реальности. Виртуальный тренажер предназначен для обучения сотрудников жилищно-коммунального хозяйства и пользователей защите персональных данных и представляет из себя набор интерактивных моделей в трехмерном виртуальном пространстве, позволяющий реализовать сценарии взаимодействия пользователей и специального программного обеспечения, по практическому применению задач защиты информации. В работе представлены результаты экспериментальных исследований по работе с виртуальным тренажером. Виртуальный тренажер может быть использован для обучения практикующих специалистов в области эксплуатации программных средств защиты информации и при работе с персональными данными. В дальнейшем планируется доработка тренажера в части разработки сценариев дополненной реальности и моделирования инцидентов кибербезопасности в жилищно-коммунальном хозяйстве.

**Ключевые слова:** цифровизация, цифровые компетенции, виртуальный тренажер, цифровая среда, жилищно-коммунальное хозяйство.

## **VIRTUAL SIMULATOR “CYBERSECURITY IN HOUSING AND COMMUNAL SERVICES”**

Haerova Endzhe Ildarovna<sup>1</sup>, Gataullin Bulat Ilnurovich<sup>2</sup>,  
Tumbinskaya Marina Vladimirovna<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kazan National  
Research Technical University named after A.N. Tupolev–KAI»

To date, the protection of personal data is an urgent and priority area in the housing and communal services. The use of digital methods and tools, adaptive and individualized learning technologies can ensure an increase in the level of competence of employees and

users when working with confidential data. The paper proposes a modern digital solution based on virtual reality technology. The virtual simulator is designed to train housing and communal services employees and users to protect personal data and is a set of interactive models in a three-dimensional virtual space that allows you to implement scenarios for user interaction and special software for the practical application of information protection tasks. The paper presents the results of experimental studies on working with a virtual simulator. The virtual simulator can be used to train practitioners in the field of operation of information security software and when working with personal data. In the future, it is planned to finalize the simulator in terms of developing augmented reality scenarios and modeling cybersecurity incidents in housing and communal services.

**Keywords:** digitalization, digital competencies, virtual simulator, digital environment, housing and communal services.

В данной статье предлагается специальное программное обеспечение – VR-тренажер, который позволяет обеспечивать высокий и надежный уровень защиты персональных данных и конфиденциальной информации. Анализ литературных источников [1–3] и патентный поиск показали, что существуют различные виды тренажеров и обучающих систем в области защиты персональных данных: «системы контроля и управления доступом» [1], виртуальный учебник «Программные средства крипто-графии» [2], виртуальный комплекс «Защита объекта от утечек информации по техническим каналам» [3]. Анализ показал, что существующие тренажеры являются узконаправленными программными средствами, которые не способны обеспечить эффективное обучение специалистов в жилищно-коммунальном хозяйстве при работе с персональными данными. Проведенный анализ существующих разработок позволяет сделать вывод о необходимости создания и разработки виртуального тренажера с целью его применения для сотрудников жилищно-коммунального хозяйства, слушателей повышения квалификации, по обработке и защите персональных данных и конфиденциальной информации. Тренажёр "Кибербезопасность в жилищно-коммунальном хозяйстве" предлагает интерактивные кейсы, симуляции, а также рекомендации по участию в киберинцидентах. Он помогает повысить осведомлённость о проблемах кибербезопасности, а также снизить риски возникновения угроз и ущерба от кибератак в данной сфере [4].

Для разработки виртуального тренажера была использована среда Unity языка программирования C#. Для обработки фотографий была использована программа Adobe Photoshop, для редактирования и создания качественного, профессионального видео было использовано программное средство «Sony Vegas Pro 17». Продукт «Mіxamo» был использован для загрузки и анимирования собственных 3D-моделей. В виртуальном



тренажере реализовано 2 главных интерфейса: экран для просмотра обучающего материала, который представлен в формате текст/видео и экран для выполнения тестирования (проверки знаний) по итогам изучения теоретического и практического материала.

Для работы с виртуальным тренажером разработана инструкция – руководство пользователя. Инструкция содержит описание по установке ПО и методические указания по выполнению лабораторных работ. Для каждого модуля анимации виртуального персонажа и тестирования был написан отдельный программный код. Unity имеет широкий спектр инструментов как визуальных, так и программных. Был использован объектно-ориентированный язык C# с использованием встроенных библиотек Unity, таких как: Events, UnityEngine, Video, UI.

Экспериментальная часть осуществлялась в 2 этапа. Для проверки работоспособности, на первом этапе эксперимента, проведено тестирование виртуального тренажера, т.е. проверка на функциональность, удобство использования и согласованность с заранее установленными требованиями. Исследование проводилось в течение 3 месяцев 2023-2024 гг. В результате тестирования VR-тренажера замечаний к функциональной части обнаружено не было. В процессе исследования также была проведена апробация виртуального тренажера «Кибербезопасность в жилищно-коммунальном хозяйстве». В течении 2 месяцев проводилось обучение сотрудников и жителей действиям в случае киберугроз. В апробации виртуального тренажера участвовала «ЖКХ Приволжского района». По результатам обучения определены параметры оценки качества обучения: время обучения (V, мин.) и результат тестирования знаний (R, балл). Результат эксперимента показал, что среднее время обучения с использованием виртуального тренажера в среднем 46,2 минуты. Результаты тестирования с использованием виртуального тренажёра в среднем составила 97,1%. Результаты исследования позволяют сделать вывод о том, что виртуальный тренажёр позволил повысить уровень и качество знаний, цифровых компетенций сотрудников и пользователей, что подтверждается положительной динамикой результатов эксперимента. Точки выброса результатов эксперимента доверительного интервала не было. Результаты исследования и экспериментальные данные подтверждают эффективность предложенного программного обеспечения.

Благодаря современным технологиям и инновационному подходу, виртуальный тренажёр "Кибербезопасность в жилищно-коммунальном хозяйстве" станет незаменимым инструментом для подготовки и обучения специалистов и жителей к действиям в случае киберугрозы.

## Источники

1. Виртуальный тренажёр «Системы контроля и управления доступом» (ПО) ФЗИ-ТРЕН-СКУД [Электронный ресурс] // Учтех-Профи: сайт. URL: <https://labstand.ru/catalog/virtualnye-trenazhery-i-emulatory-zashhita-informaczii/virtualnyj-trenazhyor-sistemy-kontrolya-i-upravleniya-dostupom-po-fzi-tren-skud-2> (дата обращения: 31.10.2024).

2. Виртуальный учебник «Программные средства криптографии» (ПО) КРИПТО-ТЕОР-ПО [Электронный ресурс] // Учтех-Профи: сайт. – URL: <https://labstand.ru/catalog/kriptograficheskie-sredstva/virtualnyj-trenazhyor-programmnye-sredstva-kriptografii-scrypto-virt> (дата обращения: 31.10.2024).

3. Виртуальный комплекс «Защита объекта от утечек информации по техническим каналам», (ПО) ТЗИ-ТРЕН-ТКУИ [Электронный ресурс] // Учтех-Профи: сайт. – URL: <https://labstand.ru/catalog/zashhita-informaczii-ot-utechek-po-tehnicheskim-kanalam/virtualnyj-kompleks-zashhita-obekta-ot-utechek-informaczii-po-tehnicheskim-kanalam-tzi-virt> (дата обращения: 31.10.2024).

4. Хаерова Э.И., Гатауллин Б.И., Гумбинская М.В. Виртуальный программный комплекс по обработке конфиденциальной информации на физических носителях. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2024612628.

5. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики 2024. Т. 26, № 5.

## ПРЕИМУЩЕСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ КОТЕЛЬНЫХ

Хайретдинова Неля Рафисовна<sup>1</sup>, Шарипов Ильнар Ильдарович<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup> ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>nelya\_khairtdinova@mail.ru, <sup>2</sup>sharipov.ii@mail.ru

В данной статье рассматривается роль и преимущества автоматизации котельных в ЖКХ.

**Ключевые слова:** автоматизация, теплоснабжение, технологии, ЖКХ, оборудование.

## ADVANTAGES OF BOILER ROOM AUTOMATION

Khairtdinova Nelya Rafisovna<sup>1</sup>, Sharipov Ilnar Ildarovich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup> FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>nelya\_khairtdinova@mail.ru, <sup>2</sup>sharipov.ii@mail.ru

This article discusses the role and advantages of boiler automation in housing and communal services.

**Keywords:** automation, heat supply, technologies, housing and communal services, equipment.

С каждым годом в мире возрастают объемы производства и строительства, что влечет за собой рост нагрузки на центральные и индивидуальные тепловые пункты, на котельное оборудование.[1] Вслед увеличиваются количество аварий с техническим оборудованием. Особую актуальность и большую народнохозяйственную значимость приобретает задача повышения эффективности и надежности функционирования систем теплоснабжения, требующая решения вопросов рационального использования топлива, материальных и трудовых ресурсов, энергосбережения, улучшения экологической обстановки и обеспечения на высоком уровне снабжения энергоресурсами населения.[3] Автоматизация котельной применяется для уменьшения нагрузки на обслуживающий персонал, освобождая его от выполнения ежедневных рутинных задач. Это также позволяет минимизировать влияние "человеческого фактора" и повысить общий уровень безопасности.

Автоматика котельной позволяет создать полностью автономный комплекс, чья производительность и надежность не зависят от наличия оператора. Все устройства работают под контролем автоматики: датчики

отслеживают соответствие текущих температурных режимов заданным значениям, подают сигналы в случае опасности и, в критических ситуациях, отправляют команду на полное отключение котельной, чтобы предотвратить сбой системы.

Примеры автоматизации котельных: автоматический розжиг пламени при его затухании; отключение горелки по достижении заданной производительности для экономии топлива; экстренное отключение системы при серьезных отклонениях от нормативных показателей для исключения аварии.

Рассмотрим основные преимущества автоматизации котельных:

Во-первых, снижение эксплуатационных расходов. Автоматическая система самостоятельно определяет наиболее эффективный режим генерации и распределения тепловой энергии, а также для систем горячего водоснабжения, подачи пара или отопления. Экономия также достигается за счет уменьшения числа сотрудников: например, промышленным предприятиям не требуется набирать большое количество специалистов для обслуживания котельной, поскольку возложенные на них задачи успешно решает автоматика.

Во-вторых, гарантия максимальной безопасности. Одним из основных аспектов обеспечения безопасности в промышленности является профессиональный уход за отопительными котельными.[4] Критическое повышение температуры теплоносителя, поломка запального модуля или горелки, превышение концентрации продуктов горения или газа в помещении, а также резкий рост давления – во всех этих случаях автоматическая система пытается решить проблему. Если проблема не устраняется, котельная отключается, чтобы предотвратить серьезные аварии, направляя уведомление обслуживающему персоналу. Автоматизации котельных показывают высокую эффективность современных систем защиты, которые тесно интегрированы с работой измерительных приборов.

В-третьих, облегчение контроля над отопительным комплексом. Точность управления достигается за счет показаний, передаваемых датчиками, специалистам не нужно вручную настраивать насосы, регулировать горелки, проводить регулярное профилактическое обслуживание.

В-четвертых, повышение экологической безопасности как самой котельной, так и обслуживаемого ею объекта. Это достигается за счет уменьшения количества сжигаемого топлива и, следовательно, выбросов загрязняющих веществ. Это особенно важно, если котельная расположена в черте города, вблизи общественных зданий или жилых домов.

Исследования показали, что использование новых материалов и технологий может значительно повысить энергоэффективность в различных отраслях промышленности.[2] Таким образом, автоматизация котельных на сегодняшний день, широко востребованная услуга. Основным направлением развития ЖКХ является замена физически устаревших котлов новыми высокоэффективными автоматизированными теплогенерирующими установками повышенной мощности. [5, С.9]

### Источники

1. Калугин М.Н. Автоматизированная система управления безопасностью в котельной // Фундаментальные исследования. 2014. № 8-5. С. 1043-1047.

2. Письменный Р.А. Применение искусственного интеллекта в автоматизации производства [Электронный ресурс] // Символ науки. 2023. № 7-2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-iskusstvennogo-intellekta-v-avtomatizatsii-proizvodstva> (дата обращения: 11.10.2024).

3. Горинов Ю.А., Анисимов П.Н. Повышение эффективности систем централизованного теплоснабжения модернизацией ИТП // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. № 24 (3). С. 101–111.

4. Сейтехалилов Е.П. Промышленная безопасность отопительных котельных (котельная типа КВГМ 1000) [Электронный ресурс] // Вестник науки. 2024. № 6 (75). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/promyshlennaya-bezopasnost-otopitelnyh-kotelnyh-kotel'naya-tipa-kvgm-1000> (дата обращения: 11.10.2024).

5. Любов В. К., Романов А.Ю. Исследование эффективности работы отопительных котельных [Электронный ресурс] // Известия вузов. Лесной журнал. 2011. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-effektivnosti-raboty-otopitelnyh-kotelnyh> (дата обращения: 11.10.2024).

## ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ ОБЪЕКТОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Шакиров Айдар Гумерович<sup>1</sup>, Сандаков Виталий Дмитриевич<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

<sup>1</sup>Shakirov241010@mail.ru

В этой статье автор рассматривает цифровые двойники объектов электроэнергетики. Выделяет их преимущества и имеющиеся недостатки.

**Ключевые слова:** компьютерные модели, цифровые двойники, электроэнергетика, технологии, энергосистема.

## DIGITAL DOUBLES OF ELECTRIC POWER FACILITIES

Shakirov Aidar Gumerovich<sup>1</sup>, Sandakov Vitaly Dmitrievich<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan

<sup>1</sup>Shakirov241010@mail.ru

In this article, the author considers the digital twins of electricity facilities. Highlights their advantages and existing disadvantages.

**Keywords:** computer models, digital twins, power engineering, technologies, power system.

Цифровые двойники объектов электроэнергетики представляют собой революционную технологию, которая трансформирует способы управления и эксплуатации энергетических систем. Эта технология становится все более важной в контексте четвертой промышленной революции и широкого внедрения интернета вещей.

Цифровой двойник — это виртуальный прототип реального объекта или системы, созданный на основе взаимосвязанных компьютерных моделей. Он отображает все компоненты жизненного цикла продукта, используя физические, виртуальные и данные взаимодействия между ними. Это позволяет проводить эксперименты, проверять гипотезы, прогнозировать поведение объекта и решать задачи управления его жизненным циклом [1].

В электроэнергетике цифровые двойники играют критически важную роль в оптимизации работы энергосистем. Они позволяют моделировать режим работы оборудования, рассчитывать потребность в топливе и определять актуальные режимы выработки и отпуска электроэнергии. Например, на тепловых электростанциях (ТЭЦ) цифровые двойники помогают выбрать наиболее эффективный режим работы, оптимизируя расход топлива и повышая маржинальную прибыль [2].

Внедрение цифровых двойников приводит к значительному экономическому эффекту. По оценкам экспертов, это может привести к экономии от 1 до 6% в год для крупных объектов энергогенерации, что составляет значительную сумму. Кроме того, цифровые двойники помогают снизить аварийность оборудования, предсказывая выход из строя при сверхпроектных режимах эксплуатации. Например, на одной из европейских электростанций система предиктивной аналитики спрогнозировала выход компрессора из строя почти за три недели до того, как это произошло, позволив компании сэкономить 3,2 млн долларов.

Цифровые двойники интегрируются в процессы планирования и управления энергосистемами, обеспечивая реальное время мониторинга параметров работы оборудования. Это позволяет оперативно и безошибочно обрабатывать огромные массивы данных, выявлять зависимости между технологическими процессами и находить оптимальные решения. В России, например, «Системный оператор Единой энергетической системы» использует более 1 млн параметров для мониторинга фактического состояния энергосистемы [3].

Одним из ключевых преимуществ цифровых двойников является повышение безопасности и надежности энергосистем. Цифровая модель позволяет менять параметры работы оборудования гораздо быстрее и безопаснее, чем во время экспериментов на оригинальных объектах. Это особенно важно для тепловых сетей, где мониторинг состояния трубопроводов напрямую влияет на надежность теплоснабжения жилых домов и социальных учреждений.

Рынок цифровых технологий в мировой энергетике активно растет, и ожидается, что он будет продолжать расти на 3–5% в год. В России участники энергорынка уже получили равный доступ к единым цифровым моделям, что должно повысить техническую и экономическую эффективность принимаемых решений по строительству электростанций и сетевых объектов. Эксперты прогнозируют, что внедрение цифровых двойников может привести к снижению конечных цен на отопление и горячую воду для потребителей и сокращению операционных расходов для энергокомпаний [4].

Хотя цифровые двойники имеют значительные преимущества, они также имеют свои ограничения. Качество данных, количество наблюдений, а также частота и погрешности замеров являются критическими факторами, влияющими на эффективность цифровых двойников. Необходимо также приводить в соответствие физическое оборудование, чтобы увеличить максимальную эффективность эксплуатации [5].

Цифровые двойники объектов электроэнергетики представляют собой мощный инструмент для оптимизации и управления энергосистемами. Они позволяют повысить эффективность бизнес-процессов, снизить аварийность, предотвратить технологические риски и обеспечить более безопасную и надежную эксплуатацию оборудования. По мере дальнейшего развития и внедрения этой технологии, мы можем ожидать значительного улучшения в работе энергетической отрасли, что будет иметь положительные последствия как для энергокомпаний, так и конечных потребителей.

### Источники

1. Jeschke S., Brecher C., Meisen T., zdemir D., Eschert T. Industrial Internet of Things and Cyber Manufacturing Systems. In: Jeschke S. Brecher C., Song H., Rawat D. (eds) Industrial Internet of Things. Springer Series in Wireless Technology. Springer, Cham. 2022. P. 23.
2. Бедняк С.Г., Бауман А.А. Цифровые двойники и области их применения // Инновации. Наука. Образование. 2021. № 26. С. 1539–1544.
3. Цифровые двойники: почему все о них говорят и всем ли они нужны? [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/company/factory5/blog/512364/> (Дата обращения: 09.11.2024).
4. Digital twin-driven product design framework / Tao F. [et al.] // International Journal of Production Research. 2019. С. 1–19.
5. Шпиганович А.Н., Шпиганович А.А., Пушница К.А. Пути развития цифровой энергетики // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2019. № 11. С. 61–70.



## ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И КИБЕРЗАЩИТА В ТЭК

Шер Максим Дмитриевич<sup>1</sup>, Микаева Светлана Анатольевна<sup>2</sup>,

Микаева Анжела Сергеевна<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>ФГБОУ ВО «РТУ МИРЭА»,

г. Москва

<sup>1</sup>best.1012.04@gmail.com, <sup>2</sup>mikaeva\_s@mirea.ru, <sup>3</sup>mikaeva@mirea.ru

В статье рассматривается важность информационных систем и кибербезопасности в секторах ТЭК. Подчеркивается, что цифровые технологии играют ключевую роль в повышении безопасности, эффективности и устойчивости операций, включая распределение ресурсов, добычу и транспортировку. Описаны примеры использования геоинформационных систем и облачных хранилищ, а также выявлены риски, связанные с киберугрозами, такими как вирусные атаки и утечка данных. В качестве мер по обеспечению киберзащиты предлагаются обновление программного обеспечения, обучение персонала и мониторинг инцидентов. В итоге, внедрение инновационных технологий способствует улучшению безопасности и экономической устойчивости предприятий ТЭК.

**Ключевые слова:** Информационные системы, кибербезопасность, ТЭК, цифровые технологии, устойчивость, утечка данных, мониторинг инцидентов, интонационные технологии, обучение персонала, геоинформационные системы.

## DIGITAL TECHNOLOGIES AND CYBER DEFENSE IN THE FUEL AND ENERGY SECTOR

Sher Maxim Dmitrievich<sup>1</sup>, Mikaeva Svetlana Anatolyevna<sup>2</sup>, Mikaeva Angela Sergeevna<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>FGBOU IN "RTU MIREA",

Moscow, Russia

<sup>1</sup>best.1012.04@gmail.com, <sup>2</sup>mikaeva\_s@mirea.ru, <sup>3</sup>mikaeva@mirea.ru

The article discusses the importance of information systems and cybersecurity in the fuel and energy sectors. It is emphasized that digital technologies play a key role in improving the safety, efficiency and sustainability of operations, including resource allocation, extraction and transportation. Examples of the use of geoinformation systems and cloud storage are described, and the risks associated with cyber threats such as virus attacks and data leakage are identified. Software updates, staff training, and incident monitoring are offered as cyber defense measures. As a result, the introduction of innovative technologies contributes to improving the safety and economic sustainability of fuel and energy companies.

**Keywords:** Information systems, cybersecurity, fuel and energy complex, digital technologies, sustainability, data leakage, incident monitoring, intonation technologies, personnel training, geoinformation systems.

В наше время в любой сфере деятельности, а также в любом предприятии нельзя обойтись без каких-либо информационных систем, от которых зависят основные факторы такие как безопасность, бесперебойная работа и устойчивость. Сегодня очень огромное внимание уделяется кибербезопасности и оно возрастает с каждым годом, также это беспокоит организацию ТЭК и другие промышленные отрасли. Эффективная киберзащита и роль цифровых технологий смогут обеспечить безопасность и надежность всех объектов ТЭК, что в свою очередь имеет колоссальное значение для национальной безопасности и экономической устойчивости [1].

Роль цифровых технологий в ТЭК быстро внедряется в различные области, например, начиная с распределения энергетических ресурсов, далее добычи полезных ископаемых и транспортировкой. Данная система помогает следить за состоянием оборудования в данное время, повысить эффективность работы, сократить расходы и мониторить бесперебойное состояние оборудования. Один из примеров цифрового инструмента геоинформационная система (ГИС) которые помогают проанализировать значительные объемы геоданных. Данная система сможет помочь верно оценить место рождение ресурсов [2, 3].

Следующий пример это логистика в ТЭК, а конкретно в транспортировке грузов, которые требуют своих подходов, именно цифровые инструменты смогут отслеживать маршруты транспортировки, следить за состоянием грузов в настоящее время, а также автоматизировать пути доставки. Аналитика информации позволяет подробно исследовать информацию о движении грузов, которые дает возможность предвидеть возможные задержки и устранить их до того, как возникнет проблема [4, 5].

Еще один пример это облачное хранилище, которое позволяет компании ТЭК безопасно хранить и обрабатывать данные. Доступ к ним можно получить в любое время и из любого места, такая система позволяет удобно делать совместно работу находясь в разных местах. Это сокращает сроки и улучшает процесс работы.

Далее киберугроза в ТЭК, так как с переходом на цифровые технологии компания становится слабой перед различными угрозами. Например – это могут быть: вирусы, атаки хакеров, внедрение вредоносных программ, которые могут очень серьезно навредить всей функциональной системе. Данные последствия могут повлечь за собой утечку конфиденциальной информации и отключить всю систему управления. Киберугрозы могут привести к сбоям в работе, угрозам для жизни работников и повреждению оборудования. Исходя из этого риски постоянно растут, что непосредственно влияет на безопасность в ТЭК.

Еще одна проблема киберугрозы считается отсутствие специалистов в области кибербезопасности, так как компании, когда нанимают сотрудников не имеют достаточной информации для найма, что увеличивает риски непродуктивной работы.

Еще одна из проблем это DDOS атаки, которые проводятся с целью нарушения подачи электроэнергии или управления сетью.

И последние нарушение конфиденциальности — это утечка данных клиентов и сотрудников ТЭК так как любой сотрудник может потерять устройство с конфиденциальной информацией в дальнейшем попав в не те руки.

Мера предосторожности при защите от киберугроз в компании ТЭК. Во-первых - это кибербезопасность. Компания должна регулярно обновлять программное обеспечение, включать установку антивирусного ПО, не забывать об использовании шифрования и двухфакторной аутентификации для контроля доступа ко всем системам. Во-вторых - это обучение персонала кибербезопасности к примеру, это могут быть все различные тренинги по предотвращению всевозможных угроз для предотвращения утечки данных. Далее это шифрование данных как в хранилищах, так и на устройствах сотрудников. В-третьих - это мониторинг на какие-либо инциденты, компании необходимо установить IDS для выявления подозрительных действий.

Также важным пунктом является безопасность поставщиков и подрядчиков для всех сотрудников, работающих в ТЭК. Необходимо проводить постоянные опросы и исследования мнений сотрудников о мерах безопасности, что необходимо улучшить и выявить какие есть недочеты. У компании должен быть разработан план по восстановлению после хакерской атаки. Данные примеры решений ситуации по кибербезопасности помогут компании ТЭК бороться с угрозами, адаптироваться к меняющимся условиям, а также постоянно улучшать и обновлять систему безопасности, что поможет значительно уменьшить возможность надвигающихся атак.

Внедрение инновационных технологий в ТЭК помогают улучшить эффективность и безопасность работы. Использование данных технологий позволит компании улучшить эффективность работы, снизить затраты. Для наилучшей защиты ТЭК цифровые технологии и киберзащита должны постоянно совершенствоваться.

## Источники

1. Мишин И.Д., Назаренко М.А., Микаева С.А., Журавлева Ю.А., Абрамова Н.В. Исследования Алгоритма Шифрования DES // Перспективные материалы и технологии (ПМТ-2024): сборник докладов Международной научно-технической конференции. 2024. С. 223–228.

2. Микаева А.С., Микаева С.А. Применение Инновационных технологий как способ развития предприятия // Актуальные проблемы социально-экономической статистики и цифровизации экономических расчетов: сборник научных статей III Всероссийской научно-практической конференции. Нижний Новгород, 2024. С. 386–383.

3. Микаева С. А., Журавлева Ю. А. Полупроводниковые приборы и источники света. Цифровые электронные устройства. Алгоритмы обработки цифровой информации. 2025.

4. Микаева С.А., Микаева А.С. Промышленная электроника. Промышленные электронные устройства. Процессы контроля промышленных электронных устройств. 2023.

5. Ларшина Э.Л., Микаева С.А., Ходакова Н.П. Цифровые технологии в образовательном процессе // Педагогическая информатика. 2022. № 4. С. 203–215.

## ИНТЕГРАЦИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ В СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УМНЫМИ ГОРОДАМИ

Щербенев Николай Андреевич  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
kolasi0978@mail.ru

В данной статье мы анализируем, как цифровые двойники могут улучшить управление транспортными системами, коммунальными ресурсами и взаимодействие с населением, повышая эффективность и качество городской инфраструктуры. Обсуждаем перспективы использования инновационных технологий для создания более устойчивых и адаптивных моделей управления.

**Ключевые слова:** цифровые двойники, умные города, оптимизация, городские услуги, транспортные системы, коммунальные ресурсы, инновации, искусственный интеллект, безопасность данных, взаимодействие с населением.

## INTEGRATION OF DIGITAL TWINS INTO SMART CITY MANAGEMENT SYSTEMS

Scherbenev Nikolay Andreevich  
FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
kolasi0978@mail.ru

In this paper we analyze how digital twins can improve the management of transportation systems, utility resources and interaction with the population, increasing the efficiency and quality of urban infrastructure. We discuss the prospects for using innovative technologies to create more resilient and adaptive governance models.

**Keywords:** digital twins, smart cities, optimization, urban services, transport systems, municipal resources, innovation, artificial intelligence, data security, interaction with the population.

Умные города представляют собой современный подход к управлению городскими ресурсами и услугами, в которых активно применяются передовые технологии для повышения качества жизни жителей и увеличения эффективности использования ресурсов. Основной целью умных городов является создание комфортной и безопасной городской среды, которая учитывает потребности граждан и эффективно реагирует на вызовы [1]. Цифровой двойник (ЦД), в свою очередь, является виртуальной моделью физического объекта или системы, которая позволяет проводить анализ, моделирование и прогнозирование.

ЦД значительно оптимизируют городские услуги, улучшая управление и качество жизни. Они применяются для управления транспортными системами, используя данные в реальном времени для прогнозирования заторов и оптимизации маршрутов, что снижает время в пути. В управлении коммунальными ресурсами, например, в водоснабжении, цифровые двойники помогают мониторить состояния сетей, обнаруживать утечки и проводить профилактическое обслуживание, что уменьшает расходы и негативное воздействие на экологию. Они также способствуют более обоснованному планированию городской инфраструктуры, позволяя моделировать сценарии для новых жилых комплексов и общественных пространств [4]. Кроме того, цифровые двойники улучшают взаимодействие между службами и гражданами через интерактивные платформы для сообщения о проблемах.

Интеграция ЦД в системы управления требует внимательного подхода к как технологическим, так и организационным аспектам. Одним из ключевых элементов успеха этой интеграции является создание эффективных систем сбора и анализа данных при помощи передовых технологий Интернета вещей (IoT), обеспечивая постоянный мониторинг городской инфраструктуры. Городские службы и организации зачастую используют разнообразные программные и аппаратные решения, которые могут не подходить для активации современных цифровых технологий [2]. Поэтому ключевым аспектом интеграции является установление стандартов и протоколов, которые обеспечат совместимость между различными системами и устройствами. Это включает в себя создание унифицированных платформ для управления данными, которые могут эффективно взаимодействовать друг с другом, а также с цифровыми двойниками. Успешная интеграция цифровых двойников требует создания междисциплинарных команд, состоящих из специалистов различных областей: от инженеров и IT-экспертов до экономистов и управленцев. Важно, чтобы все участники процесса понимали общую стратегию и цели внедрения цифровых технологий, что способствует более плавной интеграции и минимизации возможных конфликтов [3].

Ожидаемые тенденции включают в себя дальнейшую интеграцию искусственного интеллекта (AI) и машинного обучения в цифровые двойники, что позволит повысить их точность и адаптивность. Эти технологии смогут обрабатывать огромные объемы данных и выявлять закономерности, позволяя городским администрациям не только реагировать на возникающие проблемы, но и предсказывать будущие события. Кроме

того, в будущем цифровых двойников входит возможность использования больших данных для само моделирования различных сценариев развития городской инфраструктуры. Благодаря цифровым двойникам можно будет проводить эксперименты с различными планами застройки и управлением транспортом [5].

Таким образом, хотя будущее цифровых двойников в управлении умными городами выглядит перспективным, оно требует комплексного и проработанного подхода к решению существующих вызовов. Поддержка на уровне политики, активное вовлечение общества и готовность к инновациям будут основными факторами, способствующими успешной интеграции этих технологий и обеспечивающими устойчивое и умное развитие городов в будущем.

### **Источники**

1. Иванов С.А., Никольская К.Ю., Радченко Г.И., Соколинский Л.Б., Цымблер М.Л. Концепция построения цифрового двойника города // Вестник ЮУрГУ. Серия: Вычислительная математика и информатика. 2020. Т. 9, № 4. С. 5–23.

2. Кабанов А.А., Фёдоров И.А. Архитектура системы управления цифровыми двойниками производств как основа интеграции различных моделей их представлений // Вестник РГРТУ. 2022. № 82. С. 162–176.

3. Al-Sehrawy et al. A Digital Twin Uses Classification System for Urban Planning & City Infrastructure Management // Information Technology in Construction. 2021. Vol. 26. P. 832–862.

4. Менн А.А., Дозорцев В.М. Цифровые двойники в городском хозяйстве // Автоматизация в промышленности. 2022. № 7. С. 15–23.

5. Хельги Лаб: цифровые двойники для «Умных городов» [Электронный ресурс] // ГИСОГД. URL: <https://gisogd.ru/tpost/kebaznjfg1-helgi-lab-tsifrovie-dvoyniki-dlya-umnih?ysclid=m37irrfobb507061925> (дата обращения: 07.11.2024)

## ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА В РОССИИ

Юсупова Регина Ильдаровна<sup>1</sup>, Зарипова Римма Солтановна<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
reginayusupova2805@gmail.com

В статье рассматривается проблема повышения энергоэффективности жилищно-коммунального хозяйства через внедрение цифровых технологий. Анализируются данные о текущем состоянии энергопотребления в различных регионах России, а также приводится статистика по использованию умных счетчиков и систем управления на основе интернета вещей (IoT).

**Ключевые слова:** цифровизация, жилищно-коммунальное хозяйство, энергоэффективность, умные счетчики, интернет вещей, большие данные.

## DIGITAL TRANSFORMATION OF HOUSING AND COMMUNAL SERVICES IN RUSSIA

Yusupova Regina Ildarovna<sup>1</sup>, Zaripova Rimma Soltanovna<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
reginayusupova2805@gmail.com

The article deals with the problem of improving the energy efficiency of housing and communal services through the introduction of digital technologies. Data on the current state of energy consumption in various regions of Russia are analyzed, as well as statistics on the use of smart meters and control systems based on the Internet of Things (IoT).

**Keywords:** digitalization, housing and communal services, energy efficiency, smart meters, Internet of things, big data.

В последние годы наблюдается стремительный рост интереса к цифровым решениям, которые могут существенно повысить энергоэффективность жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ). Регионы часто сталкиваются с проблемой внедрения современных технологий из-за нехватки финансирования, недостатка квалифицированных кадров и отсутствия единой стратегии цифровизации для всей страны [3]. Актуальность исследования обусловлена необходимостью перехода к устойчивым моделям потребления и использования энергоресурсов,



особенно в условиях изменения климата и нарастающих экологических проблем. Цель исследования – анализ текущего состояния и перспектив цифровой трансформации ЖКХ в России.

Рынок жилищно-коммунальных услуг включает в себя широкий спектр услуг по управлению и обслуживанию жилых объектов, а также смежной инфраструктуры. Согласно исследованиям, объем рынка услуг ЖКХ на 2023 год составил 8,1 трлн рублей, что на 8,2% превышает показатели предыдущего года [1]. Это подтверждает стабильный рост данного сектора (рис.1).

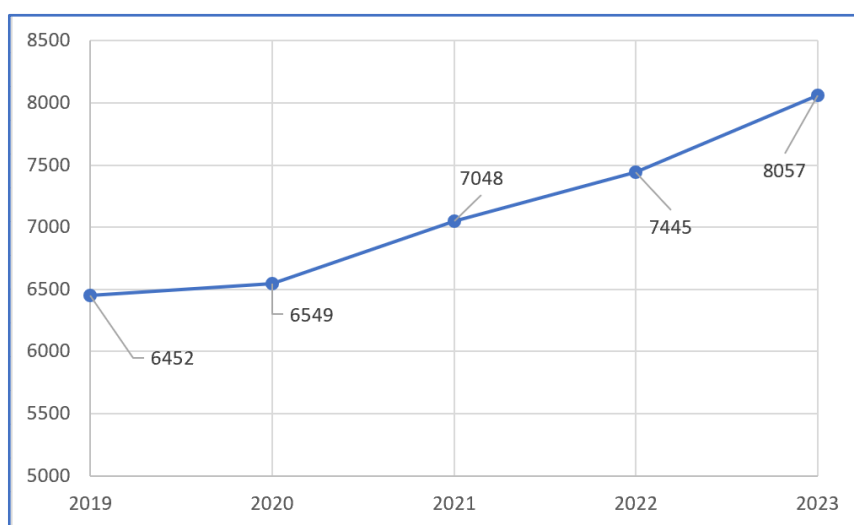


Рис. 1. Динамика объема рынка услуг ЖКХ, 2019-2023 гг., млрд руб.

Ключевым фактором наблюдаемого роста являются цифровые технологии. В контексте данной трансформации важно проанализировать основные технологии и предложить стратегические пути дальнейшего развития.

1. Умные счетчики – это устройства, обеспечивающие точный учет и анализ данных о потреблении в реальном времени [4]. Такие счетчики способствуют эффективному разграничению тарифов и снижению финансовых затрат как для потребителей, так и для поставщиков услуг. К 2025 году ожидается, что количество «умных» счетчиков электроэнергии, тепла, воды и газа в нашей стране достигнет 39 миллионов единиц, а их внедрение позволит жителям сократить расходы на коммунальные услуги примерно на 13%.

2. Современные системы управления, основанные на интернете вещей (IoT) и облачных технологиях, предоставляют коммунальным службам инструменты для мониторинга состояния инфраструктуры,

выявления утечек и оптимизации нагрузок. К примеру, использование программы «ТЭК» в регионах России уже позволило сократить потребление электроэнергии на 15-20% благодаря оптимизации работы насосных станций [2].

3. Применение технологий больших данных для планирования и распределения ресурсов более эффективно, минимизируя риски нехватки энергии в пиковые моменты. Применение алгоритмов машинного обучения и аналитических методов позволяет строить точные прогнозы потребления на основе климатических условий, сезонности, экономической активности и социальных характеристик [5].

Таким образом, внедрение цифровых технологий в жилищно-коммунальное хозяйство критически важно для устойчивого развития России. Успешная цифровизация требует целостного подхода с единой стратегией, обеспечивающей совместимость систем и координацию процессов.

### **Источники**

1. Реброва О.В., Зарипова Р.С. Цифровизация сферы ЖКХ / Вектор развития управленческих подходов в цифровой экономике: материалы III Всероссийской научно-практической конференции. Казань, 2021. С. 285–287.

2. ГидМаркет. Рынок услуг ЖКХ в России: тенденции и перспективы [Электронный ресурс]. URL: <https://gidmark.ru/news/ryinok-uslug-zhkh-v-rossii-tendenczii-i-perspektivy/> (дата обращения: 27.10.2023).

3. Столяров И.С., Зарипова Р.С. Цифровые технологии В ТЭК и ЖКХ: современные вызовы и перспективы // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве. материалы IX Национальной научно-практической конференции. Казань, 2024. С. 402-404.

4. Эффективное энергопотребление: роль и значение [Электронный ресурс] // CNews. URL: [https://www.cnews.ru/articles/2023-04-19\\_effektivnoe\\_energopotreblenie\\_rol](https://www.cnews.ru/articles/2023-04-19_effektivnoe_energopotreblenie_rol) (дата обращения: 27.10.2023).

5. Басов В.В. Цифровизация жилищно-коммунального хозяйства в Российской Федерации на современном этапе // Научные исследования студентов и учащихся. 2022. С. 51.

УДК 004.9

**ЦИФРОВИЗАЦИЯ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА  
С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Миниханов Ринат Рафисович<sup>1</sup>, Хуснутдинов Азат Назипович<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup> ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>rinat.minihanov@gmail.com, <sup>2</sup>khusnutdinov.an.kgeu@mail.ru

В статье рассмотрены современные подходы к цифровизации процессов управления жилищно-коммунальным хозяйством (ЖКХ) с применением интеллектуальных технологий. Описаны методы использования интернета вещей (IoT) и больших данных для автоматизации работы коммунальных служб. Представлены результаты внедрения интеллектуальных систем для оптимизации использования ресурсов и повышения энергоэффективности в ЖКХ.

**Ключевые слова:** цифровизация, ЖКХ, интернет вещей, большие данные, интеллектуальные технологии, энергоэффективность.

**DIGITALIZATION OF HOUSING AND COMMUNAL SERVICES USING INTELLIGENT TECHNOLOGIES**

Minikhanov Rinat Rafisovich<sup>1</sup>, Khusnutdinov Azat Nazipovich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
<sup>1</sup>rinat.minihanov@gmail.com, <sup>2</sup>khusnutdinov.an.kgeu@mail.ru

The article discusses modern approaches to the digitalization of housing and communal services management processes using intelligent technologies. Methods of using the Internet of Things (IoT) and big data for the automation of utility services are described. The results of implementing intelligent systems for resource optimization and increasing energy efficiency in housing and communal services are presented.

**Keywords:** digitalization, housing and communal services, Internet of Things, big data, intelligent technologies, energy efficiency.

Цифровизация является одним из ключевых трендов в развитии жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ) и позволяет автоматизировать многие процессы, связанные с управлением ресурсами [1, С.5]. Интеллектуальные системы, построенные на базе интернета вещей (IoT) и больших данных, предоставляют новые возможности для повышения эффективности работы коммунальных служб [2, С.28].

Одним из главных направлений цифровизации ЖКХ является внедрение «умных» счетчиков и датчиков, которые позволяют в реальном времени отслеживать потребление электроэнергии, воды и газа. Эти системы не только помогают уменьшить потери ресурсов, но и дают возможность прогнозировать их потребление, что особенно актуально в условиях растущей нагрузки на инфраструктуру [3, С.102].

Интеллектуальные системы управления коммунальными сетями также играют важную роль в мониторинге состояния оборудования и предотвращении аварийных ситуаций. По данным исследований, внедрение таких решений позволило снизить количество аварий на водопроводных и тепловых сетях до 20% за последние пять лет [4, С.103].

Кроме того, системы на основе больших данных позволяют эффективно анализировать и планировать обслуживание коммунальных объектов, оптимизируя графики ремонта и модернизации инфраструктуры. Это снижает затраты на эксплуатацию и увеличивает срок службы оборудования [5].

Таким образом, цифровизация ЖКХ с применением интеллектуальных технологий открывает новые горизонты для повышения энергоэффективности, надежности и снижения затрат на обслуживание коммунальной инфраструктуры.

### **Источники**

1. Кузнецов А.Б. Цифровизация ЖКХ: современные тенденции и перспективы // Проблемы энергетики. 2020. № 4. С. 5-10.
2. Иванова М.А., Сидоров А.В. Применение интеллектуальных систем в управлении ресурсами ЖКХ // Вестник КГЭУ. 2021. № 2. С. 28-34.
3. Муравьев П.Г. Цифровые технологии в коммунальных службах: примеры внедрения и анализа // Современные технологии в ЖКХ. 2022. Т. 12. № 1. С. 100-106.
4. Emekeev A.A., Sagdatullin A.M. IoT in Housing Services: A Big Data Approach // Applied Mechanics and Materials. 2021. Т. 860. С. 95-103.
5. Электронный ресурс: Интернет вещей в ЖКХ // <https://iot-in-jkh.ru> (дата обращения: 20.03.24).

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ В УПРАВЛЕНИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ

Миниханов Ринат Рафисович<sup>1</sup>, Хуснутдинов Азат Назипович<sup>2</sup>  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>rinat.minihanov@gmail.com, <sup>2</sup>khusnutdinov.an.kgeu@mail.ru

В статье рассматривается использование интеллектуальных технологий для эффективного управления энергетическими ресурсами в топливно-энергетическом комплексе. Описаны современные методы автоматизации с применением алгоритмов искусственного интеллекта и машинного обучения. Особое внимание уделено задачам прогнозирования энергопотребления и совершенствования работы электрических сетей. Приводятся примеры внедрения таких систем в энергетическом секторе, что позволило увеличить энергоэффективность и сократить затраты на эксплуатацию инфраструктуры.

**Ключевые слова:** интеллектуальные технологии, управление ресурсами, ИИ, машинное обучение, прогнозирование потребления, эффективность энергосистем.

## SIMULATION OF INTELLIGENT SYSTEMS IN ENERGY RESOURCE MANAGEMENT

Minikhanov Rinat Rafisovich<sup>1</sup>, Khusnutdinov Azat Nazipovich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
<sup>1</sup>rinat.minihanov@gmail.com, <sup>2</sup>khusnutdinov.an.kgeu@mail.ru

This article explores the use of intelligent technologies for efficient management of energy resources in the fuel and energy sector. It describes modern automation methods that employ artificial intelligence and machine learning algorithms. Special attention is given to tasks such as energy consumption forecasting and optimization of power grid operations. Examples of implementing these systems in the energy sector are provided, demonstrating increased energy efficiency and reduced infrastructure maintenance costs.

**Keywords:** intelligent technologies, resource management, AI, machine learning, consumption forecasting, energy system efficiency.

Современное развитие ТЭК (топливно-энергетического комплекса) требует внедрения интеллектуальных систем управления, способных обеспечить эффективное распределение ресурсов и поддержание стабильной работы сетей [1, С.14]. Одним из ключевых направлений является использование методов машинного обучения для прогнозирования потребностей в энергии. Эти системы могут анализировать большие объемы данных, чтобы точно прогнозировать пики потребления и адаптировать работу энергосетей в реальном времени [2, С.3].

Применение интеллектуальных систем особенно актуально в условиях увеличения доли возобновляемых источников энергии, где колебания в генерации требуют гибкого управления сетями. По данным исследований [3, С.26], внедрение таких решений позволило обеспечить снижение потерь энергии до 15% в крупных энергосетях.

Кроме того, интеллектуальные системы успешно используются для автоматического обнаружения и предотвращения аварийных ситуаций в энергосетях [4, С.635]. Современные системы мониторинга на базе искусственного интеллекта способны предсказывать возможные сбои в оборудовании и предотвращать их до того, как они вызовут масштабные отключения [5, С.2]. Такие решения способствуют повышению надежности и сокращению затрат на обслуживание.

Таким образом, внедрение интеллектуальных систем в ТЭК открывает новые возможности для повышения энергоэффективности и надежности энергоснабжения, что особенно важно в условиях глобальной цифровизации энергетической отрасли.

### **Источники**

1. Муравьева Е.А. Автоматизированное управление промышленными технологическими установками на основе многомерных логических регуляторов: автореф. дис. д-ра техн. наук. Уфа, 2013.

2. Иванов И.И., Петров П.П. Прогнозирование потребления электроэнергии в интеллектуальных энергосетях // Вестник КГЭУ. 2020. № 3. С. 45-50.

3. Емекеев А.А., Сагдатуллин А.М. Интеллектуальное управление энергосистемами // Проблемы энергетики. 2021. Т. 27. № 4. С. 22-30.

4. Sagdatullin A.M., Emekeev A.A. Machine Learning in Energy Resource Management // Applied Mechanics and Materials. 2022. Т. 756. С. 633–639.

5. Массомер CORIMASS 10G+ MFM 4085 K/F [Электронный ресурс]. URL: [http://cdn.krohne.com/dlc/MA\\_CORIMASS\\_G\\_ru\\_72.pdf](http://cdn.krohne.com/dlc/MA_CORIMASS_G_ru_72.pdf) (дата обращения: 12.03.23).

## РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОТОПЛЕНИЕМ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В ЖКХ

Нуртдинов Рифат Салаватович<sup>1</sup>, Шакирзянов Руслан Альбертович<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет  
им. А.Н. Туполева–КАИ», г. Казань  
<sup>1</sup>nurrifat11r24r@gmail.com, <sup>2</sup>ruslan.shaker@gmail.com

В работе представлена разработка интеллектуальной системы управления отоплением на базе Arduino и датчиков температуры для повышения энергоэффективности в ЖКХ. Система автоматически поддерживает заданную температуру и управляет нагревательным элементом. Описаны математическая модель, алгоритм управления и структурная схема, способствующие снижению энергозатрат и повышению комфорта.

**Ключевые слова:** интеллектуальная система, управление отоплением, энергоэффективность, ЖКХ, микроконтроллер, Arduino, датчики температуры, автоматизация, климат-контроль, теплопередача.

## DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT HEATING CONTROL SYSTEM TO IMPROVE ENERGY EFFICIENCY IN THE HOUSING AND UTILITIES SECTOR

Nurtdinov Rifat Salavatovich<sup>1</sup>, Shakirzyanov Ruslan Albertovich<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev–KAI,  
Kazan  
<sup>1</sup>nurrifat11r24r@gmail.com, <sup>2</sup>ruslan.shaker@gmail.com

The paper presents the development of an intelligent heating control system based on Arduino and temperature sensors to improve energy efficiency in the housing and utilities sector. The system automatically maintains the set temperature and controls the heating element. The mathematical model, control algorithm and structural diagram are described, which contribute to reducing energy costs and improving comfort.

**Keywords:** intelligent system, heating control, energy efficiency, housing and utilities, microcontroller, Arduino, temperature sensors, automation, climate control, heat transfer

Интеллектуальные системы отопления, разработанные для использования в ЖКХ, позволяют эффективно регулировать микроклимат, снижая энергозатраты и улучшая комфорт. Одним из современных решений является система на базе микроконтроллера Arduino, которая собирает данные с датчиков температуры и управляет нагревательными элементами. Эта технология обеспечивает автоматическое поддержание температуры, что

способствует экономии энергии и повышению эффективности отопления. Как отмечено, «датчики температуры и влажности собирают данные о текущем состоянии микроклимата, обеспечивая точный контроль и предотвращение перегрева или переохлаждения помещений».[1]

Система включает следующие компоненты:

- датчики температуры для измерения микроклимата помещения;
- микроконтроллер Arduino, выполняющий обработку данных от датчиков и управляющий нагревом;
- нагревательные элементы, регулируемые на основе данных о текущей температуре;
- пользовательский интерфейс для настройки температурного режима.

Эти компоненты объединены в структурную схему с общей шиной, что упрощает интеграцию и делает управление системой централизованным и эффективным. По данным «Энергетических систем», «контроллеры и термостаты обрабатывают данные от датчиков и управляют работой отопительных приборов, позволяя устанавливать различные режимы отопления в зависимости от времени суток или дня недели» [2].

Модель включает уравнение теплопередачи, учитывающее разность температур между нагревателем и помещением. Например, формула требуемой мощности:

$$Q = V \cdot \Delta t \cdot k / 860,$$

где  $Q$  – мощность;  $V$  – объем помещения;  $\Delta t$  – разница температур;  $k$  – коэффициент теплопотерь.

Алгоритм работы системы включает измерение температуры, сравнение её с установленным значением и регулирование нагрева. Например, если температура ниже заданной, система активирует нагреватель, а при достижении желаемого уровня – отключает его. «Термостаты с программированием позволяют устанавливать различные режимы отопления в зависимости от времени суток или дня недели, что обеспечивает более рациональное потребление энергии»

Система реализована на платформе Arduino с использованием программы, написанной на упрощённом языке программирования C++. Программный код позволяет считывать данные с датчика, преобразовывать их в значения температуры и, в зависимости от условий, включать или выключать нагревательный элемент.

Примерный код:

```
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
```



```

int sensorPin = A0;
int relay = 7;
int threshold = 25;
int lastCelsius = 0;
bool isHeatingOn = false;
void setup() {
  lcd.begin(16, 2);
  pinMode(relay, OUTPUT);
}
void loop() {
  int reading = analogRead(sensorPin);
  int celsius = reading / 2; // Поменяйте на корректную формулу для
датчика
  if (celsius != lastCelsius || (celsius < threshold) != isHeatingOn) {
    lastCelsius = celsius;
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Temp: ");
    lcd.print(celsius);
    lcd.print("C ");
    if (celsius < threshold) {
      digitalWrite(relay, HIGH); // Включение нагревателя
      isHeatingOn = true;
      lcd.setCursor(0, 1);
      lcd.print("Heating: ON ");
    } else {
      digitalWrite(relay, LOW); // Отключение нагревателя
      isHeatingOn = false;
      lcd.setCursor(0, 1);
      lcd.print("Heating: OFF");
    }
  }
  delay(500);
}

```

Разработка системы управления отоплением на базе Arduino продемонстрировала высокую эффективность в автоматическом регулировании температуры и снижении затрат на энергопотребление. Внедрение таких систем в ЖКХ способствует повышению энергоэффективности и удобства

эксплуатации. Данная разработка может быть усовершенствована путем добавления Wi-Fi модуля для удаленного контроля и управления системой с мобильных устройств, что также повысит удобство использования и общую энергоэффективность.

### **Источники**

1. Датчики температуры и влажности: собирают данные о текущем состоянии микроклимата, обеспечивая точный контроль и предотвращение перегрева или переохлаждения помещений // СМАРТЭП. URL: <https://smarterp.ru/umnoe-otoplenie-kak-avtomatizirovat-sistemu-v-chastnom-dome/> (дата обращения: 08.11.2024).

2. Поддержание оптимальных параметров микроклимата производственных и жилых помещений. Приборы для определения параметров микроклимата // ТОК24. URL: [https://tok24.ru/28/Section28\\_59/Section28\\_229/Default.aspx](https://tok24.ru/28/Section28_59/Section28_229/Default.aspx) (дата обращения: 08.11.2024).

## БУДУЩЕЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СЕТЕЙ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ SMART GRID

Потапов Артур Павлович

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
potapov.a.p\_20@kgeu.ru

В данной статье исследуется применение сетей Smart Grid. Представлено описание технологии, а также обсуждаются актуальность и причины внедрения интеллектуальных сетей. Рассматривается решение проблем с использованием данной технологии. Описаны области применения таких сетей, а также преимущества их применения в энергетическом секторе.

**Ключевые слова:** электроэнергетика, интеллектуальная сеть, smart grid, энергоэффективность, электросети.

## THE FUTURE OF SMART GRID

Potapov Artur Pavlovich

FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
potapov.a.p\_20@kgeu.ru

This article examines the application of Smart Grid networks. It presents a description of the technology, and discusses the relevance and reasons for the implementation of smart grid. It considers solving problems using this technology. The areas of application of such networks are described, as well as the advantages of their use in the energy sector.

**Keywords:** electric power industry, smart grid, smart grid, energy efficiency, power grids.

В современном мире проблема модернизации электросетей становится все более актуальной. Это связано с множеством факторов, таких как износ существующих систем, растущие потребности в электроэнергии, развитие альтернативных источников и необходимость их интеграции в действующую инфраструктуру. Эти процессы требуют от компаний поиска новых моделей создания ценности и адаптации к изменяющимся условиям рынка, а решение этих задач требует комплексного подхода к обновлению электроснабжения, что не только повысит надежность и эффективность электросистем, но и улучшит её устойчивость к различным внутренним и внешним угрозам.

Энергетика в мире развивается по двум направлениям и представлена большой и малой (распределенной) энергетикой [5].

Одним из наиболее перспективных направлений в этой области является внедрение интеллектуальных сетей, известных как Smart Grid. Эти системы представляют собой передовые технологии нового поколения, которые позволяют значительно повысить эффективность и надежность энергетических систем за счёт оперативного управления инфраструктурой, оптимизируют процессы передачи и распределения электроэнергии, а также способствуют повышению безопасности и снижению нагрузки в периоды пикового потребления за счёт способности к восстановлению после неполадок.

Технология умных сетей призвана решить большую часть имеющихся проблем электросетей, поэтому использование интеллектуальных систем будет расти.

Интеллектуальная сеть дает разнообразные возможности каждому потребителю через оптимальное управление электропитанием уравновесить энергию в системе, связанной с собственными источниками энергии, нагрузкой (потреблением) и хранением с использованием энергоёмких батарей [2].

Техническое совершенствование распределительных сетей все больше приближает их по характеристикам к сетям высоких классов напряжений и открывает новые возможности по управлению ими [1].

Технология Smart Grid представляет для нас важный элемент в развитии энергетической инфраструктуры, обеспечивая более эффективное и устойчивое электроснабжение потребителей.

Быстрый рост этой технологии обусловлен её преимуществами в виде стабильной работоспособности, а также стремлением к более гибким и адаптивным решениям, что открывает новые возможности для развития энергетического сектора, делая его более ориентированным на будущее.

### **Источники**

1. Паздерин А.В., Мухлынин Н.Д. Поточная модель оценивания состояния и оптимизации режимов работы распределительных сетей // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2016. № 9-10. С. 3–15.

2. Четошникова Л.М., Смоленцев Н.И., Четошников С.А., Гусаров Г.В. Автономные системы электроснабжения с возобновляемыми источниками энергии и умной сетью // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2018. Т. 20, № 5-6. С. 3–12.

3. Билалова А.И., Доманов В.И., Петрова М.В. Прогнозирование потребления и повышение качества электроэнергии: учебное пособие. Ульяновск: УлГТУ, 2023. 228 с.

4. Стрельников Н.А. Энергосбережение в системах электроснабжения и энергопотребления: учебное пособие. Новосибирск : НГТУ, 2023. 103 с.

5. Шерязов С.К., Исенов С.С., Искаков Р.М., Кайдар А.Б. Основные типы ветротурбин-генераторов в системе электроснабжения // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23, № 5. С. 24–33. <https://doi.org/10.30724/1998-9903-2021-23-5-24-33>.

6. Системы гарантированного электропитания : учебно-методическое пособие / П. Ю. Виноградов, О. В. Воробьев, И. В. Копылова, Б. Г. Шамсиев. Санкт-Петербург : СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича, 2022. 79 с.

## ПРОБЛЕМЫ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ТЭК И ЖКХ

Салихова Гузель Рамилевна<sup>1</sup>, Шарипов Ильнар Ильдарович<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>guzzelka.sal@gmail.com, <sup>2</sup>sharipov.ii@mail.ru

Статья посвящена актуальным вопросам кибербезопасности в сфере топливно-энергетического комплекса (ТЭК) и жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ). Рассмотрены основные угрозы, с которыми сталкиваются интеллектуальные системы этих секторов, включая вирусы, атаки DDoS, уязвимости в ПО и социальную инженерию. Освещены последствия кибератак, предложены меры по обеспечению кибербезопасности. Также были обсуждены тенденции и прогнозы на будущее кибербезопасности.

**Ключевые слова:** кибербезопасность, интеллектуальные системы, шифрование данных, угрозы.

## CYBERSECURITY ISSUES IN INTELLIGENT ENERGY AND UTILITIES SYSTEMS

Salihova Guzel Ramilevna<sup>1</sup>, Sharipov Inar Ildarovich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>guzzelka.sal@gmail.com, <sup>2</sup>sharipov.ii@mail.ru

The article is devoted to topical issues of cybersecurity in the field of fuel and energy complex (fuel and energy complex) and housing and communal services (housing and communal services). The main threats faced by intelligent systems in these sectors, including viruses, DDoS attacks, software vulnerabilities and social engineering, are considered. The consequences of cyber attacks are highlighted, and measures to ensure cybersecurity are proposed. Trends and forecasts for the future of cybersecurity were also discussed.

**Keywords:** cybersecurity, intelligent systems, data encryption, threats.

Интеллектуальные системы в топливно-энергетическом комплексе (ТЭК) и жилищно-коммунальном хозяйстве (ЖКХ) представляют собой сложные технологические решения, которые используют современные информационные и коммуникационные технологии для оптимизации процессов управления, мониторинга и обслуживания инфраструктуры [1, С. 38].

К основным примерам интеллектуальных систем относятся:

1. Умные сети (Smart Grids): это электрические сети, способные автоматически регулировать распределение нагрузки, интегрировать возобновляемые источники энергии и обеспечивать двустороннюю связь между поставщиками и потребителями.

2. Системы управления энергией (Energy Management Systems, EMS): они помогают контролировать потребление энергии в зданиях и промышленных объектах, собирая данные о потреблении и анализируя их.

3. Автоматизированные системы контроля (Automated Control Systems): применяются для мониторинга и управления различными процессами в ТЭК и ЖКХ, такими как тепло- и водоснабжение.

4. Системы управления отходами: интеллектуальные решения для управления сбором и переработкой отходов, которые используют датчики и анализ данных для оптимизации маршрутов мусоровозов и повышения эффективности сортировки [2, С. 28].

Технологии Интернета вещей (IoT) и искусственного интеллекта (AI) играют ключевую роль в трансформации ТЭК и ЖКХ.

1. Интернет вещей (IoT): IoT обеспечивает интеграцию различных устройств и сенсоров в единую сеть, позволяя собирать и передавать данные в режиме реального времени. Это позволяет операторам быстро реагировать на изменения, управлять ресурсами более эффективно и предсказывать потенциальные проблемы до их возникновения. Например, датчики могут отслеживать уровень воды в резервуарах и автоматически регулировать подачу, минимизируя потери [3, С. 50].

2. Искусственный интеллект (AI): AI используется для анализа больших объемов данных, полученных от IoT-устройств, что позволяет выявлять паттерны, прогнозировать спрос и оптимизировать операции. Например, AI может предсказывать пики потребления электроэнергии и адаптировать распределение ресурсов, что снижает вероятность перегрузки сети.

Рассмотрим основные типы угроз:

1. Вирусы и вредоносное ПО: внедрение вредоносного ПО может происходить через незащищенные сети, электронные письма или уязвимости в программном обеспечении. Такие атаки могут привести к нарушению работы критически важных систем и утечке данных.

2. Атаки DDoS (Distributed Denial of Service): злоумышленники используют сеть скомпрометированных устройств (ботнет) для запуска атаки, что может привести к остановке работы сервисов, предоставляемых ТЭК и ЖКХ, и вызвать значительные экономические потери [4].

3. Уязвимости в ПО и оборудовании: необновленные системы могут содержать известные недостатки, которые хакеры могут использовать для получения несанкционированного доступа и проведения атак.

4. Социальная инженерия: Этот тип угрозы основан на манипуляции людьми для получения доступа к конфиденциальной информации.

Последствия кибератак:

1. Экономические последствия: кибератаки могут привести к значительным финансовым убыткам для предприятий, включая расходы на восстановление систем, утрату доходов из-за простоев и возможные штрафы.

2. Социальные последствия: кибератаки создают угрозы для безопасности населения, включая утечку личных данных и возможность манипуляции системами, предоставляющими жизненно важные услуги.

3. Экологические последствия: кибератаки могут вызвать аварии на предприятиях, работающих в сфере экологии и энергетики [5].

Для эффективной защиты систем ТЭК и ЖКХ от киберугроз необходимо реализовать комплексный подход. Технические меры включают шифрование данных, что обеспечивает защиту конфиденциальной информации от несанкционированного доступа. Важно использовать брандмауэры и системы обнаружения вторжений для мониторинга сетевого трафика и предотвращения потенциальных угроз. Организационные меры предполагают обучение сотрудников кибербезопасности, что повышает осведомленность о возможных рисках и методах защиты.

С развитием технологий, таких как IoT и AI, ожидается возникновение новых киберугроз, которые могут существенно повлиять на сектор. Увеличение числа подключенных устройств создает больше точек доступа для злоумышленников, что повышает риск атак. Также ожидается рост атак на системы управления и автоматизации, использующие AI, которые могут быть подвержены манипуляциям.

### Источники

1. Гурьев И.В. Угрозы кибербезопасности в сфере ЖКХ и ТЭК // Энергетика и безопасность. 2020. № 1. С. 34-40.

2. Калюжный В.М. Киберугрозы и защита информации в энергосистемах // Вопросы кибербезопасности. 2023. № 3. С. 22-29.

3. Зайцев С.А. Актуальные проблемы кибербезопасности в ЖКХ // Журнал проблем безопасности. 2021. № 2. С. 45-52.

4. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. URL: <https://www.energyret.ru/jour> (дата обращения: 24.10.2024).

5. Вестник КГЭУ. URL: <https://vkgeu.ru/> (дата обращения: 26.10.2024).



## ПРИМЕНЕНИЕ АРХИТЕКТУРЫ НЕЙРОННОЙ СЕТИ YOLO ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ДЕФЕКТОВ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Хатинова Линиза Фаниловна<sup>1</sup>, Алексеев Илья Петрович<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

<sup>1</sup>scorpion.lk@mail.ru, <sup>2</sup>nemo.alexo@mail.ru

В данной статье рассматривается алгоритм работы нейронной сети YOLO, а также преимущества применения данной архитектуры в процессе обнаружения дефектов

на изображениях печатных плат.

**Ключевые слова:** печатная плата, дефекты, искусственный интеллект, нейронные сети, архитектура YOLO.

## APPLICATION OF YOLO NEURAL NETWORK ARCHITECTURE FOR DETECTION OF PRINTED CIRCUIT BOARD DEFECTS

Khatipova Liniza Fanilovna<sup>1</sup>, Alekseev Ilya Petrovich<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan

<sup>1</sup>scorpion.lk@mail.ru, <sup>2</sup>nemo.alexo@mail.ru

This paper discusses the algorithm of YOLO neural network and the advantages of applying this architecture in the process of defect detection in PCB images.

**Keywords:** PCB, defects, artificial intelligence, neural networks, YOLO architecture.

В настоящее время существует множество технологических процессов производства печатных плат, ключевым аспектом при проектировании которых является контроль качества. На основе данных контроля технолог принимает решение о соответствии платы установленным требованиям и о необходимости внесения изменений в технологический процесс [1]. В процессе технологического цикла поиск дефектов может проводиться многократно и после определённых этапов найденные дефекты могут быть исправлены [2].

В современных условиях в обнаружении дефектов печатных плат стало актуальным использование искусственного интеллекта, так как традиционные методы контроля не могут обеспечить необходимую точность и эффективность, в связи с увеличением сложности структуры печатных плат и миниатюризацией компонентов [3].

В последние несколько лет для решения данной задачи часто используются нейросетевые методы, в особенности глубокое обучение, отличающееся тем, что включает в себя свёрточные слои, которые извлекают признаки, и полносвязные слои, отвечающие за классификацию объектов [4]. Подобные двухстадийные алгоритмы имеют хорошую точность, однако они ограничены по времени. В случае, когда важна скорость работы, целесообразно использовать одностадийные детекторы, так они позволяют определять признаки и принадлежность объектов к тому или иному классу одновременно [5]. Одним из таких детекторов является YOLO.

Принцип действия YOLO состоит из пяти основных этапов:

1. Сеточная разбивка изображения. YOLO делит входное изображение на сетку с определенным размером, каждая ячейка которой отвечает за обнаружение объектов, центры которых находятся внутри границ этой ячейке.

2. Инициализация ограничивающих рамок. Сеть определяет для каждой ячейки несколько ограничивающих рамок и соответствующие вероятности наличия объекта в каждой рамке. Рамка включает координаты центра, ширину и высоту объекта определенного класса.

3. Классификация объектов. Алгоритм прогнозирует вероятность принадлежности объекта к каждому классу, что позволяет определять, какой именно объект находится в каждой рамке.

4. Объединение результатов. После обработки всех ячеек изображения, сеть объединяет результаты, оставляя только те рамки, которые имеют наиболее высокую вероятность наличия объекта. Это достигается с помощью метода подавления немаксимумов [6], который удаляет дублирующиеся рамки.

5. Вывод результатов. Алгоритм представляет список обнаруженных объектов с их классами и координатами ограничивающих рамок.

Одностадийная архитектура алгоритма YOLO значительно увеличивает скорость анализа изображений в реальном времени, что является критически важным для современных производственных линий, где временные задержки в отклике могут существенно повлиять на эффективность процессов. Внедрение YOLO в систему контроля качества также способствует снижению вероятности ошибок, поскольку минимизирует влияние человеческого фактора. Сокращение времени, затрачиваемого на инспек-

цию, в сочетании с повышением точности обнаружения дефектов позволяет существенно снизить затраты на их исправление и улучшить общую эффективность производственного процесса.

Таким образом, применение YOLO в контроле качества печатных плат представляет собой важный шаг к автоматизации и оптимизации производственных операций.

### **Источники**

1. Шаповалова К.И. Печатные платы. Совершенствование печатных плат // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2018. Т. 3. С. 24-25.

2. Данилова Е.А. Классификация дефектов печатных плат [Электронный ресурс] // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество». 2013. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/klassifikatsiya-defektov-pечатnyh-plat/viewer> (дата обращения: 09.11.2024).

3. Ласкин А. Технология LaserGraver – шаблоны печатных плат за один технологический этап // Компоненты и Технологии. 2003. № 1. С. 162-164.

4. Пальмов С.В., Артюшкина Е.С. Глубокое обучение: определение и отличительные особенности // Форум молодых ученых. 2020. С. 311–315.

5. Береснев А.П., Зоев И.В., Марков Н.Г. Исследование свёрточных нейронных сетей класса YOLO для мобильных систем детектирования объектов на изображениях // Computer Vision. 2018. С. 196-199.

6. Маврин Е.М. Сравнение алгоритмов выделения контуров на цифровом изображении и выбор наилучшего алгоритма для реализации на ПЛИС [Электронный ресурс] // Вопросы науки и образования – 2019. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnenie-algoritmov-vydeleniya-konturov-na-tsifrovom-izobrazhenii-i-vybor-nailuchshego-algoritma-dlya-realizatsii-na-plis/viewer> (дата обращения: 09.11.2024).

## ИСТОРИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ RSA

Черненко Георгий Алексеевич<sup>1</sup>, Микаева Светлана Анатольевна<sup>2</sup>,  
Шигапова Вера Александровна<sup>3</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «РТУ МИРЭА»,  
г. Москва  
<sup>1</sup>hcucd775@gmail.com, <sup>2</sup>mikaeva\_s@mirea.ru, <sup>3</sup>shigapova@mirea.ru

В данной статье рассматривается история создания RSA, его математические основы, а также области применения. Алгоритм RSA был разработан в 1977 году и основан на сложности факторизации больших целых чисел. Безопасность RSA зависит от вычислительной сложности разложения на множители произведения двух больших простых чисел. Несмотря на свою надежность, RSA сталкивается с потенциальными угрозами, связанными с увеличением вычислительной мощности и развитием квантовых компьютеров. В статье также обсуждаются текущие исследования и будущие направления развития RSA и криптографии с открытым ключом в целом.

**Ключевые слова:** RSA, асимметричное шифрование, криптография, шифрование данных, цифровая подпись.

## THE HISTORY AND USE OF RSA

Chernenko Georgii Alexeyevich<sup>1</sup>, Mikaeva Svetlana Anatolievna<sup>2</sup>,  
Vera Alexandrovna Shigapova<sup>3</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "RTU MIREA",  
Moscow, Russia  
<sup>1</sup>hcucd775@gmail.com, <sup>2</sup>mikaeva\_s@mirea.ru, <sup>3</sup>shigapova@mirea.ru

This article discusses the history of the creation of RSA, its mathematical foundations, as well as its applications. The RSA algorithm was developed in 1977 and is based on the complexity of factoring large integers. The security of RSA depends on the computational complexity of factoring the product of two large primes. Despite its reliability, RSA faces potential threats related to the increase in computing power and the development of quantum computers. The article also discusses current research and future directions for the development of RSA and public key cryptography in general.

**Keywords:** RSA, asymmetric encryption, cryptography, data encryption, digital signature.

RSA (Rivest-Shamir-Adleman) – один из самых широко используемых алгоритмов асимметричного шифрования, названный в честь его создателей: Рона Ривеста, Ади Шамира и Леонарда Адлемана. Алгоритм был разработан в 1977 г в Массачусетском технологическом институте (MIT).

История RSA началась с попыток решить проблему безопасного обмена ключами между двумя сторонами по незащищенному каналу связи. До появления RSA использовались симметричные алгоритмы шифрования, которые требовали наличия общего секретного ключа у обеих сторон. Передача этого ключа по незащищенному каналу была уязвимым местом в системе безопасности.

Ривест, Шамир и Адлеман предложили революционное решение – использовать пару ключей: открытый и закрытый. Открытый ключ может быть передан по незащищенному каналу и использоваться для шифрования сообщений, а закрытый ключ хранится в секрете и используется для расшифровки. Эта идея легла в основу асимметричной криптографии и стала фундаментом для развития современных систем безопасности [1].

RSA основан на сложности факторизации больших целых чисел. Ключи генерируются следующим образом: Выбираются два больших простых числа  $p$  и  $q$ ; Вычисляется их произведение  $n = p * q$ , которое называется модулем; Вычисляется функция Эйлера  $\phi(n) = (p - 1) * (q - 1)$ ; Выбирается целое число  $e$  (открытая экспонента), взаимно простое с  $\phi(n)$ ; Вычисляется число  $d$  (закрытая экспонента), такое что  $(d * e) \bmod \phi(n) = 1$ . Открытый ключ состоит из пары  $(n, e)$ , а закрытый ключ – из пары  $(n, d)$ . Для шифрования сообщения  $M$  оно возводится в степень  $e$  по модулю  $n$ :  $C = M^e \bmod n$ . Для расшифровки шифротекста  $C$  он возводится в степень  $d$  по модулю  $n$ :  $M = C^d \bmod n$ . Безопасность RSA основана на том, что зная открытый ключ  $(n, e)$ , практически невозможно вычислить закрытый ключ  $d$  без знания простых множителей  $p$  и  $q$ . А разложение большого числа  $n$  на множители (факторизация) является очень сложной задачей при достаточно больших  $p$  и  $q$  [2].

RSA стал одним из самых широко используемых алгоритмов асимметричного шифрования. Он применяется для шифрования данных, создания цифровых подписей, безопасного обмена ключами и во многих других областях, где требуется обеспечить конфиденциальность, целостность и аутентичность информации. RSA используется в различных протоколах и стандартах безопасности, таких как SSL/TLS, SSH, PGP, S/MIME и других. Он лежит в основе инфраструктуры открытых ключей (PKI), которая обеспечивает безопасную передачу данных через Интернет. Несмотря на появление новых алгоритмов и развитие квантовых компьютеров, RSA по-прежнему остается надежным и широко используемым методом шифрования. Однако с ростом вычислительных мощностей рекомендуется увеличивать длину ключей RSA для обеспечения достаточного уровня безопасности [4].

RSA произвел революцию в криптографии и заложил основы современной асимметричной криптографии. Его значение в обеспечении безопасности информационных систем трудно переоценить, и он продолжает играть ключевую роль в защите данных в цифровом мире. Расшифровать его можно только с использованием соответствующего секретного ключа, который есть только у получателя. Это обеспечивает конфиденциальность передаваемой информации. Электронные подписи, созданные на основе RSA, позволяют подтвердить авторство, целостность и неотказуемость электронных документов. Для генерации подписи используется секретный ключ отправителя, а для проверки - его открытый ключ. Безопасность RSA основана на сложности задачи факторизации (разложения на множители) больших целых чисел. Для взлома шифра нужно разложить модуль открытого ключа на два простых множителя, что является очень трудоемким при достаточной длине ключа. В будущем развитие квантовых компьютеров может поставить под угрозу надежность RSA и других систем, основанных на факторизации и дискретном логарифмировании. Квантовый алгоритм Шора теоретически способен решать эти задачи за полиномиальное время. Для обеспечения безопасности в постквантовую эпоху разрабатываются новые криптографические примитивы и протоколы, устойчивые к квантовым атакам. Среди перспективных направлений - криптография на решетках, многомерных изогениях суперсингулярных эллиптических кривых, хэш-подписях. Несмотря на потенциальные угрозы, RSA пока остается надежным и широко используемым криптоалгоритмом. Но в дальнейшем потребуется переход на постквантовые криптосистемы для обеспечения долгосрочной безопасности и конфиденциальности информации [4].

### **Источники**

1. Ривест Р., Шамир А., Адлеман Л. Метод получения цифровых подписей и криптосистем с открытым ключом // Журнал вычислений и систем. 1978. Т. 21, № 2. С. 120–126.
2. Коутинхо С. Введение в теорию чисел и криптографию. Нью-Йорк: Шпрингер, 2013.
3. Молдовян Н.А., Молдовян А.А., Еремеев М.А. Криптография: от примитивов до синтеза алгоритмов. СПб.: БХВ-Петербург, 2017.
4. Сمارт Н. Криптография: Введение. Нью-Йорк: Изд-во «МакГроу-Хилл», 2016.
5. Черемушкин А.В. Лекции по арифметическим алгоритмам в криптографии. М.: Изд-во МЦНМО, 2002.

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАСЧЕТА ТЕПЛОПО- ТЕРЬ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Шакиров Арслан Айнурович<sup>1</sup>, Соловьев Сергей Анатольевич<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань,  
Республика Татарстан  
<sup>1</sup>shakirov.aa@bk.ru

В работе рассмотрено использование искусственного интеллекта для оптимизации расчетов теплотерь в системах теплоснабжения, что повышает энергоэффективность и снижает затраты.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, теплотери, системы теплоснабжения, машинное обучение.

## THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF CALCULATING HEAT LOSS IN HEAT SUPPLY SYSTEMS

Shakirov Arslan Ainurovich<sup>1</sup>, Solovyov Sergey Anatolievich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>shakirov.aa@bk.ru

The paper considers the use of artificial intelligence to optimize calculations of heat loss in heat supply systems, which increases energy efficiency and reduces costs.

**Keywords:** artificial intelligence, heat loss, heat supply systems, machine learning.

Оптимизация управления тепловыми потоками и снижение потерь тепла являются ключевыми задачами для повышения эффективности этих систем. Сложность расчета теплотерь обусловлена множеством факторов, таких как изменчивость условий эксплуатации, возраст оборудования и неравномерное распределение тепла в сети. Методы искусственного интеллекта (ИИ) позволяют обеспечить более точные расчеты и оптимизацию распределения тепловых ресурсов.

ИИ использует алгоритмы машинного обучения, включая регрессионные модели и нейронные сети, которые обрабатывают большие объемы данных, поступающих с датчиков и систем мониторинга. К примеру, применение алгоритма линейной регрессии, представленного формулой:

$$Q = k \cdot \Delta T \cdot S \quad (1)$$

где  $Q$  — потери тепла,  $k$  — коэффициент теплопередачи,  $\Delta T$  — разница температур, а  $S$  — площадь поверхности теплопередачи, позволяет создать прогноз теплопотерь на основе исторических данных и текущих параметров системы. Кроме того, использование нейронных сетей способствует учету нелинейных факторов, влияющих на потери, и позволяет предсказывать их с высокой точностью, что невозможно при использовании традиционных расчетных методов [1].

Системы, использующие ИИ, могут интегрировать данные о температуре, скорости потока и других важных параметрах, создавая динамические модели, которые позволяют прогнозировать потери тепла в реальном времени. Например, методы глубокого обучения могут использоваться для выявления скрытых закономерностей в данных, что позволяет значительно улучшить точность расчетов. При этом, алгоритмы могут быть настроены на различные сценарии эксплуатации, что дает возможность операторам систем теплоснабжения принимать обоснованные решения на основе предсказаний [2].

Одним из примеров применения методов ИИ является использование алгоритмов регрессии для определения зависимости теплопотерь от внешних факторов. Эта модель может быть представлена формулой:

$$Q = a \cdot T + b \cdot P + c \quad (2)$$

где  $Q$  — теплопотери,  $T$  — температура окружающей среды,  $P$  — давление, а  $a$ ,  $b$ ,  $c$  — коэффициенты, определяющие влияние этих факторов. Подобные модели могут значительно упростить процесс прогнозирования и позволить быстрее реагировать на изменения в условиях работы системы [2].

Использование методов искусственного интеллекта требует тщательной подготовки данных, поскольку качество исходной информации напрямую влияет на точность прогнозирования теплопотерь. В современных системах теплоснабжения данные поступают из множества источников, таких как датчики температуры, давления, скорости потока и показателей окружающей среды [3]. Эти данные нуждаются в обработке, фильтрации и структурировании, чтобы быть готовыми для анализа ИИ-моделями.

Особое значение в этом процессе имеет сбор и предобработка данных, позволяющая выявить ключевые зависимости и закономерности. Например, данные о температурных изменениях на разных участках



системы дают возможность лучше предсказывать теплопотери, что в свою очередь позволяет оперативно корректировать режим работы оборудования. Методология обработки может включать нормализацию данных, удаление шумов и работу с выбросами, чтобы модели машинного обучения могли более точно предсказывать теплопотери [3].

После обработки и подготовки данных, следующий шаг заключается в применении специализированных моделей машинного обучения для анализа и прогнозирования теплопотерь. Эти модели позволяют не только оценивать текущее состояние системы и предсказывать ее поведение в будущем, учитывая различные внешние и внутренние факторы.

Помимо линейной регрессии, использование нейронных сетей позволяет моделировать более сложные взаимосвязи. Архитектура нейронных сетей может включать несколько скрытых слоев, что позволяет им обнаруживать нелинейные зависимости между параметрами. \ Нейронные сети могут быть обучены на исторических данных, что позволяет им адаптироваться и улучшать точность предсказаний по мере поступления новых данных.

Таким образом, применение различных моделей машинного обучения не только помогает оптимизировать расчеты теплопотерь, но и обеспечивает возможность динамического реагирования на изменения в системе. Это, в свою очередь, способствует повышению общей энергоэффективности и снижению затрат на эксплуатацию и обслуживание теплоснабжения.

### **Источники**

1. Комар К.О. Использование искусственного интеллекта в оптимизации систем теплоснабжения / К.О. Комар, З.Р. Идиатуллоу // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве. Казань: КГЭУ, 2024. С. 347-348.

2. Позевалкин В.В. Разработка цифровой модели для расчета тепловых характеристик сложных технических систем / В.В. Позевалкин, А.Н. Поляков // Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии. Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2023. С. 398–403.

3. Хайдов М.А. Компьютерное моделирование режима работы системы теплоснабжения / М.А. Хайдов, В.М. Кугданов // Теплоэнергетика. Иваново: ИГЭУ им. В.И. Ленина, 2024. С. 84.

4. Баторова А.Б. Методы прогнозирования временных рядов / А.Б. Баторова, Е.Я. Бычковская // Евразийская олимпиада по теории статистики. Оренбург: ОГУ, 2023. С. 52–60.

5. Ворсина Д.А. Прогнозирование временных рядов / Д.А. Ворсина, С.А. Нестеров // Неделя науки СПбПУ. СПб.: Политех-Пресс, 2019. С. 49–53.

## SIMULATION OF NON-STATIONARY HEAT EXCHANGE PROCESS AT AIR MOVEMENT ALONG UNDERGROUND VENTILATION CHANNEL

Yakhshiboev Shukhrat Komilovich<sup>1</sup>, Sadykov Zhamal Dzhabbarovich<sup>2</sup>,  
Khuzhakulov Sadulla Mirzaevich<sup>3</sup>, Shodiev Timur Uktamovich<sup>4</sup>  
"Karshi Engineering and Economic Institute",  
Karshi, Republic of Uzbekistan.  
sadikovjd57@inbox.ru

In article are considered questions of mathematical modeling heat exchange processes when moving the air on underground ventilation channel.

**Keywords:** mathematical modeling, heat exchange, ventilation channel.

A number of scientists of the world were engaged in the task of studying the process of unsteady heat exchange during air movement in a direct cylindrical underground channel. They obtained certain solutions to this problem.

Analysis of available solutions of supply air temperature change in underground ventilation ducts showed that analytical solutions are already available for the case of supply of air with variable temperature to a single duct. They were obtained by K. Van-Heerden [2] and E.V. Stephanov [3] under the condition of harmonic fluctuations in the temperature of the air entering the channel. E.V. Stefanov proved [3] that the air temperature at the channel outlet reproduces changes in the air temperature at the inlet without distortion, but with some time lag and a change in the absolute value. According to this, it turned out to be expedient to consider non-stationary heat exchange in single underground channels at variable inlet air temperature using the theory of automatic control systems, which made it possible to identify the parameters of plenum underground ventilation channels as a link of the automatic control system and obtain solutions in the form of an equation of the amplitude-phase characteristic of the link

$$W_{(i\omega)} = e^{\frac{-h \cdot x}{g}} \left[ M_{(\omega)} + iN_{(\omega)} \right] \quad (1)$$

where:  $M_{(\omega)}=f(\omega)$  - is the real frequency response  $N_{(\omega)}=f(\omega)$  - is the imaginary frequency response.

Analysis of the solution (1) obtained on the basis of the theory of automatic regulation shows that it can be reduced to the form obtained by E.V. Stephanov. To do this, you need to use the recurrence relations for the Thomson functions and in  $M(\omega)$  and  $N(\omega)$  go to the criteria defining the heat exchange process Bio (Bi) and Primordial (Pd), and consider the transfer function  $W(i\omega)$  as the ratio of the air temperature at the outlet of the channel  $t(x, \tau)$  to the air temperature at the inlet to the channel  $t(o, \tau)$ . Then the general solution characterizing the degree of air temperature change at the outlet from the underground channel at  $t(o, \tau) = A_t \cos \omega \tau$  will be as follows:

$$\frac{t(x, \tau)}{t(o, \tau)} = e^{\frac{-h \cdot x}{v} (M + iN)} \quad (2)$$

Since the shift of fluctuations ( $iN$ ) of the supply air temperature moving in the underground ventilation channel can be ignored [3], the degree of change in the air temperature at the outlet from the underground channel will be expressed by the relationship

$$\frac{t(x, \tau)}{t(o, \tau)} = e^{\frac{-h \cdot x}{g} M} \quad \text{or} \quad \frac{t_{x, \tau - v_{2p}}}{t_{o, \tau - v_{2p}}} = e^{\frac{-h \cdot x}{g} \cdot M} \quad (3)$$

where:  $M$ , is a function of criteria  $\beta = \sqrt{Pd}$  and  $Bi$ , takes into account the process of temperature propagation in the array surrounding the channel;

$$h = \frac{\alpha \cdot S \cdot g}{Q_{y\partial}}$$

$x$ - distance from initial to considered channel section, m;  $g$  - speed of air movement in the channel, m/s;  $\alpha$  - heat exchange coefficient of moving air and soil mass surrounding the channel,  $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ;

For the process of cooling the air moving in the underground channel, i.e. the use of accumulated cold in spring and summer

$$\alpha = 3,55 \cdot g^{0,8} \cdot d^{-0,2} \frac{Bm}{m \cdot ^\circ C}, \text{ или } \alpha = 3,05 \cdot g^{0,8} \cdot d^{-0,2} \frac{\text{ккал}}{m \cdot \text{ч} \cdot ^\circ C},$$

For the process of heating the air moving in the underground channel, i.e. accumulation of cold in winter

$$\alpha = 4,16 \cdot g^{0,8} \cdot d^{-0,2} \cdot \left(\frac{x}{d}\right)^{-0,054} \frac{Bm}{\frac{m^2 \cdot 0}{C}}$$

or

$$\alpha = 3,58 \cdot g^{0,8} \cdot d^{-0,2} \cdot \left(\frac{x}{d}\right)^{-0,054} \frac{ккал}{\frac{m^2 \cdot ч \cdot 0}{C}};$$

Note: at an air velocity of  $g \geq 10$  m/s, the difference in the efficiency of the air cooling and heating processes becomes no more than 0.02-0.03, which corresponds to an insignificant (no more than 0,5<sup>0</sup>C) change in air temperature than can be neglected and the value for air cooling and heating should be calculated according to one relationship (5).  $S$  - air duct perimeter, m;  $Q_{y\partial}$  - specific amount of heat transferred by air through the channel cross-section per time unit,

$$(Q_{y\partial} = C \cdot \rho \cdot g \cdot F)$$

$v_{\partial p}$  – temperature of the soil surrounding the channel, <sup>0</sup>C;

To construct a nomogram using the analytical expression (3), we bring the exponential function to the final form

$$-\frac{h \cdot x}{g} \cdot M = -0,00377 \cdot M \cdot \frac{\alpha}{g} \cdot \frac{x}{d} \quad (4)$$

and define the limits of change of the input quantities.

Based on the general assessment of all possible cases of operation of plenum underground single air ducts located in an unlimited array, the following

value limits can be taken  $\beta$ ,  $Bi$ ,  $\frac{\alpha}{g}$  u  $\frac{x}{d}$ :

$$\beta = \sqrt{Pd} = \sqrt{\frac{\omega}{a}} \cdot r_o = \sqrt{\frac{2\Pi}{T \cdot a}} \cdot r_o = 0,05 \div 4,0$$

$$Bi = \frac{\alpha \cdot r_o}{\lambda} = 0,5 \div 40, \quad \frac{x}{d} = 25 \div 4000, \quad \frac{\alpha}{g} = 0,01 \div 5$$

where:  $T$  - period of oscillations, h;  $a$  - thermal diffusivity coefficient of the mass surrounding the channel,  $\text{m}^2/\text{h}$ ;  $r_0$  - channel radius, m;  $d$  - channel diameter, m;  $\lambda$  - thermal conductivity coefficient of the soil surrounding the channel,  $\text{W}/\text{m}\cdot^\circ\text{C}$ .

In order to identify the relationship, numerical calculations  $M = f(\beta)$  and  $M = f(Bi)$  of the value were made at fixed and  $Bi = (0,5 \div 40)$  и  $\beta = (0,05 \div 4,0)$ . The results showed that the efficiency of the process of changing the temperature of the air moving in the channel in all cases will be determined by the value of the temperature head between the heat-exchanging media, the time of thermal interaction of the supply air with the ground and the value of the heat exchange surface.

The ratio of air temperature fluctuation amplitudes is represented by the following relationship:

$$\frac{A_{t_x}}{A_{t_0}} = \exp\left(-\frac{h}{g} \kappa x\right) \quad (5)$$

Based on the above mathematical equations, a computer program was developed and as a result, a spectrum of dependence graphs with limited scientific accuracy was obtained.

Based on the above, the following conclusions can be drawn:

1. The considered solution to change the supply air temperature when moving in the underground channel  $t_{o,\tau} = A_t \cdot \cos \omega \tau$  as a link of the automatic control system is consistent and reduced to the solution obtained in [3], and the solution itself is reduced to the form (3,4), convenient for drawing a nomogram;

2. Plots of dependencies,  $A_{t(x,\tau)} = f(e^{-nx})$ ,  $t(x, \tau) = f(A_{t(0,\tau)})$  of computer models allows scientific analysis of the investigated physical processes of air heating and cooling.

Optimize the values of the design temperatures of the soil mass and thereby achieve a decrease in the installation power of the equipment of cold supply systems.

### Sources

1. СНиП 2.04.05-91. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. М., 1996.
2. Ван-Хеерден К. Задача о нестационарном тепловом потоке в связи с воздушным охлаждением угольных пластов // Вопросы теплообмена. 1959.
3. Стефанов Е.В. Результаты исследования неизотермического течения несжимаемой жидкости в подземных каналах и трубах // Инженерно-физический журнал. 1966. Т. XI, № 4.

## Направление 11. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

УДК 004.414.32

### СОЗДАНИЕ ПРОТОТИПА РЕЗЬБОВОГО СОЕДИНЕНИЯ АДДИТИВНЫМ МЕТОДОМ

Валеев Ильназ Илшатович<sup>1</sup>, Прец Мария Арнольдовна<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>ilnazvak5@gmail.ru

Современные технологии, такие как 3D-печать, позволяют существенно сократить расходы на материалы и время изготовления деталей. Однако стандартные болты и гайки из библиотеки ГОСТов в КОМПАС-3D не подходят для прямой печати, поскольку их резьба представлена только текстурой. В статье предложено решение этой проблемы, позволяющее создать полноценную модель резьбового соединения для 3D-печати с соблюдением стандартов.

**Ключевые слова:** Аддитивное производство, резьбовое соединение, 3D-печать, болт, гайка

### CREATING A PROTOTYPE OF A THREADED CONNECTION USING ADDITIVE MANUFACTURING

Valeev Ilnaz Ilshatovich<sup>1</sup>, Prets Maria Arnoldovna<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>ilnazvak5@gmail.com

Modern technologies, such as 3D printing, enable significant reductions in material costs and manufacturing time for parts. However, standard bolts and nuts from the GOST library in KOMPAS-3D are not suitable for direct printing, as their threads are represented only as textures. This paper proposes a solution to this problem, providing a complete model of a threaded connection for 3D printing in compliance with standards.

**Keywords:** additive manufacturing, threaded connection, 3D printing, bolt, nut.

В современном инженерном проектировании создание 3D моделей резьбовых соединений в Компас 3D и их прототипирование аддитивным методом играют важную роль. Эта практика позволяет точно визуализировать геометрию соединений, что упрощает процесс проектирования и помогает выявить потенциальные проблемы на ранних этапах. Быстрое создание физических прототипов с использованием 3D-печати дает возможность тестировать изделия в реальных условиях и вносить необходимые изменения до начала серийного производства. Такой подход экономит время и ресурсы, сокращая сроки разработки и изготовления.

Прототипы также служат для механических испытаний, что способствует оптимизации конструкции [1]. Кроме того, 3D моделирование позволяет легко кастомизировать решения под специфические требования клиентов и служит образовательным целям, позволяя изучать технологии работы с резьбовыми соединениями. В целом, этот подход способствует более эффективному и инновационному инженерному проектированию и производству [2].

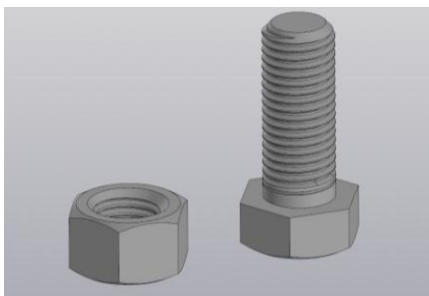
Для создания 3D модели резьбового соединения мы воспользовались САПР КОМПАС 3D. Создание геометрической модели болта производилось следующим образом. Для начала мы определились с основными параметрами болта по ГОСТ 7798-70. Первый шаг – построение шестиугольной головки болта, размеры под ключ которой составляют 30мм для болта с резьбой М20. Для формирования фаски на головке болта используется новая рабочая плоскость, проходящая через ось болта. Для получения фаски, соответствующей стандарту, необходимо создать чертеж треугольника с углом наклона 15–30 градусов к верхней грани шестиугольника и далее использовать инструмент «Вырезать вращением». Предварительно задаётся ось вращения, и в результате треугольный элемент вырезается по всей окружности болта, образуя фаску требуемой формы.

Для создания резьбы на цилиндрической части болта Стандартная команда для создания резьбы в отверстии или на стержне не подойдёт для прототипирования, так как формирует лишь визуальную текстуру резьбы на поверхности стержня или в отверстии, что не соответствует нашим требованиям. Нам необходимо создать физическую геометрию резьбы, которая будет учитывать все параметры, такие как профиль, шаг и глубину, что позволит обеспечить точность и функциональность модели для дальнейшего прототипирования и механических испытаний. Поэтому мы использовали встроенное приложение «Валы и механические передачи», которое позволяет создать точную геометрическую модель резьбы на стержне с заданными размерами и параметрами согласно ГОСТ 7798-70. Для позиционирования резьбы выбирается точка или плоскость на поверхности цилиндра, устанавливается направление, и по завершении этих действий резьбовая часть болта готова. На этом этапе модель болта можно считать завершённой и пригодной для печати.

После завершения построения болта можно переходить к созданию гайки. Для этого создаётся новая «Сборка» в КОМПАС-3D, которая будет включать болт и гайку как единый механизм. В сборке выбирается рабочая плоскость, на которой создаётся чертеж гайки. Для построения гайки используются те же команды, что и для головки болта. Далее болт интегрируется в сборку. После размещения болта в сборке его

цилиндрическая резьбовая часть совмещается с внутренней окружностью гайки, используя инструмент «Соосность». После этого выполняется «Булева операция» для соединения болта и гайки в одно целое. Базовым объектом указывается гайка, а модифицирующим — болт, выбирается операция «Вырезание», что позволяет создать внутреннюю резьбу гайки.

На этом этапе 3D-модель резьбового соединения полностью готова для печати. Однако при аддитивном производстве из пластика необходимо учитывать возможное расширение материала при нагреве и нанесении слоёв. Чтобы избежать трудностей при сборке и обеспечить точность соединения, рекомендуется слегка увеличить масштаб болта перед началом булевой операции, например, на 1%. Это поможет компенсировать погрешности, возникающие при печати, и сохранить плотную, но плавную посадку резьбы. Болт и гайка, изготовленные с учётом этих корректировок, будут соответствовать всем стандартам и будут готовы к эксплуатации в соответствующих условиях («см. рисунок»)



Готовые к печати изделия

### **Источники**

1. Зиангиров А.Ф. Этапы аддитивного производства / А.Ф. Зиангиров, А.М. Мугинов, Д.В. Хамитова // Мировые научные исследования современности: возможности и перспективы развития : материалы XVI международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 31 марта 2022 года. Том Часть 1. Ставрополь: Общество с ограниченной ответственностью "Ставропольское издательство "Параграф", 2022. С. 122-124.

2. Галиулина А.Р. Эффективность использования аддитивных технологии в производстве / А.Р. Галиулина, В.А. Рукавишников // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве : материалы IX Национальной научно-практической конференции, посвященной 55-летию КГЭУ, Казань, 07–08 декабря 2023 года. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2024. С. 478-480.



## ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ КОЛОННЫ, УСИЛЕННОЙ СТАЛЕФИБРОБЕТОННОЙ ОБОЙМОЙ, В ПК ЛИРА-САПР

Дьячук Евгений Вадимович<sup>1</sup>, Шарафутдинов Линар Альфредович<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>evgenyi\_00@mail.ru, <sup>2</sup>sh\_linar@mail.ru

В статье приведена часть результатов численного эксперимента по оценке прочности железобетонной колонны, усиленной сталефибробетонной (СФБ) обоймой. Рассмотрены результаты для моделей с усилением и без усиления. Получены зависимости напряжений и деформаций в бетоне, арматуре и СФБ от нагрузки на каждом этапе нагружения.

**Ключевые слова:** сталефибробетон, обойма, численный эксперимент, колонна, разрушение.

## NUMERICAL STUDY OF A REINFORCED CONCRETE COLUMN REINFORCED WITH A STEEL-FIBER REINFORCED CONCRETE CAGE IN THE LIRA-CAD PC

Dyachuk Evgeny Vadimovich<sup>1</sup>, Sharafutdinov Linar Alfredovich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>Kazan State Power Engineering University, Kazan  
<sup>1</sup>evgenyi\_00@mail.ru, <sup>2</sup>sh\_linar@mail.ru

The article presents part of the results of a numerical experiment to assess the strength of a reinforced concrete column reinforced with a steel-fiber-reinforced concrete (SFB) cage. The results for models with and without amplification are considered. The dependences of stresses and deformations in concrete, reinforcement and SFB on the load at each stage of loading are obtained

**Keywords:** steel fiber concrete, clip, numerical experiment, column, destruction.

С увеличением объёма реконструкции поиск новых способов усиления несущих железобетонных конструкций, дающих большую несущую способность при меньших затратах, является актуальной задачей. В работе рассмотрен перспективный материал, используемый в качестве усиления, сталефибробетон [1, 2]. Он представляет собой композитный материал, обладающий высокой прочностью и устойчивостью к различным воздействиям [3, 4].

Исследуемый объект представляет собой железобетонную колонну технологической эстакады (рис. 1), выполненную из бетона класса В25. Класс арматуры А400. Диаметр продольной арматуры 28 мм, поперечной –

10 мм. Усиление выполнено сталефибробетонной обоймой толщиной 40 мм. Класс бетона матрицы В30. Процент фибрового армирования составляет  $\mu_{fb} = 2\%$ . Эксцентриситет приложения нагрузки  $e = 275$  мм.

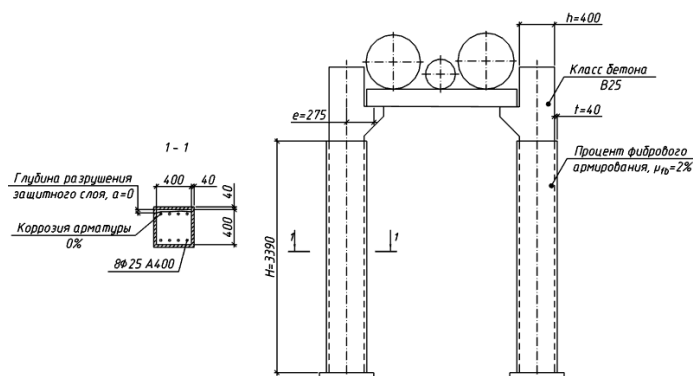


Рис. 1. Геометрические размеры одноярусной колонны, усиленной обоймой из сталефибробетона

Результаты расчёта колонны без усиления (К-1) и с усилением (КУ-1) [5] показаны на рисунках 2-3.

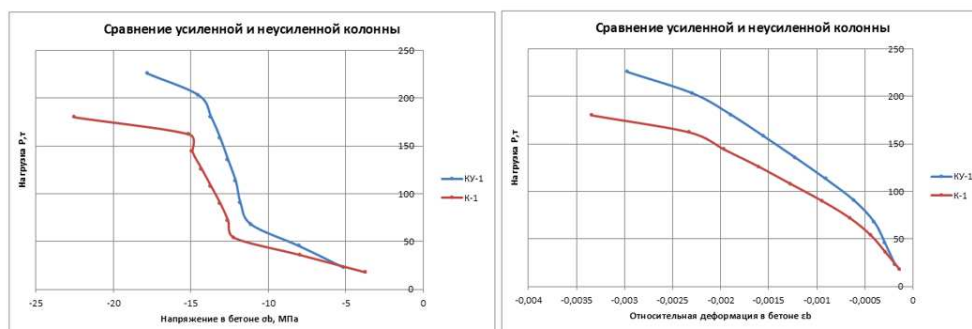


Рис. 2. Сравнение напряжения  $\sigma_b$  и относительной деформации  $\epsilon_b$  в бетоне в усиленной и неусиленной колонне

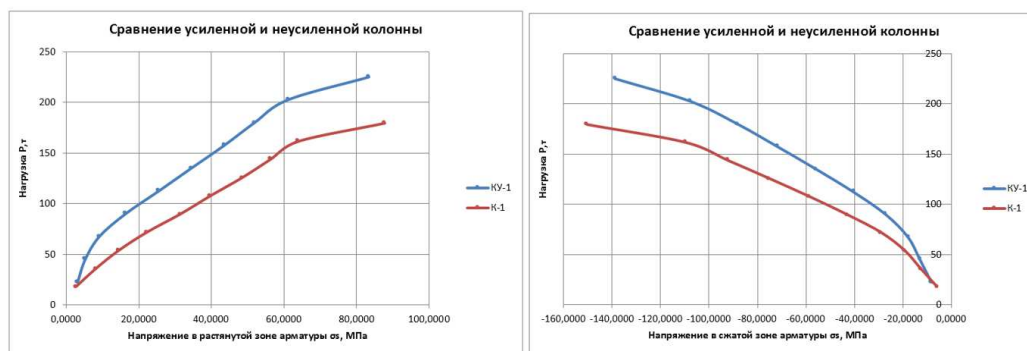


Рис. 3. Сравнение напряжения в растянутой  $\sigma_s'$  и сжатой  $\sigma_s$  арматуре в усиленной и неусиленной колонне

## Источники

1. Радайкин О.В. Усиление железобетонных балок сталефибробетоном с учетом предыстории нагружения / О.В. Радайкин, Л.А. Шарафутдинов // Промышленное и гражданское строительство. 2023. № 2. С. 57-65.
2. Радайкин О.В. Методика расчета прочности, трещиностойкости и жесткости железобетонных балок, усиленных сталефибробетоном, на основе нелинейной деформационной модели / О.В. Радайкин, Л.А. Шарафутдинов // Вестник гражданских инженеров. 2022. № 5 (94). С. 37-53.
3. Liew K.M., Akbar A. The recent progress of recycled steel fiber reinforced concrete // Construction and Building Materials. 2020. Т. 232. С. 117232.
4. Batson G. Steel fiber reinforced concrete // Materials Science and Engineering. 1976. Т. 25. С. 53-58.
5. Дьячук Е.В. К оценке прочности железобетонной колонны усиленной сталефибробетоном / Е.В. Дьячук // VIII Международный студенческий строительный форум – 2023: Сборник докладов VIII Международного студенческого строительного форума - 2023, Белгород, 28 ноября 2023 года. Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2023. С. 28-31.

## УСТАНОВКА ДЛЯ БЕСТРАНШЕЙНОЙ ПРОКЛАДКИ ИНЖЕНЕРНЫХ КОММУНИКАЦИЙ С ЗУБЧАТО-РЕЕЧНЫМ МЕХАНИЗМОМ ПОДАЧИ

Каменский Михаил Николаевич  
Новомосковский институт (филиал) ФГБОУ ВО РХТУ им. Д.И. Менделеева,  
г. Новомосковск  
mkamensky@yandex.ru

В работе показаны основные преимущества применения установки с зубчато-реечным механизмом подачи для бестраншейной прокладки инженерных коммуникаций в сфере жилищно-коммунального хозяйства.

**Ключевые слова:** грунтопрокалывающая установка, зубчато-реечный механизм подачи.

## INSTALLATION FOR TRENCHLESS LAYING OF ENGINEERING COMMUNICATIONS WITH A RACK-AND-PINION FEED MECHANISM

Kamensky Mikhail Nikolaevich  
Novomoskovsk Institute of Chemical Technology University named after D.I. Mendeleev,  
Novomoskovsk  
mkamensky@yandex.ru

The paper shows the main advantages of using an installation with a rack-and-pinion feed mechanism for trenchless laying of engineering communications in the field of housing and communal services.

**Keywords:** no-dig installation, a rack and pinion gear.

Для эффективной и безопасной прокладки трубопроводов в сфере ЖКХ в настоящее время находят широкое применение установки для бестраншейной прокладки инженерных коммуникаций [1]. Они обладают высокой маневренностью и могут работать в самых сложных условиях, без необходимости перекрытия движения автотранспорта, включая городские улицы и труднодоступные места. Это значительно ускоряет процесс работ и снижает затраты на их проведение.

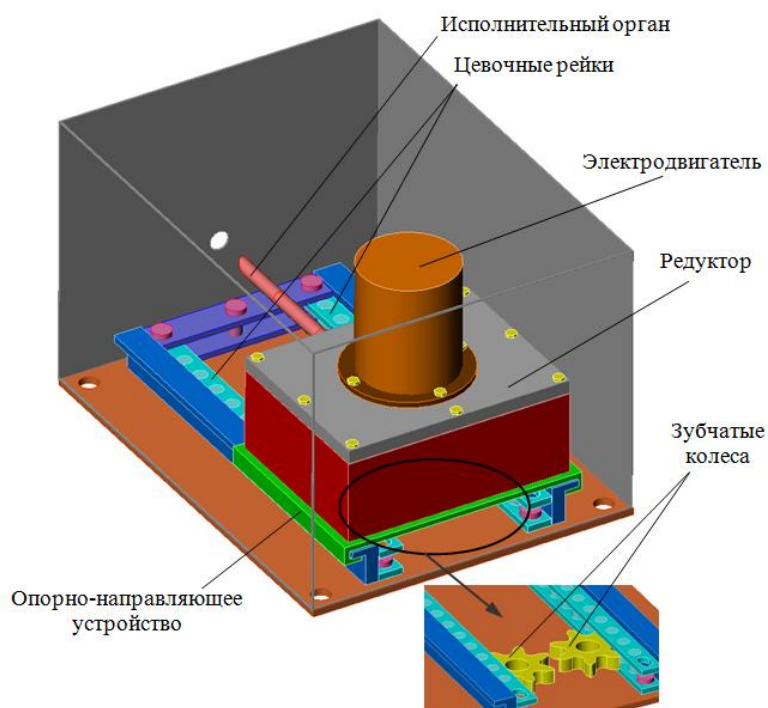
При строительстве зданий и сооружений необходимо провести расчет каменных стен [2] и траектории прокладки к ним трубопроводов. Грунтопрокалывающие установки позволяют точно следовать заданным маршрутам и глубине прокладки, что исключает возможность повреждения существующих коммуникаций. Это значительно сокращает

время проведения работ и уменьшает необходимость в привлечении большого количества обслуживающего персонала, что позволяет сэкономить средства и повысить эффективность проекта [3].

В установках для бестраншейной прокладки инженерных коммуникаций в сфере ЖКХ в основном используются гидравлические и цепные системы подачи исполнительного органа. Поэтому задача модернизации указанных установок является актуальной.

Поставленная задача может быть решена за счёт применения системы перемещения исполнительного органа с зубчато-реечным механизмом [4], т.к. эти системы обладают неприхотливостью в обслуживании, высокой надёжностью и позволяют передавать большие нагрузки без потери эффективности [5].

Проведённый анализ конструкций установок для бестраншейной прокладки труб позволяет предложить схему машины (см. рисунок), которая состоит из зубчато-реечной системой подачи исполнительного органа, приводного электродвигателя, редуктора, опорно-направляющего устройства.



Общий вид предлагаемой конструкции грунтопрокалывающей установки

Использование зубчато-реечного механизма в установках для бестраншейной прокладки труб позволяет:

- увеличить длину пилотных штанг и таким образом сократить время на вспомогательные операции;
- обеспечить надёжную эксплуатацию предлагаемой установки в зимнее время [6], в отличие от гидравлических систем;

- уменьшить негативное воздействие на экосистему при прокладке инженерных коммуникаций и снизить риски возникновения аварийных ситуаций в сфере ЖКХ;

- предложенная компоновка механизма подачи обеспечивает размещение грунтопрокалывающей установки в стесненных условиях стартового котлована.

### Источники

1. Лукиенко Л.В., Ковалева Т.В., Каменский М.Н. О применении качественных показателей при исследовании тяжело нагруженных зубчато-реечных передач // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2010. № 1. С. 3–8.

2. Поздеев М.Л., Лихачева С.Ю., Смагин И.В., Радайкин О.В. Расчет каменных стен с использованием деформационной теории пластичности // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2023. Т. 15, № 3(59). С. 163–174.

3. Каменский М.Н., Лукиенко Л.В. Жесткая система подачи на забой исполнительного органа прокалывающей установки как способ повышения эффективности применения машин для бестраншейной прокладки труб // Успехи в химии и химической технологии. 2009. Т. 23, № 7(100). С. 91–94.

4. Лукиенко Л.В., Головин К.А., Пушкарев А.Е., Каменский М.Н. Определение необходимого усилия подачи исполнительного органа для установки управляемого прокола // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2010. № 4-1. С. 15–21.

5. Лукиенко Л.В., Каменский М.Н. Повышение эффективности работы шахтных электровозов в наклонных выработках // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2019. № 4. С. 130–139.

6. Лобанов Н.Ф., Каменский М.Н. Создание объемно-пространственной структуры газотермического подслоя противокоррозионного покрытия // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2014. № 2. С. 62–67.

## 7 ВИДОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ ДЕФЕКТОВ В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

Конныжов Кирилл Вадимович

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
konizhov.kirill@mail.ru

В статье рассматриваются распространенные типы дефектов в бетонных конструкциях, причины их возникновения и способы устранения. Описаны дефекты, связанные с качеством бетонной смеси, установкой опалубки, размещением арматуры, а также отделкой.

**Ключевые слова:** бетонные конструкции, дефекты бетона, опалубка, арматура, отделка.

## 7 TYPES OF CONSTRUCTION DEFECTS IN REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

Konyzhov Kirill Vadimovich<sup>1</sup>, Sharafutdinov Linar Alfredovich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan

konizhov.kirill@mail.ru

The article discusses common types of defects in concrete structures, their causes and methods of elimination. Defects related to the quality of the concrete mix, installation of formwork, placement of reinforcement, and finishing are described.

**Keywords:** concrete structures, concrete defects, formwork, reinforcement, finishing.

Бетон, как известно, является очень универсальным и надежным материалом, но некоторые строительные ошибки и небрежность при строительстве могут привести к развитию дефектов в бетонной конструкции [1]. Эти дефекты в бетонных конструкциях могут быть вызваны плохими методами строительства, плохим контролем качества или плохим структурным проектированием и детализацией.

Распространенными типами дефектов в бетонных конструкциях являются сотовые образования, разрушение формы или смещение опалубки, ошибки размеров, карманы в скальной породе и дефекты отделки [2].

### 1. Сотовые и каменные карманы

На бетонной поверхности появляются сотовые и каменные карманы, где остаются пустоты из-за того, что цементный раствор не заполняет пространства вокруг и среди крупных заполнителей.

Причины образования сот и каменных карманов связаны с плохим контролем качества при смешивании; Транспортировки; или укладка бетона, недостаточное или чрезмерное уплотнение бетона, недостаточное расстояние между стержнями, низкое содержание цемента или неправильная конструкция смеси [3].

Сотовые и каменные карманы могут снизить долговечность, поскольку они подвергают арматуру воздействию окружающей среды, что может снизить прочность бетонных секций.

Если эти дефекты незначительны, их можно устранить с помощью цементного раствора сразу после снятия опалубки. Если ремонтные работы затягиваются более чем на 24 часа, следует использовать замену эпоксидного бетона.

## 2. Дефекты из-за некачественного монтажа опалубки

К ошибкам монтажа опалубки относятся несоосность, смещение, потеря опоры, разрушение форм, что может привести к растрескиванию и разрушению конструкции.

Трещины в осадке образуются из-за осадки бетона, вызванной потерей опоры во время строительства. Недостаточная опора опалубки и преждевременный демонтаж опалубки являются основными причинами потери опоры во время строительства [4].

Дефекты, возникшие из-за ошибок в размещении опалубки, могут быть устранены с помощью поверхностного шлифования для сохранения вертикальности конструкции, если ошибка незначительна. В случае серьезной ошибки бетонный элемент должен быть отремонтирован путем удаления бетона в дефектной зоне, а затем реконструкции этой части конструктивного элемента с использованием подходящих методов.

## 3. Дефекты из-за погрешностей размеров бетона

Погрешности размеров в бетонных конструкциях возникают либо из-за плохого центрирования элемента конструкции, либо из-за отклонения от спецификаций. В этом случае конструктивный элемент может быть использован, если он приемлем для целевого назначения конструкции, или может быть реконструирован, если его недостаточно.

## 4. Дефекты из-за ошибок отделки

Ошибки отделки в бетонных конструкциях могут включать в себя чрезмерную отделку бетонной поверхности или добавление большего количества воды или цемента на поверхность во время отделки бетона. Это приводит к образованию пористой поверхности, которая делает бетон проницаемым, что приводит к снижению прочности бетона.



Плохая отделка бетона приводит к отколу бетона с поверхности в начале срока их службы. Ремонт отколов включает в себя удаление дефектных бетон и замена на эпоксидный связующий бетон.

#### 5. Усадочные трещины

Образование усадочных трещин в бетонных конструкциях происходит за счет испарения воды из бетонной смеси. Серьезность этой проблемы зависит от количества воды в бетоне (при увеличении количества воды увеличивается количество усадочных трещин), погодных условий и режима отверждения.

Эту проблему можно решить, рассмотрев подходящий режим отверждения и добавив в бетонную смесь подходящее количество воды [5].

#### 6. Дефекты из-за плохого размещения арматуры

Ошибки при монтаже арматуры могут привести к серьезному износу бетона. Например, неподходящие дуги ступьев и недостаточная обвязка арматуры могут привести к смещению арматуры, что может привести к недостаточному бетонному покрытию и уменьшению глубины воздействия бетонного сечения. В результате долговечность бетонной конструкции снижается, и конструкция становится уязвимой для химических атак.

#### 7. Дыры

Отверстия на поверхности или поверхностные пустоты представляют собой небольшие правильные или неправильные полости, образующиеся из-за скопления пузырьков воздуха на поверхности во время размещения и уплотнения. Они обычно встречаются в вертикальном монолитном бетоне, таком как стены и колонны.

Количество и размер отверстий варьируются и зависят от материала и состояния облицовки, типа разделительного агента и толщины нанесения, характеристик бетонной смеси, а также методов укладки и уплотнения.

Отверстия считаются дефектами, если их ширина и глубина превышают 3,81 см и 1,27 см соответственно.

Дефекты в бетонных конструкциях могут значительно снизить их прочность, долговечность и эксплуатационные качества. Важно понимать причины возникновения этих дефектов, чтобы своевременно принять меры по их устранению или минимизации. Правильное проектирование, контроль качества материалов и работ, а также своевременная диагностика и ремонт бетона являются ключевыми факторами для обеспечения долговечности и безопасности бетонных конструкций.

### **Источники**

1. Смоляго Г.А., Фролов Н.В., Дронов А.В. Анализ коррозионных повреждений эксплуатируемых изгибаемых железобетонных конструкций зданий и сооружений // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. ВГ Шухова. 2019. №. 1. С. 52-57.

2. Исаченко С.Л. Деструктивные явления при некачественном прогреве монолитных железобетонных конструкций // Умные композиты в строительстве. 2024. С. 8.

3. Байбурин Д.А., Тупицына Д.С. Частотность дефектов и повреждений промышленных зданий // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Т. 22. №. 1. С. 23-32.

4. Макаров А.Н., Забара А.М. Идентификация и оценка рисков дефектов на этапе строительного контроля бетонных работ в многоэтажном строительстве // Инженерный вестник Дона. 2024. №. 5 (113). С. 50.

5. Комплексное исследование износа, несущей способности и долговечности строительных конструкций линейного объекта ВЛ 220 кВ / Абсиметов В.Э. [и др.] // Наука и инновации в строительстве. 2021. С. 176-183.

## **ОЦЕНКА КАЧЕСТВА МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ РЕЗЕРВУАРА ДЛЯ ПРИЕМА РЕГЕНЕРАЦИОННОГО РАСТВОРА И ПРОМЫВОЧНОЙ ВОДЫ**

Коньжов Кирилл Вадимович<sup>1</sup>, Шарафутдинов Линар Альфредович<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
konizhov.kirill@mail.ru,

В статье представлен анализ результатов комплексной экспертизы монолитных железобетонных конструкций нового резервуара объемом 500 м<sup>3</sup> для приема регенерационного раствора и промывочной воды фильтров станции очистки карьерных вод. Несмотря на соответствие прочности бетона проектным значениям, экспертиза выявила ряд дефектов и повреждений, которые могут негативно повлиять на эксплуатационные качества резервуара. Описаны выявленные дефекты, их потенциальное влияние на долговечность, водонепроницаемость и несущую способность резервуара. Сформулированы рекомендации по проведению дополнительных исследований для определения степени влияния дефектов и разработке мер по их устранению или минимизации последствий.

**Ключевые слова:** резервуар, монолитный железобетон, экспертиза, дефекты, долговечность.

## **ASSESSMENT OF THE QUALITY OF MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE STRUCTURES OF A RESERVOIR FOR RECEIVING REGENERATION SOLUTION AND WASHING WATER**

Konizhov Kirill Vadimovich<sup>1</sup>, Sharafutdinov Linar Alfredovich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan

konizhov.kirill@mail.ru,

The article presents an analysis of the results of a comprehensive examination of monolithic reinforced concrete structures of a new 500 m<sup>3</sup> tank for receiving regeneration solution and filter wash water of a quarry water treatment plant. Despite the compliance of the concrete strength with the design values, the examination revealed a number of defects and damages that may negatively affect the operational qualities of the tank. The identified defects, their potential impact on the durability, water resistance and load-bearing capacity of the tank are described. Recommendations are formulated for conducting additional studies to determine the degree of influence of defects and developing measures to eliminate them or minimize the consequences.

**Keywords:** tank, monolithic reinforced concrete, examination, defects, durability.

В процессе ввода в эксплуатацию нового резервуара объемом 500 м<sup>3</sup>, предназначенного для приема регенерационного раствора и промывочной воды фильтров станции очистки карьерных вод, была проведена комплексная

экспертиза монолитных железобетонных конструкций [1-2]. Целью экспертизы являлось установление соответствия возведенных конструкций требованиям проекта и действующих нормативных документов, а также выявление дефектов и повреждений, возникших в процессе строительства, и оценка их влияния на несущую способность, долговечность и эксплуатационные качества резервуара.

Резервуар прямоугольной формы с размерами в плане 12,0×12,0 м и высотой 3,6 м, частично заглублен и оснащен грунтовой обсыпкой для теплоизоляции. Все конструкции резервуара выполнены из монолитного железобетона с классом прочности бетона В25 (согласно проекту), морозостойкостью F100 и водонепроницаемостью W4.

Инструментальное обследование показало, что среднее значение прочности бетона в испытываемых зонах железобетонных конструкций в большинстве случаев соответствует проектным значениям [3].

Несмотря на соответствие прочности бетона проектным значениям, в ходе обследования были выявлены следующие дефекты и повреждения монолитных стен резервуара [4-5]:

- 1) Шероховатые участки и участки с «рваной» бетонной поверхностью.
- 2) Наплывы бетона.
- 3) Неоднородная пористая структура бетона, пустоты, поры, раковины.
- 4) Пустоты и полости под зернами крупного заполнителя и стержнями арматуры.
- 5) Непровибрированные участки с образованием каверн.
- 6) Щербенистость поверхности бетона.
- 7) Отклонение геометрических размеров конструкций резервуара из-за смещения (прогиба) опалубки.

Выявленные дефекты могут оказать негативное влияние на эксплуатационные качества резервуара, включая его долговечность, водонепроницаемость и несущую способность. Необходимо провести дополнительные исследования для определения степени влияния дефектов и разработки рекомендаций по их устранению или минимизации их последствий.

Проведенная экспертиза показала, что несмотря на соответствие прочности бетона проектным значениям, в монолитных железобетонных конструкциях резервуара имеются дефекты и повреждения, которые могут отрицательно повлиять на его эксплуатационные качества. Необходимо провести дополнительные исследования для оценки степени влияния дефектов и разработки рекомендаций по их устранению или минимизации их последствий.

## Источники

1. Применение монолитных железобетонных конструкций на территории Республики Узбекистан в конструкциях / Холмирзаев С. [и др.] // Journal of new century innovations. 2022. Т. 19. №. 6. С. 81-92.
2. Волкова Д.С., Курганский М. В. Монолитные железобетонные конструкции заглубленных сооружений // Инновационные методы проектирования строительных конструкций зданий и сооружений. 2022. С. 132-135.
3. Использование бетонов и арматуры повышенной прочности в проектировании сборных и монолитных железобетонных конструкций / Бедов А.И. [и др.] // Вестник МГСУ. 2012. №. 8. С. 76-84.
4. Эффективность использования монолитного железобетона при строительстве жилого дома / Ахмедов И. [и др.] // Journal of new century innovations. 2022. Т. 19. №. 6. С. 71-80.
5. Компьютерные технологии при формировании расчетных моделей монолитных железобетонных конструкций / Бедов А.И. [и др.] // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2017. Т. 13. №. 4. С. 37.

## РОЛЬ КОНОПАТКИ В ПОКРАСКЕ И ОБСЛУЖИВАНИИ ДОМА

Коньжов Кирилл Вадимович  
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
konizhov.kirill@mail.ru

В статье рассматривается важность герметизации в строительстве и ремонте домов. Объясняется, как герметизация защищает от влаги, вредителей, утечек воздуха и улучшает внешний вид покрашенных поверхностей. Также представлены различные преимущества использования герметизации, включая повышение энергоэффективности, защиту материалов и увеличение срока службы краски.

**Ключевые слова:** конопатка, герметизация, энергоэффективность, строительство, отделка.

## THE ROLE OF CAULKING IN PAINTING AND MAINTENANCE OF THE HOUSE

Konyzhov Kirill Vadimovich  
FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
konizhov.kirill@mail.ru

This article discusses the importance of caulking in home construction and renovation. It explains how caulking protects against moisture, pests, air leaks, and improves the appearance of painted surfaces. It also presents the various benefits of using caulking, including improving energy efficiency, protecting materials, and extending the life of paint.

**Keywords:** caulking, sealing, energy efficiency, construction, finishing.

Герметизация жизненно важна для герметизации щелей и трещин в стенах, полах, потолках и других домашних помещениях. Этот универсальный материал предотвращает проникновение воды, заражение насекомыми и даже утечку воздуха, гарантируя, что ваш дом останется защищенным от непогоды [1-2].

Герметик также помогает сгладить мелкие дефекты поверхности, что делает его ключевым этапом во многих малярных и строительных проектах. Высококачественный герметик необходим для того, чтобы выдерживать экстремальные погодные условия без растрескивания или отслаивания.

Кроме того, для достижения оптимальных результатов важен выбор правильного типа герметика для конкретных задач, таких как закрашивание его. Например, если вы планируете закрашивать участок с конопаткой, выбор герметика для покраски имеет решающее значение.

Конопатка защищает ваш дом от влаги, вредителей и утечек воздуха. Он герметизирует щели в стенах, полах и потолках, повышая энергоэффективность и продлевая срок службы краски [3].

Высококачественная герметик предотвращает повреждение водой, снижает шум и отпугивает вредителей. Различные герметики служат различным целям, таким как гидроизоляция и герметизация окон, дверей и сантехнических помещений, и их следует выбирать в зависимости от совместимости поверхностей и конкретных потребностей.

Регулярное техническое обслуживание конопатки помогает предотвратить дорогостоящий ремонт и повышает общую стоимость и комфорт вашего дома, что делает его разумной долгосрочной инвестицией.

Роль конопатки в покраске и обслуживании дома [4-5]:

1. Улучшает процесс покраски и внешний вид

Заполняет зазоры и отверстия в отделке или сайдинге, создавая более гладкую поверхность для покраски.

Улучшает окончательный внешний вид, скрывая недостатки.

2. Продлевает срок службы краски

Предотвращает скопление воды в трещинах и щелях, что уменьшает отслаивание краски.

Он особенно полезен зимой, так как защищает от влаги от снега и дождя, которые могут повлиять на внешние и внутренние поверхности.

3. Защита от непогоды

Защищает наружные поверхности от суровых погодных условий, включая окна, двери и алюминиевый сайдинг.

Действует как барьер от влаги и вредителей, снижая потенциальный ущерб.

4. Улучшает изоляцию

Улучшает изоляцию, что приводит к более эффективному отоплению и охлаждению.

Это может способствовать снижению затрат на электроэнергию за счет уменьшения сквозняков и потерь тепла.

5. Защита домашних материалов

Обеспечивает дополнительную защиту древесины и других материалов, помогая им противостоять износу под воздействием окружающей среды.

Высококачественная герметизация имеет важное значение для долгосрочной долговечности и технического обслуживания.

Герметизация играет ключевую роль в сохранении и улучшении качества жилья. Она обеспечивает защиту от неблагоприятных внешних факторов, повышает энергоэффективность и продлевает срок службы материалов, делая дом более комфортным и долговечным. Правильный выбор герметика и его качественное нанесение являются залогом эффективной защиты и долговечности постройки.

## Источники

1. Роль использование энергоэффективных систем при формировании архитектуры жилых зданий: роль использование энергоэффективных систем при формировании архитектуры жилых зданий / Абдуллаев У.Д. [и др.]. 2023.
2. Захаренко Е.А., Гунина Д.С. Каркасно-бревенчатая технология «POST AND BEAM» // Роль молодых ученых и исследователей в решении актуальных задач АПК. 2020. С. 106-109.
3. Шеина Э.Н., Сухорукова И.А., Ковалёва О.В. Пассивные дома. новая эпоха в энергосбережении // Архитектурные исследования. 2020. №. 2. С. 149-155.
4. Сущность комплексной автоматизации водогрейных котлов / Коньжов К. [и др.] // Энергетика и энергосбережение: теория и практика. 2023. С. 145-1-145-13.
5. Коньжов К.В., Политова Т.О. Главные проблемы, с которыми сталкивается энергетика и возможные способы их решения // XXVI Всероссийский аспирантско-магистерский научный семинар, посвященный дню энергетика. 2023. С. 85-88.



## К ОЦЕНКЕ ПРОЧНОСТИ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С УЧЁТОМ ДЕФЕКТОВ И ПОВРЕЖДЕНИЙ

Маннапов Раниль Мансурович<sup>1</sup>, Шарафутдинов Линар Альфредович<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>ranil.mannapov@yandex.ru, <sup>2</sup>sh\_linar@mail.ru

В статье представлен обзор существующих методов расчета прочности изгибаемых железобетонных элементов, учитывающих различные дефекты и повреждения. Рассматриваются работы нескольких авторов, получивших зависимости влияния дефектов и повреждений на прочность изгибаемых железобетонных элементов. В частности, представлены случаи коррозионного повреждения железобетонной конструкций, а также влияния нормальных и горизонтальных трещин на прочность рассматриваемого элемента.

**Ключевые слова:** дефект, повреждение, прочность, трещины, коррозия

## TO ASSESS THE STRENGTH OF BENT REINFORCED CONCRETE ELEMENTS, TAKING INTO ACCOUNT DEFECTS AND DAMAGES

Mannapov Ranil Mansurovich<sup>1</sup>, Sharafutdinov Linar Alfredovich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>ranil.mannapov@yandex.ru, <sup>2</sup>sh\_linar@mail.ru

The article provides an overview of existing methods for calculating the strength of bent reinforced concrete elements, taking into account various defects and damages. The works of several authors who have obtained dependences of the influence of defects and damages on the strength of bent reinforced concrete elements are considered. In particular, the cases of corrosion damage to reinforced concrete structures, as well as the influence of normal and horizontal cracks on the strength of the element in question, are presented.

**Keywords:** defect, damage, strength, cracks, corrosion

В железобетонных конструкциях могут возникать различные дефекты как в процессе изготовления, так и в процессе транспортировки, монтажа и эксплуатации. Дефекты могут быть в виде нормальных трещин в растянутой зоне [2], локальных горизонтальных трещины в бетоне сжатой зоны, наплывы, пустоты в теле монолитного элемента, сколы, раковины и т. д. Всё это может снижать прочность и долговечность конструкций, поэтому важно вовремя обнаружить дефекты и повреждения, при необходимости провести работы по усилению.

В работе Пахомовой Е.Г. [3] использованы предложения А.И. Попеско, С. И. Меркулова о том, что свойства коррозионно-поврежденного бетона, по аналогии с неповрежденным бетоном, определяются его структурой. Прочностные и деформативные характеристики поврежденного бетона:

$$R_{b,cr} = K_R(Z) \cdot R_b; R_{bt,cr} = K_R(Z) \cdot R_{bt}; E_{b,cr} = K_E(Z) \cdot E_{b,cr};$$

где  $K_E(Z); K_R(Z)$  - функции деградации бетона при коррозионных повреждениях.

Определены коэффициенты для оценки коррозионных повреждений железобетонных конструкций: для неповрежденных — 1,0, средней степени повреждения — 0,90, сильной степени — 0,80. Также учитывается уменьшение сцепления между бетоном и арматурой: для средней степени повреждения — 0,95, сильной степени — 0,85.

Орловой М.А. проведены эксперименты [4], позволившие вывести эмпирические коэффициенты, учитывающие снижение прочности балок с трещинами по сравнению с неповрежденными, и разработан метод расчета остаточной несущей способности железобетонных изгибаемых элементов с трещинами.

В практических расчетах несущая способность по бетону сжатой зоны железобетонных балок с нормальными и горизонтальными трещинами вычисляется по формуле:

$$M_b^{v,h} = \sigma_b^{v,h} \cdot \xi \cdot (1 - 0,5\xi) \cdot b \cdot h_0^2;$$

где  $\xi$  — начальная относительная высота сжатой зоны бетона; и  $h_0$  — размеры поперечного сечения балки;  $\sigma_b^{v,h}$  — теоретические значения максимального напряжения в бетоне сжатой зоны балок с нормальными и горизонтальными трещинами

$$\sigma_b^{v,h} = \frac{K_{IIС}}{(\sin \alpha' - \varphi \cos \alpha') \cdot \cos \alpha' \sqrt{\pi \cdot I_{cr}}} \cdot k_h \cdot k_v;$$

где  $\varphi = 0,8$  — коэффициент трения бетона;  $\alpha'$  — угол сдвига бетона;  $k_v$  — эмпирический коэффициент для изменения высоты сжатой зоны в балках с нормальными трещинами, зависящий от параметров трещин, высоты сечения  $h$  и  $\mu$  процента армирования;  $k_h$  — эмпирический коэффициент для балок с горизонтальными трещинами, зависящий от параметров трещин и высоты поврежденного участка. При отсутствии трещин  $k_v = 1$  и  $k_h = 1$ .

Современные методы расчета прочности железобетонных конструкций с дефектами и повреждениями основываются на учете изменения их механических характеристик и структурных свойств в условиях эксплуатации.

Для этого применяются как классические теории прочности [1], так и более продвинутые численные методы, включая методы конечных элементов [5], которые позволяют учитывать локальные повреждения, трещины и другие дефекты. Важное внимание уделяется моделированию процессов деградации материалов, а также оценки остаточной прочности конструкций с учетом динамических нагрузок и агрессивных внешних факторов. Эти подходы позволяют более точно прогнозировать долговечность и безопасность конструкций, обеспечивая эффективное управление рисками и продление срока службы объектов.

### **Источники**

1. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Москва, 2019.

2. Касимов Р. Г. Дефекты и повреждения строительных конструкций, методы и приборы для их количественной и качественной оценки: учебное пособие / Р. Г. Касимов; Оренбургский гос. ун-т. Оренбург: ОГУ, 2016. 109 с.

3. Пахомова Е. Г., Меркулов Д. С., Гордеев А. В. Прочность и деформативность изгибаемых железобетонных конструкций при коррозионном повреждении бетона и арматуры // Известия Орловского государственного технического университета. Серия: Строительство и транспорт. 2008. № 3-19. С. 29-32.

4. Орлова М. А. Экспериментальные исследования прочности железобетонных балок с трещинами // Жилищное строительство. 2015. № 12. С. 33-37.

5. Шарафутдинов Л. А., Маннапов Р. М. Компьютерное моделирование железобетонных балок с учётом дефектов и повреждений // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2024. № 5. С. 34-45.

## ОЦЕНКА ОСАДОК ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО РЕЗЕРВУАРА ПРИ СНИЖЕНИИ МОДУЛЯ ДЕФОРМАЦИИ БЕТОНА ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛИТЫ

Махмутова Гульфия Равилевна<sup>1</sup>, Шарафутдинов Линар Альфредович<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>gulfia999@gmail.com, <sup>2</sup>sh\_linar@mail.ru

В статье приведены результаты численного эксперимента для железобетонного резервуара в программно-вычислительном комплексе Лира-САПР. Выполнено моделирование совместной работы железобетонной фундаментной плиты с грунтом основания через коэффициенты постели, получен график зависимости осадок фундамента от доли снижения начального модуля деформации бетона.

**Ключевые слова:** грунт, фундамент, коэффициент постели, резервуар, нефтепродукты.

## ASSESSMENT OF THE PRECIPITATION OF A REINFORCED CONCRETE TANK WITH A DECREASE IN THE DEFORMATION MODULUS OF THE CONCRETE FOUNDATION PLATE

Makhmutova Gulfiya Ravilevna<sup>1</sup>, Sharafutdinov Linar Alfredovich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>gulfia999@gmail.com, <sup>2</sup>sh\_linar@mail.ru

The article presents the results of a numerical experiment for a reinforced concrete tank in the Lira-CAD software and computing complex. The simulation of the joint work of a reinforced concrete foundation plate with the foundation soil through the bed coefficients was performed, a graph of the dependence of the foundation sediment on the proportion of reduction in the initial modulus of concrete deformation was obtained.

**Keywords:** soil, LIRA, bed coefficient, reservoir, petroleum products.

Одним из видов повреждения железобетонных конструкций, в том числе резервуаров, является снижение класса бетона, что приводит к уменьшению всех физико-механических характеристик. Это может быть вызвано ненадлежащим выполнением строительно-монтажных работ, нарушений требований за уходом бетона в процессе твердения, ошибками расчёта состава бетона, не учёта климатических условий [1, 2], нарушений условий эксплуатации, воздействием агрессивных сред [3] т.д.

В статье проведена оценка осадки резервуара при изменении доли снижения начального модуля деформации бетона фундаментной плиты. Расчёт выполнен в программно-вычислительном комплексе Лира-САПР. Известно, что в следствии снижения модуля деформации бетона снижается

жёсткость и прочность конструкции [4, 5], что может привести к дополнительным усилиям в смежных частях. Это при недостаточном армировании вызовет дополнительные деформации и образование трещин.

Рассмотрено снижение модуля деформации бетона фундаментной плиты резервуара в 0,3; 0,6; 0,7 и 0,8 раз. Результаты оценки степени влияния представлены на рис.1-рис.5.

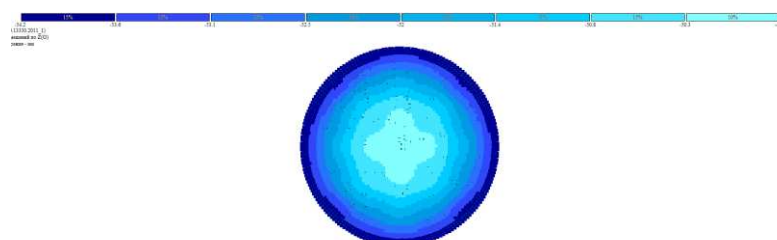


Рис. 1. Изополя осадок фундамента резервуара без снижения модуля деформации бетона

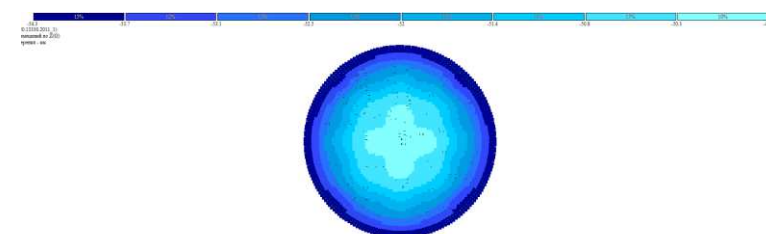


Рис. 2. Изополя осадок резервуара при снижении модуля деформации бетона в 0,8 раз

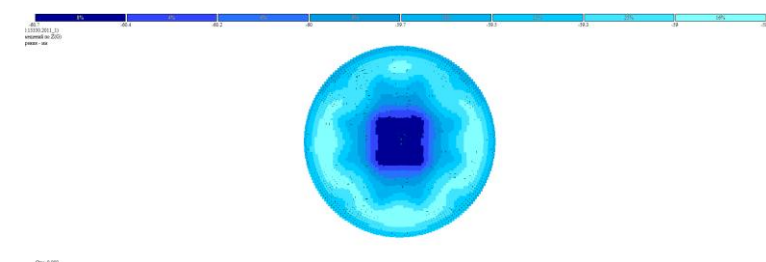


Рис. 3. Изополя осадок резервуара при снижении модуля деформации бетона в 0,7 раз

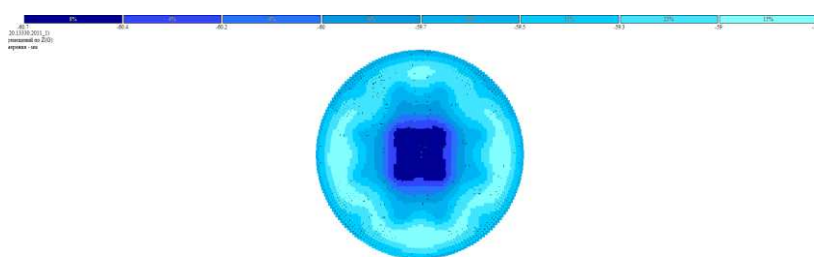


Рис. 4. Изополя осадок резервуара при снижении модуля деформации бетона в 0,6 раз

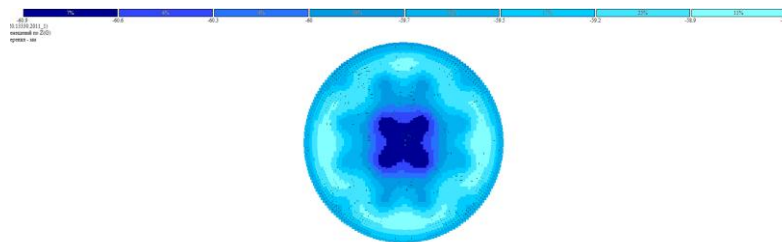


Рис. 5. Изополя осадок резервуара при снижения модуля деформации бетона в 0,3 раз

Установлено, что при снижении модуля деформации бетона фундаментной плиты в диапазоне от 0,7 до 0,8 раз происходит резкий скачок значения с 54,3 мм до 60,7 мм. Данный скачок вызван резким изменением жесткости фундаментной плиты и перераспределением максимальных осадок с края фундамента к его центру. В промежутках от 1 до 0,8 значения практически не изменяются и составляют 54,2-54,3. Аналогично в диапазоне от 0,7 до 0,3.

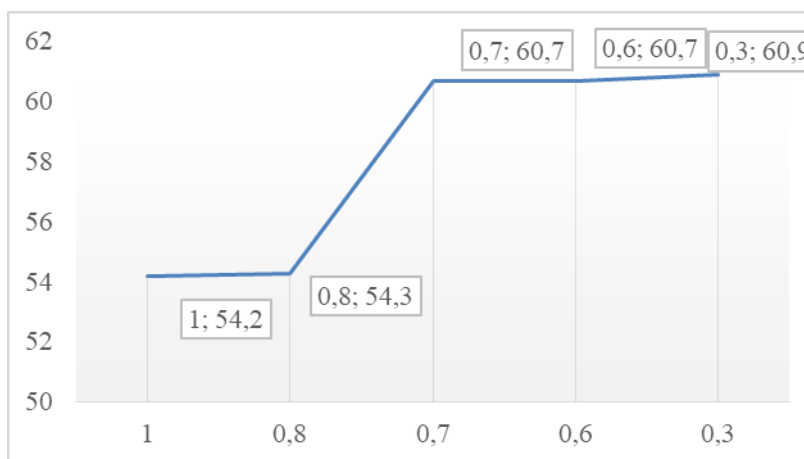


Рис. 6. График зависимости осадок фундамента от доли снижения модуля деформации бетона

### Источники

1. Носков И.В., Решетов М.М., Лютов В.Н., Ананьев С.А., Носков К.И. Причины снижения и определение прочности бетона фундаментов методами разрушающего и неразрушающего контроля при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений // Вестник Евразийской науки, 2020 №6, С. 1-12.

2. Волков А.С., Дмитренко Е.А., Корсун А.В. Влияние дефектов строительства на несущую способность железобетонных конструкций монолитного каркасного здания // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. №2(29). С. 45-56.

3. Ризаев Б. Ш., Мамадалиев А. Т., Мухитдинов М. Б., Одилжанов А. З. Влияние агрессивных сред на долговечность легкого бетона // *Universum: технические науки*. 2022. № 2-2 (95).

4. Умаров А. Г., Умаров Р. Г., Блягоз А. М. Сопоставительный анализ влияния класса бетона на несущую способность железобетонных колонн небольшой гибкости со смешанным армированием // *ИВД*. 2020. №5 (65).

5. Шарафутдинов, Л. А. Компьютерное моделирование железобетонных балок с учётом дефектов и повреждений / Л. А. Шарафутдинов, Р. М. Маннапов // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2024. № 5. С. 34-45.

## О ПРОЧНОСТИ, ЖЁСТКОСТЬ И ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СТЕН

Радайкин Олег Валерьевич<sup>1</sup>, Хнычева Надежда Вячеславовна<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>olegxxii@mail.ru, <sup>2</sup>vartsk@gmail.com

В статье приведена авторская классификация разнородных факторов влияния на прочность, жёсткость и трещиностойкости монолитных железобетонных стен. Рассмотрены некоторые закономерности совместного влияния соотношения сторон стены  $H/B$ , и фактора, учитывающего действие вертикальной и горизонтальной нагрузок. Установлено, что при малых  $H/B$  преобладает доля сдвиговых деформаций  $\Delta_{shear}$  в результирующих деформациях стены  $\Delta$ , а сопротивляемость поперечной нагрузке  $Q_u$  является максимальной. При этом разрушение носит более хрупкий характер. С увеличением отношения  $H/B$  доля изгибных деформаций  $\Delta_{flexure}$  возрастает, а сдвиговых  $\Delta_{shear}$  – падает, снижается также и  $Q_u$ , пластические деформации проявляются более интенсивно. Вертикальная нагрузка  $N$  в интервале изменения от 0 до 0,5 от  $N_u$ , создаёт поддерживающий эффект обжатия и приводит к росту  $Q_u$ . В интервале 0,5 до 1,0 этот эффект постепенно сходит на нет.

**Ключевые слова:** железобетон, монолитные стены, экспериментальные данные, прочность, жёсткость, трещиностойкость, факторы влияния, геометрические параметры, нагрузки, деформации.

## ON STRENGTH, STIFFNESS AND CRACK RESISTANCE OF MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE WALLS

Radajkin Oleg Valer'evich<sup>1</sup>, Hnycheva Nadezhda Vjacheslavovna<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>olegxxii@mail.ru, <sup>2</sup>vartsk@gmail.com

In the article the author's classification of heterogeneous factors of influence on strength, stiffness and crack resistance of monolithic reinforced concrete walls is given. Some regularities of the joint influence of the wall side ratio  $H/B$ , and the factor taking into account the effect of vertical and horizontal loads are considered. It is established that at small  $H/B$  the share of shear deformations  $\Delta_{shear}$  in the resultant deformations of the wall  $\Delta$  prevails, and the resistance to transverse load  $Q_u$  is maximum. At the same time, the failure is more brittle in nature. As the  $H/B$  ratio increases, the proportion of bending strains  $\Delta_{flexure}$  increases and shear strains  $\Delta_{shear}$  decreases,  $Q_u$  also decreases, and plastic strains are more intense. The vertical load  $N$  in the range of change from 0 to 0.5 of  $N_u$ , creates a supporting effect of compression and leads to an increase in  $Q_u$ . In the range 0.5 to 1.0, this effect gradually disappears.

**Keywords:** reinforced concrete structures, monolithic walls, experimental data, strength, stiffness, crack resistance, influence factors, geometrical parameters, loads, deformations.



Железобетонные стены обеспечивают сопротивляемость несущих систем зданий горизонтальным нагрузкам, придают им жёсткость и устойчивость, а также во многих случаях воспринимают вертикальные нагрузки и передают их на фундамент. Такая их многофункциональность особенно в монолитном исполнении является причиной возникновения в них сложного напряжённо-деформированного состояния (НДС), от достоверной оценки которой зависит как безопасность, так и расход материалов, а в конечном счёте – стоимость строительства. На рис. 1 представлена информационная схема взаимосвязи максимально возможного, на наш взгляд, факторов, влияющих на прочность железобетонных стен.

Характеризовать степень влияния того или иного фактора следует по отклику, в качестве которого удобно рассматривать деформации конструкции. В общем виде деформации стены складываются из следующих составляющих:

$$\Delta = \Delta_{flexure} + \Delta_{shear} + \Delta_{slid} + \Delta_{BR}; \quad (1)$$

где  $\Delta_{flexure}$  – деформация чистого изгиба в плоскости стены (рис. 2, а);  $\Delta_{shear}$  – деформация чистого сдвига параллельно плоскости стены (рис. 2, б);  $\Delta_{slid}$  – деформация сдвига-скольжения (рис. 2, в);  $\Delta_{B.R}$  – деформация, вызванная поворотом основания и/или верха стены относительно фундамента и/или перекрытия (рис. 2, г).

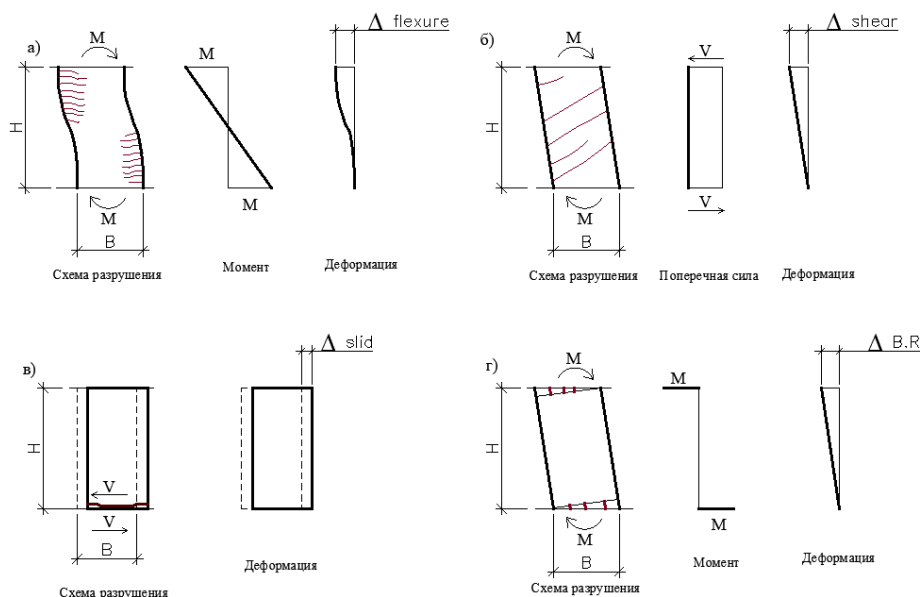


Рис.2. Виды деформаций железобетонных стен: а) деформация от изгиба в плоскости стены  $\Delta_{flexure}$ ; б) деформация от сдвига параллельно плоскости стены  $\Delta_{shear}$ ; в) деформация сдвига-скольжения  $\Delta_{slid}$ ; г) деформация, вызванная поворотом опоры у основания стены  $\Delta_{B.R}$ .

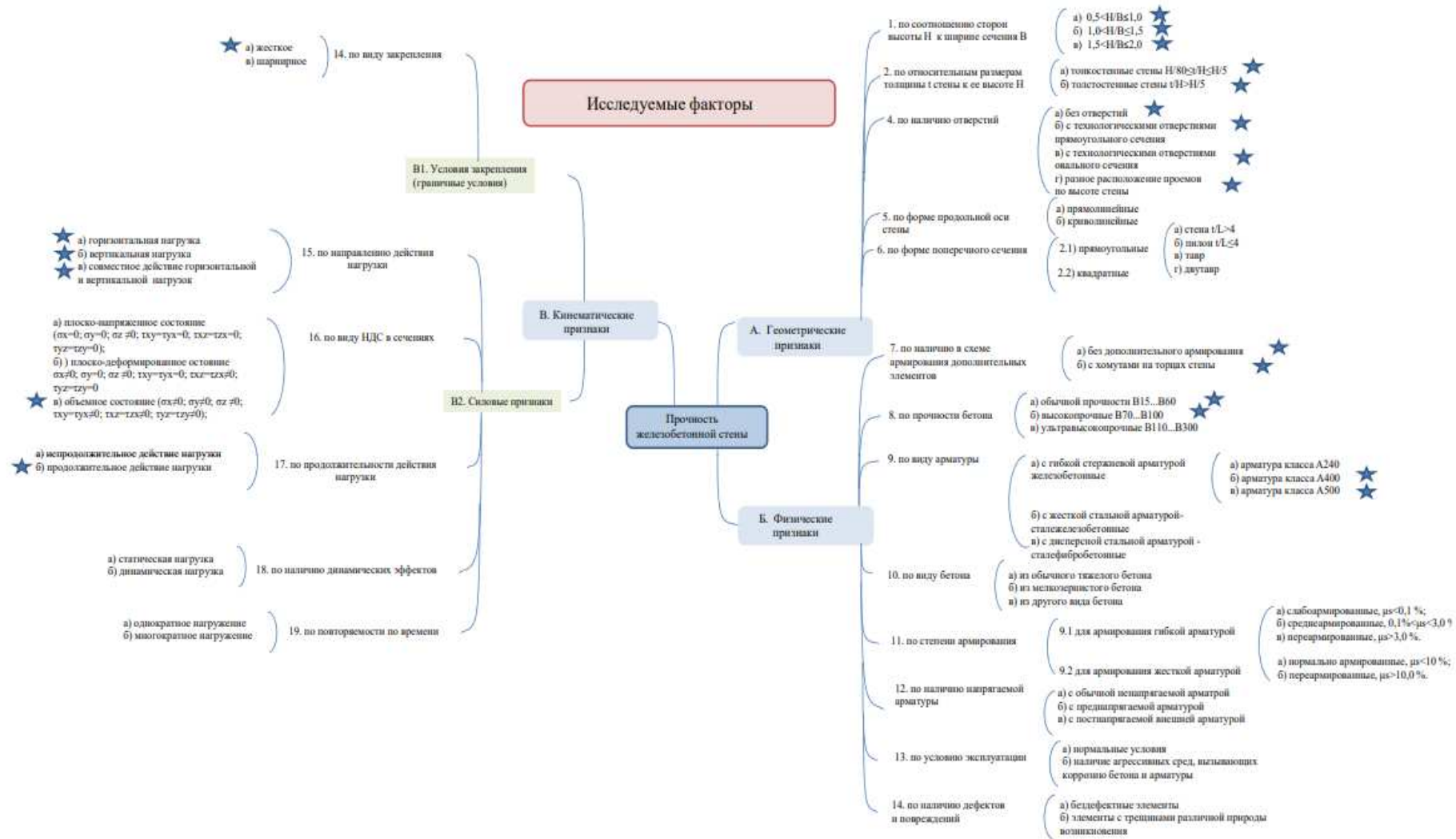


Рис. 1. Исследуемые факторы влияния на прочность монолитной железобетонной стены

1. Случай стен, работающих в основном на сдвиг –  $0,5 < H/B < 1,0$ ;
2. Случай стен, работающих на изгиб со сдвигом –  $1,0 < H/B < 1,5$ ;
3. Случай стен, работающих в основном на изгиб в плоскости стены –  $1,5 < H/B < 2,0$ .

В исследовании [1] установлено, что при действии горизонтальной нагрузки на стены с соотношением сторон  $0,5 < H/B < 1,0$  разрушение происходит в средней части по высоте стены с образованием X-образных трещин, возникающих от сдвига  $\Delta_{shear}$  (рис. 3, а).

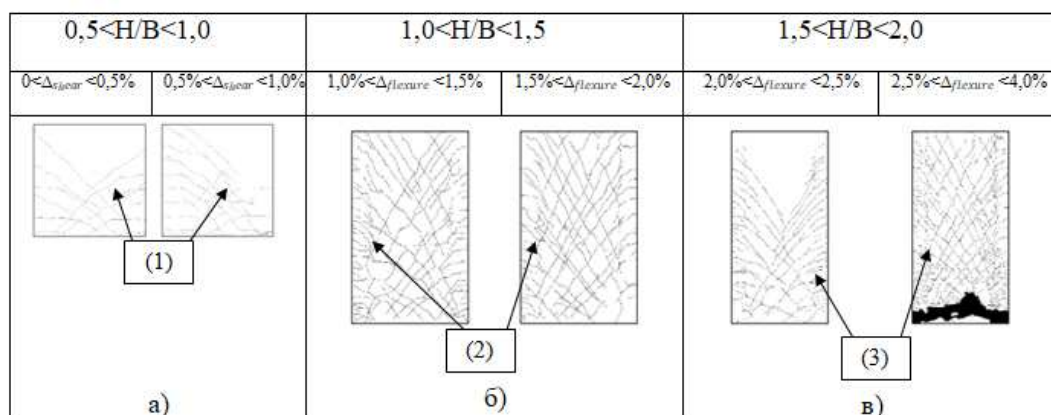


Рис. 3. Варианты схем разрушения стен в зависимости от соотношения сторон [1]:  
 Н – высота стены (м); В – ширина стены (м);  $\Delta_{shear}$  – сдвиговое перемещение параллельно плоскости стены (%);  $\Delta_{flexure}$  – изгибное перемещение в плоскости стены (%).

У стен с соотношением сторон  $1,0 < H/B < 1,5$  разрушение происходит в нижней трети стен – также с образованием X-образных трещин от сдвига  $\Delta_{shear}$  и интенсивно развивающихся горизонтальных трещин на торцевых гранях, возникающих от деформаций изгиба  $\Delta_{flexure}$  в плоскости стены (рис. 3, б).

При этом считается, что стены с соотношением сторон  $H/B < 1,5$  могут быть рассчитаны по модели так называемого каркасно-стержневого аналога (КСА) [2, 3]. В иностранной литературе эта модель имеет название «модель распорок и тяжей» [4].

Анализ экспериментальных работ показывает, что при малых  $H/B$  преобладает доля сдвиговых деформаций  $\Delta_{shear}$  в результирующих деформациях стены  $\Delta$ , а сопротивляемость поперечной нагрузке  $Q_u$  является максимальной. При этом разрушение носит более хрупкий характер. С увеличением отношения  $H/B$  доля изгибных деформаций  $\Delta_{flexure}$  возрастает, а сдвиговых  $\Delta_{shear}$  – падает, снижается также и  $Q_u$ , пластические деформации проявляются более интенсивно. Вертикальная

нагрузка  $N$  в интервале изменения от 0 до 0,5 от  $N_u$ , создаёт поддерживающий эффект обжатия и приводит к росту  $Q_u$ . В интервале 0,5 до 1,0 этот эффект постепенно сходит на нет.

### **Источники**

1. Asjodi A.H., Dolatshahi K.M., Ebrahimkhanlou A. Spatial analysis of damage evolution in cyclic-loaded reinforced concrete shear walls // Journal of Building Engineering. 2022. С. 1-35.

2. Соколов Б.С. Прочность и трещиностойкость стеновых панелей зданий: монография. Москва: Изд-во АСВ, 2010. 139 с.

3. Баранова Т.И., Залесов А.С. Каркасно-стержневые расчётные модели и инженерные методы расчета железобетонных конструкций. Учебное пособие. Москва: Изд-во АСВ, 2003. 240 с.

4. Еврокод 2. Проектирование железобетонных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий. Минск: Минстройархитектуры, 2010. 207 с.

## ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЕ ПРИСТЕНОЧНЫХ ЗАЗОРОВ НА ТЕПЛООБМЕН В ОДНОРЯДНОМ ТРУБНОМ ПУЧКЕ

Репина Эльвина Юрьевна<sup>1</sup>, Демидкина Дарья Александровна<sup>2</sup>,  
Хайруллин Айдар Рафаэлевич<sup>3</sup>  
Kazan State Power Engineering University, Kazan  
<sup>1</sup>elvina0711@mail.ru

В данной работе на основе математического моделирования рассмотрено влияние зазоров в стенках трубного пучка на теплообмен. Численное исследование проводилось с использованием программы Ansys Fluent в двумерной постановке. Результаты численного исследования показали, что размер зазоров в стенках оказывает влияние на теплоотдачу трубного пучка. Показано, что теплоотдача трубного пучка уменьшается во всем диапазоне чисел Рейнольдса с увеличением зазора между стенками. Установлено, что наибольшему влиянию подвергаются пристеночные трубки трубного пучка.

**Ключевые слова:** теплопередача, теплообменное оборудование, моделирование теплопередачи, трубный пучок.

## NUMERICAL STUDY OF THE WALL GAPS EFFECT ON HEAT TRANSFER IN A SINGLE-ROW TUBE BUNDLE

Repina Elvina Yurevna<sup>1</sup>, Demidkina Darya Alexandrovna<sup>2</sup>,  
Khairullin Aidar Rafaelevich<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup> FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
<sup>1</sup>elvina0711@mail.ru

In this paper, the influence of wall gaps in an in-line tube bundle on heat transfer is considered on the basis of mathematical modeling. The numerical study was carried out using Ansys Fluent software in two-dimensional formulation. The results of the numerical study showed that the size of the wall gaps has an effect on the heat transfer of the tube bundle. It is shown that the heat transfer of the tube bundle decreases in the whole range of Reynolds number with the increase of the wall gap. It is established that the wall tubes of the tube bundle are subjected to the maximum influence.

**Key words:** heat transfer, heat exchange equipment, heat transfer modeling, tube bundle.

Heat exchangers are used in power engineering and other industries. [1] Among such equipment, tubular heat exchangers, which are easy to manufacture, are widespread. [2]

To investigate the characteristics of tubular heat exchangers, theoretical and experimental methods are used. Based on the advantages and disadvantages of theoretical and experimental methods, researchers use numerical methods.

More common in heat exchange equipment is the bundling of tubes in bundles.

In this paper, a two-dimensional calculation domain of the mathematical model was constructed. The calculation domain is a rectangular channel with

one transverse row of tubes with diameter  $d=10\text{mm}$ . The length of the input section for the stable solution is  $5d$ , the output section is  $10d$ .

The relative distance between the wall and the center of the near-wall cylinder took the value of  $1d; 1.25d; 1.5d; 2d, x/d$ , which corresponded to the gap  $x$  equal to  $5; 7.5; 10\text{mm}$ . The channel width varied depending on the distance between the wall and the center of the near-wall cylinder and was  $6d; 6.25d; 6.5d; 7d$ .

Air was used as the working medium, the properties of which were assumed constant.

The Navier-Stokes and Fourier-Kirchhoff equation was used to describe the fluid flow and convective heat transfer. In this study, a numerical experiment was carried out for a single row tube bundle in the range of Re number from 20 to 100. The Prandtl number was also constant and corresponded to 0.71.

For a single-row tube bundle of the first transverse row from the wall (Figure. 1), the Nusselt number decreased with increasing wall gaps in the whole range of investigated clearances, except for the variant when the Reynolds number was 20.

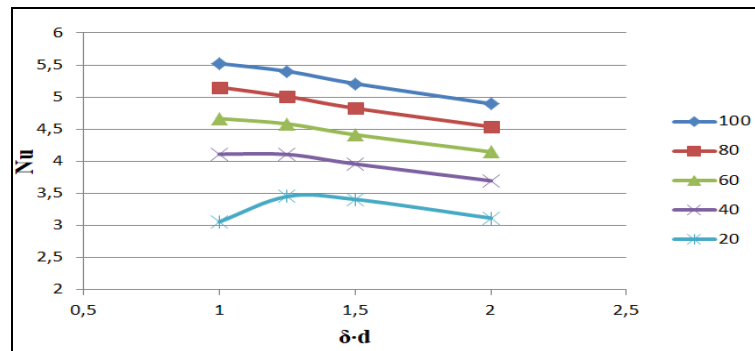


Figure 1. The variation of the first transverse row Nusselt number with the wall gaps

Figures 2, 3 shows the Nusselt number of the second and third transverse row from the wall. In Figures 2 and 3, we can observe that there is a decrease in heat transfer intensity with increasing gap throughout the range of Reynolds number variation.

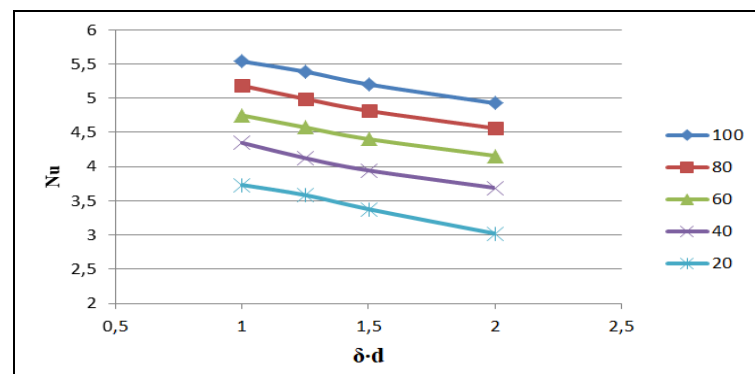


Figure 2. The variation of the second transverse row Nusselt number with the wall gaps

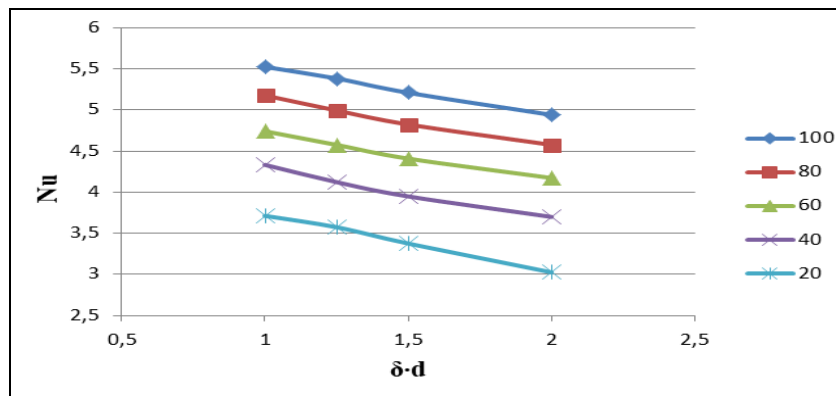


Figure 3. The variation of the third transverse row Nusselt number with the wall gaps

It is found in the paper that there is an increase in Nu as the Re number increases. This indicates the physicality of the experiment carried out as increase in Re leads to more intense flow. A comparative evaluation of the Nusselt number value at different wall gaps obtained by numerical experiment has been carried out.

### References

1. Промышленные теплообменники [Электронный ресурс] // Электротехнический интернет-портал, 2014, 20.11.2014 URL: <https://www.elec.ru/publications/promyshlennoe-oborudovanie/2334/?ysclid=lx27rb0sfj709823475> (дата обращения: 05.10.2024).
2. Ибрагимова Р.Р. Поверхностные теплообменники / Р.Р. Ибрагимова: курс лекций по дисциплине «Процессы и аппараты нефтегазопереработки». Уфа, 2007.
3. ANSYS FLUENT, ANSYS, Inc. Southpointe, 2015.
4. Жукаускас А. Теплопередача трубных пучков в поперечном потоке жидкости / А. Жукаускас, В. Макарявичюс, А. Шланчяускас. Вильнюс, Минтис, 1968. С. 9, 74-86, 130.
5. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Альянс, 2004. С. 24, 52-117.

## NUMERICAL STUDY OF THE WALL GAPS EFFECT ON HEAT TRANSFER IN THREE AND SIX ROW TUBE BUNDLE

Repina Elvina Yurevna<sup>1</sup>, Demidkina Darya Alexandrovna<sup>2</sup>,

Khairullin Aidar Rafaelevich<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan

<sup>1</sup>elvina0711@mail.ru

**Abstract.** In this paper, the influence of wall gaps in an in-line tube bundle on heat transfer is considered on the basis of mathematical modeling. The numerical study was carried out using Ansys Fluent software in two-dimensional formulation. The results of the numerical study showed that the size of the wall gaps has an effect on the heat transfer of the tube bundle. It is shown that the heat transfer of the tube bundle decreases in the whole range of Reynolds number with the increase of the wall gap. It is established that the wall tubes of the tube bundle are subjected to the maximum influence.

**Key words:** heat transfer, heat exchange equipment, heat transfer modeling, tube bundle.

It is rare to find heat exchangers made of a single cross-washed tube, as their heat exchange surface is small. More common is the connection of tubes in bundles. In engineering practice, two main types of such bundles prevail: staggered and corridor. [1]

When studying the parameters of tubular heat exchangers, both theoretical and experimental approaches are used. Taking into account the advantages and disadvantages of each of these methods, researchers are increasingly resorting to the use of numerical modeling methods. [2]

In this study, a numerical full-factor experiment was performed for a three-row and six-row tube bundle in the range of Re number from 20 to 100 and wall clearance of  $1d$ ;  $1.25d$ ;  $1.5d$ ;  $2d$ . [3]

The Nusselt criterion, Reynolds criterion, and Prandtl criterion were used in evaluating the experimental results and performing calculations. The higher  $Nu$  is, the more intensive is the process of convective heat transfer. Reynolds number characterizes the intensity of flow. [4, 5].

Analyzing the obtained data, it can be understood that the wall gap affects the heat exchange, as it can create additional resistance, which affects the rate and intensity of heat exchange. The same conclusion is reached by O.V. Chetvertkova in her works. [5] It should be noted that an increase in the wall gap can lead to the formation of stagnation zones and a decrease in the efficiency of heat transfer. Therefore, it is necessary to carefully control the size of the gap and its influence on the processes in the heat exchanger.



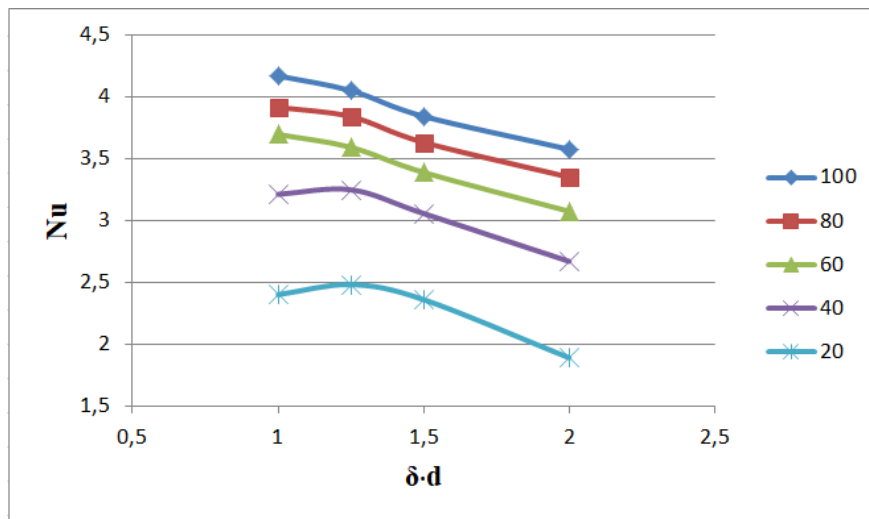


Figure 1. Dependence of the Nusselt number of a three-row tube bundle on the wall gap

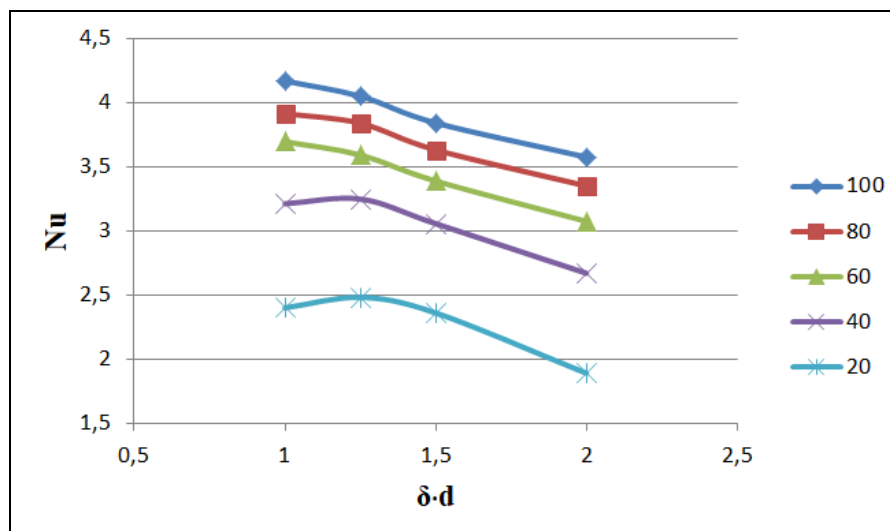


Figure 2. Dependence of the Nusselt number of a six-row tube bundle on the wall gap

Thus, the wall gap in the shell and tube apparatus has a significant effect on the intensity of heat transfer due to changes in the characteristics of heat conduction, hydrodynamics and turbulence of the flow.

## References

1. Промышленные теплообменники [Электронный ресурс] // Электротехнический интернет-портал, 2014, 20.11.2014 URL: <https://www.elec.ru/publications/promyshlennoe-oborudovanie/2334/?ysclid=lx27rb0sfj709823475> (дата обращения: 05.10.2024).

2. Ибрагимова Р.Р. Поверхностные теплообменники / Р.Р. Ибрагимова: курс лекций по дисциплине «Процессы и аппараты нефтегазопереработки». Уфа, 2007.

3. ANSYS FLUENT, ANSYS, Inc. Southpointe, 2015.
4. Жукаускас А. Теплопередача трубных пучков в поперечном потоке жидкости / А. Жукаускас, В. Макарявичюс, А. Шланчяускас. Вильнюс, Минтис, 1968. С. 9, 74-86, 130.
5. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Альянс, 2004. С. 24, 52-117.
6. Четверткова О.В. Влияние конструктивных зазоров на интенсивность теплообмена и гидравлическое сопротивление кожухотрубного теплообменника / Четверткова О.В., Ризванов Р.Г. // Машины для нефтепереработки. 2012. № 3. С. 109-112.

## СОЗДАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО МИКРОКЛИМАТА В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ И СООРУЖЕНИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАССИВНЫХ СОЛНЕЧНЫХ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ

Файзуллаев Ихтиёр Мукимович<sup>1</sup>, Садыков Жамал Джаббарович<sup>2</sup>,  
Салайдинов Ачил Мейлиевич<sup>3</sup>, Чориева Ситора Юсуповна<sup>4</sup>  
<sup>1,2,3,4</sup>Каршинский инженерно-экономический институт  
Карши, Республика Узбекистан  
<sup>2</sup>sadikovjd57@inbox.ru

В статье рассматривается проектирование пассивной солнечной системы для отопления и вентиляции сельскохозяйственных сооружений, позволяющей экономить топливно-энергетические ресурсы.

**Ключевые слова:** солнечная энергетика, пассивная солнечная система, сельскохозяйственное здание.

## CREATION OF OPTIMAL MICROCLIMATE IN AGRICULTURAL BUILDINGS AND STRUCTURES USING PASSIVE SOLAR HEATING SYSTEMS

Fayzullaev Ikhtiyor Mukimovich<sup>1</sup>, Sadikov Zhamal Dzhabbarovich<sup>2</sup>,  
Salaydinov Achil Meilievich<sup>3</sup>, Chorieva Sitora Yusupovna<sup>4</sup>  
<sup>1,2,3,4</sup>Karshi Engineering and Economic Institute  
Karshi, Republic of Uzbekistan.  
<sup>2</sup>sadikovjd57@inbox.ru

The article discusses the design of a passive solar system for heating and ventilation of agricultural structures, which allows saving fuel and energy resources.

**Keywords:** solar energy, passive solar system, agricultural building.

One of the consumers of fuel and energy resources is agriculture, and a significant part of them is used to obtain heat, which is spent on heating and ventilation in livestock premises.

Temperature and humidity of the room is the main factor in the process of ensuring the normal physiological state of animals [9]. The stability of the thermal equilibrium of the animal's body depends on the stability of the temperature of the medium. If the required temperature is maintained in combination with other necessary parameters of the premises, the yield can increase by 30% [5].

Nowadays, it is becoming more and more difficult to satisfy the energy of national economic production, prices for fuel and energy resources are growing very quickly, prices of industrial and agricultural products are based on them. If we take this indicator into account, then the task of saving energy resources is becoming more urgent and many energy-saving technologies are becoming economically feasible.

As you know, the Sun for every minute on the illuminated surface of our planet delivers the same amount of energy that all power plants and heating plants of the world produce in one year. The sun is not only inexhaustible, but also the "cleanest" source of energy, so the use of solar energy for heating and ventilation of agricultural structures is promising.

Solar energy can be converted into useful energy using so-called active and passive solar systems. Passive systems are obtained by designing buildings and selecting building materials in such a way as to maximize the use of solar energy.

Passive solar systems are those designed with maximum regard to local climatic conditions, and where appropriate technologies and materials are used to heat, cool and illuminate the building using the energy of the Sun. include traditional building techniques and materials such as insulation, massive floors, south-facing windows. Such structures can be built in some cases at no additional cost. In other cases, additional costs incurred during construction can be compensated for by reducing energy costs. Passive solar systems are environmentally friendly, they contribute to the creation of energy independence and an energy-balanced future.

Passive solar heating systems are based on the collection of solar radiation energy on blackened surfaces protected by a transparent coating, their heating with the subsequent transfer of heat by thermal conductivity and free convection to the heated room. In well-insulated buildings, up to 50% of heat demand can be met by solar radiation. When using additional heat from the environment, this indicator may increase to 90% depending on the location of the building [1,3].

In recent years, many developments have been made to create new and improve materials, structures and products used in construction. Use of polymer, composite and porous materials in construction ensures saving of construction materials, reduction of weight of enclosing structures and labour intensity of works. The experience of developed foreign countries shows that the use of polymer, composite and porous materials significantly increases the technical level of construction.

One of the most common disadvantages of heat storage wall design in solar-powered structures is the use of a low storage capacity wall with high thermal resistance. The consequence of this is a significant increase in the temperature of the outer surface of the wall, leading to an increase in thermal losses through the glazing [1,3,4].

The calculation methodology and theoretical studies of passive systems are very complex, which makes it difficult to reasonably design structures with such systems. A number of works by domestic and foreign authors proposed mathematical models with varying degrees of approximation to determine the current values of the desired parameters. These models are very complex and cumbersome, since they must take into account changing external conditions, heat absorption of the structure and the conditions of its heat exchange with the external environment, heat exchange indoors, irradiation conditions of the collector-accumulating wall, etc.

In this regard, it is practically interesting to create simple approximation methods for calculating the integral characteristics of passive solar heating systems of structures for the heating season as a whole, for example, such a characteristic as the coefficient of replacement of the heating load, which determines both the technical and economic indicators of such systems. The coefficient of replacement of the heating load is a complex function of both the meteorological conditions at the building site and the architectural, planning and design features of the construction of a passive solar heating system. It follows, in particular, that the thermal resistance of fences and the heating load of structures should be calculated especially carefully, taking into account the meteorological features of the construction site.

In work [6], the authors established a linear dependence of the average value of the replacement coefficient of the heating load for the entire heating period on the product consisting of:

- a set of relative average monthly average for this period of ambient temperature and temperature inside the facility;
- average monthly average for the heating period of total solar radiation on the horizontal surface (data of long-term observations).

The program used for calculations was based on a number of developments by foreign authors and is presented in [1,3,6]. Its main advantages are that it:

- calculated for the use of averaged average monthly values of meteorological conditions published by the relevant services for various regions;
- is universal;
- can be used to calculate various passive systems (for example, direct heating or a structure with a heat storage wall);
- includes direct or indirect communication, both with the design features of the system itself and with architectural and construction changes of the entire structure.

Based on [2,3,8], the heating efficiency of structures with a heat storage wall made of material with different thermal conductivity, but with the same density and heat capacity was analyzed. In this case, in order to comply with the

similarity or condition of the same lag of the heat wave, so that the maximum increase in the temperature of the inner surface of the heat storage wall falls at a certain time of the day, it is necessary to comply with the equal  $\tau$  in dimensionless time or Fourier criterion. This requirement applies to long-term averaged values when the temperature in the wall changes during the day.

In order to fulfill the condition of constant product of density and heat capacity of the wall material, i.e., for the analyzed conditions, various options for the design of the heat storage wall can be considered. For example, by adding a material with good conductivity to the base material. For such a wall, with increased thermal conductivity and storage capacity, is the composition of the main substance of concrete with metal fiber, wire or chips. In this case, calculation effective thermal conductivity can be carried out on the basis of the principle of generalized conductivity [2,8] under the assumption of parallel connection of heat conductors through thermal resistances of the main material and metal conductors. As the calculations made on the basis of [2,8] show, a slight addition of heat of metal fibers to a poor conductor greatly increases its thermal conductivity and practically does not change its volumetric heat capacity. If we assume that the location of the heat conductors (for example, metal chips) in the main material is chaotic and the increase in the effective heat pipe of the is the same in all coordinates (the composite substance is as if isotropic), then for the design model you can imagine a composite material element with the location of the entire mass of metal along three coordinate axes.

Using the procedure described above, the effective thermal conductivity of the metal fiber composite was determined. For concrete and metal, the addition of ten percent by volume of metal increases the thermal conductivity of the composite by at least an order of magnitude. At the same time, the product of heat  $\tau$  capacity by density of the composite material practically does not change compared to their product for the main material of the heat-accumulating wall.

In conclusion, the following conclusions can be drawn:

1. Effective is the use of reflection and shielding systems, which in the summer reduce the flow of solar radiation into the structure;
2. In winter, in the daytime, the intake of solar radiation is increased, and at night, heat loss is reduced;
3. It is most advisable to use indirect or isolated heating methods, with massive heat accumulators. As the thickness of the heat storage wall increases, the temperature of the inner wall surface will decrease. In this case, it may make sense to intensify heat transfer from the inside of the heat storage wall in some way (for example, by increasing the surface of heat recoil-finishing);

4. Determined by calculation based on averaged long-term values of the total consumption of heat of the object, it turns out to be advantageous to use a more thermally conductive material for the heat storage wall. In this case,  $\alpha$  external heat transfer coefficient and the average temperature of the outer wall surface are reduced, which reduces losses to the environment.

### Sources

1. Авезов Р.Р., Орлов А.Ю. Солнечные системы отопления и горячего водоснабжения. Ташкент.: Фан. 1988.-288с.
2. Васильев Л.Л., Фрайман Ю.Е. Теплофизические свойства плохих проводников тепла. Минск: Наука и техника, 1967. 176 с.
3. Даффи Дж.А., Бекман У.А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии. М.: Мир. 1977. 420 с.
4. Садыков Ж.Д., Ким В.Д., Садыков Ж.Ж. // Гелиотехника. 2003. № 3. С. 57-61.
5. Сканава А.Н. Отопление. М: Стройиздат. 1988. 416 с.
6. Тарнижевский Б.В., Чакалев К.Н., Левинский Б.М. Гелиотехника. 1989. № 4. С. 54.
7. Чакалев К.Н., Садыков Ж.Д. // Гелиотехника. 1992. № 4. С. 54-56.
8. Чакалев К.Н., Лунева И.О. Определение теплопроводности пористых материалов // Строительная теплофизика. 1973.
9. Шпаков Л.И., Юнаш Л.И. Водоснабжение, канализация и вентиляция на животноводческих фермах. М: ВО Агропромиздат, 1987. 146 с.

## **ВЛИЯНИЕ ЖЁСТКОСТИ ГРУНТА ОСНОВАНИЯ И ЗАСЫПКИ НА НДС ПОДЗЕМНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО ТРУБОПРОВОДА**

Хадиуллина Рамиля Ралиховна<sup>1</sup> Радайкин Олег Валерьевич<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>xadiullina00@mail.ru, <sup>2</sup>olegxxii@mail.ru

В данной статье рассмотрено влияние жёсткости 3-х видов грунтов при использовании их как засыпки и основания на НДС подземного железобетонного трубопровода. Исследования проведены с применением конечно-элементного моделирования в ПК «Лира-САПР».

**Ключевые слова:** грунт, железобетонный трубопровод, жёсткость, изгибающий момент.

## **INFLUENCE OF FOUNDATION AND BACKFILL SOIL STIFFNESS ON THE RDC OF AN UNDERGROUND REINFORCED CONCRETE PIPELINE**

Khadiullina Ramilya Ralikhovna<sup>1</sup>, Radaykin Oleg Valerievich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>xadiullina00@mail.ru, <sup>2</sup>olegxxii@mail.ru

This paper considers the effect of stiffness of 3 types of soils when used as backfill soil and foundation soil in computer modelling of an underground reinforced concrete pipeline. The research was carried out using finite element modeling in the Lira-CAD PC.

**Key words:** soil, reinforced concrete pipeline, stiffness, bending moment.

Разнообразие грунтов существенно влияет на механическое поведение трубопроводов под действием внешних нагрузок и динамических воздействий [1]. Жёсткость грунта определяет, как будет распределяться нагрузка на трубопровод, а также влияет на его деформации и потенциальные риски повреждений. В связи с этим, изучение влияния различных типов грунтов на поведение подземных железобетонных трубопроводов становится важной задачей для инженеров и исследователей, стремящихся обеспечить безопасность и долговечность инфраструктуры.

Арабские учёные Одел Альшбул, Гассан Альмасабха, Али Шехаде, Омар Аль-Хаттемле и Али Саид Альмуфлих [2] также отметили в своём исследовании важность взаимодействия между конструкцией трубопровода и грунтом вокруг него для его структурных характеристик.



Модель компьютерного моделирования в ПК «Лира САПР», составлена на концепции общих принципов теории обеспечения эксперимента [3] и представляет собой продольный профиль грунтового массива, в который помещён железобетонный трубопровод из бетона В40 с арматурой Вр1400 и вариацией диаметров 500 мм, 1000 мм, 1600 мм. В результате численного эксперимента при варьировании 3-ёх параметров получилось 27 моделей [4].

Рассмотрено влияние грунтов различной жёсткости на изгибающий момент  $M_y$ , возникающий в трубопроводе. В качестве грунта засыпки принят песок с наибольшей, средней и наименьшей жёсткостями, а именно пылеватый песок, мелкий песок, гравелистый песок соответственно. В качестве грунта основания - супесь, суглинок, гравелистый песок. Параметры модуля деформации  $E$ , угла внутреннего трения  $\varphi$  и сцепления  $c$  приняты согласно таблицам А1 и А2 из СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений» [5].

График результатов представлен на рисунке 1.



Рис. 1. Значения изгибающего момента для каждой модели

Из рисунка 1 видно, что максимальные значения  $M_y$  принимают модели №№6, 15, 24. Из этого следует, что при максимальных значениях жёсткости грунта основания и при варьировании грунта засыпки  $M_y$  будет принимать наибольшие значения. Также на графике заметна периодичность значений через каждые 10 моделей. В доказательство этого необходимо наложить графики для грунтов засыпки для каждого вида песка отдельно. Из результатов, представленных на рисунке 2,а, делаем вывод, что результаты практически идентичны и варьирование грунта засыпки по жёсткости не особо влияет на изменение  $M_y$ .

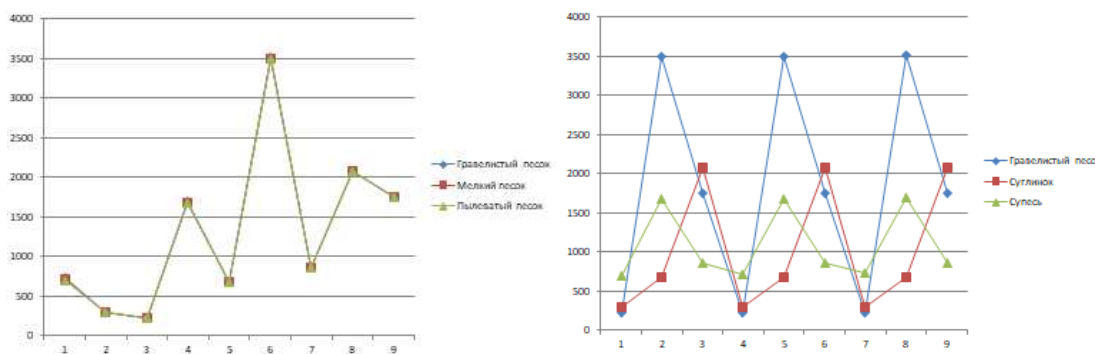


Рис. 2. Графики изменения изгибающего момента при варьировании грунта засыпки (а) и при варьировании грунта основания (б) .

Из графика на рисунке 2,б необходимо отметить, что наименьший разброс максимальных значений  $M_y$  соответствует моделям с супесью в основании, что обусловлено его наименьшей жёсткостью среди остальных грунтов, используемых в эксперименте. В тоже время самый наибольший разброс соответствует моделям с гравелистым песком.

### Источники

1. Мурзина М.В. Давление на подземные трубопроводы / М.В. Мурзина // Инновационные методы проектирования строительных конструкций зданий и сооружений : сборник научных трудов 4-й Всероссийской научно-практической конференции, Курск, 22 ноября 2022 года. Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. С. 377-379.

2. Alshboul, O.; Almasabha, G.; Shehadeh, A.; Al Hattamleh, O.; Almuflih, A.S. Optimization of the Structural Performance of Buried Reinforced Concrete Pipelines in Cohesionless Soils. *Materials* 2022, 15, 4051. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma15124051> (дата обращения: 07.11.2024).

3. Планирование эксперимента: учебное пособие / А.П. Никишенкин, П.А. Никишечкин. Москва; Вологда: Инфра – Инженерия, 2024. 152 с.

4. Хадиуллина Р.Р. Изучение влияния конструктивных параметров и грунтовых условий на распределение внутренних усилий в подземном железобетонном напорном трубопроводе / Р.Р. Хадиуллина // Молодой исследователь: вызовы и перспективы: сб. ст. по материалам ССCLXVII Международной научно-практической конференции «Молодой исследователь: вызовы и перспективы». – № 29(367). – М., Изд. «Интернаука», 2024.

5. СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений» Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83. Введён 16 декабря 2016 г. М.: 2016. 194 с.

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКЕ

Хайретдинова Неля Рафисовна<sup>1</sup>, Марьин Георгий Евгеньевич<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

<sup>1</sup>nelya\_khairtdinova@mail.ru, <sup>2</sup>ig-mas@mail.ru

Строительство играет ключевую роль в развитии общества и экономики. Во многих странах существуют строгие экологические нормы и стандарты, регулирующие строительную деятельность. Рассматриваются некоторые методы обеспечения экологической безопасности на строительной площадке. Отражена важность экологической безопасности для окружающей среды, безопасного строительства и здоровья людей. Соблюдение требований способствует не только улучшению экологической ситуации, но и созданию устойчивой и благоприятной среды для будущих поколений.

**Ключевые слова:** экологическая безопасность, строительство, окружающая среда, экологические риски.

## ENSURING ENVIRONMENTAL SAFETY AT THE CONSTRUCTION SITE

Khairtdinova Nelya Rafisovna<sup>1</sup>, Marin Georgy Evgenievich<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan

<sup>1</sup>nelya\_khairtdinova@mail.ru, <sup>2</sup>ig-mas@mail.ru

Construction plays a key role in the development of society and the economy. In many countries, there are strict environmental regulations and standards governing construction activities. Some methods of ensuring environmental safety at the construction site are considered. The importance of environmental safety for the environment, safe construction and human health is reflected. Compliance with the requirements contributes not only to improving the environmental situation, but also to creating a sustainable and favorable environment for future generations.

**Keywords:** environmental safety, construction, environment, environmental risks.

Строительная отрасль – один из показателей успешного экономического прогресса страны. Строительство всегда является главным двигателем экономического роста страны. Она создает рабочие места, способствует развитию смежных секторов (производство строительных материалов, логистика, архитектура и т.д.)

Сейчас состояние окружающей среды постоянно ухудшается, поэтому экологическая безопасность увеличивается с каждым месяцем.[1] Экологическая безопасность в строительстве имеет огромное значение

по многим причинам. Во-первых, защита окружающей среды: строительство может влиять на экосистемы, включая уничтожение природных ресурсов, загрязнение атмосферы и гидросферы. Обеспечение экологической безопасности помогает сократить до минимума этот вред. Во-вторых, снижение экологических рисков: неправильное обеспечение экологической безопасности в строительстве могут привести к авариям, таким как утечки токсичных веществ. Экологическая безопасность предполагает внедрение технологий и методов, которые снижают эти риски. В-третьих, здоровье человека: поскольку здания являются местами, где люди проводят почти всё свое время, строительные материалы и методы должны быть безопасны для здоровья людей. Экологическая безопасность помогает предотвратить использование токсичных материалов и вредных химикатов.

Экологическая безопасность является сложной системой взаимосвязей, требующей постоянного мониторинга и контроля, что невозможно без активного участия государства, которое создает целую систему специальных органов. Эта необходимость диктуется объективной реальностью: антропогенное воздействие на окружающую среду достигло критического уровня. Загрязнение воздуха, воды и почвы, истощение природных ресурсов, изменение климата – все это представляет серьезную угрозу для жизни и благополучия нынешнего и будущих поколений.

Когда мы стали изучать работы в строительстве, связанных с безопасностью, а еще более важной экологической. На каждом предприятии строительства надо проводить мероприятия по охране окружающей среды и работы по безопасности работ; сброс различных сточных вод запретить сливать в природные воды, необходимо их перерабатывать непосредственно на территории стройки; изменение рельефа на строительной площадке и вокруг стройки можно производить только при существовании разрешающих документов. Все насаждения на стройке нельзя переносить или убирать без согласия заказчиков, они отделяются различными щитами высотой до 2 м, а около щитов устраивается настил шириной 0,5 м. Такие действия с зелеными насаждениями могут производиться только специальными организациями.

Кроме того, существует физическое воздействие на среду, которое может включать в себя шум, вибрацию, различные виды излучений, изменений аэроионного состава воздуха. Первыми устройствами, которые способствовали снижению шумовой характеристики были лесонасаждения и лесопосадки (кустарники и деревья). Во время строительства шума не избежать, однако важно чтобы рядом стоящие жилые здания ограждались современными конструкциями шумозащиты.

Очень важно обучать строителей и других дорожных рабочих безопасному проведению работ с техникой, применяемых в строительстве. Работы должны подчиняться бережливому обслуживанию и эксплуатации, требованиям стандартов по бережливости, определяющих: выбросы рабочих газов, ядовитых веществ от неполного сгорания топлива; снижению уровня шума при работе двигателя.

Экологическая безопасность в строительстве — это не просто обязательное условие, но и необходимость для устойчивого будущего и повышения качества жизни. [3] Безопасность на стройке, а особенно экологическая имеет огромное значение при строительстве, поскольку обеспечивает сохранность окружающей среды и здоровья людей.[4,5] Строители обязаны знать основы экологической безопасности и действия, предназначенные к снижению отрицательного воздействия на экологию.

### **Источники**

1. Маслова Г.Д., Маслов И.Н. Подходы к активизации интереса учеников к экологическому образованию // Современное образование: актуальные вопросы и инновации. 2021. № 2. С. 26-33.

2. Алешкова А.А., Махмутов А.Р. Экологическая безопасность // Вестник науки. 2022. № 1 (46).

3. Антонова И.И., Маслов И.Н., Маслова Г.Д., Хадиева А.Т. Использование обучающих тренингов для приобретения навыков бережливого производства // Эффективные системы менеджмента: качество и цифровая трансформация: материалы VIII международного научно-практического форума. 2019. С. 61-65.

4. Никитин Д.С., Маслов И.Н. К вопросу о современном подходе к строительству энергоэффективных зданий // XXVI Туполевские чтения (школа молодых ученых): материалы Международной молодёжной научной конференции. Казань, 2023. С. 828-830.

5. Чупина И.П., Зарубина Е.В., Симачкова Н.Н. Механизмы и этапы обеспечения экологической безопасности // АОН. 2020. № 2.

## МЕТОДИКА ПОДБОРА СЕЧЕНИЯ ОТТЯЖЕК КОНСТРУКЦИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Хусаинов Ренат Дамирович<sup>1</sup>, Токарева Лия Андреевна<sup>2</sup>,

Айзатуллин Марат Мансурович<sup>3</sup>, Сабитов Линар Салихзанович<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

<sup>4</sup>НИУ «Московский государственный строительный университет», г. Москва

<sup>2</sup>la\_tokareva@mail.ru, <sup>4</sup>sabitov-kgasu@mail.ru

Задачей оттяжек, как конструктивно несущего элемента в мачтовых сооружениях, является обеспечение общей устойчивости мачты за счет восприятия горизонтальных нагрузок, снижения ее расчетной длины, обеспечение требуемой деформативности мачтовых сооружений. В данной статье рассматриваются методы оценки несущей способности канатных оттяжек и определяется значение коэффициента запаса канатных оттяжек мачтовых сооружений на величину усилия от опорной нагрузки с использованием известного из теории надежности показателя безопасности в зависимости от планируемого срока службы сооружения.

**Ключевые слова:** оттяжки, конструкция, методика, эффективность, мачтовые сооружения

## METHOD FOR SELECTING THE SECTION OF GUARDS FOR ENERGY FACILITIES STRUCTURES

Khusainov Renat Damirovich<sup>1</sup>, Tokareva Liya Andreevna<sup>2</sup>,

Aizatullin Marat Mansurovich<sup>3</sup>, Sabitov Linar Salikhzanovich<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup> FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan

<sup>4</sup>National Research University "Moscow State University of Civil Engineering", Moscow

<sup>2</sup>la\_tokareva@mail.ru, <sup>4</sup>sabitov-kgasu@mail.ru

The task of guy ropes, as a structurally supporting element in mast structures, is to ensure the overall stability of the mast by taking up horizontal loads, reducing its estimated length, and ensuring the required deformability of mast structures. The article examines the methodology for assessing the bearing capacity of guy ropes and determines the values of the safety factors of guy ropes of mast structures for the magnitude of forces from standard loads using the safety index known in reliability theory depending on the planned service life of the structures.

**Keywords:** guy ropes, construction, methodology, efficiency, mast structures.

Процесс подбора сечений и определений усилий в оттяжках это сложная и многоступенчатая задача, решаемая на стадии проектирования [1, 5]. Для задач, решаемых на стадии эксплуатации мачтовых сооружений для оценки их несущей способности и принятия решения по их ремонту или замене требуются более простые инженерные методики.

Одной из самых эффективных методик оценки несущей способности с браковочными критериями на стадии эксплуатации применительно к канатным элементам является методика, применяемая для канатов грузоподъемных машин [2], в которой в место метода расчета по предельным состояниям используется метод расчета по допускаемым напряжениям в виде применения коэффициента запаса.

Установление зависимости между коэффициентами запаса и коэффициентами метода расчета по предельным состояниям рассмотрено в работе [3]. Из работы [3] при обозначении расчетных значений нагрузок и прочности значениями  $F$  и  $R$  соответственно, надежность конструкций, запроектированных из детерминированного условия  $F \leq R$ , характеризуются не только контролируруемыми нормативными величинами  $F_n$  и  $R_m$ , но и величинами коэффициентов надежности.

В таблице приведены значения коэффициента запаса для канатов оттяжки для усилий в затяжке от нормативной нагрузки, определенные при помощи индекса надежности  $\beta$  при различных сроках планируемой эксплуатации сооружений с оттяжками из канатов.

Значения коэффициента запаса для канатов оттяжки для усилий в затяжке от нормативной нагрузки

Срок эксплуатации	1 год	6 лет	10 лет	30 лет	50 лет
Значение $\beta$	4.5	4.8	4.97	5.1	5.2
Значение $m_k$	2.925	3.1	3.23	3.3	3.39
Значение $K_n$ коэффициента запаса для каната оттяжки для усилия в канате от нормативной нагрузки	1.76	1.86	1.94	1.98	2.0

Использование коэффициента запаса для оценки состояния канатных оттяжек мачтовых сооружений существенно упрощает оценку их надежности, браковки в процессе эксплуатации. Для оценки состояния несущей способности канатных оттяжек не требуется выполнение поэтапных расчетов по деформированной схеме. Достаточно определить горизонтальную нормативную суммарную силу  $T_n$ , приложенную к узлу крепления подвески мачты, и определить достаточность разрывного усилия каната  $F_0$  в подвеске, используя следующее уравнение

$$F_0 \geq T_n \cdot K_n / (n \cdot \sin \alpha)$$

где  $\alpha$  – угол наклона оттяжек к горизонту,  $n$  – количество оттяжек в узле, воспринимающее  $T_n$ :

$$T_n = w_N^2 \cdot C_x \cdot A_k \cdot K_z;$$

где  $w_N^2$  – нормативное ветровое давление по СП 20.13330.2016;  $A_k$  – площадь контура мачтового сооружения, приходящаяся на узел крепления оттяжек;  $C_x$ ,  $K_z$  – аэродинамический коэффициент и коэффициент увеличения ветрового давления по высоте по СП 20.13330.2016 в зоне узла крепления оттяжек.

Форма метода оценки грузоподъемности канатного подъемника мачтовой конструкции в виде, используемом для диагностики состояния каната подъемника, характеризуется простотой и наглядностью, удобна для техников и технических работников, занимающихся диагностикой и эксплуатацией мачтовой конструкции.

#### Источники

1. Металлические конструкции : Справочник проектировщика. В 3 т. Том 3. Стальные сооружения, конструкции из алюминиевых сплавов. Реконструкция, обследование, усиление и испытание конструкций зданий и сооружений / Под общ. Ред. В.В. Кузнецова. Москва: Издательство АСВ, 1999. 528 с.

2. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения» : утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 12 ноября 2013 г. № 533 // Собрание законодательства Российской Федерации. 2013. № 12, ст. 1343.

3. Краснощеков Ю.В. Основы проектирования конструкций зданий и сооружений: учебное пособие / Ю.В. Краснощеков, М.Ю. Заполева. 2-е изд., испр. и доп. Москва; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. 314 с.

4. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\* (с Изменениями № 1-6) // Свод правил № 20.13330.2016.

5. К вопросу о надежности воздушных линий электропередачи / И.Н. Хамидуллин, В.К. Ильин, Л.С. Сабитов, Ю.М. Стрелков // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2017. Т. 13, № 1. С. 5-10.



## ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ АДДИТИВНЫХ 3D-ТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Шавалеев Данис Ильфакович<sup>1</sup>, Радайкин Олег Валерьевич<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
<sup>1</sup>shav.danis@gmail.com, <sup>2</sup>olegxxii@mail.ru

В статье рассмотрены основные этапы возникновения, становления и развития 3D-аддитивных технологий в строительстве, приведены факты, свидетельствующие о широком внимании строительной отрасли к применению данных технологий, а также озвучены основные вопросы в их развитии на сегодняшний день с приведением примера существующего решения одного из них и указанием его недостатков.

**Ключевые слова:** 3D-аддитивные технологии, 3D-печать, строительство, проблемы, железобетон

## ISSUES OF DEVELOPMENT OF ADDITIVE 3D TECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION

Danis Ilfakovich Shavaleev 1, Oleg Valerievich Radaykin2  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO "Kazan State Power Engineering University", Kazan  
<sup>1</sup>shav.danis@gmail.com, <sup>2</sup>olegxxii@mail.ru

The article examines the main stages of the emergence, formation and development of 3D additive technologies in construction, provides facts indicating the wide attention of the construction industry to the use of these technologies, and also voices the main issues in their development today, giving an example of an existing solution to one of them and indicating its shortcomings.

**Keywords:** 3D additive technologies, 3D printing, construction, problems, reinforced concrete

На сегодняшний день активно развивается сфера строительства зданий и сооружений из железобетона методом 3D-печати, так как данная сфера имеет серьезный потенциал в снижении стоимости и сокращении сроков строительства. Особенно востребовано возведение монолитных стен, архитектурная выразительность которых может быть повышена с введением аддитивных технологий в их производство. Однако, применение 3D-печати в строительстве еще не достигло значимого уровня как в России, так и во всем мире.

Свою историю аддитивные технологии начинают в 1986 году с патента Чака Халла на первый в мире 3D-принтер и введения им нового термина «стереолитография», который описывает как метод и устройство для изготовления твердых объектов путем последовательной «печати» тонких слоев материала один поверх другого [1].

Первая Публичная презентация применения технологии в строительной сфере была проведена профессором Южно-Калифорнийского Университета Бехрохом Хошневисом в августе 2012 года [2]. Его группа представила концепт машины Contour Crafting, которая представляет собой промышленный 3D-принтер по типу мостового крана, собираемый на строительной площадке [3].

В 2014–2016 гг., всего через 2 года после презентации нового принципа технологии 3D-печати в строительстве, были представлены первые образцы строительных 3D-принтеров и напечатаны опытные образцы домов. В это же время испытывались различные типы строительных 3D-принтеров и строительных материалов.

После появления первых коммерческих продуктов в 2017–2018 гг. выдвинутые гипотезы об экономической целесообразности, скорости и экологичности строительства методом 3D-печати оправдались, что привело к резкому увеличению в 2020–2022 гг. денежных вложений в молодую отрасль [4].

Не смотря на широкое внимание строительной отрасли к применению 3D-аддитивных технологий, не смотря на их потенциал и существенное привлечение средств инвесторов, на практике применение 3D печати в строительстве нашлось только для возведения небольших зданий и сооружений.

Связывают это с наличием в данной области ряда существенных проблем, к которым можно отнести высокую стоимость оборудования, ограничение размеров зданий габаритами 3D-принтеров, высокие требования к составу бетонной смеси, ограничения по климатическим условиям, а также с отсутствием нормативно-технической базы документов, которые регулировали бы вопросы проектирования и строительства с применением 3D-аддитивных технологий [5].

В настоящее время расчет конструкций, изготовленных методом 3D-печати осуществляется посредством их моделирования в различных программных комплексах, таких как ANSYS, Fusion 360 и т.п.

Так, к примеру, предлагается разработать модель детали в ПК Fusion 360 с последующим экспортом ее в срезчик моделей PrusaSlicer от производителя 3D-принтеров Prusa Research. В программе-срезчике по заданным характеристикам материала создается модель для 3D-принтера, которую экспортируют обратно в ПК Fusion 360, где к модели прикладываются нагрузки и проводится анализ прочности полученной модели [6].

Однако в предложенном способе расчета прочности модели не учитывается тот фактор, что материал будет наноситься послойно, а характеристики полученного образца будут одинаковыми только в пределах одного слоя, тогда как слоистость изделия не учитывается.

Таким образом, дальнейшее развитие 3D-аддитивных технологий в строительстве зависит от нахождения качественных ответов на возникшие на сегодняшний день в данной сфере вопросы. Одним из важнейших вопросов является отсутствие нормативно-технической базы, которая способствовала бы улучшению экономических показателей и осуществлению точных расчетов несущей способности конструкций.

### **Источники**

1. Hull, C. W. Apparatus for production of three-dimensional objects by stereolithography / B. Panda, S. C. Paul, M. J. Tan // United States Patent, Appl., No. 638905, Filed. 1984.

2. Contour crafting inventor Dr. Khoshnevis: Widespread 3D printed homes in 5 years, high-rises in 10 years [Электронный ресурс]. URL: <https://3dprint.com/53437/contour-crafting-dr-khoshnevis/> (дата обращения: 05.10.2024).

3. Khoshnevis, B. Contour crafting-a mega scale fabrication technology / B. Khoshnevis, D. Hwang // Manufact Syst Eng Ser. 2006. Vol. 6. P. 221–251.

4. Строительная 3D-печать в ожидании прорыва [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/articles/673542/> (дата обращения: 10.10.2024).

5. Симакова Е.А., Селякова К.И., Кравченко Д. Применение 3D-печати в строительстве // Инженерные исследования. 2021. № 1 (1). С. 3-11.

6. Прочность 3D печати. Как сделать прочную деталь на 3D принтере? [Электронный ресурс]. URL: <https://spb.3dradar.ru/post/79842/?ysclid=lsm6tjq574803254953> (дата обращения 23.10.2024).

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ

Шипиловских Никита Александрович<sup>1</sup>, Щербенев Николай Андреевич<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань  
rotman41@mail.ru, kolasi0978@mail.ru

В данной статье рассматривается актуальная проблема энергетической безопасности в современном мире с учётом растущего спроса на энергию и изменяющихся геополитических условий. Авторы проводят исследование основных аспектов обеспечения надёжности поставок энергоносителей и предлагают улучшить стратегии энергетической безопасности на мировом уровне.

**Ключевые слова:** безопасность, энергетическая безопасность, инновационные технологии, источники энергии, защита, сотрудничество.

## ENERGY SECURITY IN THE MODERN WORLD

Shipilovskikh Nikita Aleksandrovich<sup>1</sup>, Scherbenev Nikilay Andreevich<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>FGBOU VO “Kazan State Power Engineering University”, Kazan  
rotman41@mail.ru, kolasi0978@mail.ru

This article deals with the urgent problem of energy security in the modern world, taking into account the growing demand for energy and changing geopolitical conditions. The authors conduct a study of the main aspects of ensuring the reliability of energy supplies and propose to improve energy security strategies at the global level.

**Keywords:** security, energy security, innovative technologies, energy sources, protection, cooperation.

В современном мире энергия играет ключевую роль в обеспечении экономического развития, социальной стабильности и национальной безопасности [1]. Однако в условиях глобализации и изменяющегося климата вопросы энергетической безопасности становятся все более актуальными и сложными.

Одним из главных вызовов, с которыми сталкивается мировое сообщество в области энергетической безопасности, является увеличение потребления энергии и обеспечение её доступности для всех стран [2-3]. С увеличением численности населения и ростом потребностей в энергии, важно разрабатывать новые технологии и источники энергии, чтобы обеспечить устойчивое энергоснабжение.

Важным фактором является разнообразие источников энергии и сокращение зависимости от нестабильных регионов [4]. Разнообразие энергетических источников помогает снизить риски возможных перебоев в энергоснабжении и повысить общую энергетическую безопасность.

Однако также важно обеспечить защиту критической энергетической инфраструктуры от кибератак и террористических угроз [5]. Развитие кибертехнологий требует постоянного обновления мер безопасности для защиты систем управления энергетическими объектами от хакерских атак. Для достижения лучшей энергетической безопасности необходимо сотрудничество между государствами, регулирующими органами, энергетическими компаниями и научным сообществом. Только совместные усилия всех сторон позволят разработать эффективные стратегии и механизмы для обеспечения стабильности и устойчивости энергетического сектора в современном мире.

В заключение, обеспечение энергетической безопасности является одним из основных приоритетов для всего мирового сообщества в условиях быстрого технологического и экономического развития. Только совместные усилия и инновационные подходы помогут преодолеть вызовы, с которыми мы сталкиваемся, и обеспечить устойчивое и безопасное энергетическое будущее для всех стран мира.

### **Источники**

1. Уразгалиев В.Ш. Энергетическая безопасность: учебник для вузов / В. Ш. Уразгалиев. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Издательство Юрайт, 2024. 134 с.

2. Энергетическая безопасность в современном мире: основные подходы к изучению // CYBERLENINKA: сайт. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/energeticheskaya-bezopasnost-v-sovremennom-mire-osnovnye-podhody-k-izucheniyu?ysclid=1w2c0koae3915350629> (дата обращения: 11.10.2024).

3. Демидова Е.В. Энергетическая безопасность: вызовы, риски, перспективы обеспечения / Е.В. Демидова, В.В. Авилова. Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2018. 188 с.

4. Telegina E.A. Энергетическая безопасность: (ТЭК и государство) / E.A. Telegina, V.V. Bushuev. М.: Знание, 2000. 300 с.

5. Энергетическая безопасность сегодня и основные методики ее обеспечения // CYBERLENINKA: сайт. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/energeticheskaya-bezopasnost-segodnya-i-osnovnye-metodiki-ee-obespecheniya?ysclid=m363t7rxxu610294570> (дата обращения: 06.11.2024).

## СОДЕРЖАНИЕ

### Направление 1. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ОБЪЕКТАМИ МЕХАТРОННЫХ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ТЭК И ЖКХ

<i>Алатырев В.А., Малёв Н.А. Новоселова Е.А.</i> Анализ возможностей применения мехатронных систем управления буровых насосов.....	3
<i>Аль-Асвади Одай Али Хайдар Ахмед, Малёв Н.А., Арзамасов Д.Е.</i> Особенности математического описания упругих мехатронных систем .....	6
<i>Аль-Кармади Яхья Мохаммед Салех, Малёв Н.А., Арзамасов Д.Е.</i> Планирование траектории в реальном времени и предотвращение столкновений для прототипа автономного транспортного средства .....	10
<i>Андреев Н.К.</i> К истории создания МР-томографа в Казани .....	13
<i>Арсланов А.Д., Кашаев Р.С., Козелков О.В.</i> Методы повышения надежности работы анализатора нефти ПМРА-IV .....	17
<i>Виноградов Г.Н., Козелков О.В.</i> Проведение сравнительного анализа разных типов приводных механизмов для робота-манипулятора .....	20
<i>Виноградов Г.Н., Козелков О.В.</i> Применение аддитивных технологий для создания роботов-манипуляторов.....	22
<i>Габбасова К.А., Малёв Н.А.</i> Медицинский робот для устранения тромбозов: инновации в лечении сосудистых заболеваний .....	25
<i>Габидуллин Д.А., Мухаметгалеев Т.Х.</i> Обзор современных подходов к интеграции машинного зрения в робототехнические комплексы .....	28
<i>Гаджибалаев Надир Мирзабала оглы, Джаббарова Самира Мохуббат кызы, Джавадова Арзу Ильхам кызы.</i> Альтернативный (возобновляемый) энергетический потенциал в Азербайджане .....	31
<i>Глуценко Е.И., Мухаметшин А.И.</i> Измерительная система для поверки преобразователей расхода жидкости .....	43
<i>Захаров С.В., Малёв Н.А.</i> Алгоритм расчета температуры с низкоомным платиновым термометром сопротивления.....	46

<i>Захаров С.В., Малёв Н.А.</i> Особенности применения платиновых чувствительных элементов в термометрах сопротивления .....	49
<i>Иванов А.П., Козелков О.В.</i> Учебные стенды для практического освоения управления асинхронными двигателями через ПЛК .....	52
<i>Исаев С.В., Мухаметгалеев Т.Х., Хусаенов Д.Р.</i> Создание электрической схемы для роботизированного технологического комплекса работа-сварщика .....	55
<i>Исмагилов Э.А., Малёв Н.А.</i> Анализ существующих конструкций глубинно-насосных станков-качалок .....	58
<i>Карипов Р.М., Гаврилов В.А.</i> Автоматизированные системы управления технологическими процессами как инструмент для мониторинга энергосистем в режиме реального времени.....	61
<i>Кукаркина А.Я., Козелков О.В.</i> Исследование многофункциональных анализаторов для лабораторных применений .....	64
<i>Малёв Н.А., Ал-фахри Ф.Ф.А.М., Новоселова Е.А.</i> Формализация задачи модального управления упругими мехатронными системами .....	67
<i>Малёв Н.А., Куликов Р.В.</i> Анализ устойчивости управляемых мехатронных систем.....	71
<i>Миннегулов Р.Н.</i> Краткий обзор разработки методик повышения энергоэффективности источников энергии и оптимизация энергопотребления в робототехнических системах .....	74
<i>Мухамадияров И.Т.У., Малёв Н.А.</i> Следящая мехатронная система с двигателем постоянного тока последовательного возбуждения .....	77
<i>Мухаметшин С.М., Ломакин И.В.</i> Мобильная роботизированная платформа для измерения кислорода в воде .....	81
<i>Набиуллин Т.Т., Козелков О.В.</i> Самобалансирующийся робот: технологии и применение.....	84
<i>Нгуен Д.А., Кашаев Р.С., Арсланов А.Д.</i> Разработка устройства для подключения ПМР релаксометра к интернету вещей в рамках интеллектуального нефтегазового месторождения .....	87
<i>Овсеенко Г.А., Кашаев Р.С., Козелков О.В.</i> Обеспечение достоверности измерений и обработка данных режимов работы релаксометра с использованием искусственной нейронной сети .....	91

<i>Орозалиев Али-акбар Кемельевич, Мухаметшин А.И.</i> Анализ получения стереоизображения в беспилотных автомобилях .....	94
<i>Постников Е.В., Ломакин И.В.</i> Разработка конструкции робота для поиска утечек из трубопроводов природного газа .....	97
<i>Савельев А.Д., Козелков О.В.</i> Роботизированный технологический комплекс по укладке различных видов упаковок с использованием вилочного захвата .....	100
<i>Саид Ахмед Фараг, Мухаметгалеев Т.Х.</i> Система управления движением с применением <i>Arduino Uno</i> .....	103
<i>Сайфуллин А.Т., Мухаметшин А.И.</i> Дублирующая приборная панель.....	107
<i>Спиридонова К.О.</i> Разработка устройства для определения структуры образцов при автоматизированном одноосном сжатии .....	110
<i>Тарасов В.А., Афанасьев В.В., Ковалев В.Г., Тарасова В.В.</i> Исследование влияния погодных условий на нестационарные тепловые процессы в ограждениях .....	113
<i>Уразбахтин М.З., Мухаметгалеев Т.Х.</i> Взаимодействие робототехнических систем с окружением: распознавание объектов, манипулирование, взаимодействие с людьми .....	117
<i>Фахерлегаянов Р.Р., Фетисов Л.В.</i> Оптическое позиционирование и распознавание объектов для технологии дополнительной реальности.....	120
<i>Фомеконг Ив Делорд, Козелков О.В.</i> Разработка и исследование приводов для мехатронных систем: двигатели постоянного тока.....	123
<i>Хамидуллин А.И., Кашаев Р.С.</i> Совершенствование характеристик аппаратного комплекса как путь интеграции и синтеза новых узлов .....	126
<i>Ханду Роберто Баггио, Малёв Н.А.</i> Разработка мехатронного блока системы телеприсутствия мобильного робота.....	130
<i>Харисова А.И., Козелков О.В.</i> Обоснование выбора датчика ВМЕ280 для работы цифровой метеостанции .....	133
<i>Хатинова Л.Ф., Львова Т.Н.</i> Разработка модели защитного шлема с функцией звукового оповещения о приближении опасного объекта.....	135
<i>Якимова Д.А., Львова Т.Н.</i> Модернизация пульсометра путем внедрения датчика вибрации .....	138
<i>Яппаров Т.Р., Малёв Н.А.</i> Расчет и исследование мехатронной системы стабилизации угловой скорости вращения космических аппаратов.....	140



## Направление 2. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД В ТЭК И ЖКХ

<i>Вазетдинов Б.И.</i> Контроль и диагностика частичных разрядов в кабельных линиях.....	143
<i>Вазетдинов Б.И., Мифтахова Н.К.</i> Контроль и диагностика частичных разрядов трансформаторов .....	146
<i>Галяутдинова А.Р., Сафиуллин А.Х., Фоменко В.В.</i> Автоматизированный контроль силовых масляных трансформаторов 35/6(10) .....	149
<i>Гарипов Р.А., Мухаметгалеев Т.Х.</i> Модернизация электропривода эталонной поверочной установки (ЭПУ).....	152
<i>Гуськов В.О., Самосейко В.Ф., Саушев А.В.</i> Математическое описание и моделирование асинхронного электродвигателя с учетом нелинейности кривой намагничивания .....	154
<i>Евстюнин И.В., Мухаметгалеев Т.Х.</i> Модернизация электропривода электрической тали СТТ 1061 .....	157
<i>Зафаров М.И., Гаврилов В.А.</i> Анализ методов определения мест повреждения кабельных линий.....	160
<i>Зафаров М.И., Гаврилов В.А.</i> Технические мероприятия по секционированию электрических сетей .....	163
<i>Зиннатуллин Д.И., Шакурова З.М.</i> Интеллектуальная система управления светодиодным освещением на предприятии .....	166
<i>Кажихин А.К., Микаева С.А.</i> Электроэнергетика, электротехника и автоматизированный электропривод в ТЭК и ЖКХ.....	169
<i>Морозов Д.С.</i> Применение синхронного генератора обращенной конструкции с постоянными магнитами для БПЛА промышленного назначения.....	173
<i>Морси Хосам Абделхамед Мохамед, Мухаметгалеев Т.Х.</i> Система управления инвалидной коляской с использованием интерфейса мозгового компьютера .....	177
<i>Мохамед Ахмед Адел, Мухаметгалеев Т.Х.</i> Разработка системы управления работой манипулятора для присоединения деталей в производстве автомобилей .....	180
<i>Мустафин А.И., Мухаметгалеев Т.Х.</i> Модернизация электропривода бетоносмесителя СБ-146А.....	183

<i>Николаев А.А., Буланов М.В., Светлаков М.С.</i> Исследование влияния мощных тиристорных преобразователей на качество электрической энергии при наличии резонансных явлений в питающей сети .....	186
<i>Павлов А.Е., Микаева С.А.</i> Использование систем мониторинга и анализа для снижения энергозатрат в жилых и коммерческих зданиях.....	189
<i>Папин Д.И., Доломанюк Л.В.</i> Информационная составляющая системы сбора данных для испытаний автоматических выключателей .....	192
<i>Петров А.Р., Сапожков В.В.</i> Оценка потерь электроэнергии в радиальных сетях внутривзаводского электроснабжения .....	195
<i>Петрова Р.М., Мифтахова Н.К.</i> Методика определения надежности с помощью коэффициентов присоединений .....	198
<i>Пустоветов М.Ю.</i> О трудностях выбора емкости синус-фильтра.....	202
<i>Рахимов А.И., Гаврилов В.А.</i> Обслуживание кабельных линий на предприятии по техническому состоянию .....	206
<i>Рахимов А.И., Гаврилов В.А.</i> Анализ функциональной структуры автоматизированных систем управления технологическим процессом.....	209
<i>Саушев А.В., Широков Н.В.</i> Способ защиты неработоспособного генераторного агрегата от работы в двигательном режиме .....	212
<i>Сафонов А.Ш., Шакурова З.М.</i> Оценка потерь мощности при статической беспроводной зарядке электротранспорта .....	215
<i>Тимерханова Л.И., Сандаков В.Д.</i> Современные способы получения электроэнергии .....	218
<i>Толокнова О.М., Саушев А.В.</i> Показатели электрических нагрузок для оценки эффективности работы порталных кранов и определения себестоимости грузовых операций.....	221
<i>Тырва В.О., Саушев А.В.</i> Моделирование целей совместного управления автоматизированным электроприводом системы «человек-машина».....	224
<i>Фатхуллина И.Ф., Куракина О.Е.</i> Послеаварийное восстановление электроснабжения .....	227
<i>Филина О.А., Егель Д.П., Иванов Г.С., Яруллин Р.Р.</i> Последовательное соединение электродвигателей и соединение с обратной связью .....	230

<i>Филина О.А., Дюндина В.П.</i> Соединение электродвигателей с обратной связью.....	233
<i>Халиуллина Г.И., Валиуллина Д.М.</i> Энергетическая безопасность в условиях изменения климата: новые подходы и технологии.....	236
<i>Хорьяков А.И., Гаврилов В.А.</i> Рассмотрение автоматизированных систем контроля и учёта электроэнергии .....	239
<i>Цветкова А.А., Гаврилов В.А.</i> Анализ преобразования аналоговых, цифровых и дискретных сигналов.....	242
<i>Цветкова А.А., Гаврилов В.А.</i> Принцип подбора преобразователей температуры в сигнал 4-20 миллиампер .....	246
<i>Чан Ван Тунг, Нгуен Тхи Тху Ха, Чан Куанг Вьет.</i> Сверхмалошумный усилитель для сверхнизкополевой МРТ .....	250
<i>Чан Ван Тунг, Данг Кам Тхатъ, Ву Тхи Хоанг Йен.</i> Исследование РЧ катушки в системе обнаружения сигналов ЯКР .....	254
<i>Ямилев С.Р., Зарипов Д.К.</i> Применение высоковольтных изоляторов с силиконовым покрытием .....	258

### **Направление 3. ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЭК И ЖКХ**

<i>Абрамов Р.А., Евгеньев И.В.</i> Анализ повышения мощности ГТУ с помощью АБХМ .....	261
<i>Абызгильдина С.С., Коваленко Т.Д., Зиязов Г.А., Валиев А.Р.</i> Виртуальные электростанции и распределенная генерация энергии .....	264
<i>Ананьев К.А., Саитов С.Р.</i> Прогнозирование объемов потребления электрической энергии на примере Ярославской области .....	267
<i>Асхадуллин Н.Р., Шаймарданов А.Р., Черкасов А.С.</i> Применение электромембранных технологий для водоподготовки тепловых и атомных электростанций .....	270
<i>Асхадуллин Н.Р., Шаймарданов А.Р., Черкасов А.С.</i> Применение электромембранных технологий для очистки сточных вод промышленных производств.....	273
<i>Асхадуллин Н.Р., Шаймарданов А.Р., Черкасов А.С.</i> Перспективы применения автономных энергетических систем для реализации проекта арктической научной станции «Снежинка».....	276
<i>Ахметзянова А.Т.</i> Получение энергии из промышленных сточных вод методом обратного электродиализа .....	279

<i>Волкова Е.В.</i> Использование аддитивных технологий в производстве деталей для ядерного оборудования .....	282
<i>Волкова Е.В.</i> Магнитные материалы в ядерной энергетике .....	285
<i>Волкова Е.В.</i> Принципы охлаждения и теплообмена для обеспечения безопасности и эффективности работы в ядерных реакторах .....	288
<i>Вьюгова К.Д., Гилязиева Г.З.</i> Сравнение программных продуктов <i>Ansys</i> и <i>Logos</i> : исследование на примере генерации сетки.....	291
<i>Вьюгова К.Д., Саитов С.Р.</i> Подходы к прогнозированию собственных нужд АЭС.....	294
<i>Газизова Р.А., Салихова Р.Р.</i> Особенности формирования себестоимости электроэнергии.....	297
<i>Гайнутдинов Ф.Р., Хабибуллина Э.Т.</i> Технические проблемы отбора проб водородного топлива.....	300
<i>Гайнутдинов Ф.Р., Гайнутдинова Д.Ф.</i> Проблемы эксплуатации стационарных твердооксидных топливных элементов.....	303
<i>Заирова Д.И., Сандаков В.Д.</i> Умные технологии в ЖКХ .....	306
<i>Залаев А.Э., Черкасов А.С.</i> Анализ состояния атомной энерготехнологической станции с ВТГР .....	309
<i>Зозуля И.В., Абасев Ю.В.</i> Применение блока проточных нагревателей для получения синтез-газа.....	311
<i>Камалиева Р.Ф., Ляпин А.И.</i> Возможности применения <i>CAD/CAE</i> систем для решения задач теплообмена и гидрогазодинамики в атомной энергетике .....	314
<i>Камалиева Р.Ф., Филимонов А.А.</i> Использование двигателя стирлинга с ядерным топливом.....	318
<i>Лавриков В.А.</i> Сравнение показание измерения МАЭД и АЭД гамма-излучения дозиметров ДКГ-02У «Арбитр» и ДКГ-09Д «Чиж» при измерении радиационного фона Ново-савиновского района города Казани .....	321
<i>Лавриков В.А.</i> Добыча урана традиционными способами и геотехнологическими методами: сравнение преимуществ и недостатков .....	324
<i>Макаров И.П., Абасев Ю.В.</i> Влияние режимов работы системы регенерации на эффективность работы энергоблоков ТЭЦ.....	327

<i>Макаров И.П., Абасев Ю.В.</i> Повышение эффективности отпуска тепла от паротурбинных ТЭЦ .....	329
<i>Миниханова А.Р., Сироткина Л.В.</i> Генерация водорода на атомных станциях.....	332
<i>Нарытбаев А.Р., Воробьев Д.К., Саитов С.Р.</i> Роль АЭС малой мощности в обеспечении энергетической безопасности Российской Федерации .....	335
<i>Раянов Р.Р.</i> Коррозионная стойкость и совместимость материалов с тяжелыми жидкометаллическими теплоносителями в условиях высоких температур и радиации .....	338
<i>Раянов Р.Р.</i> Влияние накопления короткоживущих нейтронопоглощающих продуктов деления на эффективность реактора в режиме переменной мощности .....	341
<i>Раянов Р.Р.</i> Экономическая эффективность малых модульных реакторов для удаленных и изолированных регионов.....	344
<i>Сайфуллина Э.И., Ляпин А.И.</i> Годовой расход тепла ТЭЦ при подключении дополнительных потребителей .....	347
<i>Фаизов Н.Н., Репина Э.Ю., Осипов А.Л.</i> Исследование влияния пожара на конструктивные решения проектируемых и реконструируемых зданий и сооружений .....	350
<i>Faizov N.N., Demidkina D.A.</i> Prospects for the implementation and use of neural networks for process management.....	353
<i>Филимонов А.А., Камалиева Р.Ф.</i> Принципиальное отличие ядерного реактора от тероядерного.....	357
<i>Хабибуллина Э.Т., Гайнутдинова Д.Ф.</i> Методы анализа примесей в водороде .....	359
<i>Хазиев А.В., Марьин Г.Е.</i> Использование искусственного интеллекта для оптимизации энергопотребления в жилых домах.....	362
<i>Ханова Н.М., Саитов С.Р.</i> Перспективы развития ядерной энергетики в условиях изменения климата .....	366
<i>Шагиева Г.Г., Хайретдинов Р.В., Саитов С.Р.</i> Реакторы нового поколения со спектральным регулированием ВВЭР-С.....	369
<i>Шаринов К.Р., Гимаева А.Р., Николаева С.Г.</i> Использование баз данных в сфере жилищно-строительного кооператива .....	372

<i>Шипиловских Н.А., Щербенев Н.А., Вассунова Ю.Ю.</i> Разработка комплекса умного дома с использованием современных производственных технологий .....	375
<i>Шукина Е.В.</i> Предотвращение повреждений на объектах электроэнергетики с помощью искусственного интеллекта .....	378
<i>Ягфарова К.Р., Абасев Ю.В.</i> Влияние способа прокладки и типа изоляции на эффективность тепловых сетей .....	381

#### **Направление 4. АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

<i>Афанасьева А.Д., Замалетдинова Л.Р.</i> Роль профессиональных и творческих компетенций лидера в организации управленческого труда .....	384
<i>Будникова И.К.</i> Инновационные IT-решения в цифровизации высшего образования.....	390
<i>Вдовина В.А., Завада Г.В.</i> Цифровые решения в образовательном процессе вуза .....	394
<i>Винокурова З.В., Коржнева Т.Г.</i> Использование нейросетей для развития навыков командной работы у студентов инженерного профиля.....	397
<i>Галиахметова А.Р., Дыганова Р.Р.</i> Искусственный интеллект в бухгалтерском учете и аудите.....	400
<i>Гибадуллина А.А., Овчинников А.В.</i> Этика лидерства в отношениях вертикали бизнес-партнеров .....	403
<i>Гусейнов Т.К.</i> Обобщенное аналитическое выражение для определения частоты собственных колебаний шин .....	406
<i>Дмитриева С.Ю., Хамитова Д.В.</i> Проблемы применения методов 3d-моделирования и 3d-печати в науке и производстве .....	410
<i>Завада Г.В., Реймер М.В.</i> Организация обратной связи на занятиях в техническом вузе .....	413
<i>Замалетдинова Л.Р.</i> Формирование экологического сознания молодежи.....	416
<i>Коржнева Т.Г., Туранов С.Б., Толкачева К.П.</i> Интеграция нейросетей в программу обучения по инженерному направлению .....	420

<i>Mirzaeva G.M., Ishmuradova G.I., Umarova S.U.</i> Training of qualified specialists and on the role of professional pedagogy in technical universities .....	423
<i>Миронова Е.А.</i> Посещаемость занятий – проблема преподавателя .....	426
<i>Михин О.А., Черкашина А.А., Коржнева Т.Г.</i> Применение технологии айтрекинга в образовательной проектной деятельности .....	429
<i>Нуриахметова Ф.М.</i> Современные ориентиры в подготовке инженерных кадров .....	432
<i>Ойекан А.Ф., Хамитова Д.В.</i> 3D-печать как новое научно-техническое направление.....	435
<i>Романова Л.М.</i> Повышение квалификации преподавателей высшей школы: аксиологический аспект.....	438
<i>Салахутдинова А.Р., Овчинников А.В.</i> Лидерство в эпоху цифровизации: как технологии меняют подход к управлению на примере .....	442
<i>Себегатов К.З., Завада Г.В., Замалетдинова Л.Р.</i> Современные требования к корпоративному образованию в энергетической сфере .....	446
<i>Селезнев Д.К., Юсупова И.В., Арзамасов Д.Е., Арзамасова А.Г.</i> Политика бережливого производства: опыт зарубежных практик .....	450
<i>Селезнев Д.К., Юсупова И.В., Арзамасов Д.Е.</i> Формирование производственной системы предприятия на принципах бережливого производства .....	454
<i>Слесаренко З.Р., Герич А.А.</i> Образование в России на современном этапе .....	457
<i>Умурзаков А.К., Федорова Ж.В.</i> Влияние технологического прогресса на бытие человека.....	461
<i>Федотов С.В., Левина Е.Ю.</i> Актуальные педагогические подходы в инженерном образовании: проблемы и перспективы для подготовки специалистов в сфере энергетики .....	464
<i>Филимонов С.С., Фёдорова Ж.В.</i> Практико-ориентированный анализ технической эстетики .....	469
<i>Халиулина Д.Н., Замалетдинова Л.Р.</i> Влияние мотивационных факторов на эффективность труда на предприятии .....	472
<i>Чечин И.И., Завада Г.В.</i> Некоторые направления трансформации энергетического дополнительного профессионального образования .....	475

<i>Шагеев М.Ф.</i> Анализ процессов преобразования энергии по эксергетическим, экономическим и экологическим параметрам .....	479
<i>Шагеев М.Ф.</i> Эксергетическая эффективность общества .....	482
<i>Шипиловских Н.А., Щербенев Н.А.</i> Внедрение инновационных технологий в образование в сфере инженерии .....	485

## **Направление 5. ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА**

<i>Ахметвалеева Л.В., Калинин Д.Н.</i> Модернизация систем безопасности .....	488
<i>Ахметвалеева Л.В., Кадыров Р.Р.</i> Исследование и интегрирование интеллектуальных систем в микроконтроллерах серий AVR при проектировании электронных устройств .....	491
<i>Ваганов А.И.</i> Разработка алгоритмов для анализа и обработки данных акустического контроля высоковольтных изоляторов.....	494
<i>Валюк А.С., Аминова К.Р., Акбулатова А.Д., Алексеев В.В., Патунин В.А., Жалмаганбетова С.Т.</i> Универсальное интеллектуальное устройство с прогнозирующим анализом в качестве системы мониторинга .....	497
<i>Голенищев-Кутузов А.В., Семенников А.В., Калимуллин Р.И.</i> Фотоиндуцированное формирование доменных структур в примесных кристаллах ниобата лития .....	501
<i>Комлева М.Ю., Шириев Р.Р.</i> Влияние загрязнённости фотоэлектрических элементов на производительность солнечной панели .....	505
<i>Комлева М.Ю., Шириев Р.Р.</i> Анализ факторов окружающей среды, влияющих на эксплуатационное состояние фотоэлектрических модулей .....	508
<i>Кочеткова А.А., Шакирзянов М.А., Багинский Д.В.</i> Экспериментальная установка для измерения влажности грунта диэлькометрическим методом.....	511
<i>Кротов В.И.</i> Метод расчета импульсного отклика аподизированного электродного преобразователя на поверхностных акустических волнах .....	514



<i>Маслов С.Ю., Хамидуллин И.Н.</i> Создание ШИМ сигнала для задания угла поворота сервопривода при разработке учебного стенда на микроконтроллере <i>STM32</i> .....	517
<i>Маслов С.Ю., Хамидуллин И.Н.</i> Разработка учебного стенда, демонстрирующего принцип работы матричной клавиатуры и выводом полученной информации на дисплей <i>TM1637</i> .....	520
<i>Мухутдинов К.Р., Хамитов А.Р., Калимуллин Р.И.</i> Тепловизионный контроль как метод диагностики состояния электрооборудования .....	523
<i>Потапов А.А.</i> Стратегии улучшения световой эффективности светодиодных светильников .....	526
<i>Рахмонов Фарход Юлдош Угли, Башмаков М.А., Потапов А.А.</i> Ремонт и модернизация демонстрационного стенда «Добывай энергию сам» .....	529
<i>Романов А.С., Синицин А.М.</i> Применение оптронов в электроустановках до 1000 В .....	532
<i>Федотов К.А., Микаева С.А., Журавлёва Ю.А.</i> Анализ нарушений правил ввода в эксплуатацию жилых зданий в городе Москве .....	534
<i>Хамидуллин И.Н., Маслов С.Ю., Иванов Д.А.</i> Учебные аппаратно-программные платформы на микроконтроллере с периферийными модулями .....	538
<i>Шакирзянов М.А., Кочеткова А.А.</i> Оптико-эмиссионный метод диагностики разрядных процессов в высоковольтной изоляции.....	541
<i>Шалаумов С.С., Мурзахметов Д.И., Зулькарнаев Р.Н., Власовский В.С.</i> Разработка искусственного интеллекта для оптимизации энергопотребления промышленных предприятий.....	544
<i>Юсупова Д.А., Калимуллин Р.И.</i> Перспективы применения GAN-транзисторов в силовой электронике.....	547
<i>Юсупова Д.А., Потапов А.А.</i> Проектирование фильтра электромагнитных помех в импульсных источниках питания .....	550

## **Направление 6. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В СФЕРЕ ЖКХ**

<i>Бакирова Р.Р., Денисова А.Р.</i> Автоматизированные системы наружного освещения на основе логических реле .....	553
<i>Бороздин И.Е., Шакурова З.М.</i> Системы накопления энергии .....	556

<i>Галиев Р.Р., Иванова В.Р.</i> О разработке светильника с комбинированной цветовой температурой.....	559
<i>Гарифуллин И.И.</i> Технологические революции в кабельной связи: энергетические характеристики медных и оптоволоконных кабелей в ЖКХ .....	562
<i>Гарифуллин Д.Л., Иванова В.Р.</i> О преимуществах и недостатках солнечных энергоустановок.....	565
<i>Гарифуллин Д.Л., Иванова В.Р.</i> Анализ эффективности конструктивного исполнения преобразователя солнечной энергии .....	568
<i>Кабиров А.А., Иванова В.Р.</i> О перспективном направлении в области освещения жилых и офисных помещений .....	571
<i>Калабкин А.А., Ивлиев С.Н., Кузнецов Е.А.</i> Энергоэффективные светодиодные светильники – технология будущего .....	574
<i>Кондратьева Н.П., Большин Р.Г., Краснолуцкая М.Г., Михайлов И.Ф.</i> Повышение эффективности лифта за счет применения нового алгоритма управления .....	577
<i>Кузнецов А.В., Ашрятов А.А.</i> Люминофоры в светодиодных источниках света .....	581
<i>Кузнецов Е.А., Ашрятов А.А., Калабкин А.А.</i> Разработка программы для расчёта драйвера многофункционального светового прибора.....	584
<i>Меркулов Е.С., Микаева С.А., Шигапов А.Э.</i> Влияние различных типов датчиков движения и освещенности на энергосбережение в различных типах зданий .....	587
<i>Минанхузин И.И., Сидоров А.Е.</i> Повышение эффективности защит дальнего резервирования в распределительных сетях электроснабжения до 1000 В.....	591
<i>Муртазин А.Р., Сандаков В.Д.</i> Развитие энергосберегающих технологий в сфере ЖКХ .....	594
<i>Мухаметова А.Р.</i> Проблемы наведенного напряжения на кабельных линиях.....	597
<i>Садриев Р.Р., Шакурова З.М.</i> Применение автоматизированной системы управления для энергосбережения в сфере ЖКХ .....	600
<i>Сафин Р.Р., Иванова В.Р.</i> О выборе драйверов для светодиодного светильника.....	603

<i>Фадеева Е.С., Сандаков В.Д.</i> Обзор энергосберегающих технологий для многоквартирного дома .....	605
<i>Хантимерова Ю.М., Абзалилова Л.Р., Шамсутдинов Э.В.</i> 3D-печать в строительстве: шаг к энергоэффективности и надежности .....	608
<i>Шафигуллина А.Г., Шакурова З.М.</i> Замена электроосветительных устройств как возможность энергосбережения в сфере ЖКХ .....	611

## **Направление 7. ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

<i>Аглямов М.Р., Гиззатова И.Д.</i> Проблемы и перспективы развития кибербезопасности в электроэнергетическом секторе.....	614
<i>Вахитова М.И., Воркунов О.В.</i> Повышение пропускной способности воздушных линий электропередачи .....	617
<i>Глоткина Л.А.</i> Термоядерный синтез – энергия будущего .....	620
<i>Ерашова Ю.Н., Тюрин А.Н.</i> Оборудование, позволяющие проводить проверку устройств защиты от дугового пробоя и искровых промежутков, установленных в щитах автоматизации.....	623
<i>Каминский С.О., Мухаметжанов Р.Н.</i> Головной модуль ПЛК: мировое производство микропроцессоров и микроконтроллеров для автоматизации.....	628
<i>Кергенсков А.Е., Микаева С.А.</i> Гигиеническая оценка уличного шума района Тропарево-Никулино ЗАО города Москвы .....	632
<i>Крюкова А.С., Шакурова З.М.</i> Новые технологии аккумуляторов и их влияние на интеграцию ВИЭ в энергосистему .....	636
<i>Кузеев Д.Р., Аскарров Р.Р., Николаев К.В., Мухамеджанов Р.Н.</i> Оценка наличия влияния погодных условий на диагностику кабельных линий с бумажно-пропитанной изоляцией по параметрам частичных разрядов.....	639
<i>Мавляутдинов Л.Р.</i> Специфика и задачи автоматизации релейной защиты в сетях среднего напряжения .....	643
<i>Михеенко Е.И., Сабитов А.Х., Сабитова А.С.</i> Сравнительный анализ нормативно-технической документации при тепловизионном обследовании электрооборудования .....	646
<i>Мухтаров Б.Н., Валиуллина Д.М.</i> Функционирование автоматизированных систем управления в электроэнергетике .....	649

<i>Папин Д.И., Доломанюк Л.В.</i> Разработка концепции системы сбора данных для испытаний автоматических выключателей.....	652
<i>Смирнова Д.И., Максимов В.В.</i> Мероприятия по снижению потерь электроэнергии в силовых трансформаторах.....	655
<i>Снисаренко А.А., Валуллина Д.М.</i> Методы обработки и анализа больших данных для прогнозирования спроса на электроэнергию в условиях высоковариативного потребления .....	658
<i>Filimonov S.S., Demidkina D.A., Mukhametzhanov R.N.</i> Measuring the depth of cable lines by induction method .....	661
<i>Filimonov S.S., Demidkina D.A., Mukhametzhanov R.N.</i> Features of the application of the induction method for determining the places of damage to 10 kV cable lines .....	664
<i>Хаертдинова А.И., Максимов В.В.</i> Оптимизация рабочих напряжений в центрах питания распределительных электрических сетей .....	667
<i>Хан М.М., Гаврилов В.А.</i> Влияние атмосферных факторов на потери электроэнергии в линиях электропередачи .....	670
<i>Чернов Д.В., Мухаметжанов Р.Н.</i> Роль искусственного интеллекта в энергетических сетях .....	673
<i>Шавалеев Б.Д., Шакурова З.М.</i> Интеграция альтернативных источников энергии и зарядных станций .....	676
<i>Шайхетдинов Р.Г.</i> Современные системы контроля и учета потребления электрической энергии .....	679
<i>Шайхутдинов К.А., Шакурова З.М.</i> Ветроэнергетические установки как микросети для локального электроснабжения предприятий .....	683
<i>Шахова Д.М., Сайранов А.Р., Вассунова Ю.Ю.</i> Цифровые подстанции....	686
<i>Шичкин Н.С., Грачев А.Н. Саушев А.В.</i> Обзор факторов, влияющих на отказоустойчивость оборудования фотоэлектрических систем.....	688

## **Направление 8. ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ В ЖКХ**

<i>Абдуллин Т.Р., Кондратьев А.Е.</i> Аэрогель как теплоизоляционный материал будущего.....	691
<i>Абдуллин Т.Р., Кондратьев А.Е.</i> Перспективы использования производных аэрогеля в композитах для повышения энергоэффективности теплоизоляции.....	694
<i>Александров Р.Н., Загретдинов А.Р., Зиганшин Ш.Г.</i> Контроль герметичности шарового крана с применением методов фрактального анализа акустических сигналов .....	697

<i>Анпилогов Л.Д., Кондратьев А.Е.</i> Теплоизоляция из грибного мецелия.....	700
<i>Анпилогов Л.Д.</i> Теплоизоляция из перьевых волокон .....	703
<i>Анцупов Н.А.</i> Обнаружение утечек в газопроводах с использованием акустических волн .....	706
<i>Анцупов Н.А.</i> Обнаружение повреждений в подземных трубопроводах с использованием энтропии Винера .....	708
<i>Анцупов Н.А.</i> Использование акустических методов для определения местоположения подземных трубопроводов.....	712
<i>Афанасьев А.В., Исаев Н.П., Марзоева И.В.</i> Модернизация систем теплоснабжения: инновационные решения для повышения энергоэффективности и экологической устойчивости.....	715
<i>Ахремчик О.Л., Ахремчик П.О.</i> Модернизация систем контроля энергоресурсов в тепловых пунктах.....	718
<i>Бикчантаев Э.Р.</i> Особенности применения солнечной энергетики в Республике Татарстан .....	721
<i>Валиахметова Э.Ф., Валиев Р.Н.</i> Возможности энергосберегающих пароводяных теплообменников УМПЭУ .....	724
<i>Валиева А.М.</i> Особенности получения свалочного газа.....	727
<i>Волкова Е.В.</i> Принципы охлаждения и теплообмена для обеспечения безопасности и эффективности работы в ядерных реакторах.....	730
<i>Гадецкий В.Ю., Звонарева Ю.Н.</i> Использование труб с ППУ-изоляцией: современные технологии и инновации .....	733
<i>Гайфуллин Р.Р., Кондратьев А.Е.</i> Распространенные причины вибрации в трубопроводах и методы снижения вибрационных нагрузок .....	737
<i>Гатауллина И.М.</i> Регистрация вибрационных колебаний стенок трубопроводов .....	740
<i>Гатауллина И.М.</i> Особенности утилизации и применения свалочного газа .....	744
<i>Гатауллина И.М.</i> К вопросу утилизации свалочного биогаза.....	747
<i>Гафиатуллина К.Р., Измайлова Е.В., Крайков М.Д.</i> Исследование эффективности тепловой изоляции с помощью математических моделей.....	750

<i>Глухова П.Е., Кондратьев А.Е.</i> Тепловые насосы «воздух-воздух»: принцип работы, преимущества и применение .....	753
<i>Глухова П.Е.</i> Тепловые насосы «вода-вода»: особенности, эффективность и использование.....	756
<i>Закирова Я.Р., Базукова Э.Р.</i> Повышение эффективности теплоснабжения за счет использования многослойной теплоизоляционной конструкции .....	759
<i>Иванов А.О., Звонарева Ю.Н.</i> Тепловизионный контроль ограждающих конструкций здания, как энергоэффективный метод контроля тепловых потерь .....	762
<i>Измайлова Е.В., Гарнышова Е.В., Федосеева Е.В.</i> Программа «Старт» для расчета прочности и жесткости трубопроводов различного назначения.....	765
<i>Кашин В.Г.</i> Оптимизация работы парогазовой установки Казанской ТЭЦ-2.....	768
<i>Клюкин И.И., Загретдинов А.Р., Зиганшин Ш.Г.</i> Влияние утечки полипропиленового трубопровода на показатель Херста акустических сигналов .....	771
<i>Колоколов Е.И., Базукова Э.Р.</i> Определение фактических тепловых потерь при транспортировке теплоносителей .....	774
<i>Колясев Д.А., Валиев Р.Н.</i> Возможности использования программного обеспечения «Теплоэксперт» для анализа работы систем теплоснабжения.....	777
<i>Кондратьев А.Е.</i> Утилизация свалочного газа на мусорном полигоне.....	780
<i>Литвиненко А.А., Гарнышова Е.В., Измайлова Е.В.</i> Методика получения отложений на теплообменной поверхности.....	783
<i>Марков А.С.</i> Перевод с парового на водогрейный режим котельной ООО «Башнефть–добыча» г. Октябрьский .....	786
<i>Миронов И.В.</i> Применение алгоритма эмпирической модовой декомпозиции для контроля утечек в трубопроводе.....	789
<i>Мукатдаров А.А., Мукатдарова Д.А.</i> Влияние внедрения боковых горелок в туннельную печь при обжиге керамических изделий .....	792
<i>Мурзаев А.С.</i> Оценка эффективности модели аккумулятора теплоты с тремя материалами с фазовым переходом.....	796

<i>Новоселова М.С., Ваньков Ю.В.</i> Расчет малой ПГУ-ТЭС.....	799
<i>Политова Т.О., Загретдинов А.Р., Зиганшин Ш.Г., Сидоров М.В.</i> Методы машинного обучения для мониторинга состояния трубопровода .....	802
<i>Рудич А.П., Валиев Р.Н.</i> Построение профиля коррозионной плоскости.....	806
<i>Сафин Ф.Ф., Вафин Д.Б.</i> Вопросы перехода к твердому топливу на ТЭЦ.....	809
<i>Семенчук А.О., Кондратьев А.Е.</i> Эффективность использования водорода в теплоснабжении ЖКХ.....	812
<i>Соколов В.Ю., Соколова Т.Ю., Козловцев А.П.</i> Особенности проектирования системы теплоснабжения микрорайона города.....	815
<i>Сорокин К.С., Гаврилин В.В., Гапоненко С.О.</i> Сравнение химических и физических методов дегазации.....	819
<i>Субботин Л.А.</i> Преимущества цифрового зонирования.....	822
<i>Субботин Л.А.</i> Интеллектуальные системы управления отоплением .....	825
<i>Сычугов П.В.</i> Разработка мероприятий по обеспечению энергосбережения на модульной котельной в условиях Крайнего Севера .....	829
<i>Тимершин А.Р., Шарафиев Д.Е., Плотникова Л.В., Зарипова Д.А.</i> Повышение эффективности использования вторичных энергоресурсов на нефтехимических предприятиях.....	832
<i>Токтарова А.А., Звонарева Ю.Н.</i> Анализ особенностей перехода с открытых систем теплоснабжения на закрытые .....	835
<i>Хасанов А.Р., Измайлова Е.В., Гарнышова Е.В.</i> Расчет тепловых нагрузок потребителей в <i>Thermocalc</i> .....	838
<i>Хасанов А.Р., Измайлова Е.В., Гарнышова Е.В.</i> Модель тепловой сети и наладочный расчет в <i>Zuli</i> .....	842
<i>Чанчина В.Е., Кондратьев А.Е.</i> О влиянии низкочастотных вибрационных колебаний на диагностику стальных трубопроводов с отложениями кальция .....	845
<i>Шабалин А.С.</i> Перспективы развития измерений расхода сточных вод в безнапорных трубопроводах .....	848

<i>Шарафиев Д.Е., Тимершин А.Р., Ваньков Ю.В., Ахметова И.Г.</i> Рекомендации по созданию моделей аккумулятора тепла фазового перехода на основании экспериментальных данных .....	852
<i>Якупова И.Д.</i> Вибрационная диагностика энергетических трубопроводов .....	855
<i>Якупова И.Д.</i> Применение энтропийной параметризации в вибродиагностике .....	858
<i>Ямилева А.Р., Гапоненко С.О.</i> Математическое моделирование колебаний стеклопластиковых трубопроводов.....	861

## **Направление 9. ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И РЕШЕНИЯ В ТЭК И ЖКХ**

<i>Анварова Р.А., Филимонова Т.К.</i> Разработка программного обеспечения для управления транспортной логистикой предприятия ПАО «Нефаз».....	864
<i>Анисимов В.А., Сандаков В.Д.</i> Блокчейн и децентрализованные технологии в энергетике.....	867
<i>Ахтарьянов А.А., Сандаков В.Д.</i> Перспективы использования технологий <i>Big data</i> в сфере ЖКХ.....	870
<i>Бикчурин Т.А., Сандаков В.Д.</i> Применение цифровых технологий в области нефтепродуктов.....	873
<i>Булычев В.А., Сандаков В.Д.</i> Цифровизация в децентрализованном производстве электроэнергии, децентрализованных рынках и частных инвестициях.....	876
<i>Гиматдинов Р., Орлов А., Вассунова Ю.Ю.</i> Информационный терминал на производстве.....	879
<i>Дыдалин Г.Д., Зарипова Р.С.</i> Масштабирование нейронных сетей, проблемы и методы их решения.....	883
<i>Дыдалин Г.Д., Зарипова Р.С.</i> Энергетическая эффективность нейронных сетей и подходы к её улучшению.....	886
<i>Дыдалин Г.Д., Филимонова Т.К.</i> Снижение влияния человеческого фактора на контроль за радиоактивностью: возможности нейросетевых решений .....	889
<i>Зайдуллина Э.Р., Николаева С.Г.</i> Роль баз данных в цифровой автоматизации бизнес-процессов управления энергопотреблением.....	892



<i>Зарипова К.И., Николаева С.Г.</i> Кибербезопасность в энергетическом секторе: защита баз данных.....	894
<i>Ильина Д.И.</i> Использование CRM-систем в сфере ЖКХ .....	897
<i>Ильина Д.И., Зарипова Р.С.</i> Применение IoT в ЖКХ для сбора данных и управления ресурсами .....	900
<i>Кочкин М.Н., Микаева С.А., Абрамова Н.В.</i> Анализ и предотвращение кибератак на интеллектуальные системы учета и управления в ЖКХ .....	903
<i>Леонова Д.П., Сандаков В.Д.</i> Внедрение интернета вещей (IoT) в жилищно-коммунальном хозяйстве для мониторинга состояния инфраструктуры и повышения энергоэффективности.....	907
<i>Лукоянов К.А., Мухаметгалеев Т.Х.</i> Перспективы использования ПЛИС в робототехнике.....	910
<i>Михеев А.С., Николаева С.Г.</i> Применение облачных баз данных для автоматизации процессов в сфере ЖКХ .....	913
<i>Разжевалов С.А., Сандаков В.Д.</i> Цифровые двойники в ТЭК и ЖКХ .....	916
<i>Семенченко Д.К., Микаева С.А., Микаева А.С.</i> Кибербезопасность в мехатронных и робототехнических системах для ТЭК .....	919
<i>Сидоров М.В., Гилязиева Г.З.</i> Машинное обучение для течеискания в трубопроводе.....	923
<i>Федоров А.М., Закиров Р.Н.</i> Пакет программ ЛОГОС .....	926
<i>Феоктистов Ф.В., Микаева С.А., Микаева А.С.</i> Защита критических инфраструктур ТЭК и ЖКХ от киберугроз с использованием технологий кибербезопасности.....	929
<i>Хаерова Э.И., Гатауллин Б.И., Тумбинская М.В.</i> Виртуальный тренажёр «Кибербезопасность в жилищно-коммунальном хозяйстве»....	934
<i>Хайретдинова Н.Р., Шарипов И.И.</i> Преимущества автоматизации котельных .....	938
<i>Шакиров А.Г., Сандаков В.Д.</i> Цифровые двойники объектов электроэнергетики.....	941
<i>Шер М.Д., Микаева С.А., Микаева А.С.</i> Цифровые технологии и киберзащита в ТЭК .....	944
<i>Щербенев Н.А.</i> Интеграция цифровых двойников в системы управления умными городами .....	948
<i>Юсупова Р.И., Зарипова Р.С.</i> Цифровая трансформация жилищно-коммунального хозяйства в России .....	951

## **Направление 10. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ В ТЭК И ЖКХ**

<i>Миниханов Р.Р., Хуснутдинов А.Н.</i> Цифровизация жилищно-коммунального хозяйства с применением интеллектуальных технологий .....	954
<i>Миниханов Р.Р., Хуснутдинов А.Н.</i> Интеллектуальные системы в управлении энергетическими ресурсами.....	956
<i>Нуртдинов Р.С., Шакирзянов Р.А.</i> Разработка интеллектуальной системы управления отоплением для повышения энергоэффективности в ЖКХ .....	958
<i>Потапов А.П.</i> Будущее интеллектуальных сетей электроснабжения <i>Smart grid</i> .....	962
<i>Салихова Г.Р., Шарипов И.И.</i> Проблемы кибербезопасности в интеллектуальных системах ТЭК и ЖКХ.....	965
<i>Хатинова Л.Ф., Алексеев И.П.</i> Применение архитектуры нейронной сети <i>Yolo</i> для обнаружения дефектов печатных плат .....	968
<i>Черненко Г.А., Микаева С.А., Шуганова В.А.</i> История и использование <i>RSA</i> .....	971
<i>Шакиров А.А., Соловьев С.А.</i> Применение методов искусственного интеллекта для повышения эффективности расчета тепловых потерь в системах теплоснабжения .....	974
<i>Yakhshiboev S.K., Sadykov Zh.D., Khuzhakulov S.M., Shodiev T.U.</i> Simulation of non-stationary heat exchange process at air movement along underground ventilation channel .....	977

## **Направление 11. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

<i>Валеев И.И., Прец М.А.</i> Создание прототипа резьбового соединения аддитивным методом .....	981
<i>Дьячук Е.В., Шарафутдинов Л.А.</i> Численное исследование железобетонной колонны, усиленной сталефибробетонной обоймой, в ПК Лира-САПР.....	984
<i>Каменский М.Н.</i> Установка для бестраншейной прокладки инженерных коммуникаций с зубчато-реечным механизмом подачи .....	987
<i>Коньжов К.В.</i> 7 видов строительных дефектов в железобетонных конструкциях .....	990

<i>Коньжов К.В., Шарафутдинов Л.А.</i> Оценка качества монолитных железобетонных конструкций резервуара для приема регенерационного раствора и промывочной воды .....	994
<i>Коньжов К.В.</i> Роль конопатки в покраске и обслуживании дома .....	997
<i>Маннапов Р.М., Шарафутдинов Л.А.</i> К оценке прочности изгибаемых железобетонных элементов с учётом дефектов и повреждений .....	1000
<i>Махмутова Г.Р., Шарафутдинов Л.А.</i> Оценка осадок железобетонного резервуара при снижении модуля деформации бетона фундаментной плиты .....	1003
<i>Радайкин О.В., Хнычева Н.В.</i> О прочности, жёсткость и трещиностойкости монолитных железобетонных стен .....	1007
<i>Репина Э.Ю., Демидкина Д.А., Хайруллин А.Р.</i> Численное исследование влияние пристеночных зазоров на теплообмен в однорядном трубном пучке.....	1012
<i>Repina E.Yu., Demidkina D.A., Khairullin A.R.</i> Numerical study of the wall gaps effect on heat transfer in three and six row tube bundle.....	1015
<i>Файзуллаев И.М., Садыков Ж.Д., Салайдинов А.М., Чориева С.Ю.</i> Создание оптимального микроклимата в сельскохозяйственных зданиях и сооружениях с использованием пассивных солнечных систем отопления.....	1018
<i>Хадиуллина Р.Р., Радайкин О.В.</i> Влияние жёсткости грунта основания и засыпки на НДС подземного железобетонного трубопровода .....	1023
<i>Хайретдинова Н.Р., Марьин Г.Е.</i> Обеспечение экологической безопасности на строительной площадке .....	1026
<i>Хусаинов Р.Д., Токарева Л.А., Айзатуллин М.М., Сабитов Л.С.</i> Методика подбора сечения оттяжек конструкций энергетических объектов .....	1029
<i>Шавалеев Д.И., Радайкин О.В.</i> Вопросы развития аддитивных 3D-технологий в строительстве .....	1032
<i>Шпиловских Н.А., Щербенев Н.А.</i> Энергетическая безопасность в современном мире .....	1035

*Научное издание*

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ  
ЭЛЕКТРОПРИВОД В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ  
И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

X Национальная научно-практическая конференция  
(12-13 декабря 2024 г.)

Электронный сборник материалов конференции

Подписано в печать 08.04.2025.

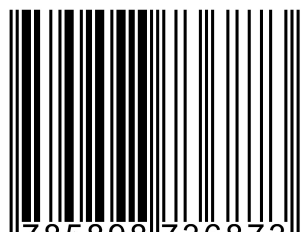
Формат 60×84/16. Усл. печ. л. 61,55. Уч.-изд. л. 47,63.

Заказ № 576/эл.

Центр публикационной активности КГЭУ.  
420066, г. Казань, ул. Красносельская, д. 51

К  
Р  
Э  
У

ISBN 978-5-89873-687-3



9 785898 736873 >