

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
КГЭУ «КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

9 28.04.2026

УТВЕРЖДАЮ

Директор института атомной и  
тепловой энергетики

С.О.Гапоненко

« 18 » 03 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Автономные энергоустановки на органическом топливе

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность  
(профиль) Автономная распределенная энергетика

Квалификация Бакалавр

г. Казань, 2025

Программу разработал(и):

Наименование кафедры	Должность, уч.степень, уч.звание	ФИО разработчика
Автономная распределенная энергетика	Доцент, к.х.н., доцент	Гайнутдинова Д.Ф.
Автономная распределенная энергетика	Ассистент	Гайнутдинов Ф.Р.

Согласование	Наименование подразделения	Дата	№ протокола	Подпись
Одобрена	АРЭ	07.03.2025	Протокол № 11	_____ Зав.каф., д.т.н., проф. Филимонова А.А.
Согласована	АРЭ	07.03.2025	Протокол № 11	_____ Зав.каф., д.т.н., проф. Филимонова А.А.
Согласована	Учебно-методический совет ИАТЭ	18.03.2025	Протокол №2	_____ Директор, к.т.н., доц. Гапоненко С.О.
Одобрена	Ученый совет ИАТЭ	18.03.2025	Протокол №2	_____ Директор, к.т.н., доц. Гапоненко С.О.

## 1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

*(Цель и задачи освоения дисциплины, соответствующие цели ОП)*

Целью дисциплины «Автономные энергоустановки на органическом топливе» является формирование комплексного понимания принципов работы, и эксплуатации энергетических систем, использующих органическое топливо, для автономного обеспечения объектов энергией в условиях отсутствия централизованных сетей, рассмотрение современных тенденций гибридизации установок с возобновляемыми источниками энергии, применение цифровых систем управления и методы снижения вредных выбросов.

Задачами дисциплины являются изучение конструктивных особенностей и классификации автономных энергоустановок, анализ процессов преобразования химической энергии топлива в тепловую и электрическую энергию, освоение методов расчета параметров установок (КПД, мощность, ресурс), оптимальных типов установок для конкретных условий, учитывая характеристики топлива, требования к надежности и экологическим стандартам.

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
ПК-1. Способен участвовать в разработке и эксплуатации объектов теплоэнергетики и теплотехники, проектировать и внедрять современные автономные энергоустановки и объекты распределенной энергетики	ПК-1.1. Принимает участие в разработке принципиальных схем и оборудования для объектов теплоэнергетики и теплотехники с использованием современных цифровых технологий
	ПК-1.3. Выполняет эксперименты и расчеты по физико-химическим параметрам, характеристикам и условиям эксплуатации объектов автономной и распределенной энергетики
ПК-2. Способен к организации технического и материального обеспечения по эксплуатации автономных энергетических систем и ее компонентов	ПК-2.2. Осуществляет контроль норм расхода всех видов энергоресурсов автономных энергетических систем; проводит входной контроль полученных товаров и материалов на их соответствие техническим условиям, государственным стандартам и сертификатам

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Предшествующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.:

Процессы и технологии распределенной генерации;

Производственная практика (практика по получению первичных профессиональных навыков)

Производственная практика (технологическая)

Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.:

Интеллектуальная распределенная энергетика

Резервные системы автономного энергоснабжения предприятий

Научные исследования в области автономной и распределенной энергетики

Производственная практика (преддипломная)

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1. Структура дисциплины

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр
			7
<b>ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	<b>4</b>	<b>144</b>	<b>144</b>
КОНТАКТНАЯ РАБОТА*	1,75	63	63
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	1,44	52	52
Лекции	0,94	34	34
Практические (семинарские) занятия	0,50	18	18
Лабораторные работы	-	-	-
Самостоятельная работа	1,55	56	56
Проработка учебного материала	0,55	20	20
Курсовой проект	-	-	-
Курсовая работа	-	-	-
Подготовка к промежуточной аттестации	1	36	36
Промежуточная аттестация:			Э
			-

#### 3.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и видам занятий

Разделы дисциплины	Всего часов	Распределение трудоемкости по видам учебной работы				Формы и вид контроля	Индексы индикаторов формируемых компетенций
		лекции	лаб. раб.	пр. зан.	сам. раб.		
Раздел 1	36	12	-	6	6	ТК1	ПК-1.1. 3, У, В; ПК-1-3.3, У, В; ПК-2.2 3, У, В
Раздел 2	36	12	-	6	6	ТК2	ПК-1.1. 3, У, В; ПК-1-3.3, У, В; ПК-2.2 3, У, В
Раздел 3	36	10	-	6	8	ТК3	ПК-1.1. 3, У, В; ПК-1-3.3, У, В; ПК-2.2 3, У, В
Экзамен	36	-	-	-	36	<b>ОМ 1</b>	ПК-1.1. 3, У, В; ПК-1-3.3, У, В; ПК-2.2 3, У, В
<b>Итого за 7 семестр</b>	<b>144</b>	<b>34</b>	<b>-</b>	<b>18</b>	<b>56</b>		
<b>ИТОГО</b>	<b>144</b>	<b>34</b>	<b>-</b>	<b>18</b>	<b>56</b>		

#### 3.3. Содержание дисциплины

##### Раздел 1. Введение в автономные энергоустановки.

Тема 1.1. Понятие и значение автономных энергоустановок (АЭУ).

Системы, производящие и обеспечивающие энергией независимо от централизованных сетей. Эволюция от простых к современным инновационным автономным системам. Повышенная потребность в энергосистемах, независимых от централизованных сетей. Применение в удалённых и труднодоступных районах. Возможность использования в различных отраслях. Промышленность и производство. Сельское хозяйство. Жилищно-коммунальное хозяйство и частные дома. Первоначальные затраты и долгосрочная экономия при использовании АЭУ. Влияние на окружающую среду и меры по снижению негативного воздействия.

Тема 1.2. Классификация и виды энергоустановок. Классификация по типу используемого топлива, принципу действия, мощности, назначению. Виды энергоустановок на органическом топливе Газовые энергоустановки. Дизельные энергоустановки. Установки на биомассе. Гибридные энергоустановки. Автономные и резервные энергоустановки. Преимущества и недостатки различных видов энергоустановок.

Тема 1.3. Принципы работы и основные компоненты. Принципы работы энергоустановок. Тепловые и механические процессы. Электрогенерация. Компоненты энергоустановок: двигатели внутреннего сгорания; генераторы; системы охлаждения; системы подачи топлива; контрольно-измерительные приборы; системы управления и автоматизации. Эффективность и оптимизация работы энергоустановок.

## **Раздел 2. Органическое топливо и его использование.**

2.1 Типы органического топлива: природный газ, биомасса, жидкие углеводороды. Природный газ – состав и происхождение, добыча и транспортировка; применение в энергоустановках. Биомасса, ее источники; преобразование в энергоносители; преимущества и вызовы использования. Жидкие углеводороды. Нефтепродукты и их виды. Производство и переработка, использование в энергоустановках. Сравнение типов органического топлива: энергетическая эффективность; экологическое воздействие; экономические аспекты использования.

2.2 Химические и физические свойства топлива. Химический состав топлива; углеводороды; примеси и добавки. Физические свойства топлива: плотность; вязкость; температура кипения и замерзания; теплотворная способность; калорийность различных видов топлива. Зольность и содержание серы, влияние на оборудование и выбросы. Воспламеняемость и температура вспышки, безопасность хранения и использования. Влияние свойств топлива на выбор и эксплуатацию энергоустановок

2.3. Экологические аспекты использования органического топлива. Выбросы углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ), вклад в парниковый эффект. Методы снижения выбросов. Выбросы оксидов азота ( $\text{NO}_x$ ) и серы ( $\text{SO}_x$ ). Технологии контроля и уменьшения выбросов. Образование твердых частиц и сажи. Фильтрация и очистка выбросов. Утилизация и переработка отходов. Управление побочными продуктами. Влияние добычи и транспортировки топлива. Разливы нефти и их последствия.

**Раздел 3. Эксплуатация и эффективность энергоустановок на органическом топливе.**

3.1. Технологии повышения эффективности АЭУ. Оптимизация процессов сгорания, регулировка подачи топлива и воздуха. Теплообменные системы. Утилизация тепла отходящих газов. Современные материалы и конструкции. Улучшенные изоляционные материалы. Программное обеспечение для оптимизации работы. Гибридные системы. Комбинация различных источников энергии. Использование возобновляемых источников. Диагностика и профилактика неисправностей.

3.2. Обслуживание и диагностика АЭУ на органическом топливе. Планирование и проведение профилактических работ. Замена расходных материалов и компонентов. Диагностические методы. Вибрационная диагностика. Тепловизионная диагностика. Анализ выхлопных газов. Использование датчиков и автоматизированных систем. Предиктивное обслуживание. Прогнозирование отказов на основе данных. Оптимизация запасов запчастей и материалов. Документация и отчётность. Ведение журналов технического обслуживания. Составление отчётов о состоянии и эффективности работы энергоустановок.

3.3. Безопасность и нормативные требования. Опасности, связанные с эксплуатацией. Меры по предотвращению аварий и инцидентов. Нормативные требования и стандарты. Национальные и международные стандарты. Сертификация и соответствие нормативам. Процедуры аварийного реагирования. Идентификация потенциальных рисков. Контроль соблюдения нормативных требований. Документация и отчётность. Ведение документации по безопасности.

### **3.4. Тематический план практических занятий**

1. Расчёт энергетической потребности автономной установки на органическом топливе для удалённого объекта.

2. Определение оптимального типа энергоустановки на органическом топливе для заданного региона с учётом климатических условий.

3. Анализ эффективности различных типов автономных установок на органическом топливе на основе заданных параметров.

4. Расчёт теплотворной способности различных видов органического топлива и их сравнительный анализ.

5. Оценка выбросов CO<sub>2</sub> при сжигании заданного объёма топлива и разработка мер по их снижению.

6. Анализ экономической эффективности использования биомассы в энергоустановках по сравнению с традиционными видами топлива.

7. Оптимизация режима работы автономной энергоустановки на органическом топливе для повышения её эффективности.

8. Расчёт затрат на обслуживание и диагностику автономной энергоустановки на органическом топливе в течение года.

9. Оценка риска и разработка плана мероприятий по улучшению безопасности автономной энергоустановки на органическом топливе в соответствии с нормативными требованиями.

### 3.5. Тематический план лабораторных работ

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом

### 3.6. Курсовой проект /курсовая работа

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом.

## 4. Оценивание результатов обучения

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено			не зачтено
ПК-1	ПК-1.1. Принимает участие в разработке принципиальных схем и оборудования для объектов теплоэнергетики и теплотехники и с использованием современных цифровых технологий	знать:				
		<p>Основы автономных энергоустановок, современные цифровые технологии и программное обеспечение для проектирования; характеристики и свойства органического топлива</p>	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки
уметь:						
<p>Разрабатывать принципиальные схемы энергоустановок с использованием цифровых инструментов; анализировать</p>			Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с	Продемонстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубым	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные

		и оптимизировать схемы с учётом типов используемого топлива; применять стандарты и нормативы	отдельными несущественными недочётами, выполнены все задания в полном объеме	негрубыми и ошибками, выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочётами	и ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме	умения, имеют место грубые ошибки
		владеть:				
		Навыками работы с программами для моделирования и проектирования; методами расчёта и оптимизации схем энергоустановок; пособиями интеграции цифровых технологий в проектирование	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочётов	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочётами	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочётами	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки, имеют место грубые ошибки
		<i>знать</i>				
	ПК-1.3. Выполняет эксперименты и расчеты по физико-химическим параметрам, характеристикам и условиям эксплуатации объектов автономной и распределенной энергетики	Физико-химические параметры органического топлива; методы проведения экспериментов и измерений; условия эксплуатации автономных энергоустановок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки
		<i>уметь</i>				
		Выполнять расчеты и эксперименты для оценки характеристик	Продемонстрированы все основные умения,	Продемонстрированы все основные умения,	Продемонстрированы основные умения,	При решении стандартных задач не

		топлива; анализировать результаты экспериментов и делать выводы; разрабатывать рекомендации по улучшению эксплуатации установок	решены все основные задачи с отдельны ми несущест венными недочета ми, выполнен ы все задания в полном объеме	решены все основные задачи с негрубым и ошибками , выполнен ы все задания в полном объеме, но некоторые с недочета ми	решены типовые задачи с негрубым и ошибками , выполнен ы все задания, но не в полном объеме	продемон стрирова ны основные умения, имеют место грубые ошибки
		<i>владеть</i>				
		навыками работы с лабораторным оборудованием и программами для расчётов; методами статистической обработки данных; техниками безопасного проведения экспериментов.	Продемон стрирован ы навыки при решении нестандар тных задач без ошибок и недочетов	Продемон стрирован ы базовые навыки при решении стандартн ых задач с некоторы ми недочета ми	Имеется минимал ный набор навыков для решения стандартн ых задач с некоторы ми недочета ми	При решении стандарт ных задач не продемон стрирова ны базовые навыки, имеют место грубые ошибки
ПК-2	ПК-2.2. Осуществля ет контроль норм расхода всех видов энергоресур сов автономных энергетичес ких систем; проводит входной контроль полученных товаров и материалов на их соответствие техническим условиям, государстве	<i>Знать</i>				
		Нормы расхода энергоресурсов для автономных систем, технические условия и стандарты для товаров и материалов, методы контроля качества и соответствия.	Уровень знаний в объеме, соответст вующем программ е подготовк и, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответст вующем программ е, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимал ьно допустим ый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимал ьных требован ий, имеют место грубые ошибки
		<i>Уметь</i>				
		Осуществлять контроль расхода энергоресурсов и анализировать	Продемон стрирован ы все основные умения, решены	Продемон стрирован ы все основные умения, решены	Продемон стрирован ы основные умения, решены	При решении стандарт ных задач не продемон

	нным стандартам и сертификатам	данные; проводить входной контроль товаров и материалов; разрабатывать меры по оптимизации расхода ресурсов	все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	все основные задачи с негрубыми и ошибками, выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	типовые задачи с негрубыми и ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме	стрированы основные умения, имеют место грубые ошибки
	<i>владеть</i>					
	Навыками работы с инструментами для мониторинга энергопотребления; методами аудита и проверки соответствия стандартам; способами документирования и отчетности по результатам контроля	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки, имеют место грубые ошибки	

Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации приведены в Приложении к рабочей программе дисциплины.

Полный комплект заданий и материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине, хранится на кафедре разработчика.

## **5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **5.1. Учебно-методическое обеспечение**

#### **5.1.1. Основная литература**

1. Энергетическое топливо : учебное пособие / Е. В. Зайцева. - Иваново : ИГЭУ, 2015. - 110 с. - URL: <https://elib.ispu.ru/node/4494>. - ISBN 978-5-00062-113-4. - Текст : электронный.
2. Способы получения и очистки топлива для автономных энергоустановок : практикум / Д. Ф. Гайнутдинова, Ф. Р. Гайнутдинов. - Казань : КГЭУ,

2024. - 90 с. - URL: <https://lib.kgeu.ru/>. - Текст : электронный..

### 5.1.2.Дополнительная литература

3. Расчет и проектирование малых энергетических объектов, работающих на твердом топливе : методические указания к курсовому проекту для студентов направлений подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», 18.03.01 «Химическая технология» / сост. : Г. Р. Мингалеева, Э. Р. Зверева, Э. В. Шамсутдинов и др. - Казань : КГЭУ, 2015. - 48 с., 1640 КБ. - URL: [https://lib.kgeu.ru/irbis64r\\_plus/index.html](https://lib.kgeu.ru/irbis64r_plus/index.html). - ~Б. ц. - Текст : электронный.
4. Системы накопления электроэнергии : учебное пособие / А. А. Филимонова, А. А. Чичиров, Д. Ф. Гайнутдинова. - Казань : КГЭУ, 2023. - 115 с. - URL: <https://lib.kgeu.ru/>. - Текст : электронный.

## 5.2. Информационное обеспечение

### 5.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

1. Электронная библиотечная система КГЭУ "ИРБИС64" (<http://lib.kgeu.ru/>).
2. Электронно-библиотечная система «Лань» (<https://e.lanbook.com/>)
3. ДК размещенный в LMS Moodle 3.0
4. Интернет тренажеры: [www.i-exam.ru](http://www.i-exam.ru) .

### 5.2.2. Профессиональные базы данных / Информационно-справочные системы

1. Международная реферативная база данных ([http:// link.springer.com](http://link.springer.com)).
2. Научная электронная библиотека "eLIBRARY.RU" (<http://elibrary.ru/defaultx.asp>).
3. Российская государственная библиотека (<http://www.rsl.ru>)
4. Энциклопедии, словари, справочники (URL: <http://www.rubricon.com>).

### 5.2.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение дисциплины

1. Пользовательская операционная система Windows 10.
2. ПО для эффективного онлайн- взаимодействия преподавателя и студента LMS Moodle. Современное программное обеспечение. <https://download.moodle.org/releases/latest/>
3. Система поиска информации в сети интернет Браузер Chrome
4. Пакет программ для создания и просмотра файлов формата PD Adobe Acrobat

## 6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование вида учебной работы	Наименование учебной аудитории, специализированной лаборатории	Перечень необходимого оборудования и технических средств обучения
Лекции	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), демонстрационное оборудование, учебно-наглядные пособия
Практические занятия	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран) и др.
	Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а	Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение
Самостоятельная работа	Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а	Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение
	Читальный зал библиотеки	Специализированная мебель, компьютерная техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС, экран, мультимедийный проектор, программное обеспечение

## 7. Особенности организации образовательной деятельности для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Лица с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалиды имеют возможность беспрепятственно перемещаться из одного учебно-лабораторного корпуса в другой, подняться на все этажи учебно-лабораторных корпусов, заниматься в учебных и иных помещениях с учетом особенностей психофизического развития и состояния здоровья.

Для обучения лиц с ОВЗ и инвалидов, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, обеспечены условия беспрепятственного доступа во все учебные помещения. Информация о специальных условиях, созданных для обучающихся с ОВЗ и инвалидов, размещена на сайте университета [www/kgeu.ru](http://www/kgeu.ru). Имеется возможность оказания технической помощи ассистентом, а также услуг сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушенным слухом справочного, учебного материала по дисциплине обеспечиваются следующие условия:

- для лучшей ориентации в аудитории, применяются сигналы оповещения о начале и конце занятия (слово «звонок» пишется на доске);
- внимание слабослышащего обучающегося привлекается педагогом жестом (на плечо кладется рука, осуществляется нерезкое похлопывание);
- разговаривая с обучающимся, педагогический работник смотрит на него, говорит ясно, короткими предложениями, обеспечивая возможность чтения по губам.

Компенсация затруднений речевого и интеллектуального развития слабослышащих обучающихся проводится путем:

- использования схем, диаграмм, рисунков, компьютерных презентаций с гиперссылками, комментирующими отдельные компоненты изображения;
- регулярного применения упражнений на графическое выделение существенных признаков предметов и явлений;
- обеспечения возможности для обучающегося получить адресную консультацию по электронной почте по мере необходимости.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушениями зрения справочного, учебного, просветительского материала, предусмотренного образовательной программой по выбранному направлению подготовки, обеспечиваются следующие условия:

- ведется адаптация официального сайта в сети Интернет с учетом особых потребностей инвалидов по зрению, обеспечивается наличие крупношрифтовой справочной информации о расписании учебных занятий;
- педагогический работник, его собеседник (при необходимости), присутствующие на занятии, представляются обучающимся, при этом каждый раз называется тот, к кому педагогический работник обращается;
- действия, жесты, перемещения педагогического работника коротко и ясно комментируются;
- печатная информация предоставляется крупным шрифтом (от 18 пунктов), тотально озвучивается;
- обеспечивается необходимый уровень освещенности помещений;
- предоставляется возможность использовать компьютеры во время занятий и право записи объяснений на диктофон (по желанию обучающихся).

Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для обучающихся с ОВЗ и инвалидов определяется педагогическим работником в соответствии с учебным планом. При необходимости обучающемуся с ОВЗ, инвалиду с учетом их индивидуальных психофизических особенностей дается возможность пройти промежуточную аттестацию устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п., либо предоставляется дополнительное время для подготовки ответа.

## **8. Методические рекомендации для преподавателей по организации воспитательной работы с обучающимися.**

Методическое обеспечение процесса воспитания обучающихся выступает одним из определяющих факторов высокого качества образования. Преподаватель вуза, демонстрируя высокий профессионализм, эрудицию, четкую гражданскую позицию, самодисциплину, творческий подход в решении профессиональных задач, в ходе образовательного процесса способствует формированию гармоничной личности.

При реализации дисциплины преподаватель может использовать следующие методы воспитательной работы:

- методы формирования сознания личности (беседа, диспут, внушение, инструктаж, контроль, объяснение, пример, самоконтроль, рассказ, совет, убеждение и др.);

- методы организации деятельности и формирования опыта поведения (задание, общественное мнение, педагогическое требование, поручение, приучение, создание воспитывающих ситуаций, тренинг, упражнение, и др.);

- методы мотивации деятельности и поведения (одобрение, поощрение социальной активности, порицание, создание ситуаций успеха, создание ситуаций для эмоционально-нравственных переживаний, соревнование и др.)

При реализации дисциплины преподаватель должен учитывать следующие направления воспитательной деятельности:

*Гражданское и патриотическое воспитание:*

- формирование у обучающихся целостного мировоззрения, российской идентичности, уважения к своей семье, обществу, государству, принятым в семье и обществе духовно-нравственным и социокультурным ценностям, к национальному, культурному и историческому наследию, формирование стремления к его сохранению и развитию;

- формирование у обучающихся активной гражданской позиции, основанной на традиционных культурных, духовных и нравственных ценностях российского общества, для повышения способности ответственно реализовывать свои конституционные права и обязанности;

- развитие правовой и политической культуры обучающихся, расширение конструктивного участия в принятии решений, затрагивающих их права и интересы, в том числе в различных формах самоорганизации, самоуправления, общественно-значимой деятельности;

- формирование мотивов, нравственных и смысловых установок личности, позволяющих противостоять экстремизму, ксенофобии, дискриминации по социальным, религиозным, расовым, национальным признакам, межэтнической и межконфессиональной нетерпимости, другим негативным социальным явлениям.

*Духовно-нравственное воспитание:*

- воспитание чувства достоинства, чести и честности, совестливости, уважения к родителям, учителям, людям старшего поколения;

- формирование принципов коллективизма и солидарности, духа милосердия и сострадания, привычки заботиться о людях, находящихся в трудной жизненной ситуации;

- формирование солидарности и чувства социальной ответственности по

отношению к людям с ограниченными возможностями здоровья, преодоление психологических барьеров по отношению к людям с ограниченными возможностями;

- формирование эмоционально насыщенного и духовно возвышенного отношения к миру, способности и умения передавать другим свой эстетический опыт.

*Культурно-просветительское воспитание:*

- формирование эстетической картины мира;

- формирование уважения к культурным ценностям родного города, края, страны;

- повышение познавательной активности обучающихся.

*Научно-образовательное воспитание:*

- формирование у обучающихся научного мировоззрения;

- формирование умения получать знания;

- формирование навыков анализа и синтеза информации, в том числе в профессиональной области.



*Приложение к рабочей  
программе дисциплины*



**КГУ**

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КГУ»)**

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
по дисциплине**

Автономные энергоустановки на органическом топливе

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность  
(профиль) Автономная распределенная энергетика

Квалификация Бакалавр

г. Казань, 2025

Оценочные материалы по дисциплине, предназначены для оценивания результатов обучения на соответствие индикаторам достижения компетенций.

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля (ТК) и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

## 1. Технологическая карта

Семестр 7

Наименование раздела	Формы и вид контроля	Рейтинговые показатели							
		I текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК1	II текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК2	III текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК3	Итого	Промежуточная аттестация
<b>Раздел 1. «Введение в автономные энергоустановки»</b>	<b>ТК1</b>	<b>15</b>	<b>0-15</b>					<b>15-30</b>	<b>15-30</b>
Отчет по самостоятельной работе ПЗ		10							
Собеседование (Сбс)		5							
<b>Раздел 2. «Органическое топливо и его использование»</b>	<b>ТК2</b>			<b>15</b>	<b>0-15</b>			<b>15-30</b>	<b>15-30</b>
Отчет по самостоятельной работе ПЗ				10					
Собеседование (Сбс)				5					
<b>Раздел 3. «Эксплуатация и эффективность энергоустановок на органическом топливе»</b>	<b>ТК3</b>					<b>25</b>	<b>0-15</b>	<b>25-40</b>	<b>25-40</b>
Отчет по самостоятельной работе ПЗ						20			
Собеседование (Сбс)						5			
<b>Промежуточная аттестация (экзамен)</b>	<b>ОМ</b>								<b>0-45</b>
Задание промежуточной аттестации									0-15
В письменной форме по билетам									0-30

## 2. Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже	Низкий

		обучения по дисциплине			среднего	
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
		Шкала оценивания				
		отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно	
		зачтено				не зачтено
ПК-1	ПК-1.1. Принимает участие в разработке принципиальных схем и оборудования для объектов теплоэнергетики и теплотехники и с использованием современных цифровых технологий	знать:				
		Основы автономных энергоустановок, современные цифровые технологии и программное обеспечение для проектирования; характеристики и свойства органического топлива	Уровень знаний в объеме, соответствует программ е подготовки, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствует программ е, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки
		уметь:				
		Разрабатывать принципиальные схемы энергоустановок с использованием цифровых инструментов; анализировать и оптимизировать схемы с учётом типов используемого топлива; применять стандарты и нормативы	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми и ошибками, выполнены все задания в полном объеме, но некоторые недочетами	Продемонстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми и ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имеют место грубые ошибки
		владеть:				
		Навыками работы с программами для	Продемонстрированы навыки при	Продемонстрированы базовые навыки	Имеется минимальный набор	При решении стандартных

		моделирования и проектирования; методами расчёта и оптимизации схем энергоустановок; пособиями интеграции цифровых технологий в проектирование	решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	задач не продемонстрированы базовые навыки, имеют место грубые ошибки
ПК-1.3. Выполняет эксперименты и расчеты по физико-химическим параметрам, характеристикам и условиям эксплуатации и объектов автономной и распределенной энергетики	<i>знать</i>					
	Физико-химические параметры органического топлива; методы проведения экспериментов и измерений; условия эксплуатации автономных энергоустановок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки	
	<i>уметь</i>					
	Выполнять расчёты и эксперименты для оценки характеристик топлива; анализировать результаты экспериментов и делать выводы; разрабатывать рекомендации по улучшению эксплуатации установок	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми и ошибками, выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми и ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имеют место грубые ошибки	
<i>владеть</i>						

		навыками работы с лабораторным оборудованием и программами для расчётов; методами статистической обработки данных; техниками безопасного проведения экспериментов.	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки, имеют место грубые ошибки
ПК-2	ПК-2.2. Осуществляет контроль норм расхода всех видов энергоресурсов автономных энергетических систем; проводит входной контроль полученных товаров и материалов на их соответствие техническим условиям, государственным стандартам и сертификатам	<i>Знать</i>				
		Нормы расхода энергоресурсов для автономных систем, технические условия и стандарты для товаров и материалов, методы контроля качества и соответствия.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок	Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок	Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки
		<i>Уметь</i>				
		Осуществлять контроль расхода энергоресурсов и анализировать данные; проводить входной контроль товаров и материалов; разрабатывать меры по оптимизации расхода ресурсов	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания в полном объеме, некоторые недочетами	Продемонстрированы основные умения, решены типовые задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имеют место грубые ошибки
		<i>владеть</i>				
		Навыками	Продемон	Продемон	Имеется	При

		работы с инструментами для мониторинга энергопотребления; методами аудита и проверки соответствия стандартам; способами документирования и отчётности по результатам контроля	стрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	стрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки, имеют место грубые ошибки
--	--	---	--	---	---	---

Оценка **«отлично»** выставляется за выполнение *расчетных типовых заданий в семестре; глубокое понимание принципов эксплуатации автономных энергоустановок на органическом топливе при собеседовании, оформления отчетов по лабораторным работам, полные и содержательные ответы на вопросы билета (теоретическое и практическое задание);*

Оценка **«хорошо»** выставляется за выполнение *расчетных типовых заданий в семестре; понимание принципов эксплуатации автономных энергоустановок на органическом топливе при собеседовании, оформления отчетов по лабораторным работам, ответы на вопросы билета (теоретическое или практическое задание);*

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется за выполнение *типовых расчетных задач в семестре, оформлении практических заданий.*

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется за слабое и неполное выполнение *типовых расчетных задач в семестре и практических заданий.*

### 3. Перечень оценочных средств

Краткая характеристика оценочных средств, используемых при текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося по дисциплине:

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Описание оценочного средства
Практическое задание (ПЗ)	Средство оценки умения применять полученные теоретические знания в практической ситуации. Задание направлено на оценивание компетенций по дисциплине, содержит четкую инструкцию по выполнению или алгоритм действий	Комплект задач и заданий
Собеседование (Сбс)	Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, свя-	Вопросы по разделам

	занные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	дисциплины
--	--	------------

#### **4. Перечень контрольных заданий или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины**

##### **Для текущего контроля ТК-1:**

Проверяемые компетенции:

ПК-1. Способен участвовать в разработке и эксплуатации объектов теплоэнергетики и теплотехники, проектировать и внедрять современные автономные энергоустановки и объекты распределенной энергетики

ПК-1.1. Принимает участие в разработке принципиальных схем и оборудования для объектов теплоэнергетики и теплотехники с использованием современных цифровых технологий

ПК-1.3. Выполняет эксперименты и расчеты по физико-химическим параметрам, характеристикам и условиям эксплуатации объектов автономной и распределенной энергетики

ПК-2. Способен к организации технического и материального обеспечения по эксплуатации автономных энергетических систем и ее компонентов

ПК-2.2. Осуществляет контроль норм расхода всех видов энергоресурсов автономных энергетических систем; проводит входной контроль полученных товаров и материалов на их соответствие техническим условиям, государственным стандартам и сертификатам

##### **Собеседование (Сбс). ТК-1.**

1. Что такое автономные энергоустановки (АЭУ)?
2. Как эволюционировали АЭУ от простых систем к современным?
3. Где чаще всего применяются автономные энергоустановки?
4. Почему АЭУ востребованы в удалённых и труднодоступных районах?
5. Какие отрасли промышленности используют АЭУ?
6. Как АЭУ применяются в сельском хозяйстве?
7. Какие преимущества АЭУ для ЖКХ и частных домов?
8. Каковы основные первоначальные затраты на внедрение АЭУ?
9. Как долгосрочная экономия компенсирует высокие стартовые расходы?
10. Какое влияние АЭУ оказывают на окружающую среду?
11. Какие меры снижают экологический ущерб от АЭУ?
12. По каким критериям классифицируют АЭУ?
13. Какие виды АЭУ используют органическое топливо?
14. Чем отличаются газовые и дизельные энергоустановки?
15. Как работают установки на биомассе?
16. Что такое гибридные энергоустановки?
17. Чем автономные АЭУ отличаются от резервных?

18. Какие преимущества у газовых энергоустановок?
19. Назовите недостатки дизельных АЭУ.
20. Почему установки на биомассе считаются экологичными?
21. Каковы плюсы гибридных систем?
22. Как мощность АЭУ влияет на их сферу применения?
23. Какие факторы определяют выбор типа АЭУ?
24. Какие комбинированные энергоустановки существуют?
25. Опишите принцип работы тепловых АЭУ.
26. Как механические процессы преобразуются в электричество?
27. Перечислите основные компоненты АЭУ.
28. Какую роль играют двигатели внутреннего сгорания в АЭУ?
29. Для чего предназначены генераторы в энергоустановках?
30. Как системы охлаждения влияют на эффективность АЭУ?
31. Какие функции выполняет система подачи топлива?
32. Какие контрольно-измерительные приборы используются в АЭУ?
33. Как системы управления автоматизируют работу АЭУ?
34. Какие методы оптимизации применяют для повышения КПД АЭУ?
35. Как повысить энергоэффективность установок?
36. Опишите этапы электрогенерации в АЭУ.
37. Почему важно регулярное обслуживание компонентов АЭУ?
38. Как тепловые потери снижают КПД установок?
39. Какие инновации внедряются в современные АЭУ?
40. Как оценить производительность энергоустановки?

### **Практическое задание (ПЗ)ТК-1.**

#### **Практическое занятие 1. Расчёт энергетической потребности автономной установки (АЭУ) на органическом топливе для удалённого объекта.**

Цель: рассчитывать энергетическую потребность удалённого объекта для автономной энергоустановки (АЭУ) на органическом топливе, учитывая суточную и сезонную нагрузку, КПД оборудования, расход топлива, экономические и экологические параметры.

1. Суточное потребление энергии. Рассчитайте суточное энергопотребление объекта: холодильник (200 Вт, 24 ч), освещение (10 ламп по 15 Вт, 5 ч), водяной насос (1 кВт, 2 ч). Определите общую нагрузку в кВт·ч.

2. Расчёт расхода дизельного топлива. Для дизель-генератора мощностью 10 кВт (удельный расход 0,3 л/кВт·ч, КПД 35%) определите суточный расход топлива при нагрузке 80%.

3. Сравнение видов топлива. Сравните стоимость энергии для дизельного (55 руб/л, КПД 35%) и газового генератора (20 руб/м<sup>3</sup>, теплота сгорания 35 МДж/м<sup>3</sup>, КПД 40%).

4. Запас топлива на сезон. Рассчитайте объём хранилища для дизельного топлива, необходимого на 3 месяца работы генератора (среднесуточное потребление 15 кВт·ч, удельный расход 0,25 л/кВт·ч).

5. Выбросы  $\text{CO}_2$ . Определите годовые выбросы  $\text{CO}_2$  от дизель-генератора (удельный расход 0,28 л/кВт·ч, коэффициент выбросов 2,7 кг  $\text{CO}_2$ /л) при выработке 5000 кВт·ч/год.

6. Оптимизация гибридной системы. Для объекта с суточным потреблением 20 кВт·ч предложите гибридную систему (солнечные панели + дизель-генератор). При каком проценте солнечной генерации система окупится за 5 лет? (Стоимость дизеля: 700 тыс. руб, гибридной системы: 1.2 млн руб, тариф 8 руб/кВт·ч).

7. Влияние температуры на КПД. Дизель-генератор теряет 0,4% КПД на каждый градус ниже  $0^\circ\text{C}$ . Рассчитайте фактический КПД при  $-20^\circ\text{C}$ , если номинальный КПД 38%.

8. Логистика доставки топлива. Для удалённой базы с месячным расходом 1500 л дизтоплива рассчитайте стоимость доставки вертолётom (200 руб/л) и автотранспортом (50 руб/л + строительство дороги за 1,5 млн руб на 7 лет).

9. Расчёт мощности резервного генератора. Определите мощность резервного газового генератора для пиковой нагрузки 15 кВт, если основной дизель-генератор может покрыть только 70% пика.

10. Экологическая оценка. Сравните выбросы  $\text{NO}_x$  от дизельной (10 г/л) и газовой (3 г/м<sup>3</sup>) установок при выработке 1000 кВт·ч (удельный расход дизеля 0.3 л/кВт·ч, газа 0,4 м<sup>3</sup>/кВт·ч).

## **Практическое занятие 2. Определение оптимального типа энергоустановки на органическом топливе для заданного региона с учётом климатических условий.**

Цель: определить оптимальный тип автономной энергоустановки (АЭУ) для заданного региона с учётом климатических условий, доступности органического топлива, экономической целесообразности и экологических ограничений.

1. Расчёт потребления дизельного топлива. Для дизель-генератора мощностью 15 кВт с удельным расходом 0,25 л/кВт·ч определите суточный расход топлива при нагрузке 70% и работе 10 часов в сутки.

2. Сравнение стоимости энергии. Рассчитайте стоимость 1 кВт·ч для дизельного генератора (цена топлива 55 руб/л, КПД 35%) и газового генератора (цена газа 20 руб/м<sup>3</sup>, теплота сгорания 35 МДж/м<sup>3</sup>, КПД 40%).

3. Оценка запасов топлива. Для удалённого посёлка с суточным потреблением 200 кВт·ч определите необходимую ёмкость хранилища дизельного топлива для обеспечения автономности 30 дней (плотность дизтоплива 0,85 кг/л, энергетическая ценность 42 МДж/кг).

4. Влияние температуры на КПД. Дизель-генератор имеет номинальный КПД 38% при  $+20^\circ\text{C}$ . Рассчитайте его фактический КПД при  $-15^\circ\text{C}$ , если из-за потерь на прогрев КПД снижается на 0,5% на каждый градус ниже нуля.

5. Расчёт выбросов  $\text{CO}_2$ . Определите годовые выбросы  $\text{CO}_2$  от газовой установки мощностью 50 кВт (удельный расход газа 0,3 м<sup>3</sup>/кВт·ч, коэффициент выбросов 1,96 кг  $\text{CO}_2$ /м<sup>3</sup>).

6. Оптимизация гибридной системы. Для объекта с базовой нагрузкой 10 кВт·ч/сутки предложите комбинацию солнечных панелей (инсоляция 4 ч/сутки, КПД 18%) и дизель-генератора. Определите, при какой доле солнечной энергии (в %) система станет экономически выгоднее чисто дизельной.

7. Логистика топлива. Рассчитайте стоимость доставки дизельного топлива в регион без дорожной инфраструктуры. Расход топлива генератора — 200 л/сутки, доставка вертолётом — 150 руб/л, автоцистентной — 50 руб/л (требуется строительство дороги за 2 млн руб, срок службы 5 лет).

8. Сравнение видов органического топлива. Для биогазовой установки (выход газа 0,5 м<sup>3</sup>/кг органики, КПД 30%) и дизельного генератора определите, какой вариант выгоднее при стоимости органических отходов 100 руб/тонну и дизтоплива 55 руб/л.

9. Резервирование мощности. Рассчитайте требуемую мощность резервного газового генератора для системы с базовой нагрузкой 20 кВт, если пиковые скачки достигают 150% от номинала, а допустимая перегрузка генератора — 20%.

10. Экологический анализ. Сравните выбросы NO<sub>x</sub> и SO<sub>2</sub> для дизельной (удельные выбросы: NO<sub>x</sub> — 12 г/л, SO<sub>2</sub> — 2 г/л) и газовой установки (NO<sub>x</sub> — 5 г/м<sup>3</sup>, SO<sub>2</sub> — 0,1 г/м<sup>3</sup>) при суточной выработке 100 кВт·ч.

### **Практическое занятие 3. Анализ эффективности различных типов автономных установок на органическом топливе на основе заданных параметров.**

Цель: сравнить эффективность различных типов автономных энергоустановок (АЭУ) на органическом топливе, анализируя их технико-экономические показатели (КПД, себестоимость энергии), экологические параметры (выбросы) и применимость в конкретных условиях.

1. Сравнение КПД установок. Рассчитайте КПД дизельного генератора (удельный расход топлива 0,28 л/кВт·ч, теплота сгорания дизеля 42 МДж/кг, плотность 0,85 кг/л) и газового генератора (удельный расход газа 0,35 м<sup>3</sup>/кВт·ч, теплота сгорания газа 35 МДж/м<sup>3</sup>).

2. Себестоимость энергии. Для дизельной (цена топлива 55 руб/л) и биогазовой установки (стоимость сырья 200 руб/м<sup>3</sup>, выход газа 1,2 м<sup>3</sup>/кг органики) определите, где ниже себестоимость 1 кВт·ч при КПД 35% и 28% соответственно.

3. Расчёт выбросов CO<sub>2</sub>. Сравните годовые выбросы CO<sub>2</sub> для дизельного (2,7 кг/л) и газового генератора (1,96 кг/м<sup>3</sup>) при выработке 10 000 кВт·ч (удельный расход: дизель — 0,3 л/кВт·ч, газ — 0,4 м<sup>3</sup>/кВт·ч).

4. Оптимизация гибридной системы. Для объекта с потреблением 30 кВт·ч/сутки определите, какая комбинация выгоднее: дизель-генератор (10 кВт) + солнечные панели (5 кВт) или дизель-генератор (15 кВт) + аккумуляторы. Учтите стоимость топлива, амортизацию и тарифы.

5. Влияние масштаба на эффективность. Рассчитайте, как изменится себестоимость 1 кВт·ч для дизельной установки при увеличении мощности с 5 кВт до 20 кВт (удельный расход снижается на 15%, цена оборудования растёт на 40%).

6. Срок окупаемости модернизации. Замена старого дизель-генератора (КПД 30%) на новый (КПД 38%) стоит 500 тыс. руб. При расходе топлива 1000 л/месяц и цене 55 руб/л определите срок окупаемости.

7. Энергия из биомассы. Для фермы с ежедневным объёмом навоза 1 тонна (выход биогаза 20 м<sup>3</sup>/тонну, КПД генератора 25%) рассчитайте, сколько кВт·ч можно выработать в сутки (теплота сгорания биогаза 22 МДж/м<sup>3</sup>).

8. Сравнение топливной логистики. Для удалённого объекта определите, что выгоднее: доставка дизеля (расход 200 л/сутки, стоимость доставки 70 руб/л) или строительство биогазовой установки (капитальные затраты 2 млн руб, срок службы 10 лет).

9. Расчёт эквивалентной мощности. Сравните, сколько кВт·ч выработают дизельный (10 кВт, КПД 35%) и газовый (12 кВт, КПД 40%) генераторы за 100 часов работы при полной нагрузке.

10. Анализ рентабельности. Для трёх вариантов – дизельная установка, газовая микроТЭЦ, гибрид (дизель + биогаз) – рассчитайте NPV за 5 лет. Исходные данные: капитальные затраты (1 млн, 1.5 млн, 2 млн руб), эксплуатационные расходы (200, 150, 100 тыс. руб/год), выручка от энергии (500 тыс. руб/год).

#### **Для текущего контроля ТК-2**

ПК-1. Способен участвовать в разработке и эксплуатации объектов теплоэнергетики и теплотехники, проектировать и внедрять современные автономные энергоустановки и объекты распределенной энергетики

ПК-1.1. Принимает участие в разработке принципиальных схем и оборудования для объектов теплоэнергетики, и теплотехники с использованием современных цифровых технологий

ПК-1.3. Выполняет эксперименты и расчеты по физико-химическим параметрам, характеристикам и условиям эксплуатации объектов автономной и распределенной энергетики

ПК-2. Способен к организации технического и материального обеспечения по эксплуатации автономных энергетических систем и ее компонентов

ПК-2.2. Осуществляет контроль норм расхода всех видов энергоресурсов автономных энергетических систем; проводит входной контроль полученных товаров и материалов на их соответствие техническим условиям, государственным стандартам и сертификатам

#### **Собеседование (Сбс). ТК-2.**

1. Назовите основные компоненты природного газа и объясните его происхождение.

2. Какие методы транспортировки природного газа наиболее эффективны для удалённых регионов?

3. Почему природный газ считается более экологичным, чем уголь или нефтепродукты?

4. Перечислите основные источники биомассы и примеры её использования в энергетике.

5. Какие технологии применяются для преобразования биомассы в биогаз

или биодизель?

6. В чём преимущества и недостатки использования биомассы в качестве топлива?

7. Что такое органическое топливо? Назовите основные виды.

8. Чем ископаемое органическое топливо отличается от биотоплива?

9. Какие процессы формируют залежи нефти, угля и природного газа?

10. Что такое теплотворная способность топлива? От чего она зависит?

11. Объясните термин «углеродный след» применительно к органическому топливу.

12. Чем природный газ отличается от сжиженного углеводородного газа (СУГ)?

13. Что такое биогаз? Как его получают и где используют?

14. Назовите преимущества и недостатки сланцевого газа.

15. Какие виды жидкого биотоплива вы знаете? Приведите примеры их применения.

16. Опишите основные этапы переработки нефти (первичная и вторичная переработка).

17. Что такое крекинг? Какие виды крекинга существуют?

18. Для чего используется процесс газификации угля?

19. Как получают бензин и дизельное топливо из нефти?

20. Что такое ректификация нефти?

21. Как используют мазут в энергетике?

22. Какие современные технологии повышают КПД ТЭС на органическом топливе?

23. Что такое улавливание и хранение углерода (CCS)?

24. Почему сжигание биотоплива считается углеродно-нейтральным?

25. Как метан влияет на парниковый эффект по сравнению с  $\text{CO}_2$ ?

26. Почему транспортировка природного газа сложнее, чем нефти?

27. Что такое «нефтегазовый конденсат» и где его применяют?

28. Как политические и географические факторы влияют на экспорт органического топлива?

29. Какие сельхозкультуры используются для производства биоэтанола?

30. Чем биодизель отличается от обычного дизельного топлива?

31. Какие проблемы возникают при массовом производстве биотоплива?

32. Что такое «топливные пеллеты»? Где их применяют?

33. Как водород может заменить органическое топливо в будущем?

34. Почему в дизельных двигателях используется более тяжелое топливо, чем в бензиновых?

35. Что такое октановое и цетановое число?

**Практическое задание (ПЗ) ТК-2.**

**Практическое занятие 4. Расчёт теплотворной способности различных видов органического топлива и их сравнительный анализ.**

Цель: расчёт теплотворной способности различных видов органического топлива, сравнение их энергетической эффективности, экономической целесообразности.

1. Расчёт теплотворной способности по массе. Определите теплотворную способность угля (антрацит), если при сгорании 1 кг выделяется 32 МДж тепла. Переведите результат в кВт·ч (1 кВт·ч = 3,6 МДж).

2. Сравнение по объёму. Рассчитайте, сколько тепла выделит 1 м<sup>3</sup> природного газа (теплота сгорания 35 МДж/м<sup>3</sup>) и 1 л дизельного топлива (42 МДж/кг, плотность 0,85 кг/л). Сравните результаты.

3. Влияние влажности. Теплотворная способность древесины – 15 МДж/кг (сухая). При влажности 20% её масса увеличивается на 15%, а энергия снижается на 30%. Рассчитайте фактическую теплотворную способность влажной древесины.

4. Экономическая эффективность. Сравните стоимость 1 ГДж энергии для угля (цена 4000 руб/тонна, теплота сгорания 24 МДж/кг) и дизеля (55 руб/л, теплота сгорания 36 МДж/л).

5. Расчёт выбросов CO<sub>2</sub>. При сгорании 1 кг угля (углерод – 80% массы) выделяется 2,5 кг CO<sub>2</sub>. Сколько CO<sub>2</sub> образуется при получении 1000 кВт·ч энергии, если КПД котла 75%?

6. Сравнение биотоплива и газа. Биогаз имеет теплотворную способность 22 МДж/м<sup>3</sup>, природный газ – 35 МДж/м<sup>3</sup>. Сколько биогаза потребуется, чтобы заменить 100 м<sup>3</sup> природного газа?

7. Энергия жидкого топлива. Теплота сгорания бензина – 44 МДж/кг, плотность – 0,75 кг/л. Рассчитайте энергию в 50 л бензина.

8. Оптимизация смеси. Смесь дизеля (40 МДж/кг) и биоэтанола (24 МДж/кг) в пропорции 3:1 по массе. Определите теплотворную способность смеси.

9. Зависимость от состава. Торф имеет теплотворную способность 10 МДж/кг. При добавлении 30% угля (25 МДж/кг) к массе торфа рассчитайте новую теплотворную способность смеси.

10. Экологический анализ. Сравните выбросы CO<sub>2</sub> для получения 1 ГДж энергии из угля (2,8 кг CO<sub>2</sub>/кг) и природного газа (1,96 кг CO<sub>2</sub>/м<sup>3</sup>, теплота сгорания 35 МДж/м<sup>3</sup>).

**Практическое занятие 5. Оценка выбросов CO<sub>2</sub> при сжигании заданного объёма топлива и разработка мер по их снижению.**

Цель: расчёт объёмов выбросов CO<sub>2</sub> при сжигании различных видов органического топлива, анализировать их экологическое воздействие и разрабатывать меры по снижению выбросов с учётом технологических, экономических и климатических факторов.

1. Расчёт выбросов CO<sub>2</sub> для угля. При сжигании 1 тонны угля (углерод – 75%).

2. Сравнение выбросов газа и дизеля. Определите, какой вид топлива экологичнее: природный газ (1,96 кг CO<sub>2</sub>/м<sup>3</sup>, теплота сгорания 35 МДж/м<sup>3</sup>) или дизель (2,7 кг CO<sub>2</sub>/л, теплота сгорания 36 МДж/л). Рассчитайте выбросы на 1 ГДж энергии.

3. Рассчитайте количество биомассы, необходимое для замены 1 тонны угля (теплота сгорания угля – 24 МДж/кг, биомассы – 15 МДж/кг).

4. Снижение выбросов через биотопливо. Замена дизеля (2,7 кг CO<sub>2</sub>/л) на биодизель (0,9 кг CO<sub>2</sub>/л) при расходе 200 л/сутки. Определите годовое

снижение выбросов и затраты (биодизель дороже на 20 %).

5. Расчёт углеродного налога. Предприятие выбрасывает 5000 тонн  $\text{CO}_2$  в год. При налоге 30/тонну рассчитайте ежегодные платежи и предложите меры для снижения нагрузки.

6. Оптимизация топливной смеси. Смесь угля (2,3 кг  $\text{CO}_2/\text{кг}$ ) и биомассы (0,5 кг  $\text{CO}_2/\text{кг}$ ) в пропорции 4:1. Определите средние выбросы на 1 ГДж энергии.

7. Определите объем выбросов  $\text{CO}_2$  при сжигании 1000 литров дизельного топлива с плотностью 0,85 кг/л и содержанием углерода 86%. Разработайте стратегию снижения выбросов на 15%.

8. Рассчитайте количество  $\text{CO}_2$ , выделяемого при сжигании 200 кг природного газа, содержащего 75% метана. Предложите меры по снижению выбросов на 20% за счет повышения эффективности использования топлива.

9. Определите выбросы  $\text{CO}_2$  при сжигании 300 кг мазута с содержанием углерода 84%. Разработайте план по снижению выбросов на 12% путем внедрения технологий очистки выхлопных газов.

10. Рассчитайте выбросы  $\text{CO}_2$  при сжигании 800 кг биомассы, содержащей 50% углерода. Предложите комплексные меры по снижению выбросов на 18%, включая использование возобновляемых источников энергии

### **Практическое занятие 6. Анализ экономической эффективности использования биомассы в энергоустановках по сравнению с традиционными видами топлива.**

Цель: оценка экономической эффективности использования биомассы в энергоустановках по сравнению с традиционными видами топлива (газ, дизель), учитывая капитальные и эксплуатационные затраты, логистику, КПД, экологические факторы и государственные субсидии.

1. Сравнение себестоимости энергии. Рассчитайте стоимость 1 кВт·ч для котла на биомассе (цена топлива – 1500 руб/тонна, теплота сгорания – 15 МДж/кг, КПД 70%) и дизельного генератора (цена топлива – 55 руб/л, теплота сгорания – 36 МДж/л, КПД 35%).

2. Влияние логистики на стоимость. Биомасса (200 руб/тонна на месте) требует доставки за 100 км (транспортные расходы – 10 руб/тонна/км). Определите, при какой дальности доставки её стоимость сравняется с углём (4000 руб/тонна, доставка включена).

3. Расчёт срока окупаемости. Капитальные затраты на котельную на биомассе – 2 млн руб, на газовую установку – 1,5 млн руб. Эксплуатационные расходы: биомасса – 300 тыс. руб/год, газ – 600 тыс. руб/год. Определите срок окупаемости биомассы.

4. Энергетическая ценность разных видов биомассы. Сравните энергию, получаемую из 1 тонны древесных пеллет (18 МДж/кг, влажность 8%) и соломы (14 МДж/кг, влажность 15%).

5. Учёт субсидий. При переходе на биомассу государство компенсирует 30% капитальных затрат. Если стоимость проекта – 3 млн руб, а годовая экономия – 500 тыс. руб, пересчитайте срок окупаемости с учётом субсидии.

6. Выбросы  $\text{CO}_2$  и углеродный налог. Сжигание угля даёт 2,8 кг  $\text{CO}_2$ /кг, биомассы – 0,3 кг  $\text{CO}_2$ /кг (считается углеродно-нейтральной). При налоге 40\$/тонну  $\text{CO}_2$  и расходе 1000 тонн топлива в год определите финансовую выгоду перехода на биомассу.

7. КПД и потребление топлива. Котельная на биомассе (КПД 75%) и угольная (КПД 60%) вырабатывают по 100 ГДж/сутки. Сравните суточный расход топлива (уголь – 24 МДж/кг, биомасса – 16 МДж/кг).

8. Оценка рентабельности. Ферма использует 50 тонн навоза/год для производства биогаза (выход – 20 м<sup>3</sup>/тонну, теплота сгорания – 22 МДж/м<sup>3</sup>). Стоимость установки – 1 млн руб. Окупится ли проект за 5 лет, если стоимость энергии – 5 руб/кВт·ч?

9. Сравнение гибридных систем. Предложите комбинацию «биомасса + солнечные панели» для объекта с потреблением 30 кВт·ч/сутки. Сравните затраты с чисто дизельным вариантом (цена дизеля – 60 руб/л, КПД 35%).

10. Анализ чувствительности. Определите, как изменение цены биомассы (от 1000 до 3000 руб/тонна) и угля (от 3000 до 5000 руб/тонна) влияет на выбор оптимального топлива. Постройте график зависимости.

#### **Для текущего контроля ТК-3.**

##### **Проверяемые компетенции**

ПК-1. Способен участвовать в разработке и эксплуатации объектов теплоэнергетики и теплотехники, проектировать и внедрять современные автономные энергоустановки и объекты распределенной энергетики

ПК-1.1. Принимает участие в разработке принципиальных схем и оборудования для объектов теплоэнергетики и теплотехники с использованием современных цифровых технологий

ПК-1.3. Выполняет эксперименты и расчеты по физико-химическим параметрам, характеристикам и условиям эксплуатации объектов автономной и распределенной энергетики

ПК-2. Способен к организации технического и материального обеспечения по эксплуатации автономных энергетических систем и ее компонентов

ПК-2.2. Осуществляет контроль норм расхода всех видов энергоресурсов автономных энергетических систем; проводит входной контроль полученных товаров и материалов на их соответствие техническим условиям, государственным стандартам и сертификатам

#### **Собеседование (Сбс). ТК-3.**

1. Какие методы оптимизации процессов сгорания применяются в энергоустановках на органическом топливе?

2. Как регулировка соотношения «топливо-воздух» влияет на КПД и выбросы?

3. Объясните принцип работы рекуператора для утилизации тепла отходящих газов.

4. Какие современные материалы используются для повышения термостойкости камер сгорания?

5. Как гибридные системы (например, дизель + солнечные панели) снижают расход топлива?
6. Приведите пример программного обеспечения для оптимизации работы АЭУ и его функций.
7. Почему изоляционные материалы с низкой теплопроводностью важны для энергоэффективности?
8. Как вибрационная диагностика помогает выявлять неисправности в оборудовании?
9. Опишите методику тепловизионного контроля электрооборудования.
10. Какие параметры выхлопных газов анализируют для оценки качества сгорания?
11. Как предиктивное обслуживание на основе данных снижает риск внезапных отказов?
12. Какие расходные материалы требуют регулярной замены в дизель-генераторах?
13. Почему важно вести журналы технического обслуживания? Приведите пример записей.
14. Как оптимизировать запасы запчастей для минимизации простоев?
15. Перечислите основные опасности при эксплуатации газовых энергоустановок.
16. Какие меры предотвращают утечки топлива и взрывы в хранилищах?
17. Назовите ключевые международные стандарты (например, ISO, ГОСТ) для АЭУ на органическом топливе.
18. Как проводится идентификация рисков на этапе проектирования энергоустановки?
19. Опишите процедуру аварийного останова установки при обнаружении утечки газа.
20. Какие документы необходимы для сертификации АЭУ в соответствии с экологическими нормативами?
21. Как использование каталитических нейтрализаторов влияет на снижение выбросов CO и NO<sub>x</sub>?
22. Объясните принцип работы когенерационной установки. Какие преимущества она дает?
23. Какие инновационные технологии утилизации тепла применяются в современных газопоршневых установках?
24. Почему водородные добавки в топливо повышают эффективность сгорания?
25. Как цифровые двойники (digital twins) помогают оптимизировать работу энергоустановок?
26. Какие материалы используют для изоляции трубопроводов с высокотемпературными газами?
27. Как интегрировать возобновляемые источники (например, ветрогенераторы) в гибридную систему с дизелем?
28. Какие параметры анализируют при проведении вибродиагностики подшипников генератора?

29. Как анализ масла в двигателе помогает выявить износ деталей?
30. Опишите методику акустической диагностики для обнаружения утечек в топливной системе.
31. Какие датчики необходимы для предиктивного обслуживания турбинового оборудования?
32. Почему важно контролировать уровень вибрации в насосах и компрессорах?
33. Как оптимизировать график замены фильтров, учитывая качество топлива?
34. Какие данные фиксируют в отчёте о тепловизионном обследовании электрощитовой?
35. Какие меры защиты от статического электричества применяются в хранилищах дизельного топлива?
36. Как организовать зонирование взрывоопасных зон на объекте с газовой установкой?
37. Назовите основные требования ГОСТ Р 53683-2023 к эксплуатации дизель-генераторов.
38. Какие документы включают в «Паспорт безопасности энергоустановки»?
39. Как проводить тренировки по эвакуации персонала при аварии с утечкой газа?
40. Какие экологические нормативы регулируют выбросы твердых частиц (PM2.5, PM10) для угольных котлов?

Примеры заданий для углубления:

Кейс «Рассчитайте экономию топлива при внедрении системы рекуперации тепла с КПД 65% для установки мощностью 200 кВт».

Кейс «Разработайте план локализации разлива топлива на объекте».

### **Практическое задание (ПЗ) ТК-3.**

**Практическое занятие 7. Оптимизация режима работы автономной энергоустановки на органическом топливе для повышения её эффективности.**

Цель: оптимизировать режимы работы энергоустановок на органическом топливе для повышения их энергоэффективности, снижения эксплуатационных затрат и выбросов, используя анализ нагрузок, калибровку оборудования и выбор оптимальных параметров.

1. Оптимальная нагрузка генератора. Дизель-генератор имеет максимальный КПД 40% при нагрузке 80%. При нагрузке 50% КПД падает до 32%. Рассчитайте, насколько увеличится расход топлива при работе на 50% вместо 80% для выработки 1000 кВт·ч.

2. Калибровка топливной смеси. Для газопоршневой установки определите оптимальное соотношение газа и воздуха (стехиометрическую смесь), если теплота сгорания газа — 35 МДж/м<sup>3</sup>, а минимальный расход для выработки 1 кВт·ч – 0,3 м<sup>3</sup> при КПД 38%.

3. Влияние температуры на КПД. КПД газовой турбины снижается на 0,2% на каждый градус выше +25°C. Рассчитайте потери КПД и перерасход

топлива при работе в условиях  $+45^{\circ}\text{C}$  (номинальная выработка – 500 кВт·ч/сутки).

4. Оптимизация времени работы. Для гибридной системы (дизель + АКБ) определите, сколько часов в сутки должен работать генератор при нагрузке 70%, чтобы покрыть базовое потребление 50 кВт·ч, минимизируя расход топлива (удельный расход – 0,25 л/кВт·ч).

5. Расчёт экономии при повышении КПД. Модернизация котла увеличила КПД с 65% до 78%. При годовом расходе угля 100 тонн (теплота сгорания – 24 МДж/кг) и цене 5000 руб/тонна определите годовую экономию.

6. Оптимизация топливной логистики. Рассчитайте оптимальный объём закупки дизельного топлива, если цена снижается на 5% при заказе от 10 000 л, но хранение больших партий требует дополнительных затрат 2 руб/л/месяц.

7. Анализ режима «старт-стоп». Для генератора с пусковым расходом 0,5 л/цикл определите, выгоднее ли его останавливать при простое более 2 часов (расход на холостом ходу – 1 л/ч).

8. Тепловая утилизация. Котельная установка теряет 20% тепла через дымовые газы. Предложите схему рекуперации тепла (КПД системы 60%) и рассчитайте экономию топлива при выработке 100 ГДж/месяц.

9. Расчёт выбросов при оптимизации. После настройки горелки содержание СО в выхлопе снизилось с 200 мг/м<sup>3</sup> до 50 мг/м<sup>3</sup>. Определите снижение выбросов за год при расходе газа 10 000 м<sup>3</sup>/месяц.

10. Экономика гибридного режима. Сравните затраты на работу дизель-генератора (0,3 л/кВт·ч, КПД 35%) и комбинированного цикла (газовая турбина + паровой котёл, КПД 50%) при цене дизеля 55 руб/л и газа 20 руб/м<sup>3</sup>.

В реальных условиях учитывайте: нелинейные зависимости КПД от нагрузки; динамику изменения цен на топливо; технические ограничения оборудования; экологические нормативы (например, ПДК вредных веществ).

**Практическое занятие 8. Расчёт затрат на обслуживание и диагностику автономной энергоустановки на органическом топливе в течение года.**

Цель: расчёт годовых затрат на обслуживание и диагностику энергоустановки на органическом топливе, анализировать структуру расходов, оптимизировать бюджет и прогнозировать финансовые риски, связанные с эксплуатацией оборудования.

1. Расчёт планового ТО. Годовая программа ТО включает 4 проверки (стоимость одной – 15 тыс. руб) и замену фильтров (2 раза в год, 8 тыс. руб/замена). Определите общие затраты на плановое обслуживание.

2. Затраты на расходные материалы. Установка требует 200 л масла в год (цена 150 руб/л) и 10 комплектов свечей зажигания (1200 руб/комплект). Рассчитайте ежегодные расходы.

3. Аварийный ремонт. Вероятность поломки турбины – 10% в год. Стоимость ремонта – 200 тыс. руб. Рассчитайте ожидаемые годовые затраты с учётом риска.

4. Диагностика оборудования. Ежемесячная диагностика системы управления стоит 5 тыс. руб, а ежегодная комплексная проверка – 50 тыс. руб. Определите общую сумму за год.

5. Затраты на топливо. Установка потребляет 500 л дизеля в месяц (цена 55 руб/л). Рассчитайте годовые расходы на топливо, включая сезонное повышение цены на 15% зимой (3 месяца).

6. Зарплата персонала. Два техника обслуживают установку с окладом 40 тыс. руб/месяц каждый + премия 20% за безаварийную работу. Рассчитайте годовые расходы на зарплату, если премия выплачена.

7. Амортизация оборудования. Стоимость установки – 5 млн руб, срок службы – 10 лет. Рассчитайте годовую амортизацию линейным методом и остаточную стоимость через 3 года.

8. Учёт простоев. Плановые простои – 10 дней в году (убыток 20 тыс. руб/день). При аварийном ремонте (3 дня) убытки возрастают на 50%. Определите общие потери.

9. Сравнение вариантов обслуживания. Выбор между собственным штатом (затраты – 1 млн руб/год) и аутсорсингом (800 тыс. руб/год, но штраф 100 тыс. руб за каждый срыв сроков). При вероятности срыва 20% определите оптимальный вариант.

10. Оптимизация бюджета. Годовой бюджет: ТО – 200 тыс. руб, ремонт – 150 тыс. руб, топливо – 400 тыс. руб. Предложите меры снижения затрат на 15% без увеличения рисков (например, переход на биотопливо с экономией 20% на топливе).

В реальных условиях учитывайте: инфляцию и сезонные колебания цен; налоговые отчисления; страхование оборудования; локальные нормативы по ТО и диагностике.

### **Практическое занятие 9. Оценка риска и разработка плана мероприятий по улучшению безопасности автономной энергоустановки на органическом топливе в соответствии с нормативными требованиями.**

Цель: оценка рисков эксплуатации автономной энергоустановки (АЭУ) на органическом топливе, разработка плана мероприятий по повышению её безопасности в соответствии с нормативными требованиями (ГОСТ, СНиП, ПБ), минимизация угроз для персонала, оборудования и окружающей среды.

1. Оценка пожарного риска. Рассчитайте вероятность возгорания при утечке дизельного топлива (объём ёмкости – 1000 л, вероятность утечки – 0,1).

2. Расчёт безопасного расстояния. Для газовой установки (ёмкость с пропаном – 500 л) определите минимальное расстояние до жилых зданий по нормам СП 62.13330.2017.

3. Анализ токсичных выбросов. При сжигании 1 тонны угля выделяется 200 г SO<sub>2</sub> и 50 г NO<sub>x</sub>. Рассчитайте годовые выбросы для установки мощностью 50 кВт (КПД 40 %).

4. Разработка системы вентиляции. Определите требуемую производительность вентиляции для помещения с дизель-генератором (выделение CO – 10 г/кВт·ч, мощность 30 кВт, время работы 8 ч/сутки). Норма ПДК для CO – 20 мг/м<sup>3</sup>, объём помещения – 200 м<sup>3</sup>.

5. Расчёт огнетушащих средств. Для топливного склада площадью 50 м<sup>2</sup> определите необходимое количество огнетушителей (по нормам: 1 огнетушитель на 25 м<sup>2</sup>). Предложите тип (порошковые/углекислотные) и схему

размещения.

6. Оценка взрывоопасности. Рассчитайте нижний концентрационный предел взрываемости (НКПВ) для паров бензина в помещении объёмом 100 м<sup>3</sup>, если испарилось 5 л топлива (плотность паров – 3 кг/м<sup>3</sup>, НКПВ бензина – 1,4

7. План аварийного останова. Разработайте алгоритм действий при аварийной остановке установки: время срабатывания клапанов – 10 сек, отключение питания – 5 сек. Рассчитайте критическое время для предотвращения взрыва при утечке газа.

8. Экономика безопасности. Сравните затраты на установку газоанализатора (150 тыс. руб) и потенциальные убытки от аварии.

9. Разработка инструкции по ТБ. Составьте чек-лист проверок для персонала (ежедневные/еженедельные мероприятия), учитывая: проверку герметичности соединений, уровень масла, заряд АКБ, наличие средств тушения.

10. Рассчитайте годовые затраты на топливо для дизельной АЭУ (мощность 20 кВт, КПД 35%, цена дизеля 55 руб/л).

Для выполнения заданий используйте актуальные нормативы (ГОСТ Р 53683-2023, СП 12.13130.2020) и учитывайте региональные требования. В реальных условиях добавляйте поправочные коэффициенты для сложных сценариев (например, ветровая нагрузка, рельеф местности)

### **Для промежуточной аттестации:**

#### *Перечень экзаменационных вопросов*

1. Автономной энергоустановки (АЭУ), преимущества их использования.
2. Факторы роста потребности в автономных энергосистемах.
3. Отрасли применения АЭУ на органическом топливе.
4. АЭУ для удалённых и труднодоступных регионов.
5. Назовите основные компоненты АЭУ (например, генератор, система охлаждения) и их функции.
6. Различие автономных и резервных энергоустановками.
7. Экологические проблемы эксплуатации АЭУ.
8. Эволюция АЭУ: от простых систем к современным гибридным решениям.
9. Классификации АЭУ.
10. Инновационные технологии, повышающие эффективность АЭУ.
11. Виды органического топлива.
12. Октановое и цетановое число топлива.
13. Технологии переработки нефти для получения бензина и дизеля.
14. Биогаз – углеродно-нейтральное топливо.
15. Сжиженный углеводородный газ (СУГ) в АЭУ.
16. Экологические нормы выбросов от энергоустановок на органическом топливе.
17. Методы оптимизации процесса сгорания в дизель-генераторе.
18. Рекуперация тепла отходящих газов для повышения КПД

энергоустановки. Приведите пример.

19. Параметры вибрационной диагностики турбины.
20. Датчики предиктивного обслуживания.
21. Меры по снижению выбросов  $\text{NO}_x$  в газопоршневой установке.
22. Безопасное хранение дизельного топлива на удалённом объекте.
23. Международные стандарты, регламентирующие безопасность АЭУ.
24. План действий при аварийной утечке газа на объекте с газовой установкой.
25. Хранение и транспортировка органического топлива.
26. Меры предосторожности при работе с органическим топливом.
27. Сжигание органического топлива. 1
28. Перспективы развития технологий использования органического топлива.
29. Параметры, влияющие на эффективность АЭУ на органическом топливе?
30. Контроль и управление работой АЭУ на органическом топливе.
31. Методы диагностики и профилактики неисправностей в АЭУ.
32. Оптимизация работы АЭУ.
33. Методы снижения выбросов загрязняющих веществ при эксплуатации АЭУ.
34. Системы автоматизации АЭУ на органическом топливе.
35. Инновационные технологии для повышения эффективности энергоустановок.
36. Требования безопасности при эксплуатации АЭУ на органическом топливе.
37. Факторы влияющие на срок службы АЭУ.
38. Теплообменники в энергоустановках на органическом топливе.
39. Интеграция АЭУ в гибридные энергосистемы.
40. Перспективы развития АЭУ на органическом топливе.

Экзаменационные билеты по дисциплине «Автономные энергоустановки на органическом топливе»

Билет 1.

1. Автономной энергоустановки (АЭУ), преимущества их использования.
2. Виды органического топлива.
3. Рассчитайте теплотворную способность 50 л дизельного топлива (теплота сгорания – 42 МДж/кг, плотность – 0,85 кг/л).

Билет 2.

1. Компоненты АЭУ и их функции.
2. Методы оптимизации процесса сгорания в дизель-генераторе.
3. Сравните выбросы  $\text{CO}_2$  при сжигании угля (2,8 кг/кг) и природного газа (1,96 кг/м<sup>3</sup>) для выработки 1000 кВт·ч.

Билет 3.

1. Биогаз – углеродно-нейтральное топливо
2. Преимущества и недостатки использования органического топлива в

АЭУ.

3. Рассчитайте тепловую эффективность установки, если известно, что она потребляет 100 кг органического топлива в час с теплотворной способностью 30 МДж/кг и вырабатывает 800 кВт тепловой энергии.

Билет 4.

1. Хранение и транспортировка органического топлива.
2. Принцип предиктивного обслуживания АЭУ на органическом топливе.
3. Рассчитайте годовые затраты на топливо для дизельной АЭУ (мощность 20 кВт, КПД 35%, цена дизеля 55 руб/л).

Билет 5.

1. Сжиженный углеводородный газ (СУГ) в АЭУ.
2. План действий при аварийной утечке газа на объекте с газовой установкой.
3. Объясните, как рекуперация тепла отходящих газов повышает КПД энергоустановки. Приведите пример с расчётом при КПД системы 65% и мощности установки 200 кВт.

Билет 6.

1. Технического обслуживания АЭУ на органическом топливе.
2. Методы повышения эффективности использования органического топлива.
3. Определите количество топлива, необходимое для выработки 1 МВт тепловой энергии при КПД установки 40% и теплотворной способности топлива 30 МДж/кг.

Билет 7.

1. Инновационные технологии применяются для повышения эффективности энергоустановок.
2. Контроль и управление работой АЭУ на органическом топливе.
3. Рассчитайте экономию топлива при переходе с угля на природный газ, если теплотворная способность газа на 20% выше.

Билет 8.

1. Системы автоматизации применяются в энергоустановках на органическом топливе.
2. Процесс сжигания органического топлива.
3. Определите срок окупаемости модернизации установки, если она снижает расход топлива на 10% при текущих затратах на топливо 100 тыс. руб./год.

Билет 9.

1. Требования к безопасности при эксплуатации АЭУ на органическом топливе.
2. Процесс оптимизации работы АЭУ на органическом топливе.
3. Рассчитайте количество тепла, которое можно получить при сжигании 200 кг мазута с теплотворной способностью 42 МДж/кг и КПД 85%.

Билет 10.

1. Подходы модернизации существующих АЭУ.
2. Мониторинг и учет энергетических показателей АЭУ.

3. Определите снижение затрат на топливо при повышении КПД установки с 30% до 35% при исходных затратах 50 тыс. руб./год.