



КГЭУ

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

9 28.04.2026

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИТЭ

\_\_\_\_\_ С.О. Гапоненко  
«30» мая 2023 г.

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.20.06 Технологические энергоносители предприятий

*(Код и наименование дисциплины в соответствии с РУП)*

Направление подготовки

13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

*(Код и наименование направления подготовки)*

Квалификация

\_\_\_\_\_ Бакалавр \_\_\_\_\_

*(Бакалавр / Магистр)*

г. Казань, 2023

Программу разработал(и):

| Наименование кафедры | Должность, уч.степень, уч.звание | ФИО разработчика |
|----------------------|----------------------------------|------------------|
| ПТЭ                  | канд. техн. наук, доц.           | Загретдинов А.Р. |
|                      |                                  |                  |

| Согласование | Наименование подразделения    | Дата       | № протокола | Подпись   |
|--------------|-------------------------------|------------|-------------|---|
| Одобрена     | ПТЭ                           | 16.05.2023 | №8          | _____<br>Зав. каф., д.т.н., проф.<br>Ваньков Ю. В.  |
| Согласована  | ПТЭ                           | 16.05.2023 | №8          | _____<br>Зав. каф., д.т.н., проф.<br>Ваньков Ю. В.  |
| Согласована  | АТЭС                          | 18.05.2023 | №23-22/23   | _____<br>Зав. каф., д.х.н., проф.<br>Чичирова Н. Д. |
| Согласована  | ХВ                            | 19.05.2023 | №11         | _____<br>Зав. каф., д.х.н., проф.<br>Чичиров А. А.  |
| Согласована  | ЭОС                           | 19.05.2023 | №12         | _____<br>Зав. каф., д.т.н., проф.<br>Ильин В. К.    |
| Согласована  | ЭОП                           | 25.05.2023 | №13         | _____<br>Зав. каф., д.т.н., доц.<br>Ахметова И. Г.  |
| Согласована  | Учебно-методический совет ИТЭ | 30.05.2023 | №9          | _____<br>Директор, к.т.н., доц.<br>Гапоненко С. О.  |
| Одобрена     | Ученый совет ИТЭ              | 30.05.2023 | №9          | _____<br>Директор, к.т.н., доц.<br>Гапоненко С. О.  |

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

(Цель и задачи освоения дисциплины, соответствующие цели ОП)

Целью освоения дисциплины «Технологические энергоносители предприятий» является изучение структуры, теоретических и технических основ и принципов функционирования систем производства и распределения энергоносителей (ПРЭ) в соответствии с требованиями надежной и экономичной эксплуатации при высоких термодинамических и экономических показателях.

Задачами дисциплины являются:

- познакомить обучающихся с принципами работы систем ПРЭ, а также протекающими в их элементах термодинамическими процессами;
- ознакомление с нормами и режимами водопотребления;
- научить рассчитывать системы ПРЭ и их элементы, развить способности объективно оценивать их преимущества и недостатки, разрабатывать и внедрять необходимые изменения в их структуре с позиций повышения эффективности и энергосбережения.

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

| Код и наименование компетенции   | Код и наименование индикатора   |
|--|---|
| ОПК-4 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах | ОПК-4.2 Демонстрирует понимание основных законов термодинамики и теплообмена, применяет их для расчетов элементов теплотехнических установок и систем |

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Предшествующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.: Физика, Математика, Начертательная геометрия и инженерная графика, Теоретические основы теплотехники

Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.: Производственная практика (технологическая), Производственная практика (преддипломная), Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1. Структура дисциплины

Для очной формы обучения

| Вид учебной работы            | Всего ЗЕ | Всего часов | Семестр(ы) |  |  |
|-------------------------------|----------|-------------|------------|--|--|
|                               |          |             | 6          |  |  |
| ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ | 5        | 180         | 180        |  |  |
| КОНТАКТНАЯ РАБОТА*            | -        | 107         | 107        |  |  |
| АУДИТОРНАЯ РАБОТА             | 2,11     | 76          | 76         |  |  |
| Лекции                        | 0,833    | 30          | 30         |  |  |

|                                       |       |     |     |    |  |
|---------------------------------------|-------|-----|-----|----|--|
| Практические (семинарские) занятия    | 0,833 | 30  | 30  |    |  |
| Лабораторные работы                   | 0,444 | 16  | 16  |    |  |
| САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ   | 2,89  | 104 | 104 |    |  |
| Проработка учебного материала         | 0,89  | 32  | 32  |    |  |
| Курсовая работа                       | 1     | 36  | 36  |    |  |
| Подготовка к промежуточной аттестации | 1     | 36  | 36  |    |  |
| Промежуточная аттестация:             |       |     |     | Э  |  |
|                                       |       |     |     | КР |  |

Для заочной формы обучения

| Вид учебной работы                    | Всего<br>ЗЕ | Всего<br>часов | Семестр(ы) |    |  |
|---------------------------------------|-------------|----------------|------------|----|--|
|                                       |             |                | 7          |    |  |
| ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ         | 5           | 180            | 180        |    |  |
| КОНТАКТНАЯ РАБОТА                     | -           | 72             | 72         |    |  |
| АУДИТОРНАЯ РАБОТА                     | 0,944       | 34             | 34         |    |  |
| Лекции                                | 0,444       | 16             | 16         |    |  |
| Практические (семинарские) занятия    | 0,222       | 8              | 8          |    |  |
| Лабораторные работы                   | 0,278       | 10             | 10         |    |  |
| САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ   | 4,056       | 146            | 146        |    |  |
| Проработка учебного материала         | 2,806       | 101            | 101        |    |  |
| Курсовая работа                       | 1           | 36             | 36         |    |  |
| Подготовка к промежуточной аттестации | 0,25        | 9              | 9          |    |  |
| Промежуточная аттестация:             |             |                |            | Э  |  |
|                                       |             |                |            | КР |  |

### 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. Системы снабжения предприятий сжатым воздухом.           | 58          | 14   | 12        | 20       | 12        | ТК1                  | ОПК-4.2.3, ОПК-4.2.У, ОПК-4.2.В             |
| Раздел 2. Системы и установки обеспечения промышленных предприятий | 28          | 8  | 4         | 6        | 10        | ТК2                  | ОПК-4.2.3, ОПК-4.2.У, ОПК-4.2.В             |

|   |            |           |           |           |            |      |                                 |
|---|------------|-----------|-----------|-----------|------------|------|---------------------------------|
| холодом.  |            |           |           |           |            |      |                                 |
| Раздел 3. Системы водоснабжения промышленных предприятий. | 22         | 8         |           | 4         | 10         | ТКЗ  | ОПК-4.2.3, ОПК-4.2.У, ОПК-4.2.В |
| Курсовая работа   | 36         |           |           |           | 36         | ОМкр | ОПК-4.2.3, ОПК-4.2.У, ОПК-4.2.В |
| Экзамен   | 36         |           |           |           | 36         | ОМ   | ОПК-4.2.3, ОПК-4.2.У, ОПК-4.2.В |
| <b>ИТОГО</b>  | <b>180</b> | <b>30</b> | <b>16</b> | <b>30</b> | <b>104</b> |      |                                 |

### 3.3. Содержание дисциплины

Раздел 1. Системы снабжения предприятий сжатым воздухом.

Тема 1.1. Общие сведения о системах воздухообеспечения.

Назначение, достоинства и недостатки систем воздухообеспечения.

Структура и схемы систем воздухообеспечения.

Тема 1.2. Характеристика потребителей сжатого воздуха.

Области применения сжатого воздуха и энергоёмкость его применения.

Классификация потребителей. Параметры потребляемого сжатого воздуха.

Тема 1.3. Режимы воздухопотребления.

Определение нагрузок на компрессорную станцию. Выбор типа, типоразмера и количества компрессоров, устанавливаемых на компрессорной станции.

Тема 1.4. Оборудование и схемы компрессорных станций.

Общие сведения о компрессорном оборудовании. Технологические схемы компрессорных станций.

Тема 1.5. Основы теории компрессорных машин.

Основные показатели работы (параметры) компрессорных машин.

Ступенчатое сжатие и его расчет.

Тема 1.6. Основные характеристики компрессоров.

Характеристики объемных машин. Характеристики турбокомпрессоров. Характеристики сети. Определение рабочих параметров компрессорных машин по характеристикам.

Тема 1.7. Сушка сжатого воздуха.

Способы осушки воздуха. Термодинамические основы осушки охлаждением. Установки для осушки воздуха охлаждением. Адсорбционный способ осушки.

Тема 1.8. Транспортирование сжатого воздуха.

Потери энергии при транспортировке сжатого воздуха. Аэродинамический расчет воздухопровода.

Раздел 2. Системы и установки обеспечения промышленных предприятий холодом.

Тема 2.1. Искусственный холод и области его применения.

Общие сведения. Способы получения низких температур. Энергетические затраты производства холода.

Тема 2.2. Общие сведения о системах холодоснабжения, холодильных

машинах и установках.

Классификация холодильных машин. Достоинства и недостатки холодильных машин, области их применения.

Тема 2.3. Рабочие вещества холодильных машин и установок  
Хладагенты. Хладоносители.

Тема 2.4. Принципиальные схемы и циклы холодильных машин.

Холодильная машина с дросселированием в области влажного пара и сжатием сухого пара. Холодильная машина с переохлаждением рабочего вещества после конденсатора. Компрессорная холодильная машина с регенеративным охлаждением жидкого хладагента. Основные показатели работы (параметры) холодильных машин.

Раздел 3. Системы водоснабжения промышленных предприятий.

Тема 3.1. Водопотребление промпредприятий и источники его удовлетворения.

Виды водопотребления. Источники водоснабжения.

Тема 3.2. Общие сведения о системах водоснабжения

Прямоточная система водоснабжения. Система с повторным использованием воды. Обратная система водоснабжения. Бессточные системы водоснабжения.

Тема 3.3. Режимы работы систем водоснабжения

Суточные графики водопотребления. Взаимосвязь графика потребления воды с работой основных сооружений системы водоснабжения.

Тема 3.4. Водоохлаждающие устройства.

Классификация. Теплофизические процессы охлаждения воды в испарительных охладителях. Конструкции градирен.

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

1. Расчет нагрузок и выбор основного оборудования воздушной компрессионной станции.
2. Составление принципиальной схемы компрессорной станции.
3. Определение параметров охлаждающей воды в обратной системе технического водоснабжения.
4. Аэродинамический расчет магистрального воздухопровода.
5. Тепловой расчет компрессорных установок.
6. Расчет системы осушки сжатого воздуха. Выбор холодильной машины.
7. Расчет цикла компрессионной холодильной машины.
8. Расчет системы обратного водоснабжения компрессорной станции.
9. Расчет показателей эффективности работы компрессорной станции.

### **3.5. Тематический план лабораторных работ**

1. Исследование эффективности работы компрессорной установки.
2. Испытание компрессорной установки.
3. Конструкция и поверочный расчет показателей двухступенчатого поршневого компрессора.

4. Исследование рабочего процесса одноступенчатой компрессионной холодильной машины.

### 3.6. Курсовая работа

Расчет системы снабжения предприятий сжатым воздухом.

### 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   |
| ОПК-4           | ОПК-4.2                    | знать:   |  |  |   |   |
|                 |                            | принципы работы систем ПРЭ, а также протекающие в их элементах термодинамические процессы                    | Знает принципы работы систем ПРЭ, а также протекающие в их элементах термодинамические процессы. Не допускает ошибок.            | Знает принципы работы систем ПРЭ, а также протекающие в их элементах термодинамические процессы. При ответе может допустить несколько негрубых ошибок. | Знает принципы работы систем ПРЭ, а также протекающие в их элементах термодинамические процессы. Допускает множество мелких ошибок. | Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки   |
|                 |                            | уметь:   |  |  |   |   |
|                 |                            | рассчитывать основные показатели (параметры) работы установок систем ПРЭ, а также оценивать их эффективность | Умеет рассчитывать основные показатели (параметры) работы установок систем ПРЭ, а также оценивать их эффективность. Не допускает | Умеет рассчитывать основные показатели (параметры) работы установок систем ПРЭ, а также оценивать их эффективность. Решает задачи с                    | Умеет рассчитывать основные показатели (параметры) работы установок систем ПРЭ, а также оценивать их эффективность. Решает типовые  | Не сформировано умение рассчитывать основные показатели (параметры) работы установок систем ПРЭ, а также оценивать их эффективность |

|  |  |  |   |  |   |  |
|--|--|--|---|--|---|--|
|  |  |  | ошибок.   | минимальны<br>м и<br>ошибками.   | задачи,<br>допускает<br>много<br>мелких<br>ошибок.  | ть.<br>Допускает<br>при решении<br>типовых<br>задач грубые<br>ошибки.  |
|  |  | владеть:   |   |  |   |  |
|  |  | методиками<br>расчета<br>систем ПРЭ<br>и их<br>элементов | Продемонстр<br>ированы<br>навыки<br>владения<br>методиками<br>расчета<br>систем ПРЭ и<br>их<br>элементов.<br>Отсутствуют<br>ошибки и<br>недочеты. | Продемонстр<br>ированы<br>базовые<br>навыки<br>владения<br>методиками<br>расчета<br>систем ПРЭ и<br>их<br>элементов.<br>Допушен ряд<br>мелких<br>ошибок. | Продемонстр<br>ированы<br>минимальны<br>е навыки<br>владения<br>методиками<br>расчета<br>систем ПРЭ и<br>их<br>элементов.<br>Допушено<br>много<br>ошибок. | Не<br>продемонстр<br>ированы<br>навыки<br>владения<br>методиками<br>расчета<br>систем ПРЭ<br>и их<br>элементов.<br>Допущены<br>грубые<br>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. Парамонов А. М. Системы воздухообеспечения предприятий: учебное пособие / А. М. Парамонов, А. П. Стариков. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 160 с. — ISBN 978-5-8114-1149-8. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210650>.

2. Молчанова Р. А. Системы водоснабжения: учебное пособие / Р. А. Молчанова. — Уфа: УГНТУ, 2019. — 105 с. — ISBN 978-5-7831-1953-8. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/179280>.

3. Холодильные машины: учебник для вузов / Н. Н. Кошкин, И. А. Сакун, Е. М. Бамбушек [и др.]; под ред. И. А. Сакуна. — Л.: Машиностроение, 1985. — 510 с.

#### **5.1.2. Дополнительная литература**

1. Визгалов, С. В. Тепловой расчет и подбор основного оборудования парокompрессионной холодильной машины: учебное пособие / С. В. Визгалов, С. Л. Фосс, И. И. Шарапов. — Казань: КНИТУ, 2016. — 96 с. — ISBN 978-5-7882-1955-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/101897>.

2. Иващенко Е. Ю. Холодильные машины: учебно-методическое пособие / Е. Ю. Иващенко, А. С. Зверок. — Минск: БНТУ, 2020. — 82 с. — ISBN 978-985-583-142-7. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/247946>.

3. Кумиров Б. А. Системы снабжения предприятий сжатым воздухом: учебное пособие / Б. А. Кумиров. — Ч.1: Технологические энергоносители предприятий. — Казань: КГЭУ, 2006. — 116 с.

4. Кумиров Б. А. Системы и установки обеспечения промышленных предприятий холодом: учебное пособие / Б. А. Кумиров. Ч.2: Технологические энергоносители предприятий. — Казань: КГЭУ, 2006. — 87 с.

5. Кумиров Б. А. Системы водоснабжения промышленных предприятий: учебное пособие / Б. А. Кумиров. — Ч. 3: Технологические энергоносители предприятий. — Казань: КГЭУ, 2006. — 80 с.

6. Кумиров Б. А. Расчет системы снабжения предприятий сжатым воздухом: учебное пособие / Б. А. Кумиров, Р. Н. Валиев. — Казань : КГЭУ, 2003. — 100 с.

7. Кумиров Б. А. Методические указания по курсовому проектированию по курсу "Технологические энергоносители предприятий": метод. указания / сост.: Б. А. Кумиров. — Казань: КГЭУ, 2003. — 53 с.

8. Системы производства и распределения энергоносителей: практикум / сост. Ю. В. Ваньков [и др.]. — Казань: КГЭУ, 2017. — 40 с. — Текст: электронный // Электронная библиотека КГЭУ — URL: [https://lib.kgeu.ru/irbis64r\\_plus/index.html](https://lib.kgeu.ru/irbis64r_plus/index.html).

## 5.2. Информационное обеспечение

### 5.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

| № п/п | Наименование электронных и интернет-ресурсов   | Ссылка  |
|-------|--|---|
| 1     | Электронно-библиотечная система «Лань»         | <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>   |
| 2     | Электронно-библиотечная система «ibooks.ru»    | <a href="https://ibooks.ru/">https://ibooks.ru/</a>           |
| 3     | Электронно-библиотечная система «book.ru»      | <a href="https://www.book.ru/">https://www.book.ru/</a>       |
| 4     | Энциклопедии, словари, справочники             | <a href="http://www.rubricon.com">http://www.rubricon.com</a> |
| 5     | Портал "Открытое образование"                  | <a href="http://npoed.ru">http://npoed.ru</a>                 |
| 6     | Единое окно доступа к образовательным ресурсам | <a href="http://window.edu.ru">http://window.edu.ru</a>       |

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

| № п/п | Наименование профессиональных баз данных   | Адрес   | Режим доступа                                       |
|-------|--|---|---|
| 1     | Российская национальная                    | <a href="http://nlr.ru/">http://nlr.ru/</a>         | <a href="http://nlr.ru/">http://nlr.ru/</a>         |
| 2     | Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU | <a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a> | <a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a> |
| 3     | Национальная электронная библиотека (НЭБ)  | <a href="https://rusneb.ru/">https://rusneb.ru/</a> | <a href="https://rusneb.ru/">https://rusneb.ru/</a> |

|   |                             |   |   |
|---|-----------------------------|---|---|
| 4 | Техническая библиотека      | <a href="http://techlibrary.ru">http://techlibrary.ru</a>                     | <a href="http://techlibrary.ru">http://techlibrary.ru</a>                     |
| 5 | «Гарант»                    | <a href="http://www.garant.ru/">http://www.garant.ru/</a>                     | <a href="http://www.garant.ru/">http://www.garant.ru/</a>                     |
| 6 | «Консультант плюс»          | <a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>             | <a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>             |
| 7 | ИСС «Кодекс» / «Техэксперт» | <a href="http://app.kgeu.local/Home/Apps">http://app.kgeu.local/Home/Apps</a> | <a href="http://app.kgeu.local/Home/Apps">http://app.kgeu.local/Home/Apps</a> |

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

| № п/п | Наименование программного обеспечения | Описание   | Реквизиты подтверждающих                          |
|-------|---------------------------------------|--|---|
| 1     | Windows 7 Профессиональная (Starter)  | Пользовательская операционная система                      | ЗАО "СофтЛайнТрейд" №2011.25486 от                |
| 2     | Windows 7 Профессиональная (Pro)      | Пользовательская операционная система                      | ЗАО "СофтЛайнТрейд" №2011.25486 от                |
| 3     | Браузер Chrome                        | Система поиска информации в сети интернет                  | Свободная лицензия<br>Неискл. право.<br>Бессрочно |
| 4     | Adobe Acrobat                         | Пакет программ для создания и просмотра файлов формата PDF | Свободная лицензия<br>Неискл. право.<br>Бессрочно |
| 5     | LMS Moodle                            | ПО для эффективного онлайн-взаимодействия                  | Свободная лицензия<br>Неискл. право.<br>Бессрочно |

## 6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

| Наименование вида учебной работы | Наименование учебной аудитории, специализированной лаборатории   | Перечень необходимого оборудования и технических средств обучения  |
|----------------------------------|--|--|
| Лекции                           | Учебные аудитория для проведения занятий лекционного типа Д-102, Д-104, Д-302, Д-304, Д-502, Д-504, В-103, В-303, В-503                            | Специализированная учебная мебель, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран, доска) |
| Практические занятия             | Учебная аудитория для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации Б-203 | Специализированная учебная мебель, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер, экран, доска), 15 компьютеров.   |

|                        |   |   |
|------------------------|---|---|
| Лабораторные работы    | Учебная аудитория для проведения лабораторных работ Б-206 | Специализированное лабораторное оборудование:<br>Макет - разрез поршневого компрессора<br>Компрессорная установка                               |
| Самостоятельная работа | Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а            | Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров   |
|                        | Читальный зал библиотеки                                  | Специализированная мебель, компьютерная техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС                                  |
|                        | Учебная аудитория для выполнения курсовой работы Б-209    | Специализированная учебная мебель, компьютерная техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС, 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.

## Вносимые изменения и утверждения на новый учебный год

| №<br>п/п | № раздела внесения<br>изменений | Дата внесения<br>изменений | Содержание изменений  | «Согласовано»<br>Зав. каф.<br>реализующей<br>дисциплину | «Согласовано»<br>председатель УМК<br>института<br>(факультета), в состав<br>которого входит<br>выпускающая |
|----------|---------------------------------|----------------------------|---|---|--|
| 1        | 2                               | 3                          | 4   | 5   | 6  |
| 1        | 2                               | 02.04.24                   | Добавлено: «Тема 2.2.<br>Общие сведения о<br>системах<br>холодоснабжения,<br>холодильных машинах и<br>установках.<br>Классификация<br>холодильных машин.<br>Достоинства и недостатки<br>холодильных машин,<br>области их применения.» |   |  |
| 2        |                                 |                            |   |   |  |
| 3        |                                 |                            |   |   |  |

*Приложение к рабочей  
программе дисциплины*



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

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
по дисциплине**

**Б1.О.20.06 Технологические энергоносители предприятий**  
*(Наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)*

---

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника  
*(Код и наименование направления подготовки)*

Квалификация Бакалавр  
*(Бакалавр / Магистр)*

г. Казань, 2023



|                        |  |  |  |  |  |  |  |  |      |
|------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|------|
| Защита курсовой работы |  |  |  |  |  |  |  |  | 0-45 |
|------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|------|

## 2. Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации

### 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   |  |
| ОПК-4           | ОПК-4.2                    | знать:   |  |  |   |   |  |
|                 |                            | принципы работы систем ПРЭ, а также протекающие в их элементах термодинамические процессы                    | Знает принципы работы систем ПРЭ, а также протекающие в их элементах термодинамические процессы. Не допускает ошибок.                    | Знает принципы работы систем ПРЭ, а также протекающие в их элементах термодинамические процессы. При ответе может допустить несколько негрубых ошибок.       | Знает принципы работы систем ПРЭ, а также протекающие в их элементах термодинамические процессы. Допускает множество мелких ошибок.                                       | Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки   |  |
|                 |                            | рассчитывать основные показатели (параметры) работы установок систем ПРЭ, а также оценивать их эффективность | Умеет рассчитывать основные показатели (параметры) работы установок систем ПРЭ, а также оценивать их эффективность. Не допускает ошибок. | Умеет рассчитывать основные показатели (параметры) работы установок систем ПРЭ, а также оценивать их эффективность. Решает задачи с минимальными и ошибками. | Умеет рассчитывать основные показатели (параметры) работы установок систем ПРЭ, а также оценивать их эффективность. Решает типовые задачи, допускает много мелких ошибок. | Не сформировано умение рассчитывать основные показатели (параметры) работы установок систем ПРЭ, а также оценивать их эффективность. Допускает при решении типовых задач грубые ошибки. |  |
|                 |                            | владеть:   |  |  |   |   |  |

|  |  |  |   |   |   |   |
|--|--|--|---|---|---|---|
|  |  | методиками расчета систем ПРЭ и их элементов | Продемонстрированы навыки владения методиками расчета систем ПРЭ и их элементов. Отсутствуют ошибки и недочеты. | Продемонстрированы базовые навыки владения методиками расчета систем ПРЭ и их элементов. Допущен ряд мелких ошибок. | Продемонстрированы минимальные навыки владения методиками расчета систем ПРЭ и их элементов. Допущено много ошибок. | Не продемонстрированы навыки владения методиками расчета систем ПРЭ и их элементов. Допущены грубые ошибки. |
|--|--|--|---|---|---|---|

Оценка **«отлично»** выставляется за выполнение *расчетных работ в семестре; тестовых заданий; глубокое понимание принципа работы систем ПРЭ, а также протекающих в них физических процессов; владение методиками расчета систем ПРЭ; полные и содержательные ответы на вопросы билета (теоретическое и практическое задание);*

Оценка **«хорошо»** выставляется за выполнение *расчетных работ в семестре; тестовых заданий; понимание принципа работы систем ПРЭ, а также протекающих в них физических процессов; владение базовыми навыками расчета систем ПРЭ; ответы на вопросы билета (теоретическое или практическое задание);*

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется за выполнение *расчетных работ в семестре и тестовых заданий;*

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется за слабое и неполное выполнение *расчетных работ в семестре и тестовых 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 |
|----------------------------------|--|------------------------------|
| Курсовая работа (КР)             | Конечный продукт, получаемый в результате планирования и выполнения комплекса учебных и исследовательских заданий. Позволяет оценить умения обучающихся самостоятельно конструировать свои знания в процессе решения практических задач и проблем, ориентироваться в информационном пространстве и уровень сформированности аналитических, исследовательских навыков, навыков практического и творческого мышления. Может выполняться в индивидуальном порядке или группой обучающихся | Темы проектов                |

|                                    |   |  |
|------------------------------------|---|--|
| Отчет по лабораторной работе (ОЛР) | Выполнение лабораторной работы, обработка результатов испытаний, измерений, эксперимента. Оформление отчета, защита результатов лабораторной работы по отчету   | Перечень заданий и вопросов для защиты лабораторной работы, перечень требований к отчету |
| Тест (Тест)                        | Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося   | Комплект тестовых заданий  |
| Собеседование (Сбс)                | Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п. | Вопросы по разделам дисциплины   |

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

##### *Пример задания*

##### **Для текущего контроля ТК1:**

Проверяемая компетенция: ОПК-4 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах (ОПК-4.2 Демонстрирует понимание основных законов термодинамики и тепломассообмена, применяет их для расчетов элементов теплотехнических установок и систем).

##### **Тест**

1. Отметьте два правильных ответа.

Работоспособность сжатого воздуха зависит от его .....

- Температуры
- Давления
- Влажности
- Загрязненности
- Удельного расхода
- Утечки

2. Отметьте правильный ответ.

Наиболее полно термодинамическую эффективность компрессорной установки оценивает ..... КПД

- Энергетический
- Изотермический
- Изоэнтропный (адиабатный)
- Эксергетический

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

### **Контрольные вопросы к лабораторной работе 1 «Исследование эффективности работы компрессорной установки»**

1. Опишите предполагаемые процессы, которые происходят при сжатии газа в компрессоре. Какой из них самый выгодный?
2. Расскажите, как определяются теоретическая работа и теоретическая мощность привода компрессора.
3. Постройте зависимости мощности компрессорной установки и ее коэффициента полезного действия от степени повышения давления в компрессоре.
4. Вычислите удельную техническую работу компрессора при изотермическом и адиабатном сжатии воздуха для одного из режимов опыта. Изобразите  $pV$ -диаграмму этих процессов.
5. Постройте процесс сжатия в тепловой диаграмме.
4. Установите пределы возможных значений показателя политропы сжатия для данной компрессорной установки.
6. Рассчитайте и представьте графически изменение внутренней энергии и энтальпии рабочего тела в процессе сжатия.
7. Определите теплоемкость воздуха в процессе сжатия.
8. Компрессор всасывает  $600 \text{ м}^3/\text{ч}$  воздуха при давлении 1 бар и  $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  и сжимает его до давления 5 бар. Определите теоретическую мощность на привод компрессора при политропном ( $n = 1,25$ ) сжатии.
9. Дайте характеристику особенностям работы компрессора, показатель политропы сжатия которого равен 0,9 (или 1,8).
10. Расскажите, какие термодинамические характеристики применяют для сравнительной оценки работы компрессоров.

### **Контрольные вопросы к лабораторной работе 2 «Испытание компрессорной установки»**

1. Расскажите, как в лабораторной работе определяется реальная производительность компрессора.
2. Объясните разницу между действительной индикаторной диаграммой компрессора и теоретической.
3. Поясните, как определить относительную величину вредного пространства.
4. Объясните, от чего зависит давление на выходе компрессора.
5. Дайте определение термину «предельное отношение давлений компрессора».
6. Расскажите, что характеризует объемный КПД компрессора.
7. Объясните, как определить теоретическую производительность компрессора.
8. Определите предельное отношение давления для политропного процесса сжатия с  $n = 1,34$  и  $a = 0,1$ .
9. Объясните, почему одноступенчатый компрессор не пригоден для получения высокого давления.
10. Расскажите, чему будет равна производительность компрессора, если

лк превысит предельное отношение давления.

### **Выполнение курсовой работы «Расчет системы снабжения предприятий сжатым воздухом».**

Проверяется наличие и правильность выполнения следующих разделов курсовой работы:

Расчет нагрузок и выбор основного оборудования воздушной компрессорной станции.

Составление принципиальной схемы компрессорной станции.

Определение параметров охлаждающей воды в оборотной системе технического водоснабжения.

Аэродинамический расчет воздушной магистрали.

Аэродинамический расчет воздухоосушительной установки.

#### **Для текущего контроля ТК2:**

Проверяемая компетенция: ОПК-4 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах (ОПК-4.2 Демонстрирует понимание основных законов термодинамики и теплообмена, применяет их для расчетов элементов теплотехнических установок и систем).

#### **Тест**

1. Отметьте правильный ответ.

Обратный цикл Карно описывает протекающие физические процессы при работе .....

- идеального теплового двигателя
- идеального трансформатора теплоты
- реальной холодильной машины
- реального теплового двигателя

2. Отметьте четыре правильных ответа.

Минимально необходимыми составными элементами любой парожидкостной холодильной машины являются .....

- компрессор
- конденсатор
- дроссель
- испаритель
- переохладитель
- регенератор

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

### **Контрольные вопросы к лабораторной работе 3 «Конструкция и поверочный расчет показателей двухступенчатого поршневого компрессора»**

1. Расскажите, в каких случаях и для чего применяют многоступенчатое сжатие газов.

2. Расскажите, как отображается процесс двухступенчатого сжатия в  $P$ ,  $V$ - и  $T$ ,  $S$ -диаграммах.

3. Приведите величины, необходимые для вычисления объемной и массовой производительности поршневого компрессора, и способы их определения.

4. Объясните, что характеризует коэффициент подачи компрессора и какие факторы влияют на его величину.

5. Расскажите, к какому классу и какой конструктивной группе относится рассматриваемый компрессор.

6. Покажите на макете путь движения воздуха в процессе работы компрессора.

7. Расскажите о различиях между всасывающими и нагнетательными клапанами компрессора. Под действием каких сил происходит их открытие и закрытие?

8. Приведите данные, необходимые для определения требуемой мощности привода.

9. Раскройте сущность метода «постоянной компрессора», используемого для расчета промежуточных давлений в многоступенчатых поршневых компрессорах.

10. Расскажите о влиянии температуры всасываемого компрессора воздуха на его объемную и массовую производительность.

11. Объясните, как влияет температура охлаждающей воды, подаваемой в промежуточный охладитель воздуха, на величину промежуточного давления и потребляемую мощность.

12. Расскажите о влиянии величины давления нагнетания на производительность, мощность и КПД поршневого компрессора.

### **Выполнение курсовой работы «Расчет системы снабжения предприятий сжатым воздухом».**

Проверяется наличие и правильность выполнения следующих разделов курсовой работы:

Тепловой расчет компрессорной установки.

Расчет системы осушки сжатого воздуха.

Выбор холодильной машины.

Расчет цикла холодильной машины.

### **Для текущего контроля ТКЗ:**

Проверяемая компетенция: ОПК-4 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах (ОПК-4.2 Демонстрирует понимание основных законов термодинамики и теплообмена, применяет их для расчетов элементов теплотехнических установок и систем).

## Тест

1. Отметьте три правильных ответа.

Водоохлаждающими устройствами испарительного типа являются

.....

- водохранилища-охладители
- брызгальные бассейны
- градирни с насадкой
- радиаторные градирни

2. Отметьте правильный ответ

Необходимость в продувке оборотной системы водоснабжения возникает из-за потерь воды с .....

- испарением
- уносом
- сбросом
- утечкой

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

## **Контрольные вопросы к лабораторной работе 4 «Исследование рабочего процесса одноступенчатой компрессионной холодильной машины»**

1. Поясните принцип получения холода в парокомпрессионных холодильных машинах.

2. Назовите основные элементы (узлы), которые входят в состав простейшей компрессионной холодильной машины.

3. Поясните, работой какого агрегата и каким образом достигается заданный уровень температуры получаемого холода.

4. Расскажите о зависимости энергопотребления холодильной машины от температурного уровня получаемого холода.

5. Расскажите о связи энергопотребления холодильной машины с температурой окружающей среды.

6. Приведите типы холодильных агентов.

7. Объясните, что такое хладоноситель, и расскажите о его назначении.

8. Расскажите, какие параметры характеризуют эффективность работы холодильной машины.

## **Выполнение курсовой работы «Расчет системы снабжения предприятий сжатым воздухом».**

Проверяется наличие и правильность выполнения следующих разделов курсовой работы:

Расчет системы холодоснабжения.

Расчет системы обратного водоснабжения компрессорной станции.

Расчет показателей эффективности работы компрессорной станции.  
Адсорбционная доосушка воздуха.

**Для промежуточной аттестации:**

**Примеры вопросов, содержащихся в экзаменационных билетах.**

1. Параметры потребляемого сжатого воздуха.
2. Технология получения сжатого воздуха на поршневой компрессорной установке.
3. Ступенчатое сжатие и его расчет.
4. Основные показатели работы (параметры) компрессорных машин.
5. Термодинамические основы осушки охлаждением.
6. Установки для осушки воздуха охлаждением.
7. Адсорбционный способ осушки.
8. Принципиальная схема и рабочий цикл одноступенчатой компрессорной холодильной машины с дросселированием в области влажного пара и всасыванием сухого пара.
9. Схема и цикл одноступенчатой компрессорной ХМ с переохлаждением хладагента после конденсатора.
10. Схема и цикл одноступенчатой ХМ с регенеративным охлаждением жидкого ХА.

Полный комплект вопросов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине, хранится на кафедре разработчика.

**Примеры заданий к курсовой работе «Расчет системы снабжения предприятий сжатым воздухом»**

Исходными данными к курсовой работе являются годовая потребность в сжатом воздухе и его параметры, требуемые потребителем. Задается суточная неравномерность воздухопотребления (графиком или коэффициентами неравномерности потребления), число часов работы системы воздухообеспечения в году, геометрическая характеристика воздушной распределительной сети. Указываются климатические условия работы компрессорной станции (КС). Примеры вариантов исходных данных к заданию на курсовую работу приведены в таблице:

| № варианта  | Годовое потребление воздуха<br>$Q_{г}$ , тыс.м <sup>3</sup> /год | Число часов работы системы<br>$\tau_{г}$ , ч/год | Коэффициенты неравномерности графика потребления воздуха |           | Давление воздуха у потребителя<br>$P_{п}$ , МПа | Температура воздуха в магистрали<br>$t_{п}$ , °С | Конечное влагосодержание<br>$d_{п}$ , г/кг | Общая длина прямых участков трубопровода<br>$l_{пр}$ , м | Количество поворотов на 90° ( $R_{п}=2D$ )<br>$n_{пов}$ , шт. | Количество задвижек<br>$n_{зад}$ , шт. | Количество ответвлений (тройников)<br>$n_{тр}$ , шт. | Климатические условия работы системы (город) |
|-------------|--|--|--|-----------|---|--|--|--|---|--|--|--|
|             |  |  | $k_{м.д}$  | $k_{м.в}$ |   |  |  |  |   |  |  |  |
| 1           | 2  | 3  | 4  | 5         | 6   | 7  | 8  | 9  | 10  | 11                                     | 12   | 13   |
| Задание № 1 |  |  |  |           |   |  |  |  |   |  |  |  |
| 1.1         | $3,05 \cdot 10^5$  | 6000   | 1,12   | 1,35      | 0,65  | 50   | 0,45                                       | 175  | 10  | 4                                      | 5  | Архангельск                                  |
| 1.2         | $3,10 \cdot 10^5$  | 6025   | 1,12   | 1,35      | 0,65  | 50   | 0,45                                       | 190  | 12  | 4                                      | 5  | Астрахань                                    |
| 1.3         | $3,24 \cdot 10^5$  | 6050   | 1,12   | 1,35      | 0,65  | 50   | 0,45                                       | 210  | 12  | 5                                      | 6  | Ачинск                                       |
| 1.4         | $3,32 \cdot 10^5$  | 6070   | 1,12   | 1,35      | 0,65  | 50   | 0,45                                       | 220  | 14  | 5                                      | 6  | Абакан                                       |
| 1.5         | $3,41 \cdot 10^5$  | 6100   | 1,12   | 1,35      | 0,65  | 50   | 0,45                                       | 240  | 12  | 4                                      | 5  | Алдан  |
| 1.6         | $3,60 \cdot 10^5$  | 6150   | 1,15   | 1,4       | 0,68  | 45   | 0,4  | 150  | 12  | 4                                      | 5  | Барнаул                                      |
| 1.7         | $3,73 \cdot 10^5$  | 6220   | 1,15   | 1,4       | 0,68  | 45   | 0,4  | 180  | 14  | 5                                      | 6  | Бийск  |
| 1.8         | $3,85 \cdot 10^5$  | 6250   | 1,15   | 1,4       | 0,68  | 45   | 0,4  | 200  | 14  | 5                                      | 6  | Боровичи                                     |
| 1.9         | $3,92 \cdot 10^5$  | 6290   | 1,15   | 1,4       | 0,68  | 45   | 0,4  | 215  | 16  | 5                                      | 6  | Брест  |
| 1.10        | $4,04 \cdot 10^5$  | 6310   | 1,15   | 1,4       | 0,68  | 45   | 0,4  | 230  | 16  | 6                                      | 5  | Братск                                       |
| 1.11        | $4,10 \cdot 10^5$  | 6345   | 1,11   | 1,3       | 0,71  | 55   | 0,55                                       | 240  | 15  | 6                                      | 5  | Великие Луки                                 |

Каждому студенту выдается индивидуальное задание. Полный комплект заданий хранится на кафедре разработчика.

Защита курсового проекта состоит из ответов на вопросы экзаменационной комиссии.