

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "УДМУРТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ"**

Рег. № 000010853



**Кафедра энергетики и электротехнологии**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Наименование дисциплины (модуля): Основы трансформации теплоты

Уровень образования: Магистратура

Направление подготовки: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль подготовки: Энергетика теплотехнологии

Очная, заочная

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника (приказ № 146 от 28.02.2018 г.)

Разработчики:

Артамонова Л. П., кандидат экономических наук, доцент

Ниязов А. М., кандидат технических наук, заведующий кафедрой

Программа рассмотрена на заседании кафедры, протокол № 01 от 28.03.2025 года

## **1. Цель и задачи изучения дисциплины**

Цель изучения дисциплины - формирование у студентов системы знаний фундаментальных законов термодинамики в процессах взаимного преобразования теплоты и работы, происходящих в результате техногенной деятельности и в явлениях природы в окружающем мире.

Задачи дисциплины:

- Познакомить обучающихся с основными направлениями описания рабочих процессов в промышленных агрегатах;;
- Познакомить обучающихся с применяемыми промышленными теплонасосными и холодильными установками различного назначения;  
;
- Подвести обучающихся к пониманию физической основы тепломассообменных процессов;  
;
- Научить обучающихся проведению теплового расчета установок, пониманию зависимостей на которых базируются расчеты;  
.

## **2. Место дисциплины в структуре ООП ВО**

Дисциплина «Основы трансформации теплоты» относится к части учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений.

Дисциплина изучается на 1 курсе, в 1 семестре.

Изучению дисциплины «Основы трансформации теплоты» предшествует освоение дисциплин (практик):

Компьютерные технологии в теплоэнергетике.

Освоение дисциплины «Основы трансформации теплоты» является необходимой основой для последующего изучения дисциплин (практик):

Теплообменные процессы и установки;

Проектирование энергосистем;

Современные проблемы теплоэнергетики, теплотехники и теплотехнологий;

Проблемы энерго и ресурсосбережения в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологиях;

Экологическая безопасность;

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы.

В процессе изучения дисциплины студент готовится к видам профессиональной деятельности и решению профессиональных задач, предусмотренных ФГОС ВО и учебным планом.

## **3. Требования к результатам освоения дисциплины**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование компетенций:

**- ПК-2 Способен разрабатывать мероприятия по совершенствованию технологии производства**

Знания, умения, навыки, формируемые по компетенции в рамках дисциплины, и индикаторы освоения компетенций

Студент должен знать:

Технологию производства

Студент должен уметь:

Разрабатывать методики совершенствования технологии производства

Студент должен владеть навыками:

Последовательностью разработки мероприятий по совершенствованию технологии производства

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы (очная форма обучения)

| Вид учебной работы                         | Всего часов | Первый семестр |
|--|-------------|----------------|
| <b>Контактная работа (всего)</b>           | <b>28</b>   | <b>28</b>      |
| Лекционные занятия                         | 4           | 4              |
| Практические занятия                       | 24          | 24             |
| <b>Самостоятельная работа (всего)</b>      | <b>80</b>   | <b>80</b>      |
| <b>Виды промежуточной аттестации</b>       |             |                |
| Зачет                                      |             | +              |
| <b>Общая трудоемкость часы</b>             | <b>108</b>  | <b>108</b>     |
| <b>Общая трудоемкость зачетные единицы</b> | <b>3</b>    | <b>3</b>       |

#### Объем дисциплины и виды учебной работы (заочная форма обучения)

| Вид учебной работы                         | Всего часов | Первый триместр | Второй триместр | Третий триместр |
|--|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>Контактная работа (всего)</b>           | <b>20</b>   | <b>16</b>       | <b>4</b>        |                 |
| Лекционные занятия                         | 4           | 4               |                 |                 |
| Практические занятия                       | 12          | 12              |                 |                 |
| Зачет                                      | 4           |                 | 4               |                 |
| <b>Самостоятельная работа (всего)</b>      | <b>88</b>   | <b>56</b>       | <b>32</b>       |                 |
| <b>Виды промежуточной аттестации</b>       |             |                 |                 |                 |
| <b>Общая трудоемкость часы</b>             | <b>108</b>  | <b>72</b>       | <b>36</b>       |                 |
| <b>Общая трудоемкость зачетные единицы</b> | <b>3</b>    | <b>2</b>        | <b>1</b>        |                 |

#### 5. Содержание дисциплины

##### Тематическое планирование (очное обучение)

| Номер темы/раздела | Наименование темы/раздела  | Всего часов | Лекции   | Практические занятия | Лабораторные работы | Самостоятельная работа |
|--------------------|--|-------------|----------|----------------------|---------------------|------------------------|
|                    | <b>Первый семестр, Всего</b>   | <b>108</b>  | <b>4</b> | <b>24</b>            |                     | <b>80</b>              |
| <b>Раздел 1</b>    | <b>Общие сведения о трансформаторах теплоты</b>                          | <b>38</b>   | <b>2</b> | <b>6</b>             |                     | <b>30</b>              |
| Тема 1             | Назначение трансформаторов теплоты, их классификация, области применения | 10          | 1        |                      |                     | 9                      |
| Тема 2             | Эксергетический анализ систем трансформации теплоты.                     | 18          | 1        | 6                    |                     | 11                     |
| Тема 3             | Рабочие тела трансформаторов теплоты                                     | 10          |          |                      |                     | 10                     |
| <b>Раздел 2</b>    | <b>Виды систем трансформации теп-лоты</b>                                | <b>70</b>   | <b>2</b> | <b>18</b>            |                     | <b>50</b>              |

|        |   |    |   |    |  |    |
|--------|---|----|---|----|--|----|
| Тема 4 | Парокомпрессионные трансформаторы теплоты       | 30 | 1 | 10 |  | 19 |
| Тема 5 | Газовые компрессионные трансформаторы теплоты   | 20 | 1 | 4  |  | 15 |
| Тема 6 | Струйные и абсорбционные трансформаторы теплоты | 20 |   | 4  |  | 16 |

### Содержание дисциплины (очное обучение)

| Номер темы | Содержание темы  |
|------------|--|
| Тема 1     | Назначение трансформаторов теплоты. Область использования ТТ. Признаки классификации трансформаторов теплоты: по принципу работы, по виду осуществляемого цикла, по характеру трансформации, по периодичности работы. Термомеханические и электромагнитные системы трансформации теплоты. Установки с замкнутым и разомкнутым циклами. Трансформаторы теплоты с повышающей и расщепительной схемой трансформации. Установки непрерывного и периодического действия.                  |
| Тема 2     | Организованная и неорганизованная энергия. Энергия и эксергия системы. Внешние и внутренние потери эксергии. Определение значения эксергии для различных видов энергии. Эксергия механической и электрической энергии, эксергия теплоты, эксергия потока вещества. Коэффициент работоспособности теплоты. Диаграмма энтальпия - эксергия. Характерные энергетические зоны в низкотемпературной области.  |
| Тема 3     | Общая характеристика свойств рабочих тел. Рабочие тела парокомпрессионных трансформаторов теплоты. Рабочие тела газовых компрессионных трансформаторов теплоты. Рабочие тела газожидкостных компрессионных трансформаторов теплоты. Рабочие тела абсорбционных трансформаторов теплоты. Хладоносители. Термодинамические диаграммы хладогентов.  |
| Тема 4     | Принципиальные схемы и циклы одноступенчатых парокомпрессионных ТТ. Основные энергетические показатели парокомпрессионных ТТ. Методика расчета одноступенчатых парокомпрессионных трансформаторов теплоты. Регенеративный теплообмен в парокомпрессионных трансформаторах теплоты. Многоступенчатые парокомпрессионные ТТ. Каскадные парокомпрессионные ТТ. Работа парокомпрессионных трансформаторов в режиме теплонасосных установок. Использование ТНУ в системах теплоснабжения. |
| Тема 5     | Особенности газовых трансформаторов теплоты. Принцип работы и циклы газовых компрессионных ТТ. Идеальный газовый трансформатор теплоты. Газовый ТТ с регенерацией. Методика расчета цикла газового компрессионного ТТ. Основные энергетические показатели работы газовых компрессионных ТТ.  |
| Тема 6     | Типы струйных ТТ. Схемы и принцип работы струйных ТТ. Пароэжекторные ТТ. Вихревые ТТ. Особенности абсорбционных ТТ. Физико-химический принцип действия абсорбционных ТТ. Водоаммиачный ТТ. Основные энергетические показатели работы абсорбционных ТТ. Абсорбционный тепловой насос. Энергетическая эффективность абсорбционных и пароэжекторных ТТ.   |

### Тематическое планирование (заочное обучение)

| Номер темы/раздела | Наименование темы/раздела  | Всего часов | Лекции   | Практические занятия | Лабораторные работы | Самостоятельная работа |
|--------------------|--|-------------|----------|----------------------|---------------------|------------------------|
|                    | <b>Всего</b>   | <b>104</b>  | <b>4</b> | <b>12</b>            |                     | <b>88</b>              |
| <b>Раздел 1</b>    | <b>Общие сведения о трансформаторах теплоты</b>                          | <b>44</b>   | <b>2</b> | <b>6</b>             |                     | <b>36</b>              |
| Тема 1             | Назначение трансформаторов теплоты, их классификация, области применения | 12,5        | 0,5      |                      |                     | 12                     |
| Тема 2             | Эксергетический анализ систем трансформации теплоты.                     | 19          | 1        | 4                    |                     | 14                     |
| Тема 3             | Рабочие тела трансформаторов теплоты                                     | 12,5        | 0,5      | 2                    |                     | 10                     |
| <b>Раздел 2</b>    | <b>Виды систем трансформации теплоты</b>                                 | <b>60</b>   | <b>2</b> | <b>6</b>             |                     | <b>52</b>              |
| Тема 4             | Парокомпрессионные трансформаторы теплоты                                | 25          | 1        | 4                    |                     | 20                     |
| Тема 5             | Газовые компрессионные трансформаторы теплоты                            | 17,5        | 0,5      | 1                    |                     | 16                     |
| Тема 6             | Струйные и абсорбционные трансформаторы теплоты                          | 17,5        | 0,5      | 1                    |                     | 16                     |

#### Содержание дисциплины (заочное обучение)

| Номер темы | Содержание темы   |
|------------|---|
| Тема 1     | Назначение трансформаторов теплоты. Область использования ТТ. Признаки классификации трансформаторов теплоты: по принципу работы, по виду осуществляемого цикла, по характеру трансформации, по периодичности работы. Термомеханические и электромагнитные системы трансформации теплоты. Установки с замкнутым и разомкнутым циклами. Трансформаторы теплоты с повышающей и расщепительной схемой трансформации. Установки непрерывного и периодического действия. |
| Тема 2     | Организованная и неорганизованная энергия. Энергия и эксергия системы. Внешние и внутренние потери эксергии. Определение значения эксергии для различных видов энергии. Эксергия механической и электрической энергии, эксергия теплоты, эксергия потока вещества. Коэффициент работоспособности теплоты. Диаграмма энтальпия - эксергия. Характерные энергетические зоны в низкотемпературной области.   |
| Тема 3     | Общая характеристика свойств рабочих тел. Рабочие тела парокомпрессионных трансформаторов теплоты. Рабочие тела газовых компрессионных трансформаторов теплоты. Рабочие тела газожидкостных компрессионных трансформаторов теплоты. Рабочие тела абсорбционных трансформаторов теплоты. Хладоносители. Термодинамические диаграммы хладогентов.   |

|        |  |
|--------|--|
| Тема 4 | Принципиальные схемы и циклы одноступенчатых парокompрессионных ТТ. Основные энергетические показатели парокompрессионных ТТ. Методика расчета одноступенчатых парокompрессионных трансформаторов теплоты. Регенеративный теплообмен в парокompрессионных трансформаторах теплоты. Многоступенчатые парокompрессионные ТТ. Каскадные парокompрессионные ТТ. Работа парокompрессионных трансформаторов в режиме теплонасосных установок. Использование ТНУ в системах теплоснабжения. |
| Тема 5 | Особенности газовых трансформаторов теплоты. Принцип работы и циклы газовых компрессионных ТТ. Идеальный газовый трансформатор теплоты. Газовый ТТ с регенерацией. Методика расчета цикла газового компрессионного ТТ. Основные энергетические показатели работы газовых компрессионных ТТ.  |
| Тема 6 | Типы струйных ТТ. Схемы и принцип работы струйных ТТ. Пароэжекторные ТТ. Вихревые ТТ. Особенности абсорбционных ТТ. Физико-химический принцип действия абсорбционных ТТ. Водоаммиачный ТТ. Основные энергетические показатели работы абсорбционных ТТ. Абсорбционный тепловой насос. Энергетическая эффективность абсорбционных и пароэжекторных ТТ.   |

## **6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

### **Литература для самостоятельной работы студентов**

1. Основы трансформации теплоты [Электронный ресурс]: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению «Теплотехника и теплоэнергетика» очной и заочной форм обучения, сост. Артамонова Л. П. - Ижевск: РИО Ижевская ГСХА, 2021. - 128 с. - Режим доступа: <http://portal.udsau.ru/index.php?q=docs&download=1&id=43734>; <https://e.lanbook.com/book/209039>; <https://lib.rucont.ru/efd/788568/info>

2. Основы трансформации теплоты [Электронный ресурс]: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению «Теплоэнергетика и теплотехника», сост. Лекомцев П. Л. - Ижевск: , 2016. - 60 с. - Режим доступа: <http://portal.udsau.ru/index.php?q=docs&download=1&parent=12766&id=13176>

### **Вопросы и задания для самостоятельной работы (очная форма обучения)**

#### **Первый семестр (80 ч.)**

Вид СРС: Работа с рекомендуемой литературы (20 ч.)

Самостоятельное изучение вопроса, согласно рекомендуемой преподавателем основной и дополнительной литературы.

Вид СРС: Реферат (выполнение) (20 ч.)

Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее.

Вид СРС: Задача (практическое задание) (20 ч.)

Средство оценки умения применять полученные теоретические знания в практической ситуации. Задача (задание) должна быть направлена на оценивание тех компетенций, которые подлежат освоению в данной дисциплине, должна содержать четкую инструкцию по выполнению или алгоритм действий.

Вид СРС: Доклад, сообщение (подготовка) (20 ч.)

Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической,

учебно-исследовательской или научной темы.

### **Вопросы и задания для самостоятельной работы (заочная форма обучения)**

#### **Всего часов самостоятельной работы (88 ч.)**

Вид СРС: Работа с рекомендуемой литературы (40 ч.)

Самостоятельное изучение вопроса, согласно рекомендуемой преподавателем основной и дополнительной литературы.

Вид СРС: Контрольная работа (выполнение) (20 ч.)

Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Вид СРС: Задача (практическое задание) (18 ч.)

Средство оценки умения применять полученные теоретические знания в практической ситуации. Задача (задание) должна быть направлена на оценивание тех компетенций, которые подлежат освоению в данной дисциплине, должна содержать четкую инструкцию по выполнению или алгоритм действий.

Вид СРС: Доклад, сообщение (подготовка) (10 ч.)

Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной темы.

### **7. Тематика курсовых работ(проектов)**

Курсовые работы (проекты) по дисциплине не предусмотрены.

## **8. Фонд оценочных средств для текущего контроля и промежуточной аттестации**

### **8.1. Компетенции и этапы формирования**

| Коды компетенций | Этапы формирования        |                |  |
|------------------|---------------------------|----------------|--|
|                  | Курс, семестр             | Форма контроля | Разделы дисциплины                                     |
| ПК-2             | 1 курс,<br>Первый семестр | Зачет          | Раздел 1:<br>Общие сведения о трансформаторах теплоты. |
| ПК-2             | 1 курс,<br>Первый семестр | Зачет          | Раздел 2:<br>Виды систем трансформации теплоты.        |

### **8.2. Показатели и критерии оценивания компетенций, шкалы оценивания**

В рамках изучаемой дисциплины студент демонстрирует уровни овладения компетенциями:

Повышенный уровень:

Достигнутый уровень оценки результатов обучения является основой для формирования компетенций, соответствующих требованиям ФГОС. Обучающиеся способны использовать сведения из различных источников для успешного исследования и поиска решения в нестандартных практико-ориентированных ситуациях.

Базовый уровень:

Обучающиеся продемонстрировали результаты на уровне осознанного владения знаниями, умениями, навыками. Обучающиеся способны анализировать, проводить сравнение и обоснование выбора методов решения заданий в практико-ориентированных ситуациях.

#### Пороговый уровень:

Достигнутый уровень оценки результатов обучения показывает, что обучающиеся обладают необходимой системой знаний и владеют некоторыми умениями по дисциплине. Обучающиеся способны понимать и интерпретировать освоенную информацию, что является основой успешного формирования умений и навыков для решения практико-ориентированных задач.

#### Уровень ниже порогового:

Результаты обучения свидетельствуют об усвоении ими некоторых элементарных знаний основных вопросов по дисциплине. Допущенные ошибки и неточности показывают, что студенты не овладели необходимой системой знаний по дисциплине.

| Уровень сформированности компетенции | Шкала оценивания для промежуточной аттестации |            |
|--------------------------------------|---|------------|
|                                      | Экзамен<br>(дифференцированный зачет)         | Зачет      |
| Повышенный                           | 5 (отлично)                                   | зачтено    |
| Базовый                              | 4 (хорошо)                                    | зачтено    |
| Пороговый                            | 3 (удовлетворительно)                         | зачтено    |
| Ниже порогового                      | 2 (неудовлетворительно)                       | не зачтено |

#### Критерии оценки знаний студентов по дисциплине

##### Оценка Не зачтено:

Полнота знаний: уровень знаний ниже минимальных требований, имели место грубые ошибки.

Наличие умений: при решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имели место грубые ошибки.

Наличие навыков (владение опытом): при решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки, имели место грубые ошибки.

Характеристика сформированности компетенций:

- компетенция в полной мере не сформирована;
- имеющихся знаний, умений, навыков недостаточно для решения практических (профессиональных) задач.

Уровень сформированности компетенций: низкий.

##### Оценка Зачтено:

Полнота знаний: не ниже минимально допустимого уровня знаний, возможен допуск множества негрубых ошибок.

Наличие умений: умения сформированы не ниже демонстрации основных умений, решения типовых задач с негрубыми ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме.

Наличие навыков (владение опытом): как минимум имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.

Характеристика сформированности компетенций:

- сформированность компетенции не ниже минимальных требований;
- имеющихся знаний, умений, навыков как минимум достаточно для решения практических (профессиональных) задач, возможно требуется дополнительная практика по большинству практических задач.

Уровень сформированности компетенций: минимальный уровень ниже среднего.

### 8.3. Типовые вопросы, задания текущего контроля

Раздел 1: Общие сведения о трансформаторах теплоты

ПК-2 Способен разрабатывать мероприятия по совершенствованию технологии производства



1. Рассчитать и по полученным данным построить график изменения коэффициента работоспособности тепла в зависимости от температуры  $T$  в интервале от  $\infty$  до  $0$  К. За температуру окружающей среды  $T_{0.c}$  принять  $293$  К. Для расчета целесообразно задаться следующими значениями  $T = 106; 105; 103; 5 \cdot 103; 3 \cdot 103; 103; 800; 600; 400; 200; 150; 100; 50; 30; 10; 5; 3; 2; 1; 0,1$  К.

2. Составить тепловой и эксергетический балансы системы, производящей холод при температуре  $-20$  °С в количестве  $Q_0 = 25$  кВт, и определить ее КПД, если известно, что потребляемая мощность  $N = 12,5$  кВт. Из системы отводится энергия  $Q_T$  в виде тепла с коэффициентом работоспособности  $tq = 0,032$ .

3. Определить, во сколько раз уменьшится работа в идеальном теплонасосном цикле, производящем тепло на уровне  $80$  °С, если температура теплоотдатчика изменяется с  $293$  до  $303$  К.

4. Определить приращение удельного расхода эксергии в идеальных теплонасосных установках в зависимости от изменения температуры теплоприемника  $T_v$  в диапазоне от  $293$  до  $106$  К при  $T_n = T_{0.c} = 293$  К.

5. Определить, насколько уменьшилась удельная эксергия потока хладагента R-12, который в теплообменном аппарате при давлении  $0,425$  МПа охлаждается  $t_1 = 55$  °С до  $t_2 = 20$  °С.

6. Определение коэффициента работоспособности теплоты.

7. Расчет эксергии теплоты и потерь эксергии.

8. Составление эксергетического баланса системы.

9. Определение параметров хладагента по диаграммам.

10. Определение параметров хладагента по термодинамическим таблицам.

11. Коэффициент работоспособности теплоты, зависимость коэффициента от температуры.

12. Какие требования предъявляются к термодинамическим свойствам хладагентов?

## Раздел 2: Виды систем трансформации теплоты

ПК-2 Способен разрабатывать мероприятия по совершенствованию технологии производства

1. Рассчитать схему аммиачной одноступенчатой холодильной установки с охладителем хладагента (рис. 2.3): холодопроизводительность  $Q_0 = 60000$  ккал/ч =  $69,75$  кВт; температура хладоносителя на входе в испаритель  $t_{n1} = -8$  °С и на выходе из него  $t_{n2} = -15$  °С; температура охлаждающей воды на входе в конденсатор  $t_{v2} = +20$  °С и выходе из него  $t_{v1} = 25$  °С. Конечная минимальная разность температур в конденсаторе  $\Delta t_k = 5$  °С и в испарителе  $\Delta t_n = 3$  °С. В охладитель хладагента подается артезианская вода в количестве  $G_v = 0,5$  т/ч =  $0,139$  кг/с с температурой  $t_{пo2} = 6$  °С; минимальная разность температур в охладителе  $\Delta t_{пo} = 4$  °С. По параметрам в характерных точках, полученных в результате расчета схемы, составить эксергетический баланс установки, определить потери эксергии в отдельных элементах установки и КПД.

2. Рассчитать схему одноступенчатого парокомпрессионного теплового насоса (рис. 2.10) с теплопроизводительностью  $Q_v = 46,5$  кВт. В качестве источника тепла низкого потенциала используется речная вода с температурой на входе в испаритель  $t_{n1} = 10$  °С и на выходе из него  $t_{n2} = 6$  °С. Температура воды на входе в охладитель  $t_{пo} = 35$  °С, а на выходе из конденсатора  $t_{v1} = 70$  °С. Рабочий агент в установке – хладон R-21.

3. Определить экономию топлива при использовании теплонасосной установки для отопления вместо котельной. Тепловая нагрузка  $Q_v = 11\,600$  кВт ( $41,9$  ГДж/ч) при температуре воды в подающем трубопроводе  $t_i = 80$  °С. Коэффициент трансформации теплового насоса  $\mu = 3$ ; КПД электросетей  $\eta_k = 0,95$ ; КПД котельной  $\eta_k = 0,85$ .

4. Температура низкотемпературного теплоотдатчика в компрессионной теплонасосной установке  $t_0 = -5$  °С, температура конденсации  $t_k = 80$  °С; КПД установки  $\eta_{т.н} = 0,45$ . Определить коэффициент трансформации и удельный расход электроэнергии на единицу полученного тепла.

5. Рассчитать и построить график зависимости эксергетического КПД и холодильного коэффициента паровой компрессионной установки от температуры конденсации  $t_k$ . Принять  $t_0 = t_n = -200^\circ\text{C}$ . Внутренний адиабатный и электромеханический КПД компрессора равны  $\eta_i=0,8$  и  $\eta_{эм}= 0,9$ . Холодильный агент – хладон R-12. Результаты расчета свести в таблицу, аналогичную представленной в предыдущей задаче. Диапазон по  $t_k$  принять от  $22$  до  $52^\circ\text{C}$  с шагом  $5^\circ\text{C}$ . Температура окружающей среды  $293\text{ K}$ .

6. Характерные параметры парокомпрессорных ТТ, их расчет.
7. Эксергетический анализ эффективности работы ПКТТ.
8. Характерные параметры теплонасосных установок, их расчет.
9. Характерные параметры абсорбционных холодильных установок, их расчет.
10. Характерные параметры газовых трансформаторов тепла, их расчет.
11. Принципиальная схема 2-х- каскадного парокомпрессорного ТТ.
12. Цикл парокомпрессионного ТТ в P-I- диаграмме.
13. Цикл парокомпрессионного ТТ в T-S- диаграмме.

#### **8.4. Вопросы промежуточной аттестации**

##### **Первый семестр (Зачет, ПК-2)**

1. Трансформаторы тепла, их назначение и обязательное условие функционирования
2. Классификация процессов повышения потенциала тепла
3. Рефрижераторы, теплонасосные установки и комбинированные установки
4. Температурные зоны и теплоприемники ТТ
5. Обратные термодинамические циклы R, H, RH и их отличие от эталона
6. Назначение рефрижераторных установок, криогенных систем, теплонасосных и комбинированных ТТ
7. Классификация трансформаторов тепла
8. Принцип работы компрессионных установок, их классификации.
9. Принцип работы абсорбционных установок
10. Назначение каскадных и регенеративных ТТ
11. Внутренние и внешние потери, энергетический и эксергетический балансы системы
12. Виды энергии используемые при трансформации тепла и эксергия
13. Коэффициент работоспособности тепла и его зависимость от температуры
14. Диаграмма эксергия-энтальпия ( $e-i$ ) для веществ с различными физическими свойствами (схема)
15. Эксергетический баланс системы. Эксергетический и энергетический баланс механического ТТ и его анализ
16. Принципиальная схема и работа парожидкостного компрессионного ТТ
17. Характерные энергетические зоны в низкотемпературной области
18. Вещества применяемые в качестве рабочих тел в термомеханических ТТ
19. Основные параметры термодинамических свойств хладагентов, требования к ним
20. Эксергетический анализ парокомпрессионного ТТ
21. Основные отличия схемы и процесса работы парожидкостного компрессионного ТТ от схемы идеальной установки
22. Методика расчета одноступенчатых ТТ
23. Методика расчета теплонасосных установок
24. Принцип действия идеальных абсорбционных установок
25. Удельный расход тепла в идеальных абсорбционных установках
26. Методика расчета абсорбционных ТТ
27. Типы струйных ТТ
28. Принципиальная схема струйного компрессора
29. Методика расчета парожеткторных ТТ

### **8.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Контроль знаний студентов по дисциплине проводится в устной и письменной форме, предусматривает текущий и промежуточный контроль. Методы контроля: - тестовая форма контроля; - устная форма контроля – опрос и общение с аудиторией по поставленной задаче в устной форме; - решение определенных заданий (задач) по теме практического материала в конце практического занятия, в целях эффективности усвояемости материала на практике. - поощрение индивидуальных заданий, в которых студент проработал самостоятельно большое количество дополнительных источников литературы. Текущий контроль предусматривает устную форму опроса студентов и письменный экспресс-опрос по окончании изучения каждой темы.

## **9. Перечень учебной литературы**

1. Основы трансформации теплоты [Электронный ресурс]: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению «Теплотехника и теплоэнергетика» очной и заочной форм обучения, сост. Артамонова Л. П. - Ижевск: РИО Ижевская ГСХА, 2021. - 128 с. - Режим доступа: <http://portal.udsau.ru/index.php?q=docs&download=1&id=43734>; <https://e.lanbook.com/book/209039>; <https://lib.rucont.ru/efd/788568/info>
2. Белозерцев В. Н. Теплоэнергетическое оборудование [Электронный ресурс]: электронное учебное пособие, - Самара: СГАУ, 2011. - 51 с. - Режим доступа: <https://lib.rucont.ru/efd/229992/info>
3. Скаков С. В. Техническая термодинамика [Электронный ресурс]: курс лекций для студентов-бакалавров по направлению "Металлургия" профиль "Теплофизика, автоматизация и экология промышленных печей", - Липецк: ЛПГУ, 2014. - 113 с. - Режим доступа: <https://lib.rucont.ru/efd/336123/info>

## **10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет**

1. <http://elib.udsau.ru/> - библиотека электронных учебных пособий Удмуртского ГАУ
2. <http://portal.udsau.ru> - Интернет-портал Удмуртского ГАУ
3. <http://ebs.rgazu.ru> - ЭБС AgriLib
4. <http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека E-library
5. <http://lib.rucont.ru> - ЭБС «Руконт»
6. <https://e.lanbook.com> - ЭБС «Лань»

## **11. Методические указания обучающимся по освоению дисциплины (модуля)**

Перед изучением дисциплины студенту необходимо ознакомиться с рабочей программой дисциплины, изучить перечень рекомендуемой литературы, приведенной в рабочей программе дисциплины. Для эффективного освоения дисциплины рекомендуется посещать все виды занятий в соответствии с расписанием и выполнять все домашние задания в установленные преподавателем сроки. В случае пропуска занятий по уважительным причинам, необходимо получить у преподавателя индивидуальное задание по пропущенной теме. Полученные знания и умения в процессе освоения дисциплины студенту рекомендуется применять для решения

задач, не обязательно связанных с программой дисциплины. Владение компетенциями дисциплины в полной мере будет подтверждаться Вашим умением ставить конкретные задачи, выявлять существующие проблемы, решать их и принимать на основе полученных результатов оптимальные решения. Основными видами учебных занятий для студентов по учебной дисциплине являются: занятия лекционного типа, занятия семинарского типа и самостоятельная работа студентов.

| Формы работы           | Методические указания для обучающихся  |
|------------------------|--|
| Лекционные занятия     | <p>Работа на лекции является очень важным видом деятельности для изучения дисциплины, т.к. на лекции происходит не только сообщение новых знаний, но и систематизация и обобщение накопленных знаний, формирование на их основе идейных взглядов, убеждений, мировоззрения, развитие познавательных и профессиональных интересов.</p> <p>Краткие записи лекций (конспектирование) помогает усвоить материал. Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Конспект лучше подразделять на пункты, параграфы, соблюдая красную строку. Принципиальные места, определения, формулы следует сопровождать замечаниями: «важно», «особо важно», «хорошо запомнить» и т.п. Прослушивание и запись лекции можно производить при помощи современных устройств (диктофон, ноутбук, нетбук и т.п.).</p> <p>Работая над конспектом лекций, всегда следует использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор, в том числе нормативно-правовые акты соответствующей направленности. По результатам работы с конспектом лекции следует обозначить вопросы, термины, материал, который вызывают трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на занятии семинарского типа.</p> <p>Лекционный материал является базовым, с которого необходимо начать освоение соответствующего раздела или темы.</p> |
| Лабораторные занятия   | <p>При подготовке к занятиям и выполнении заданий студентам следует использовать литературу из рекомендованного списка, а также руководствоваться указаниями и рекомендациями преподавателя.</p> <p>Перед каждым занятием студент изучает план занятия с перечнем тем и вопросов, списком литературы и домашним заданием по вынесенному на занятие материалу.</p> <p>Студенту рекомендуется следующая схема подготовки к занятию и выполнению домашних заданий:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- проработать конспект лекций;</li> <li>- проанализировать литературу, рекомендованную по изучаемому разделу (модулю);</li> <li>- изучить решения типовых задач (при наличии);</li> <li>- решить заданные домашние задания;</li> <li>- при затруднениях сформулировать вопросы к преподавателю.</li> </ul> <p>В конце каждого занятия типа студенты получают «домашнее задание» для закрепления пройденного материала. Домашние задания необходимо выполнять к каждому занятию. Сложные вопросы можно вынести на обсуждение на занятии семинарского типа или на индивидуальные консультации.</p>  |
| Самостоятельная работа | <p>Самостоятельная работа студентов является составной частью их учебной работы и имеет целью закрепление и углубление полученных знаний, умений и навыков, поиск и приобретение новых знаний.</p>   |

|                             |   |
|-----------------------------|---|
|                             | <p>Самостоятельная работа студентов включает в себя освоение теоретического материала на основе лекций, рекомендуемой литературы; подготовку к занятиям семинарского типа в индивидуальном и групповом режиме. Советы по самостоятельной работе с точки зрения использования литературы, времени, глубины проработки темы и др., а также контроль за деятельностью студента осуществляется во время занятий.</p> <p>Целью преподавателя является стимулирование самостоятельного, углублённого изучения материала курса, хорошо структурированное, последовательное изложение теории на занятиях лекционного типа, отработка навыков решения задач и системного анализа ситуаций на занятиях семинарского типа, контроль знаний студентов.</p> <p>Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, сформулируйте вопросы и обратитесь на текущей консультации или на ближайшей лекции за помощью к преподавателю.</p> <p>Помимо самостоятельного изучения материалов по темам к самостоятельной работе обучающихся относится подготовка к практическим занятиям, по результатам которой представляется отчет преподавателю и проходит собеседование.</p> <p>При самостоятельной подготовке к практическому занятию обучающийся:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- организует свою деятельность в соответствии с методическим руководством по выполнению практических работ;</li> <li>- изучает информационные материалы;</li> <li>- подготавливает и оформляет материалы практических работ в соответствии с требованиями.</li> </ul> <p>В результате выполнения видов самостоятельной работы происходит формирование компетенций, указанных в рабочей программы дисциплины (модуля).</p> |
| <p>Практические занятия</p> | <p>Формы организации практических занятий определяются в соответствии со специфическими особенностями учебной дисциплины и целями обучения. Ими могут быть: выполнение упражнений, решение типовых задач, решение ситуационных задач, занятия по моделированию реальных условий, деловые игры, игровое проектирование, имитационные занятия, выездные занятия в организации (предприятия), занятия-конкурсы и т.д. При устном выступлении по контрольным вопросам семинарского занятия студент должен излагать (не читать) материал выступления свободно.</p> <p>Необходимо концентрировать свое внимание на том, что выступление должно быть обращено к аудитории, а не к преподавателю, т.к. это значимый аспект формируемых компетенций.</p> <p>По окончании семинарского занятия обучающемуся следует повторить выводы, полученные на семинаре, проследив логику их построения, отметив положения, лежащие в их основе. Для этого обучающемуся в течение семинара следует делать пометки. Более того, в случае неточностей и (или) непонимания какого-либо вопроса пройденного материала обучающемуся следует обратиться к преподавателю для получения необходимой консультации и разъяснения возникшей ситуации.</p> <p>При подготовке к занятиям студентам следует использовать литературу из рекомендованного списка, а также руководствоваться указаниями и рекомендациями преподавателя.</p>   |

|  |   |
|--|---|
|  | <p>Перед каждым занятием студент изучает план занятия с перечнем тем и вопросов, списком литературы и домашним заданием по вынесенному на занятие материалу.</p> <p>Студенту рекомендуется следующая схема подготовки к занятию и выполнению домашних заданий:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- проработать конспект лекций;</li> <li>- проанализировать литературу, рекомендованную по изучаемому разделу (модулю);</li> <li>- изучить решения типовых задач (при наличии);</li> <li>- решить заданные домашние задания;</li> <li>- при затруднениях сформулировать вопросы к преподавателю.</li> </ul> <p>В конце каждого занятия студенты получают «домашнее задание» для закрепления пройденного материала. Домашние задания необходимо выполнять к каждому занятию. Сложные вопросы можно вынести на обсуждение на занятии или на индивидуальные консультации.</p> |
|--|---|

### **Описание возможностей изучения дисциплины лицами с ОВЗ и инвалидами**

Обучающимся с ограниченными возможностями здоровья предоставляются специальные учебники, учебные пособия и дидактические материалы, специальные технические средства обучения коллективного и индивидуального пользования, услуги ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь, а также услуги сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Освоение дисциплины (модуля) обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано совместно с другими обучающимися, а так же в отдельных группах.

Освоение дисциплины (модуля) обучающимися с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья.

В целях доступности получения высшего образования по образовательной программе лицами с ограниченными возможностями здоровья при освоении дисциплины (модуля) обеспечивается:

1) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению:

- присутствие ассистента, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (помогает занять рабочее место, передвигаться, прочесть и оформить задание, в том числе, записывая под диктовку),
- письменные задания, а также инструкции о порядке их выполнения оформляются увеличенным шрифтом,
- специальные учебники, учебные пособия и дидактические материалы (имеющие крупный шрифт или аудиофайлы),
- индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс,
- при необходимости студенту для выполнения задания предоставляется увеличивающее устройство;

2) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху:

- присутствие ассистента, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (помогает занять рабочее место, передвигаться, прочесть и оформить задание, в том числе, записывая под диктовку),
- обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости обучающемуся предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;
- обеспечивается надлежащими звуковыми средствами воспроизведения информации;

3) для лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата (в том числе с тяжелыми нарушениями двигательных функций верхних конечностей или отсутствием верхних конечностей):

- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением или надиктовываются ассистенту;
- по желанию обучающегося задания могут выполняться в устной форме.

## **12. Перечень информационных технологий**

Информационные технологии реализации дисциплины включают

### **12.1 Программное обеспечение**

1. Операционная система: Microsoft Windows 10 Professional. По подписке для учебного процесса. Последняя доступная версия программы. Astra Linux Common Edition. Договор №173-ГК/19 от 12.11.2019 г.
2. Базовый пакет программ Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint). Microsoft Office Standard 2016. Бессрочная лицензия. Договор №79-ГК/16 от 11.05.2016. Microsoft Office Standard 2013. Бессрочная лицензия. Договор №0313100010014000038-0010456-01 от 11.08.2014. Microsoft Office Standard 2013. Бессрочная лицензия. Договор №26 от 19.12.2013. Microsoft Office Professional Plus 2010. Бессрочная лицензия. Договор №106-ГК от 21.11.2011. Р7-Офис. Договор №173-ГК/19 от 12.11.2019 г.

### **12.2 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

1. Информационно-справочная система (справочно-правовая система) «Консультант плюс». Соглашение № ИКП2016/ЛСВ 003 от 11.01.2016 для использования в учебных целях бессрочное. Обновляется регулярно. Лицензия на все компьютеры, используемые в учебном процессе.
2. Профессиональные базы данных на платформе 1С: Предприятие с доступными конфигурациями (1С: ERP Агропромышленный комплекс 2, 1С: ERP Энергетика, 1С: Бухгалтерия молокозавода, 1С: Бухгалтерия птицефабрики, 1С: Бухгалтерия элеватора и комбикормового завода, 1С: Общепит, 1С: Ресторан. Фронт-офис). Лицензионный договор № Н8775 от 17.11.2020 г.

## **13. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)**

Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Оснащение аудиторий

1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Аудитория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории
2. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (практических занятий). Аудитория, укомплектованная специализированной мебелью, компьютерами с необходимым программным обеспечением, выходом в «Интернет» и корпоративную сеть университета
4. Помещение для самостоятельной работы. Помещение оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.
5. Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.