

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "ИЖЕВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ"**

Рег. № 000004163



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной и воспитательной работе

С.Л. Воробьева

Кафедра энергетики и электротехнологии

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Наименование дисциплины (модуля): Преобразование тепловой энергии

Уровень образования: Магистратура

Направление подготовки: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль подготовки: Энергетика теплотехнологии

Очная, заочная, очно-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 30.08.2022 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:

- овладение основными закономерностями и уравнениями законов термодинамики;;
- научиться применять уравнения и справочную литературу для расчёта термодинамического состояния вещества;;
- научиться рассчитывать термодинамические циклы тепловых машин;;
- научиться рассчитывать термодинамические циклы холодильных машин;;
- оценивать термодинамические процессы в циклах установок возобновляемых источников энергии..

## 2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Преобразование тепловой энергии» относится к части учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений.

Дисциплина изучается на 1 курсе, в 1 семестре.

Изучению дисциплины «Преобразование тепловой энергии» предшествует освоение дисциплин (практик):

Компьютерные технологии в теплоэнергетике.

Освоение дисциплины «Преобразование тепловой энергии» является необходимой основой для последующего изучения дисциплин (практик):

Автоматизированные системы и комплексы в теплоэнергетике;

Проблемы энерго и ресурсосбережения в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологиях;

Современные проблемы теплоэнергетики, теплотехники и теплотехнологий;

Теплообменные процессы и установки;

Проектирование энергосистем;

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>30</b>	<b>30</b>
Практические занятия	24	24
Лекционные занятия	6	6
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>78</b>	<b>78</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>16</b>	<b>16</b>		
Практические занятия	12	12		
Лекционные занятия	4	4		
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>88</b>	<b>56</b>	<b>32</b>	
<b>Виды промежуточной аттестации</b>	<b>4</b>		<b>4</b>	
Зачет	4		4	
<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>	

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

Вид учебной работы	Всего часов	Первый триместр	Второй триместр	Третий триместр
<b>Контактная работа (всего)</b>	<b>20</b>	<b>20</b>		
Практические занятия	12	12		
Лекционные занятия	8	8		
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>84</b>	<b>52</b>	<b>32</b>	
<b>Виды промежуточной аттестации</b>	<b>4</b>		<b>4</b>	
Зачет	4		4	
<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>6</b>	<b>24</b>		<b>78</b>
<b>Раздел 1</b>	<b>Термодинамические циклы преобразования тепловой энергии</b>	<b>49</b>	<b>4</b>	<b>10</b>		<b>35</b>
Тема 1	Прямые термодинамические циклы преобразователей теплоты	15	1	4		10
Тема 2	Обратные термодинамические циклы преобразователей теплоты	13	1	2		10
Тема 3	Методы анализа термодинамических циклов	21	2	4		15
<b>Раздел 2</b>	<b>Виды систем преобразования теплоты</b>	<b>59</b>	<b>2</b>	<b>14</b>		<b>43</b>
Тема 4	Теплосиловые газовые циклы	20	1	4		15
Тема 5	Теплосиловые паровые циклы	20	1	4		15
Тема 6	Циклы холодильных машин и тепловых насосов	19		6		13

### Содержание дисциплины (очное обучение)

Номер темы	Содержание темы
Тема 1	Прямые газовые и паровые циклы. Прямой цикл в термодинамических диаграммах. Обратимые и необратимые циклы. Термический КПД цикла. Внутренний относительный КПД цикла.
Тема 2	Обратные газовые и паровые циклы. Реальные и идеальные обратные циклы. Показатели эффективности обратных циклов. Основные характеристики обратного цикла.
Тема 3	Методы анализа эффективности циклов. Методы сравнения термических КПД обратимых циклов. Метод КПД при сравнении необратимых циклов. Эксергетический метод анализа эффективности тепловых установок. Энергетический и эксергетический анализы работы холодильных машин.
Тема 4	Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания. Принцип работы ДВС поршневого типа. Циклы газотурбинных установок. Простейшие схемы ГТУ. Цикл ГТУ с регенерацией. Реальные (не-обратимые) и идеальные(обратимые) циклы ДВС. Основные характеристики циклов. Методика расчета циклов. Энергетический и эксергетический анализы циклов.
Тема 5	Цикл Ренкина с перегревом пара. Анализ цикла Ренкина с учетом потерь от необратимости. Цикл с промежуточным перегревом пара. Регенеративный цикл. Бинарные циклы. Теплофикационные циклы. Энергетический и эксергетический анализы циклов ПСУ.
Тема 6	Принципиальные схемы и циклы одноступенчатых парокompрессионных ХМ. Многоступенчатые парокompрессионные установки. Каскадные парокompрессионные ХМ. Работа парокompрессионных трансформаторов в режиме теплонасосных установок. Использование ТНУ в системах теплоснабжения. Принцип работы и циклы газовых компрессионных ХМ. Схемы и принцип работы струйных ХМ. Пароэжекторные ХМ. Вихревые ХМ. Особенности абсорбционных ХМ. Основные энергетические показатели работы ХМ и ТНУ. Методика расчета ХМ и ТНУ.

### 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>Термодинамические циклы преобразования тепловой энергии</b>	<b>51</b>	<b>2</b>	<b>6</b>		<b>43</b>
Тема 1	Прямые термодинамические циклы преобразователей теплоты	16,5	0,5	1		15
Тема 2	Обратные термодинамические циклы преобразователей теплоты	14,5	0,5	1		13
Тема 3	Методы анализа термодинамических циклов	20	1	4		15
<b>Раздел 2</b>	<b>Виды систем преобразования теплоты</b>	<b>53</b>	<b>2</b>	<b>6</b>		<b>45</b>
Тема 4	Теплосиловые газовые циклы	18	1	2		15
Тема 5	Теплосиловые паровые циклы	18	1	2		15
Тема 6	Циклы холодильных машин и тепловых насосов	17		2		15

На промежуточную аттестацию отводится 4 часов.

### Содержание дисциплины (заочное обучение)

Номер темы	Содержание темы
Тема 1	Прямые газовые и паровые циклы. Прямой цикл в термодинамических диаграммах. Обратимые и необратимые циклы. Термический КПД цикла. Внутренний относительный КПД цикла.
Тема 2	Обратные газовые и паровые циклы. Реальные и идеальные обратные циклы. Показатели эффективности обратных циклов. Основные характеристики обратного цикла.
Тема 3	Методы анализа эффективности циклов. Методы сравнения термических КПД обратимых циклов. Метод КПД при сравнении необратимых циклов. Эксергетический метод анализа эффективности тепловых установок. Энергетический и эксергетический анализы работы холодильных машин.
Тема 4	Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания. Принцип работы ДВС поршневого типа. Циклы газотурбинных установок. Простейшие схемы ГТУ. Цикл ГТУ с регенерацией. Реальные (не-обратимые) и идеальные(обратимые) циклы ДВС. Основные характеристики циклов. Методика расчета циклов. Энергетический и эксергетический анализы циклов.
Тема 5	Цикл Ренкина с перегревом пара. Анализ цикла Ренкина с учетом потерь от необратимости. Цикл с промежуточным перегревом пара. Регенеративный цикл. Бинарные циклы. Теплофикационные циклы. Энергетический и эксергетический анализы циклов ПСУ.

Тема 6	Принципиальные схемы и циклы одноступенчатых парокompрессионных ХМ. Многоступенчатые парокompрессионные установки. Каскадные парокompрессионные ХМ. Работа парокompрессионных трансформаторов в режиме теплонасосных установок. Ис-пользование ТНУ в системах теплоснабжения. Принцип работы и циклы газовых компрессионных ХМ. Схемы и принцип работы струйных ХМ. Пароэжекторные ХМ. Вихревые ХМ. Особенности абсорбционных ХМ. Основные энергетические показатели работы ХМ и ТНУ. Методика расчета ХМ и ТНУ.
--------	--

### Тематическое планирование (очно-заочное обучение)

Номер темы/раздела	Наименование темы/раздела	Всего часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа
	<b>Всего</b>	<b>104</b>	<b>8</b>	<b>12</b>		<b>84</b>
<b>Раздел 1</b>	<b>Термодинамические циклы преобразования тепловой энергии</b>	<b>49</b>	<b>4</b>	<b>6</b>		<b>39</b>
Тема 1	Прямые термодинами-ческие циклы преоб-разователей теплоты	15	1	2		12
Тема 2	Обратные термодина-мические циклы преоб-разователей теплоты	15	1	2		12
Тема 3	Методы анализа термо-динамических циклов	19	2	2		15
<b>Раздел 2</b>	<b>Виды систем преобразования теплоты</b>	<b>55</b>	<b>4</b>	<b>6</b>		<b>45</b>
Тема 4	Теплосиловые газовые циклы	19	2	2		15
Тема 5	Теплосиловые паровые циклы	19	2	2		15
Тема 6	Циклы холодильных машин и тепловых насосов	17		2		15

На промежуточную аттестацию отводится 4 часов.

### Содержание дисциплины (очно-заочное обучение)

Номер темы	Содержание темы
Тема 1	Прямые газовые и паровые циклы. Прямой цикл в термодинамических диаграммах. Обратимые и необратимые циклы. Термический КПД цикла. Внутренний относительный КПД цикла.
Тема 2	Обратные газовые и паровые циклы. Реальные и идеальные обратные циклы. Показатели эффективности обратных циклов. Основные характеристики обратного цикла.
Тема 3	Методы анализа эффективности циклов. Методы сравнения термических КПД обратимых циклов. Метод КПД при сравнении необратимых циклов. Эксергетический метод анализа эффективности тепловых установок. Энергетический и эксергетический анализы работы холодильных машин.

Тема 4	Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания. Принцип работы ДВС поршневого типа. Циклы газотурбинных установок. Простейшие схемы ГТУ. Цикл ГТУ с регенерацией. Реальные (не-обратимые) и идеальные(обратимые) циклы ДВС. Основные ха-рактеристики циклов. Методика расчета циклов. Энергетический и эксергетический анализы циклов.
Тема 5	Цикл Ренкина с перегревом пара. Анализ цикла Ренкина с учетом потерь от необратимости. Цикл с промежуточным перегревом па-ра. Регенеративный цикл. Бинарные циклы. Теплофикационные циклы. Энергетический и эксергетический анализы циклов ПСУ.
Тема 6	Принципиальные схемы и циклы одноступенчатых парокompрессионных ХМ. Многоступенчатые парокompрессионные установки. Каскадные парокompрессионные ХМ. Работа парокompрессионных трансформаторов в режиме теплонасосных установок. Ис-пользование ТНУ в системах теплоснабжения. Принцип работы и циклы газовых компрессионных ХМ. Схемы и принцип работы струйных ХМ. Пароэжекторные ХМ. Вихревые ХМ. Особенности абсорбционных ХМ. Основные энергетические показатели работы ХМ и ТНУ. Методика расчета ХМ и ТНУ.

## **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.izhgsha.ru/index.php?q=docs&download=1&id=43734>

2. Техническая термодинамика : учебно-методическое пособие к выполнению расчетно-графической работы для студентов, обучающихся по направлению «Теплоэнергетика и теплотехника», очной и заочной форм обучения / сост. Л. П. Артамонова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Ижевск : [б. и.], 2016. - 44 с. - URL: <http://portal.izhgsha.ru/index.php?q=docs&download=1&parent=12766&id=13178>

3. Лабораторный практикум по тепловым процессам : [ Электронный ресурс ] : учебное пособие / Е. П. Баруллин [и др.] ; ГОУ ВПО Ивановский гос. хим.-технол. ун-т. - Иваново : [б. и.], 2009. - on-line. - Систем. требования: Наличие подключения к локальной сети академии и к Интернет. - URL: <https://lib.rucont.ru/efd/142132/info>

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

#### **Первый семестр (78 ч.)**

Вид СРС: Деловая и/или ролевая игра (подготовка) (10 ч.)

Совместная деятельность группы обучающихся и преподавателя под управлением преподавателя с целью решения учебных и профессионально-ориентированных задач путем игрового моделирования реальной проблемной ситуации. Позволяет оценивать умение анализировать и решать типичные профессиональные задачи.

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

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

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.

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.

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

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

Вид СРС: Выполнение индивидуального задания (10 ч.)

Выполнение индивидуального задания предусматривает описание и расчет необходимого комплекса мероприятий по заданию преподавателя.

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

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

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: Контрольная работа (выполнение) (20 ч.)

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

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

#### **Всего часов самостоятельной работы (84 ч.)**

Вид СРС: Деловая и/или ролевая игра (подготовка) (10 ч.)

Совместная деятельность группы обучающихся и преподавателя под управлением преподавателя с целью решения учебных и профессионально-ориентированных задач путем игрового моделирования реальной проблемной ситуации. Позволяет оценивать умение

анализировать и решать типичные профессиональные задачи.

Вид СРС: Работа с рекомендуемой литературы (26 ч.)

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

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.

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.

### 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, Первый семестр	Зачет	Раздел 1: Термодинамические циклы преобразования тепловой энергии.
ПК-2	1 курс, Первый семестр	Зачет	Раздел 2: Виды систем преобразования 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 (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: Термодинамические циклы преобразования тепловой энергии

ПК-2 Способен разрабатывать мероприятия по совершенствованию технологии производства

1. Какие циклы называются обратимыми, какие необратимыми?
2. Какой показатель является характеристикой эффективности прямого цикла?
3. Нарисуйте идеальный обратный цикл Карно и опишите его.
4. Какой показатель является характеристикой эффективности обратного цикла?
5. Методы сравнения термических КПД обратимых циклов.
6. Потеря работоспособности системы. Уравнение Гюи-Стодолы.
7. Анализ эксергетического и энергетического балансов цикла.
8. Удельная эксергия в обратимом взаимодействии потока газа с окружающей средой
9. В воздушном двигателе воздух в количестве 1 кг расширяется от  $p_1 = 10$  ат до  $p_2 = 1$  ат. Расширение может произойти изотермически, адиабатно и политропно с показателем полит-ропы  $n = 1,2$ . Сравнить работы расширения и определить конечные параметры воздуха по этим трем процессам; начальная температура воздуха  $t_1 = 227$  °С. Представить процессы на диаграмме  $p, v$ .

10. Определить характер зависимости термического к. п. д. от степени сжатия  $\epsilon$  для цикла поршневого двигателя внутреннего сгорания с подводом тепла при  $v = \text{const}$ , изменяя  $\epsilon$  от 3 до 9. Показатель политропы  $n = 1,3$ .

Раздел 2: Виды систем преобразования теплоты

ПК-2 Способен разрабатывать мероприятия по совершенствованию технологии производства

1. Принцип работы и индикаторная диаграмма ДВС поршневого типа.
2. Принципиальная схема ГТУ. Расчет цикла ГТУ.
3. Принципиальная схема паросиловой установки, работающей по циклу Ренкина с промперегревом.
4. Цикл ПТУ в TS, PV, IS – диаграммах.
5. Цикл парокомпрессионной холодильной машины в P-I- диаграмме.
6. Принципиальная схема парокомпрессионной теплонасосной установки.
7. Цикл ГТУ с подводом теплоты при  $p = \text{const}$  характеризуется температурами  $t_a = 37^\circ\text{C}$  и  $t_z = 950^\circ\text{C}$ ; степень сжатия  $\pi=5$ , а начальное давление равно 1 ат. Сжатие воздуха производится осевым компрессором по адиабате. Определить работу компрессора, полную и полезную работу (работу цикла) турбины и термический к. п. д.
8. Определить экономию топлива при использовании теплонасосной установки для отопления вместо котельной. Тепловая нагрузка  $Q_w = 11\,600$  кВт (41,9 ГДж/ч) при температуре воды в подающем трубопроводе  $t_i = 80^\circ\text{C}$ . Коэффициент трансформации теплового насоса  $\mu=3$ ; КПД электросетей  $\eta_k = 0,95$ ; КПД котельной  $\eta_k = 0,85$ .
9. Температура низкотемпературного теплоотдатчика в компрессионной теплонасосной установке  $t_0 = -5^\circ\text{C}$ , температура конденсации  $t_k = 80^\circ\text{C}$ ; КПД установки  $\eta_{т.н.} = 0,45$ . Определить коэффициент трансформации и удельный расход электроэнергии на единицу полученного тепла.
10. 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 К.
11. Паротурбинная установка работает по циклу Ренкина при следующих параметрах пара: перед турбиной  $p_1 = 90$  кг/см<sup>2</sup> и  $t_1 = 535^\circ\text{C}$ ; давление в конденсаторе  $p_2=0,04$  кг/см<sup>2</sup>. Определить внешнюю работу турбины и питательного насоса, а также термический к. п. д. цикла с учетом и без учета работы насоса и относительную разность этих к. п. д.
12. Мощность четырехкратного двигателя внутреннего сгорания, работающего по циклу с подводом тепла в процессе  $p=\text{const}$ , равна 20 л. с. Диаметр цилиндра  $d=240$  мм, ход поршня  $h=340$  мм, число оборотов  $n=200$  об/мин. Определить среднее индикаторное давление.
13. Известно, что в цикле с подводом тепла в процессе  $p=\text{const}$  при начальных параметрах  $p_1=0,833 \cdot 10^5$  н/м<sup>2</sup> и  $t=25^\circ\text{C}$  подведенное тепло составляет 773,3 кдж/кг;  $\varepsilon = 14$ . Требуется определить термический к. п. д. и полезную работу за цикл, отнесенную к 1 кг рабочего тела. Рабочее тело обладает свойствами воздуха.
14. Определить среднюю температуру выхлопных газов двигателя внутреннего сгорания, работающего по циклу с подводом тепла при  $v=\text{const}$ , если параметры рабочего тела на входе в цилиндр  $p_1=0,97 \cdot 10^5$  н/м<sup>2</sup> и  $t_1=50^\circ\text{C}$ , а степень сжатия  $\varepsilon=6$ . В процессе подвода тепла рабочему телу сообщается  $q_v = 920$  кдж/кг тепла. Рабочее тело обладает свойствами воздуха. Теплоемкость считать не зависящей от температуры.
15. Сравнить работу и термический к.п.д. циклов ГТУ с подводом теплоты при  $p = \text{const}$  и  $v = \text{const}$  по следующим данным: начальное состояние воздуха в обоих циклах равно 1,2 бар и  $t_a = 27^\circ\text{C}$ ; степени сжатия в обоих циклах равны 6; для обоих циклов установлены одинаковые предельные температуры, равные 1300 $^\circ\text{C}$ . Определить мощности ГТУ, работающих по обоим циклам при расходе теплоты 120 000 кдж/мин. Оба цикла представить на  $p$ - $v$ - и  $T$ - $s$ -диаграммах.

#### 8.4. Вопросы промежуточной аттестации

##### Первый семестр (Зачет, ПК-2)

1. Нарисуйте графики прямого и обратного циклов и поясните работу установок, работающих по этим циклам.

2. Сравните обратимый и необратимый циклы, каким образом учитывается принцип необратимости?
3. Что такое внутренний адиабатный КПД установки? Как определяется внутренний КПД установки?
4. Показать методику энергетического анализа прямых циклов.
5. Показать методику энергетического анализа обратных циклов.
6. Как определить теоретическую и действительную работу, производимую в цикле?
7. В чем заключается энтропийный метод анализа циклов?
8. Что такое эксергия? Как определяется эксергия потока?
9. Что такое эксергия? Как определяется эксергия теплоты?
10. Организованная и неорганизованная энергии. Эксергия организованной энергии.
11. В чем заключается эксергетический метод анализа циклов?
12. В чем отличие эксергетического метода анализа для прямых и обратных циклов?
13. Составления энергетического баланса системы.
14. Поясните принцип работы ДВС поршневого типа.
15. Классификация ДВС поршневого типа. Показать индикаторные диаграммы ДВС разных типов.
16. Какова методика расчета и анализа циклов ДВС?
17. Принцип работы газотурбинных установок. Классификация ГТУ.
18. Как и для чего осуществляется регенерация теплоты в ГТУ?
19. Показать методику расчета и анализа эффективности работы ГТУ.
20. Показать циклы Карно и Ренкина без промперегрева. Каковы недостатки этих циклов.
21. Цикл Ренкина с промперегревом. Методика расчета и анализа эффективности цикла.
22. Цикл парожидкостных компрессионных холодильных машин на  $T$ ,  $s$ , и  $i$ - $s$  диаграммах.
23. Энергетический и эксергетический анализы ПКХМ.
24. Связь между затратой энергии и температурным уровнем источника тепла
25. Расчет и анализ циклов теплонасосных установок.

#### **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. Скаков, С. В. Техническая термодинамика : [ Электронный ресурс ] : курс лекций для студентов-бакалавров по направлению "Металлургия" профиль "Теплофизика, автоматизация и экология промышленных печей" / С. В. Скаков ; ФГБОУ ВПО Липецкий государственный технический ун-т. - Липецк : [б. и.], 2014. - on-line. - Систем. требования: Наличие подключения к локальной сети академии и к Интернет. - URL: <https://lib.rucont.ru/efd/336123/info>

2. Ануфриенко, О. С. Техническая термодинамика и тепломассообмен : [ Электронный ресурс] : учебное пособие / О. С. Ануфриенко ; ФГБОУ ВПО Оренбургский гос. ун-т. - Орск : Изд-во Орского гуманитарно-технологического института, 2011. - on-line : рис., табл. - Систем. требования: Наличие подключения к локальной сети академии и к Интернет ; Adobe Acrobat Reader. - URL: <https://lib.rucont.ru/efd/233740/info>

3. Белозерцев, В. Н. Теплоэнергетическое оборудование : [ Электронный ресурс] : электронное учебное пособие / В. Н. Белозерцев ; ФГБОУ ВПО Самарский гос. аэрокосмический ун-т им. С. П. Королева (Нац. исслед. ун-т). - Самара : [б. и.], 2011. - on-line. - Систем. требования: Наличие подключения к локальной сети академии и к Интернет. - URL: <https://lib.rucont.ru/efd/229992/info>

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

1. <http://elib.izhgsha.ru/> - ЭБС ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА
2. <http://portal.izhgsha.ru> - Интернет-портал ФГБОУ ВО «Ижевская ГСХА»
3. <http://lib.rucont.ru> - ЭБС «Руконт»
4. <http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека E-library
5. <https://e.lanbook.com> - ЭБС «Лань»
6. <http://ebs.rgazu.ru> - ЭБС AgriLib
7. [http://elibrary.ru/title\\_about.asp?id=28060](http://elibrary.ru/title_about.asp?id=28060) - Академия энергетики Издательский Дом "Президент-Нева"

#### 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	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>Краткие записи лекций (конспектирование) помогает усвоить материал. Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить 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>
<p>Лабораторные занятия</p>	<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>
<p>Самостоятельная работа</p>	<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> </ul>

- проанализировать литературу, рекомендованную по изучаемому разделу (модулю);
- изучить решения типовых задач (при наличии);
- решить заданные домашние задания;
- при затруднениях сформулировать вопросы к преподавателю.

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.

### **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) обучающимся с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано совместно с другими обучающимися, а так же в отдельных группах.

Освоение дисциплины (модуля) обучающимся 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, прочитать 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, прочитать 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. Подписка на 3 года. Договор № 9-БД/19 от 07.02.2019. 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.