



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический  
университет» (БГТУ)**

**Факультет энергетики и электроники**

*(наименование факультета/института)*

**Кафедра «Турбиностроение, электро и теплоэнергетика»**

*(наименование кафедры, ответственной за реализацию дисциплины)*

**УТВЕРЖДАЮ**

**Первый проректор по учебной  
работе и цифровизации**

**В.А. Шкаберин**

**«26» апреля 2024 г.**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**учебной дисциплины**

**«Термодинамика и теплообмен»**

*(наименование дисциплины)*

**13.03.03 Энергетическое машиностроение**

*(код и наименование специальности или направления подготовки)*

**Трубопроводный транспорт нефти, газа и нефтепродуктов**

*(направленность (профиль)/ специализация образовательной программы)*

**высшее образование – бакалавриат**

*(уровень образования)*

**бакалавр**

*(квалификация, присваиваемая по специальности или направлению подготовки)*

**очная**

*(форма обучения)*

**2024**

*(год набора)*

**Брянск 2024**

Рабочая программа учебной дисциплины  
«Термодинамика и тепломассообмен»

(наименование дисциплины)

13.03.03 Энергетическое машиностроение

(код и наименование специальности или направления подготовки)

Трубопроводный транспорт нефти, газа и нефтепродуктов

(направленность (профиль)/специализация образовательной программы)

**Разработал(и):**

доцент, к.т.н.

(должность, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

Р.А. Богданов

(И.О. Фамилия)

(должность, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

(И.О. Фамилия)

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
«Турбиностроение, электро и теплоэнергетика»

(наименование кафедры, ответственной за реализацию дисциплины)

«21» марта 2024 г., протокол № 3

Заведующий кафедрой

д.т.н., доцент

(ученая степень, ученое звание)

(подпись)

А.А. Пугачев

(И.О. Фамилия)

**Согласовано:**

Заведующий выпускающей кафедрой

«Трубопроводные транспортные системы»

(наименование выпускающей кафедры)

д.т.н., доцент

(ученая степень, ученое звание)

(подпись)

М.Г. Шалыгин

(И.О. Фамилия)

© Р.А. Богданов, 2024

© ФГБОУ ВО «Брянский государственный  
технический университет», 2024

## СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	5
1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	5
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ФГОС .....	5
3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	5
4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ .....	7
5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	7
5.1. Структура дисциплины.....	7
5.2. Распределение формируемых компетенций по разделам (темам) дисциплины.....	8
5.3. Лекции .....	9
5.4. Лабораторные работы .....	16
5.5. Практические занятия .....	17
5.6. Самостоятельная работа обучающихся .....	18
5.7. Организация текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся .....	26
6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....	26
7. РЕАЛИЗАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЙ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ И (ИЛИ) ДИСТАНЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	27
8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	28
8.1. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся .....	28
8.2. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины .....	28
8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при изучении дисциплины .....	31
8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и (или) информационных справочных систем .....	32
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	32
10. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ.....	32

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....	34
11.1. Методические материалы для педагогических работников .....	34
11.2. Методические материалы для обучающихся .....	36
12. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....	37
12.1. Виды и средства оценивания результатов освоения дисциплины .....	37
12.2. Шкала оценивания при текущем контроле успеваемости .....	37
12.3. Шкала оценивания при промежуточной аттестации обучающихся .....	39
12.4. Оценивание окончательных результатов обучения по дисциплине .....	40
12.5. Характеристика результатов обучения .....	40
12.6. Контрольно-измерительные материалы для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся .....	40
13. ВОСПИТАТЕЛЬНАЯ РАБОТА .....	41

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебная дисциплина «Термодинамика и тепломассообмен» (далее – дисциплина) ориентирована на формирование у обучающихся компетенций в рамках основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОПОП ВО) по направлению подготовки 13.03.03 Энергетическое машиностроение, профиль «Трубопроводный транспорт нефти, газа и нефтепродуктов».

### 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель** освоения дисциплины – получение знаний о фундаментальных законах осуществления тепловых процессов, методах анализа термодинамических систем и определения значений термодинамических характеристик процессов с однофазными и двухфазными рабочими телами постоянного и переменного состава, а также приобретение студентами знаний о видах и законах теплообмена в природе, аппаратах и агрегатах инженерных установок и систем, а также практического опыта в определении интенсивности процессов теплообмена.

**Задачи** дисциплины:

- овладеть основными понятиями технической термодинамики, терминологией, законами, основными термодинамическими процессами, протекающими в тепловых машинах.
- уметь пользоваться методами расчета термодинамических процессов и экспериментального определения свойств рабочих тел и теплоносителей.
- усвоить основные направления повышения эффективности тепловых машин и аппаратов.
- продемонстрировать алгоритм расчета основных термодинамических параметров, с использованием прикладного программного обеспечения, для определения показателей эффективности.
- привить способности к самостоятельному приобретению и использованию в практической деятельности новых знаний и умений.

### 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ФГОС

Дисциплина входит в обязательную часть учебного плана образовательной программы и реализуется на 3 курсе(-ах) в 5 семестре(-ах).

Предварительно изучаются дисциплины: «Высшая математика».

Параллельно изучаются дисциплины: «Физика».

Базируются на изучении дисциплины: «Химия нефти и газа».

### 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на формирование у обучающихся компетенций ОПК-3, представленных в таблице 1.

Таблица 1 – Требования к результатам освоения учебной дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы компетенций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
		знать	уметь	владеть
ОПК-3. Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	ОПК-3.1. Применяет математический аппарат аналитической геометрии, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления функции одной переменной; ОПК-3.2. Применяет математический аппарат теории функции нескольких переменных, теории функций комплексного переменного, теории рядов, теории дифференциальных уравнений; ОПК-3.3. Применяет математический аппарат теории вероятностей и математической статистики.	Фундаментальные законы природы в Земных условиях применительно к тепловым процессам, используемых человеком для своих потребностей; законы термодинамики и их физическую сущность; основные закономерности течения термодинамических процессов и преобразования энергии в теплоэнергетических установках и системах передачи или трансформации теплоты определённого назначения и при протекании химических реакций; методики определения параметров состояния веществ, и их смесей; закономерности течения термодинамических процессов и критерии оценки их эффективности.	Воспринимать, анализировать и обобщать информацию по теплоэнергетике и теплотехнике с позиций технической термодинамики; формулировать цель проблемы, связанной с расчётом и проектированием теплотехнологических установок и разрабатывать физическую модель происходящих в них процессов с позиций технической термодинамики; логически применять к рассматриваемым рабочим процессам в теплотехнологических установках основные законы термодинамики и выводить математическим путём относящиеся сюда закономерности; определять параметры состояния и свойства рабочих тел и оценивать их изменение при течении термодинамических процессов.	Методологией комплексного термодинамического анализа эффективности работы теплотехнологических систем и результатов профильных экспериментальных исследований.

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц(ы) (144 академических часа(-ов)). Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной работы и семестрам представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной работы и семестрам

Виды учебной работы в соответствии с учебным планом образовательной программы	Трудоемкость, час.												
	Всего	Семестр											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	А	В	С
<b>1. Контактная работа обучающихся с педагогическими работниками, в том числе:</b>	<b>64</b>	-	-	-	-	64	-	-	-	-	-	-	-
1.1. Лекции, час.	32	-	-	-	-	32	-	-	-	-	-	-	-
1.2. Лабораторные работы, час.	16	-	-	-	-	16	-	-	-	-	-	-	-
в том числе в форме практической подготовки													
1.3. Практические занятия, час.	16	-	-	-	-	16	-	-	-	-	-	-	-
в том числе в форме практической подготовки													
<b>2. Самостоятельная работа обучающихся, час.</b>	<b>44</b>	-	-	-	-	44	-	-	-	-	-	-	-
<b>3. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация обучающихся, в том числе:</b>	<b>36</b>												
3.1. Экзамен, семестр		5											
3.2. Зачет, семестр		-											
3.3. Зачет с оценкой, семестр		-											
3.4. Курсовой проект (контроль), семестр		-											
3.5. Курсовая работа (контроль), семестр		-											
3.6. Расчетно-графическая работа (контроль), семестр		-											
3.7. Контрольная работа (контроль), семестр		-											
<b>Общая трудоемкость (4 з.е.)</b>		144											

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 5.1. Структура дисциплины

Структура дисциплины представлена в виде тематического плана в таблице 3.

Таблица 3 – Тематический план дисциплины

Наименование раздела (темы) дисциплины	Трудоемкость, час.				
	Всего	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа
<b>Раздел 1. Законы термодинамики</b>	<b>38</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	–	<b>14</b>
Тема 1. Основные понятия и определения в термодинамике.	6	2	2	–	2
Тема 2. Первый закон термодинамики.	6	2	2	–	2
Тема 3. Термодинамика идеального газа.	6	2	2	–	2
Тема 4. Второй закон термодинамики.	6	2	2	–	2
Тема 5. Смеси идеальных газов. Смешивание газов.	6	2	2	–	2
Тема 6. Характеристические функции и дифференциальные уравнения термодинамики.	8	2	2	–	4
<b>Раздел 2. Термодинамика циклов паросиловых установок.</b>	<b>28</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	–	<b>14</b>
Тема 7. Паротурбинные установки (ПТУ).	6	2	2	–	2
Тема 8. Энергетические и газовые установки.	6	2	1	–	3
Тема 9. Термодинамика обратных циклов энергетических машин.	6	2	1	–	3
Тема 10. Работоспособность термодинамических систем.	5	2	–	–	3
Тема 11. Термодинамика систем с химическими превращениями.	5	2	–	–	3
<b>Раздел 3. Виды теплообмена.</b>	<b>42</b>	<b>10</b>	–	<b>16</b>	<b>16</b>
Тема 12. Основные понятия тепло- и массообмена	7	2	–	2	3
Тема 13. Стационарная теплопроводность	7	2	–	2	3
Тема 14. Стационарная теплоотдача (теплообмен при вынужденной конвекции)	9	2	–	4	3
Тема 15. Основы проектирования теплообменных аппаратов	9	2	–	4	3
Тема 16. Стационарный радиационно-конвективный теплообмен	10	2	–	4	4
<b>Итого</b>	<b>108</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>44</b>

## 5.2. Распределение формируемых компетенций по разделам (темам) дисциплины

Распределение формируемых компетенций по разделам дисциплины представлено в таблице 4.



Таблица 4 – Формирование компетенций по разделам дисциплины

Наименование раздела (темы) дисциплины	Код компетенции
	ОПК-3
Раздел 1. Законы термодинамики	+
Раздел 2. Термодинамика циклов паросиловых установок.	+
Раздел 3. Виды теплообмена.	+

### 5.3. Лекции

Перечень занятий лекционного типа, их содержание и трудоемкость представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Тематика и содержание лекций

Наименование темы дисциплины	Тема лекции	Содержание лекции	Трудоемкость, час.
Тема 1. Законы термодинамики	Тема 1. Основные понятия и определения в термодинамике.	Техническая термодинамика, как теоретическая основа теплоэнергетики. Предмет и методы термодинамики. Термодинамическая система и окружающая среда. Изолированная и неизолированная термодинамические системы. Термодинамическая характеристика состояния тел. Система единиц. Уравнения состояния. Понятие термодинамического процесса. Равновесные и неравновесные состояния и процессы. Интерпретация термического уравнения состояния в трёхмерной системе координат (термодинамическая поверхность). Графические представления и зависимости в термодинамике (плоские $p-v$ и $T-s$ системы координат).	2
	Тема 2. Первый закон термодинамики.	Энергетические характеристики термодинамической системы и термодинамического процесса. Физическая и энергетическая сущность теплоты, работы, внутренней энергии и энтальпии. Теплота и работа как функции процесса. Виды работ используемые при термодинамическом анализе сложных систем. Внутренняя энергия и энтальпия как функции состояния термодинамической системы. Формулировки закона сохранения и превращения энергии для произвольной и термодинамической систем. Аналитическое выражение первого закона термодинамики через внутреннюю энергию и энтальпию. Выражение первого закона тер-	2

Наименование темы дисципли- ны	Тема лекции	Содержание лекции	Трудоемкость, час.
		модинамики для процессов с трением.	
	Тема 3. Термодинамика идеального газа.	Схематизация явлений в термодинамике (понятие “идеального газа”). Уравнение Клапейрона. Понятие и физический смысл газовой постоянной. Уравнение состояния идеального газа. Универсальное уравнение состояния идеального газа. Нормальные физические условия и их назначение при оценке состояния рабочего тела. Аналитические выражения первого закона термодинамики для идеальных газов. Свойства внутренней энергии и энтальпии идеального газа. Методики расчёта количества теплоты. Понятие истинной и средней теплоёмкостей газа и методика их определения при помощи таблиц. Эмпирические формулы теплоёмкости газов. Свойства теплоёмкостей идеального газа. Связь между изохорной и изобарной теплоёмкостями идеального газа (закон Майера). Молекулярно-кинетическая теория теплоёмкости газов. Общие методы исследования процессов изменения состояния рабочих тел. Понятие политропного процесса. Уравнение политропного процесса. Взаимосвязь между параметрами состояния при протекании политропных процессов и методика оценки их энергетических показателей. Частные случаи политропных процессов. Термодинамический анализ политропных процессов. Способы определения показателя политропы для произвольного термодинамического процесса. Расчёт изменения температур и количеств тепла по таблицам энтальпии и внутренней энергии идеальных газов.	2
	Тема 4. Второй закон термодинамики.	Понятие замкнутого процесса (термодинамического цикла) и условия возможности его реализации. Сущность второго закона термодинамики и его формулировки. Прямые и обратные циклы. Критерии оценки эффективности прямых и обратных циклов. Обратимые и необратимые процессы и циклы. Термодинамический анализ замкнутых процессов. Условия для обеспечения максимальных показателей эффективности прямых и обратных циклов (цикл Карно)	2

Наименование темы дисципли- ны	Тема лекции	Содержание лекции	Трудоемкость, час.
		<p>и его анализ). Влияние природы рабочего тела на показатели эффективности прямых и обратных циклов (теорема Карно). Условия равновесной передачи энергии между телами с разной температурой и взаимопревращениями теплоты и работы.</p> <p>Понятие энтропии как функции состояния рабочего тела. Динамика изменения энтропии в изолированной термодинамической системе и деградация энергии. Принцип возрастания энтропии и физический смысл второго закона термодинамики. Аналитическое выражение второго закона термодинамики. Обобщение формулировок второго закона термодинамики и принципа возрастания энтропии. Взаимосвязь энтропии и термодинамической вероятности состояния системы. Статистическое толкование второго закона термодинамики. Пределы применимости второго закона термодинамики.</p> <p>Вычисление энтропии идеального газа для обратимых и необратимых процессов. Термодинамические тождества. Место энтропии в методиках анализа термодинамических процессов.</p> <p>Тепловая <math>T-s</math> диаграмма состояния газов и её свойства. Особенности изображения газовых процессов в <math>T-S</math>, <math>h-S</math> диаграммах. Термодинамические циклы в <math>T-S</math> диаграмме. Поведение термодинамических систем при температуре, стремящейся к абсолютному нулю.</p>	
	Тема 5. Смеси идеальных газов. Смешивание газов.	<p>Основные свойства и способы задания состава смесей идеальных газов. Соотношение между массовыми, объёмными и молярными долями газов в смеси. Методики вычисления молекулярной массы и газовой постоянной для газовой смеси. Вычисление парциальных давлений компонентов газовой смеси. Методика вычисления теплоёмкости, внутренней энергии, энтальпии и плотности газовой смеси. Особенности определения энтропии газовой смеси. Парадокс Гиббса.</p> <p>Способы смешивания газов. Методики определения основных параметров</p>	2

Наименование темы дисципли- ны	Тема лекции	Содержание лекции	Трудоемкость, час.
		состояния смеси идеальных газов при различных способах смешивания.	
	Тема 6. Характеристические функции и дифференциальные уравнения термодинамики.	Понятие термодинамического потенциала. Физический смысл термодинамических потенциалов. Взаимосвязь изменения термодинамических потенциалов и физического состояния системы. Характеристические функции термодинамики. Дифференциальные соотношения термодинамики и их приложение при анализе однородных и сложных систем. Дифференциальные уравнения для внутренней энергии, энтальпии и энтропии. Дифференциальные уравнения для удельных теплоёмкостей рабочих тел в процессах при постоянном объёме и давлении. Приложение дифференциальных уравнений к решению некоторых термодинамических задач.	2
Тема 2. Термодинамика циклов паросиловых установок.	Тема 7. Паротурбинные установки (ПТУ).	<p>Принципиальная схема и принцип работы паротурбинной установки. Цикл Карно и идеальный цикл Ренкина для паротурбинной установки в <math>p-v</math> и <math>T-s</math> диаграммах. Определение в общем виде энергетических показателей для рабочих процессов и оценка термического к.п.д. циклов. Сравнительный анализ цикла Карно и идеального цикла Ренкина. Действительный цикл ПТУ с необратимым адиабатным расширением пара. Методика расчёта термического к.п.д. цикла Ренкина по <math>h-s</math> диаграмме и по таблицам водяного пара. Возможности расширения рабочего процесса ПТУ за счёт изменения начальных и конечных параметров пара и влияние этих мероприятий на значение термического к.п.д. цикла.</p> <p>Цикл ПТУ со вторичным перегревом пара. Причины применения вторичного пара. Изображение цикла со вторичным перегревом пара в <math>T-s</math> и <math>h-s</math> диаграммах и оценка его термического к.п.д.</p> <p>Регенеративный цикл ПТУ. Обоснование целесообразности введения регенерации теплоты для повышения термического к.п.д. на примере условного предельно-регенеративного цикла ПТУ. Каскадная схема ПТУ с частичным регенеративным подогревом питательной</p>	2

Наименование темы дисципли- ны	Тема лекции	Содержание лекции	Трудоемкость, час.
		<p>воды и принцип её функционирования. Составление уравнений тепловых балансов подогревателей питательной воды. Определение потребных расходов пара для требуемого режима работы подогревателя. Выражение термического к.п.д. для регенеративного цикла ПТУ. Оптимальная температура подогрева питательной воды и максимальный КПД регенеративного цикла.</p> <p>Эксергетический и тепловой балансы паротурбинных установок.</p>	
	Тема 8. Энергетические и газовые установки.	<p><b>Комбинированные энергетические установки.</b></p> <p>Преимущества и недостатки водяного пара как рабочего тела. Понятие бинарного цикла. Принципиальная схема, теплоносители и рабочие процессы бинарной паротурбинной установки. Бинарный цикл и методика оценки его термического к.п.д.</p> <p><b>Ядерные энергетические установки (ЯЭУ).</b></p> <p>Процесс преобразования энергии в ЯЭУ. Теплоносители для ЯЭУ. Принципиальные схемы, рабочие процессы и циклы ЯЭУ. Методика оценки термического к.п.д. ЯЭУ. Сравнительный анализ эффективности типовых схем ЯЭУ. Перспективы применения бинарных циклов и газовых теплоносителей в ЯЭУ.</p> <p><b>Парогазовые установки (ПГУ).</b></p> <p>Обоснование использования ПГУ в практике преобразования энергии. Рабочие тела для ПГУ. Принципиальные схемы, рабочие процессы и циклы ПГУ со смешанными и разделёнными рабочими телами. Определение термического к.п.д. для циклов ПГУ. Краткий анализ эффективности каждой конструктивной схемы ПГУ.</p> <p>Сравнительный анализ работы тепловых двигателей методом термодинамических функций.</p>	2
	Тема 9. Термодинамика обратных циклов энергетических машин.	<p>Классификация и назначение энергетических машин работающих по обратному термодинамическому циклу. Показатели эффективности обратных циклов и общие методики их оценки.</p> <p>Принципиальная схема, рабочие</p>	2

Наименование темы дисципли- ны	Тема лекции	Содержание лекции	Трудоемкость, час.
		<p>процессы и цикл газовой холодильной машины. Термодинамический анализ цикла газовой холодильной машины. Пути повышения показателей эффективности холодильных машин. Принципиальная схема, рабочие тела и процессы парокомпрессионной холодильной машины. Термодинамический анализ цикла парокомпрессионной холодильной машины. Цикл абсорбционной холодильной машины.</p> <p>Принципиальная схема, рабочие процессы и цикл теплового насоса. Термохимический трансформатор теплоты.</p> <p>Термодинамические основы процессов получения сжиженных газов. Общие принципы достижения сверхнизких температур.</p>	
	Тема 10. Работоспособность термодинамических систем.	Эффективность преобразования энергии. Функция работоспособности рабочего тела. Количественные соотношения между работой при обратимых и необратимых процессах. Функция работоспособности теплоты (эксергия теплоты) для непроточной системы. Эксергетическая $e-h$ диаграмма. Понятие потери эксергии и эксергетического к.п.д. Принципы эксергетического анализа тепловых процессов и работы энергетических машин.	2
	Тема 11. Термодинамика систем с химическими превращениями.	Характеристики состава сложной системы. Понятие химического потенциала. Мера реакции. Динамика изменения функций состояния при химических реакциях. Уравнение Гиббса-Гельмгольца. Тепловые эффекты реакции. Закон Гесса. Термохимическое уравнение. Тепловые эффекты образования и сгорания веществ. Зависимость тепловых эффектов от температуры и от агрегатного состояния веществ. Понятие константы равновесия и степени диссоциации. Условия химического равновесия. Закон действующих масс. Степень полноты реакции и состав равновесной смеси. Влияние давления и объема на степень диссоциации. Химическое сродство веществ. Тепловая теорема Нернста. Третий закон термодинамики. Определение параметров со-	2

Наименование темы дисципли- ны	Тема лекции	Содержание лекции	Трудоемкость, час.
		стояния и состава рабочих тел и продуктов сгорания.	
Тема 3. Виды тепло-массообмена.	Тема 12. Основные понятия тепло- и массообмена	Предмет, цель, задачи и структура курса. Виды тепло-массообмена: теплопроводность, теплоотдача, тепловое излучение, теплопередача, диффузия, массоотдача. Температурное поле. Градиент температурного поля. Изотермическая поверхность. Температурный напор. Тепловой поток. Поверхностная плотность теплового потока.	2
	Тема 13. Стационарная теплопроводность	Гипотеза Фурье. Коэффициент теплопроводности. Коэффициент температуропроводности. Термическое сопротивление при теплопроводности. Уравнение теплопроводности через плоскую однослойную стенку. Уравнение теплопроводности через плоскую многослойную стенку. Уравнение теплопроводности через цилиндрическую стенку.	2
	Тема 14. Стационарная теплоотдача (теплообмен при вынужденной конвекции)	Гипотеза Ньютона-Рихмана. Ламинарный и турбулентный режимы движения теплоносителя. Гипотеза «прилипания». Поле скоростей. Температурное поле. Гидродинамический пограничный слой. Тепловой (температурный) пограничный слой. Коэффициент теплоотдачи. Термическое сопротивление при теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплоотдачи. Определяющие и определяемые критерии подобия при теплоотдаче: критерий Нуссельта, критерий Рейнольдса, критерий Прандтля, критерий Эйлера, критерий Пекле, критерий Стантона. Критериальное уравнение теплоотдачи при продольном движении теплоносителя в теплообменном канале на турбулентном режиме.	2
	Тема 15. Основы проектирования теплообменных аппаратов	Теплопередача. Термическое сопротивление при тепло-передаче. Коэффициент теплопередачи. Уравнение теплопередачи. Теплообменный аппарат типа «труба в трубе». Кожуотрубный теплообменный аппарат (ТА) с продольно-обтекаемым трубным пучком. ТА прямоточного типа (прямоток). ТА противоточного типа (противоток). Температурная диаграмма ТА. Арифметический и логарифмический температурные напоры.	2

Наименование темы дисципли- ны	Тема лекции	Содержание лекции	Трудоемкость, час.
		Тепловой баланс ТА. Расход теплоносителя. Тепловой эквивалент теплоносителя. Влияние компоновки теплообменной поверхности на режим движения теплоносителя. Определение термических сопротивлений на различных режимах движения теплоносителей. Определение требуемой теплообменной поверхности при проектировании теплообменных аппаратов. Гидравлические потери при движении теплоносителей через каналы теплообменника. Мощность на прокачку теплоносителей. Оценка соразмерности спроектированного теплообменного аппарата по соотношению продольного и поперечного габаритных размеров теплообменной поверхности.	
	Тема 16. Стационарный радиационно-конвективный теплообмен	Теплоотдача при свободной (естественной) конвекции у вертикальной поверхности. Распределение температуры у поверхности теплообмена и в толще неподвижного теплоносителя. Распределение скорости теплоносителя у поверхности теплообмена. Критерий Грасгофа. Критерий Рэлея. Критическая высота. Слоистое (ламинарное) и волновое (турбулизированное) движение теплоносителя в пристенном слое. Критериальные уравнения теплоотдачи при свободной конвекции (вертикальная и горизонтальная трубы). Тепловое излучение. Законы теплового излучения. Постоянная теплового излучения. Степень черноты теплообменной поверхности. Приведенная степень черноты при излучении и поглощении лучистой энергии. Уравнение теплового потока при лучистом теплообмене.	2
Итого	—	—	32

#### 5.4. Лабораторные работы

Лабораторные работы по дисциплине предусмотрены учебным планом образовательной программы (таблица 6).



Таблица 6 – Тематика лабораторных работ

Наименование темы дисциплины	Тема лабораторной работы	Трудоемкость, час.
Тема 1. Основные понятия и определения в термодинамике.	Определение зависимости между температурой и давлением насыщенного пара хладагента R12	2
Тема 2. Первый закон термодинамики.	Определение зависимости между температурой и давлением насыщенного водяного пара	2
Тема 3. Термодинамика идеального газа.	Определение энтальпии водяного пара при помощи адиабатического дросселирования	2
Тема 4. Второй закон термодинамики.	Определение степени сухости влажного насыщенного пара	2
Тема 5. Смеси идеальных газов. Смешивание газов.	Определение удельной теплоты парообразования хладонов	2
Тема 6. Характеристические функции и дифференциальные уравнения термодинамики.	Исследование процесса адиабатного истечения воздуха через суживающееся сопло	2
Тема 7. Паротурбинные установки (ПТУ).	Определение зависимости между давлением и объемом при изотермическом процессе сжатия или расширения хладагента R13	2
Тема 8. Энергетические и газовые установки.	Определение удельной изобарной теплоемкости воздуха при атмосферном давлении	1
Тема 9. Термодинамика обратных циклов энергетических машин.	Исследование цикла паровой компрессорной холодильной машины	1
<b>Итого</b>	–	<b>16</b>

### 5.5. Практические занятия

Практические занятия по дисциплине предусмотрены учебным планом образовательной программы.

Перечень практических занятий, их содержание и трудоемкость представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Тематика и содержание практических занятий

Наименование темы дисциплины	Тема практического занятия	Содержание практического занятия	Трудоемкость, час.
Тема 12. Основные понятия тепло- и массообмена	Теплопередача через плоскую стенку (граничные условия первого рода)	Теплопередача через плоскую стенку (граничные условия первого рода)	1
Тема 12. Основные понятия тепло- и массообмена	Теплопроводность через плоскую стенку (граничные условия третьего рода) теплопередача через плоскую стенку	Теплопроводность через плоскую стенку (граничные условия третьего рода) теплопередача через плоскую стенку	1

Наименование темы дисциплины	Тема практического занятия	Содержание практического занятия	Трудоемкость, час.
	кую стенку		
Тема 13. Стационарная теплопроводность	Теплопроводность через цилиндрическую стенку (граничные условия первого рода)	Теплопроводность через цилиндрическую стенку (граничные условия первого рода)	1
Тема 13. Стационарная теплопроводность	Теплопроводность через цилиндрическую стенку (граничные условия третьего рода)	Теплопроводность через цилиндрическую стенку (граничные условия третьего рода)	1
Тема 14. Стационарная теплоотдача (теплообмен при вынужденной конвекции)	Теплопроводность через ребренную поверхность	Теплопроводность через ребренную поверхность	2
Тема 14. Стационарная теплоотдача (теплообмен при вынужденной конвекции)	Теплопроводность при нестационарном режиме	Теплопроводность при нестационарном режиме	2
Тема 15. Основы проектирования теплообменных аппаратов	Теория подобия применительно к тепловым процессам	Теория подобия применительно к тепловым процессам	2
Тема 15. Основы проектирования теплообменных аппаратов	Теплоотдача при движении потока внутри трубы	Теплоотдача при движении потока внутри трубы	2
Тема 16. Стационарный радиационно-конвективный теплообмен	Теплоотдача при поперечном обтекании труб и пучков	Теплоотдача при поперечном обтекании труб и пучков	2
Тема 16. Стационарный радиационно-конвективный теплообмен	Теплоотдача при кипении жидкости и конденсации пара	Теплоотдача при кипении жидкости и конденсации пара	2
<b>Итого</b>	—	...	<b>16</b>

## 5.6. Самостоятельная работа обучающихся

Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение, представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Вопросы для самостоятельного изучения дисциплины

Наименование темы дисциплины	Вопросы для самостоятельного изучения темы
Тема 1. Основные понятия и определения в термодинамике.	1. Что такое рабочее тело? Почему в качестве рабочего тела используются вещества в газообразном (парообразном) состоянии? 2. Что такое параметр состояния? Являются ли параметры состояния независимыми величинами? 3. В чем состоит взаимодействие между системой и окружающей средой? 4. Какие процессы называются равновесными и какие – неравновесными?

Наименование темы дисциплины	Вопросы для самостоятельного изучения темы
Тема 2. Первый закон термодинамики.	5. Что такое термодинамическая поверхность? 1. Как вычисляются теплота и работа? Функциями чего являются эти величины? <sup>7</sup> 2. Дайте определения энтальпии и внутренней энергии. Функцией чего являются эти параметры состояния? 3. Какие термодинамические диаграммы чаще всего применяют на практике и почему? 4. Чему равна площадь под кривой процесса на $p$ - $v$ - диаграмме? 5. Сформулируйте первый закон термодинамики. 6. Запишите различные аналитические выражения первого закона термодинамики.
Тема 3. Термодинамика идеального газа.	1. Какой газ называется идеальным? 2. Что такое нормальные физические условия? 3. Какой объем занимает один моль любого газа при нормальных физических условиях? 4. В какой форме может быть задана зависимость теплоемкости идеального газа от температуры? 5. Какими свойствами обладают внутренняя энергия и энтальпия идеального газа? 6. Какое значение имеет показатель политропы в изобарном, изохорном и изотермическом процессах? 7. Какой процесс называется политропным? 8. Кривая какого процесса, адиабатного или изотермического, идет круче при их изображении в $p$ - $v$ координатах? 9. В каких пределах изменяется теплоемкость политропного процесса? 10. Какими способами может быть задана смесь идеальных газов?
Тема 4. Второй закон термодинамики.	1. Какой цикл называется прямым и какой обратным? 2. С помощью каких величин определяют степень совершенства прямых и обратных циклов? 3. Из каких процессов состоит цикл Карно? 4. Сформулируйте теорему Карно. 5. Какой цикл называется регенеративным? 6. Как влияет необратимость на процесс преобразования теплоты в работу? <sup>0</sup> 7. В чем сущность второго закона термодинамики? 8. Приведите различные формулировки второго закона термодинамики. 9. Приведите аналитическое выражение второго закона термодинамики. 10. В чем сущность статистического истолкования второго закона термодинамики? 11. Как связаны энтропия и термодинамическая вероятность состояния? 12. В чем заключается различие между адиабатным и изоэнтропным процессами? В каких случаях адиабатный процесс является одновременно и изоэнтропным? 13. Что такое эксергия теплоты?

Наименование темы дисциплины	Вопросы для самостоятельного изучения темы
	14. Приведите выражение для эксергетического к.п.д.. 15. Как идут линии основных процессов в $T-s$ диаграмме идеального газа? 16. Приведите формулы для расчета изменения энтропии идеального газа в различных процессах. 17. Как строится абсолютная термодинамическая шкала температур?
Тема 5. Смеси идеальных газов. Смешивание газов.	1. Что такое кажущаяся молекулярная масса смеси идеальных газов? 2. Сформулируйте закон Дальтона. В каком случае справедлив этот закон? 3. Что такое парциальное давление и парциальный (приведенный) объем? 4. Как рассчитывается теплоемкость смеси идеальных газов при различных способах задания этой смеси? 5. Каким образом можно определить удельную газовую постоянную смеси идеальных газов. 6. Перечислите известные вам способы смешивания газов. 7. Объясните общие подходы к определению параметров состояния смеси идеальных газов по известным параметрам состояния компонентов смеси.
Тема 6. Характеристические функции и дифференциальные уравнения термодинамики.	1. Какая функция называется характеристической? 2. Перечислите характеристические функции и запишите выражения для их полных дифференциалов. 3. Дайте определение термических коэффициентов и вычислите их значения для идеального газа. 4. Получите уравнение связи между термическими коэффициентами. 5. Зависят ли изобарная и изохорная теплоемкости идеального газа от давления и объема? 6. Получите зависимости изобарной и изохорной теплоемкостей вещества от давления и объема в дифференциальной форме. 7. Зависит ли изохорная теплоемкость вещества, подчиняющегося уравнению Ван - дер – Ваальса, от объема? 8. Получите связь между изобарной и изохорной теплоемкостями для веществ с любыми свойствами. 9. На основе соотношения для веществ с любыми свойствами получите связь между изобарной и изохорной теплоемкостями для идеального газа (закон Майера). 10. Какой физический смысл имеет связь между изобарной и изохорной теплоемкостями для идеального газа? 11. Чем характеризуются соотношения устойчивого, неустойчивого и относительно устойчивого равновесия? 13. Каково условие равновесия для изолированной системы? 14. Сформулируйте принцип минимальности характе-

Наименование темы дисциплины	Вопросы для самостоятельного изучения темы
	ристических функций.
Тема 7. Паротурбинные установки (ПТУ).	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изобразите принципиальную схему паротурбинной установки.</li> <li>2. Почему в паротурбинных установках невозможно реализовать цикл Карно?</li> <li>3. Почему основным рабочим телом паротурбинных установок служит водяной пар?</li> <li>4. Изобразите цикл Ренкина в <math>p-v</math>; <math>T-s</math> и <math>h-s</math> координатах.</li> <li>5. При каких условиях можно пренебречь работой, затрачиваемой на привод питательного насоса паротурбинной установки?</li> <li>6. Как влияют начальные параметры пара на термический к.п.д. цикла Ренкина?</li> <li>7. Изобразите в <math>h-s</math> координатах условный процесс расширения пара в турбине с учетом потерь на трение.</li> <li>8. Что такое внутренний относительный к.п.д. турбины?</li> <li>9. Изобразите в <math>T-s</math> координатах цикл паротурбинной установки с предельной регенерацией.</li> </ol>
Тема 8. Энергетические и газовые установки.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Докажите, что термический к.п.д. регенеративного цикла паротурбинной установки повышается с увеличением числа регенеративных отборов.</li> <li>2. Составьте уравнение теплового баланса смешивающего регенеративного подогревателя паротурбинной установки с одним регенеративным отбором.</li> <li>3. Изобразите в координатах <math>T-s</math> идеальный цикл паротурбинной установки с промежуточным перегревом пара.</li> <li>4. Изобразите в <math>h-s</math> координатах процесс расширения пара в турбине паротурбинной установки с двумя промежуточными перегревами пара. Как сказывается промежуточный перегрев пара на его конечной влажности<sup>9</sup></li> <li>5. В чем заключается сущность комбинированной выработки электроэнергии и теплоты на ТЭЦ?</li> <li>6. Изобразите принципиальную схему парогазовой установки и ее идеальный цикл в <math>T-s</math> координатах.</li> <li>7. В чем заключаются преимущества установок с МГД - генератором<sup>9</sup></li> <li>8. Каким образом повышается электропроводность плазмы в канале МГД - генератора<sup>9</sup></li> <li>9. Опишите принцип действия топливного элемента.</li> </ol>
Тема 9. Термодинамика обратных циклов энергетических машин.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Что такое холодильный коэффициент и коэффициент трансформации теплоты (отопительный коэффициент)? Как связаны эти величины?</li> <li>2. Изобразите схему парокомпрессионной холодильной установки с дроссельным вентилем и ее идеальный цикл в <math>T-s</math> координатах.</li> <li>3. Какие преимущества имеет парокомпрессионная холодильная установка по сравнению с воздушной?</li> <li>4. В чем заключается принцип действия теплового</li> </ol>

Наименование темы дисциплины	Вопросы для самостоятельного изучения темы
	<p>насоса?</p> <p>5. Изобразите принципиальную схему абсорбционной холодильной установки. Каким образом повышается давление хладагента в этой установке?</p> <p>6. Как влияет переохлаждение хладагента после конденсатора на значение коэффициента трансформации теплоты теплонасосной установки?</p> <p>7. Какими свойствами должны обладать хладагенты? Опишите основные методы сжижения газов.</p>
Тема 10. Работоспособность термодинамических систем.	<p>1. Сколько параметров могут оставаться постоянными при протекании в системе химической реакции?</p> <p>2. Запишите первый закон термодинамики для химически активной системы.</p> <p>3. Что такое тепловой эффект химической реакции?</p> <p>4. Как связаны тепловые эффекты изохорно - изотермических и изобарноизотермических реакций?</p> <p>5. Сформулируйте закон Гесса и его основные следствия.</p> <p>6. Каким законом определяется зависимость теплового эффекта химической реакции от температуры, при которой она протекает?</p> <p>7. Что такое скорость химической реакции ?</p>
Тема 11. Термодинамика систем с химическими превращениями.	<p>1. Сформулируйте закон действующих масс.</p> <p>2. Что такое химическая обратимость реакции?</p> <p>3. Что такое степень диссоциации и как она связана с константой равновесия?</p> <p>4. Как зависит от давления степень диссоциации у реакций, протекающих с изменением и без изменения количества вещества?</p> <p>5. Как определяется максимальная работа изохорно - изотермических и изобарно - изотермических реакций?</p> <p>6. Сформулируйте закон Вант - Гоффа.</p> <p>7. Сформулируйте тепловой закон Нернста.</p>
Тема 12. Основные понятия тепло- и массообмена	<p>1. Виды теплопереноса: теплопроводность, теплоотдача, тепловое излучение и их движущие силы. Сложный теплоперенос.</p> <p>2. Температурное поле: стационарное и нестационарное; пространственное, плоское, линейное.</p> <p>3. Изотермические поверхности.</p> <p>4. Тепловой поток. Плотность теплового потока.</p> <p>5. Градиент температурного поля.</p> <p>6. Гипотеза Фурье. Теплопроводность через плоскую стенку на стационарном режиме.</p> <p>7. Коэффициент теплопроводности.</p> <p>8. Влияние рода материала и температуры на величину коэффициента теплопроводности.</p> <p>9. Термическое сопротивление процесса теплопроводности.</p> <p>Изменение температурного поля в толще плоской стенки.</p> <p>10. Теплопроводность через многослойную плоскую</p>

Наименование темы дисциплины	Вопросы для самостоятельного изучения темы
	<p>стенку. Термическое сопротивление многослойной стенки.</p> <p>11. Теплопроводность через цилиндрическую стенку.</p> <p>12. Линейная плотность теплового потока.</p> <p>13. Теплоотдача. Гипотеза Ньютона-Рихмана.</p> <p>14. Теплоотдача. Гипотеза «прилипания».</p>
Тема 13. Стационарная теплопроводность	<p>15. Пограничный слой (скоростной, температурный).</p> <p>16. Дифференциальное уравнение теплоотдачи.</p> <p>17. Теплоотдача при продольном течении теплоносителя внутри трубы на турбулентном режиме.</p> <p>18. Влияние начального участка на средний коэффициент теплоотдачи. Длинные и короткие трубы в тепловом отношении.</p> <p>19. Теплоотдача при поперечном обтекании одиночной трубы. Механизм сопротивления давлению. Влияние угла атаки на теплоотдачу.</p> <p>20. Теплопередача. Коэффициент теплопередачи.</p> <p>20. Теплопередача. Уравнение теплопередачи.</p> <p>21. Методы интенсификации процесса</p> <p>22. Уравнения теплопередачи и теплового баланса.</p> <p>23. Теплопередача. Водяной эквивалент. теплопередачи.</p> <p>24. Прямая (проектная) и обратная (проверочная) задачи проектирования.</p> <p>25. Схемы движение теплоносителя вдоль поверхности теплообмена: прямоток, противоток.</p> <p>26. Изменение температуры вдоль теплообменной поверхности. Температурный напор. Способы его осреднения: арифметический и логарифмический температурные напоры.</p> <p>26. Компоновка «теплообменника труба в трубе».</p> <p>27. Компоновка кожухотрубного теплообменника с продольно-обтека-емым трубным пучком.</p>
Тема 14. Стационарная теплоотдача (теплообмен при вынужденной конвекции)	<p>28. Компоновка кожухотрубного теплообменника с поперечно-обтека-емым трубным пучком.</p> <p>29. Компоновка многоходового кожухотрубного теплообменника.</p> <p>30. Оребрение как метод интенсификации теплопереноса. Коэффициент оребрения.</p> <p>31. Оребрение. К.П.Д. ребра.</p> <p>32. Приведенный коэффициент теплоотдачи.</p> <p>33. Основы теории подобия тепловых процессов. Геометрическое, кинематическое, гидродинамическое подобие.</p> <p>34. Определяемые и определяющие критерии подобия тепловых процессов. Понятие о характерных: размере, температуре, скорости.</p> <p>35. Основы теории подобия тепловых процессов. Теоремы подобия.</p> <p>36. Число подобия как безразмерный критерий. Критерий Рейнольдса. Критерий Нуссельта.</p>

Наименование темы дисциплины	Вопросы для самостоятельного изучения темы
	37. Число подобия как безразмерный критерий. Критерий Прандтля. Критерий Эйлера. 38. Число подобия как безразмерный критерий. Критерий Пекле. Критерий Стантона. 39. Число подобия как безразмерный критерий. Критерий Грасгофа. Критерий Релея. 40. Число подобия как безразмерный критерий. Критерий Грасгофа. Критерий Релея. 41. Число подобия как безразмерный критерий. Критерий Кутателадзе. Критерий Ньютона. 42. Число подобия как безразмерный критерий. Критерий Фурье. Критерий Био. 42. Теплообмен излучением. Поверхностная плотность лучистого теплового потока.
Тема 15. Основы проектирования теплообменных аппаратов	43. Теплообмен излучением. Постоянная теплового излучения. 44. Теплообмен излучением. Степень черноты поверхности теплообмена. 45. Конвекция. Естественная и вынужденная конвекция. 46. Теплоотдача при естественной конвекции возле вертикального цилиндра. 47. Теплоотдача при естественной конвекции возле горизонтального цилиндра. 48. Физическая картина кипения. Центры парообразования. Давление в паровом пузырьке. 49. Физическая картина кипения. Пузырьковое кипение. 50. Физическая картина кипения. Пленочное кипение. 51. Физическая картина кипения. Первый кризис кипения. 52. Физическая картина кипения. Второй кризис кипения. 53. Кипение в вертикальных трубах. 54. Физическая картина конденсации. 55. Конденсация чистого неподвижного пара в большом объеме. Задача Нуссельта. 56. Конденсация пара на вертикальной трубе.
Тема 16. Стационарный радиационно-конвективный теплообмен	57. Конденсация пара на горизонтальной трубе. 58. Конденсация пара на многорядном трубном пучке. 59. Межфазовый теплообмен в присутствии инертного компонента. 60. Массообмен. Законы диффузии. 61. Массообмен. Коэффициент диффузии. 62. Массообмен. Поток массы. Поверхностная плотность потока массы. 63. Массоотдача. Коэффициент массоотдачи. 64. Массоотдача. Критерии массоотдачи. Число Шмидта. Число Шервуда. Число Льюиса-Семенова. 65. Нестационарный теплообмен. Охлаждение (нагре-



Наименование темы дисциплины	Вопросы для самостоятельного изучения темы
	вание тел). 66. Нестационарный теплообмен. Безразмерные координаты. Безразмерное время. Безразмерная относительная температура. 67. Нестационарный теплообмен. Темп охлаждения (нагрева). 68. Нестационарный теплообмен. Коэффициент формы тела. 69. Нестационарный теплообмен. Коэффициент теплопроводности материала. 70. Нестационарный теплообмен. Регулярный режим остывания (нагрева) тел.

В процессе самостоятельной работы обучающиеся должны принимать решение по рассматриваемой проблеме с минимальным участием педагогического работника. Для решения поставленных задач может использоваться дополнительная литература и источники в информационно-коммуникационной сети «Интернет». Для закрепления пройденного материала педагогическим работником могут выдаваться домашние задания.

В таблице 9 указаны виды самостоятельной работы, выполняемые обучающимися при изучении соответствующих тем дисциплины.

Таблица 9 – Виды самостоятельной работы

Наименование темы дисциплины	Виды самостоятельной работы
Тема 1. Законы термодинамики	Самостоятельное изучение вопросов темы. Написание конспекта. Составление глоссария по теме. Проработка и повторение лекционного материала. Изучение рекомендуемой литературы Подготовка к групповой дискуссии Подготовка к практическому занятию. Подготовка к лабораторной работе. Подготовка к текущему контролю и промежуточной аттестации
Тема 2. Термодинамика циклов паросиловых установок.	Самостоятельное изучение вопросов темы. Написание конспекта. Составление глоссария по теме. Проработка и повторение лекционного материала. Изучение рекомендуемой литературы Подготовка к групповой дискуссии Подготовка к практическому занятию. Подготовка к лабораторной работе. Подготовка к текущему контролю и промежуточной аттестации
Тема 3. Виды тепломассообмена.	Самостоятельное изучение вопросов темы. Написание конспекта. Составление глоссария по теме. Проработка и повторение лекционного материала. Изучение рекомендуемой литературы Подготовка к групповой дискуссии

Наименование темы дисциплины	Виды самостоятельной работы
	Подготовка к практическому занятию. Подготовка к лабораторной работе. Подготовка к текущему контролю и промежуточной аттестации

Учебным планом в рамках дисциплины не предусмотрено выполнение расчетно-графической работы (РГР)/курсовое проектирование.

Выполнение РГР/курсовое проектирование осуществляется в соответствии с методическими указаниями, содержащимися в соответствующем разделе электронного курса «Термодинамика и тепломассообмен» информационно-образовательной среды БГТУ (<http://edu.tu-bryansk.ru>).

### 5.7. Организация текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплины. Формы контрольно-оценочных мероприятий, проводимых в рамках текущего контроля успеваемости, представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Формы и периодичность текущего контроля успеваемости

Вид учебной работы	Форма текущего контроля успеваемости	Периодичность осуществления
Практические занятия / Лабораторные работы	Устный экспресс-опрос, экспресс-тестирование.	На каждом занятии
Самостоятельная работа обучающихся	- устная (устный опрос, защита письменной работы, доклада по результатам самостоятельной работы, рефератов и т.д.); - письменная (письменный опрос, выполнение конспектов, глоссариев и т.д.); - тестовая (бланочное и компьютерное тестирование)	В течение семестра

Оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине (промежуточная аттестация обучающихся) осуществляется в форме экзамена, проводимого в устной / письменной форме. Аттестационное испытание может включать в себя прохождение теста с использованием технологии компьютерного тестирования. Для уточнения оценки экзаменатор может проводить короткий опрос-собеседование с обучающимся и (или) выдавать ему дополнительные задания.

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе освоения дисциплины применяются следующие образовательные технологии: личностно-ориентированные, активизации деятельности обучающихся, интеллектуальной направленности, проблемного обучения, диалоговые и профессионально-ориентированные (таблица 11).

Таблица 11 – Образовательные технологии, применяемые в ходе преподавания дисциплины

Вид учебной работы	Применяемые образовательные технологии
Лекции	Проблемная лекция. Лекция-визуализация. Лекция-беседа. Лекция-дискуссия.
Практические занятия / Лабораторные работы	Групповые дискуссии. Решение практических задач. Тестирование. Деловая игра.
Самостоятельная работа обучающихся	Проработка лекционного материала. Изучение рекомендуемой литературы. Подготовка к дискуссии. Выполнение практического задания / лабораторной работы. Подготовка к лекциям. Подготовка к практическим занятиям. Изучение дополнительной литературы и самостоятельное формирование конспекта. Подготовка к экзамену
Консультации	Концентрация внимания на отдельных вопросах. Личностно-ориентированный подход. Диалог.
Промежуточная аттестация обучающихся	Экзамен (в устной и письменной форме).

## 7. РЕАЛИЗАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЙ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ И (ИЛИ) ДИСТАНЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В электронной информационно-образовательной среде БГТУ размещается электронный курс дисциплины, включающий в себя:

- сведения об авторе курса;
- краткое описание курса;
- рабочую программу дисциплины;
- полный перечень тем дисциплины;
- презентационные материалы для проведения занятий лекционного типа;
- лекции/краткий конспект лекций по каждой теме;
- методические указания по выполнению каждого практического задания;
- материалы и тестовые задания для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Наименование электронного курса в электронной информационно-образовательной среде БГТУ — «Термодинамика и тепломассообмен – автор Богданов Р.А. разработчика РПД для обучающихся по направлению подготовки

13.03.03 Энергетическое машиностроение, профиль «Трубопроводный транспорт нефти, газа и нефтепродуктов», форма обучения – очная.

Электронный курс предназначен для обеспечения обучающихся всеми необходимыми учебно-методическими материалами, а также проведения контрольно-оценочных мероприятий в процессе обучения. При необходимости осуществляется файловый обмен отчетами о выполнении обучающимися самостоятельной работы.

## **8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся**

1. Анисин А.А., Анисин А.К. Основы термодинамики [Текст] + [Электронный ресурс]: учебное пособие к изучению дисциплины «Техническая термодинамика» для обучающихся по очной форме обучения по направлениям подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» и 13.03.03 «Энергетическое машиностроение».. – Брянск: БГТУ, 2017. – 190 с.

2. Анисин А.А., Анисин А.К. Техническая термодинамика. Реальные газы. [Текст] + [Электронный ресурс]: учебное пособие к изучению раздела дисциплины для обучающихся по очной форме обучения по направлениям подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» и 13.03.03 «Энергетическое машиностроение».. – Брянск: БГТУ, 2017. – 76 с.

3. Анисин А.А., Анисин А.К. Техническая термодинамика. Расчёт и оптимизация газового цикла [Текст] + [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению расчётно-графической работы для обучающихся по очной формы обучения по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника». – Брянск: БГТУ, 2017.

4. Анисин А.А., Анисин А.К. Техническая термодинамика. Методы решения практических задач [Текст] + [Электронный ресурс]: методическое пособие для подготовки к работе на практических занятиях по дисциплине «Техническая термодинамика» для обучающихся по очной форме обучения по направлениям подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника». – Брянск: БГТУ, 2017. – 48 с.

5. Анисин А.А., Анисин А.К., Соченов В.Н. Техническая термодинамика. Лабораторный практикум [Текст] + [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторного практикума по дисциплине «Техническая термодинамика» для обучающихся по очной форме обучения по направлениям подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника». – Брянск: БГТУ, 2017.

6. Соченов В.Н. Техническая термодинамика: методические указания к выполнению лабораторного практикума для обучающихся очной формы обучения по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» и

13.03.03 «Энергетическое машиностроение» [Текст]+[Электронный ресурс] - Брянск: БГТУ, 2017. – 44 с.

7. Стребков А.С. Тепломассообмен. Учебная практика. Кн. 1. Исследование теплогидродинамических процессов при продольном обтекании теплообменной поверхности потоком воздуха в кольцевом канале. [Текст] + [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов очной формы обучения по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» – Брянск: БГТУ, 2017. – 51 с.

8. Стребков А.С. Тепломассообмен. Учебная практика. Кн. 2. Исследование теплоотдачи и сопротивления при поперечном обтекании трубных пучков [Текст] + [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов очной формы обучения по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» – Брянск: БГТУ, 2017. – 35 с.

9. Стребков А.С. Тепломассообмен. Учебная практика. Кн. 3. Исследование радиационно-конвективного теплообмена при различной ориентации обогреваемых труб. [Текст] + [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов очной формы обучения по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» – Брянск: БГТУ, 2017. – 31 с.

10. А.С. Стребков, Н.А. Шалькина. Тепломассообмен. Проектирование одноходового кожухотрубного теплообменного аппарата [Текст] + [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению курсовой работы для студентов очной формы обучения по направлению 13.03.01 «Тепло-энергетика и теплотехника» – Брянск: БГТУ, 2017. – 59 с.

## **8.2. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

### ***а) основная литература***

1. Кириллин В.А., Сычёв В.В., Шейндлин А.Е. Техническая термодинамика / В.А.Кириллин, В.В. Сычёв, А.Е. Шейндлин. – Изд. 3-е. – М.: Энергоиздат, 1984. – 448 с. (Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/55878.html>, 35 экз.)

2. Техническая термодинамика: Учеб. для машиностроит. спец. вузов /В. И. Крутов, С. И. Исаев, И. А. Кожин и др.; Под ред. В. И. Крутова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1991. – 384 с. (10 экз.)

3. Исаев С.А. Термодинамика / С.А. Исаев. – Изд. 2-е. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2000. – 412 с. (1 экз.)

4. Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача /В.В.Нащокин. – Изд. 3-е, испр. и доп. – М.: Высш. школа, 1980. – 469 с. (35 экз.)

5. Андрианова Т.Н., Дзампов Б.В., Зубарев В.Н., Ремизов С.А. Сборник задач по технической термодинамике / Т.Н. Андрианова, Б.В. Дзампов, В.Н. Зубарев, С.А.Ремизов. – Изд. 3-е. – М.: МЭИ, 2000. – 294 с. (11 экз.)

6. Кудинов В.А., Карташов Э.М. Техническая термодинамика /В.А. Кудинов, Э.М.Карташов. – М.: Высш. школа, 2000. – 261 с. (6 экз.)

7. Овчинников Ю.В. Основы технической термодинамики [Электронный ресурс] : учебник / Ю.В. Овчинников. – Электрон. текстовые данные. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2010. – 293 с.

(Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/47708.html>)

8. Брюханов, О.Н. Тепломассообмен: учеб. для вузов/ О.Н. Брюханов. – М.: ИНФРА-М, 2013.–463 с. (5 экз.)

9. Кудинов, А.А. Тепломассообмен: учеб. пособие для вузов/ А.А. Кудинов.– М.: ИНФРА-М, 2012.–374 с. (2 экз.)

10. Примеры и задачи по тепломассообмену: учеб. пособие/ В.С. Логинов [и др.] – Изд. 2-е, испр. и доп. – СПб. [и др.]: Лань, 2011. – 255 с. (5 экз.)

#### ***б) дополнительная литература***

1. Теплоэнергетика и теплотехника: справочная серия. В 4-х кн. / Под общ. ред. А.В. Клименко, В.М. Зорина. - М.: Изд-во МЭИ, 2007. (1 экз.)

2. Андриященко А.И. Основы термодинамики циклов теплоэнергетических установок /А.И. Андриященко. – Изд. 2-е. – М.: Высш. школа, 1985. – 319 с. (46 экз.)

3. Зубарев В.Н., Александров А.А. Практикум по технической термодинамике / В.Н. Зубарев, А.А. Александров. – Изд. 2-е. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 271 с. (24 экз.)

4. Ляшков В. И. Теоретические основы теплотехники: Учеб. пособие. – М.: Машиностроение-1, 2008. – 260 с. (2 экз.)

5. Сычев В. В. Дифференциальные уравнения термодинамики. Учеб. пособие для теплоэнергетич. и теплофизич. спец. вузов. – 2-е изд., перераб. – М.: Высш. шк., 1991. – 224 с.

(Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/57011.html>, 1 экз.)

6. Кудинов, И.В. Теоретические основы теплотехники. Часть 1. Термодинамика [Электронный ресурс] : учеб. пособие / И.В. Кудинов, Е.В. Стефанюк. – Электрон. дан. – Самара : АСИ СамГТУ, 2013. – 172 с.

(Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/73897>)

7. Теория тепломассообмена: учебник для техн. ун-тов и вузов / С.И. Исаяев, И.А. Кожин, В.И. Кофанов [и др.]; под ред. А.И. Леонтьева. – 2-е изд., испр. и доп.– М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1997. – 683 с. (2 экз.)

8. Теплотехника: учебник для вузов/ А.М. Архаров, И.А. Архаров, В.Н. Афанасьев [и др.]; под общ. ред. А.М. Архарова, В.Н. Афанасьева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 712 с. : илл. (10 экз.)

9. Краснощеков Е. А. Задачник по теплопередаче/ Е.А. Краснощеков, А.С. Сукомел. - М.: Энергия, 1969. – 262 с. (11 экз.)

**10.** Авчухов, В.В. Задачник по процессам тепломассообмена: учеб. пособие для вузов / В.В. Авчухов, Б.Я. Паюсте. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 144 с. : илл. (51 экз.)

**11.** Исаченко В.П. и др. Теплопередача: Учебник для вузов / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоиздат, 1981. – 416 с., илл. (54 экз.)

**12.** Арнольд Л.В. И др. Техническая термодинамика и теплопередача: Учебник для вузов / Л.В. Арнольд, Г.А. Михайловский, В.М. Селиверстов. – 2-е изд., перераб. – М.: Высш. школа, 1979. – 446 с., илл.+прил. (35 экз.)

#### **в) справочная литература**

**1.** Ривкин С.Л., Александров А.А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара / С.Л. Ривкин, А.А. Александров. – М., Энергоатомиздат, 2000. – 80 с.

**2.** Бурцев С.И., Цветков Ю.Н. Влажный воздух. Состав и свойства: Учеб. пособие. – СПб.; СПбГАХПТ. – 1998. – 146 с.

**3.** Термодинамические свойства воздуха. /Сычев В. В., Вассерман А. А., Козлов А. Д., Спиридонов Г. А., Цымарный В. А. – ГСССД. Серия монографии. М.: Издательство стандартов, 1978. – 276 с.

**4.** Теплоэнергетика и теплотехника : справочник : в 4 кн. Кн. 2. Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент / под общ. ред. А. В. Клименко и В. М. Зорина. - М. : Изд-во МЭИ, 2001. - 561 с. – (1 экз.)

**5.** Справочник по теплообменным аппаратам /П.И. Бажан, Г.Е. Каневец, В.М. Селиверстов. – М.: Машиностроение, 1989. – 366 с.: илл. (8 экз.)

**6.** Кутателадзе С.С. Теплопередача и гидродинамическое сопротивление : справ. пособие. - М. : Энергоатомиздат, 1990. - 367с. (7 экз.)

**7.** Александров, А.А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара : справочник. - М. : Изд-во МЭИ, 1999. - 164 с. (10 экз.)

**8.** Александров А.А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара : справочник : [рек. Гос. службой стандартных справочник данных ГСССД Р-776-98]. - М. : Изд-во МЭИ, 2003. - 158 с. (1 экз.)

### **8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при изучении дисциплины**

*(В список включается список электронных каталогов, электронных библиотек (пп.1-3), а также перечень проблемно-ориентированных программных продуктов, используемых при проведении различных видов занятий (по видам), ссылки на ресурсы Internet). Например:*

1). Сайт научной библиотеки БГТУ (<https://libri.tu-bryansk.ru>)

2). Электронно-библиотечная система «Лань» (<https://e.lanbook.com>).

3). Электронно-библиотечная система «IPRbooks» (<http://www.iprbookshop.ru>).

4). Электронно-библиотечная система ИД «Гребенников» (<https://grebennikon.ru>).

5). Единое окно доступа к информационным ресурсам (<http://window.edu.ru>).

6). Национальная электронная библиотека (<http://www.elibrary.ru>).

7). Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» (<http://school-collection.edu.ru>).

8). Федеральный Интернет-портал «Российское образование» (<http://www.edu.ru>).

#### **8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и (или) информационных справочных систем**

*В список включается перечень лицензионных баз данных, информационно-справочных и поисковых систем (по профилю образовательных программ (см реестр лицензионного программного обеспечения БГТУ). Например:*

- 1). Операционная система класса Microsoft Windows.*
- 2). Пакет офисных прикладных программ OpenOffice или Microsoft Office.*
- 3). Система автоматизированного проектирования «КОМПАС-3D».*
- 4). Справочная правовая система «КонсультантПлюс».*

### **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для обеспечения обучения необходима следующая материально-техническая база:

- аудитория для проведения лекционных занятий, оборудованная персональными компьютерами, мультимедийным компьютерным проектором, средства звуковоспроизведения (по возможности), проекционным экраном, наличием доступа в информационно-коммуникационную сеть Интернет;
- компьютерный класс для проведения лабораторных работ с установленным комплектом программного обеспечения и доступом в информационно-коммуникационную сеть интернет, оборудованный мультимедийным компьютерным проектором, средства звуковоспроизведения (по возможности), проекционным экраном / лаборатория со специализированным оборудованием для проведения лабораторных работ;
- учебная аудитория, оснащенная комплектом мебели и доской, для проведения консультаций, зачета, зачета с оценкой, экзамена;
- компьютерные классы с постоянным доступом к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», а также читальные залы научной библиотеки БГТУ для самостоятельной работы обучающихся.

### **10. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Изучение дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья организуется с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

При проведении учебных занятий обеспечивается соблюдение следующих требований:

- учебные занятия проводятся для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в одной аудитории совместно с обучающимися, не имеющими ограниченных возможностей здоровья, если это не создает трудно-



стей для обучающихся в ходе учебных занятий;

- присутствие ассистента из числа работников БГТУ или привлеченных лиц, оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь с учетом их индивидуальных особенностей (занять рабочее место, передвигаться, прочитывать и оформить задание, общаться с педагогическим работником и т. п.);

- обучающиеся с учетом их индивидуальных особенностей могут пользоваться необходимыми им техническими средствами;

- материально-технические условия должны обеспечивать возможность беспрепятственного доступа обучающихся в аудитории, туалетные и другие помещения, а также их пребывания в указанных помещениях (наличие пандусов, поручней, расширенных дверных проемов, лифтов, при отсутствии лифтов аудитория должна располагаться на первом этаже; наличие специальных кресел и других приспособлений).

Университетом созданы специальные условия для получения высшего образования обучающимися с ОВЗ:

1) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению:

- наличие альтернативной версии официального сайта организации в сети "Интернет" для слабовидящих;

- размещение в доступных для обучающихся, являющихся слепыми или слабовидящими, местах и в адаптированной форме (с учетом их особых потребностей) справочной информации о расписании учебных занятий (информация должна быть выполнена крупным рельефно-контрастным шрифтом (на белом или желтом фоне) и продублирована шрифтом Брайля);

- присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь;

- обеспечение выпуска альтернативных форматов печатных материалов (крупный шрифт или аудиофайлы);

- обеспечение доступа обучающегося, являющегося слепым и использующего собаку-проводника, к зданию организации;

2) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху:

- дублирование звуковой справочной информации о расписании учебных занятий визуальной (установка мониторов с возможностью трансляции субтитров (мониторы, их размеры и количество необходимо определять с учетом размеров помещения);

- обеспечение надлежащими звуковыми средствами воспроизведения информации;

3) для лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, материально-технические условия должны обеспечивать возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, столовые, туалетные и другие помещения Университета, а также пребывания в указанных помещениях (наличие пандусов, поручней, расширенных дверных проемов, лифтов, локальное понижение стоек-барьеров; наличие специальных кресел и других приспособлений).

## 11. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 11.1. Методические материалы для педагогических работников

Основными формами организации обучения по дисциплине являются лекции, практические занятия и самостоятельная работа обучающихся.

**Организация теоретического обучения** предполагает использование инновационных технологий проведения занятий лекционного типа, к которым, в частности, относятся: проблемная лекция, лекция-визуализация, лекция-беседа, лекция-дискуссия, лекция-исследование.

1. *Проблемная лекция* предполагает преимущественно всесторонний анализ исторических и социокультурных, образовательных явлений, научный поиск истины. Проблемная лекция опирается на логику последовательно моделируемых проблемных ситуаций путем постановки проблемных вопросов или предъявления проблемных задач.

2. *Лекция-визуализация* реализует принцип наглядности и учит обучающихся преобразовывать устную и письменную информацию в визуальную форму, что формирует у них профессиональное мышление за счет систематизации и выделения наиболее значимых, существенных элементов содержания обучения.

3. *Лекция-беседа* является наиболее распространенной и сравнительно простой формой активного вовлечения обучающихся в учебный процесс. Такая лекция предполагает непосредственный контакт (диалог) педагогического работника с аудиторией.

4. *Лекция-дискуссия*, в которой в отличие от лекции-беседы педагогический работник при изложении лекционного материала не только использует ответы обучающихся на свои вопросы, но и организует свободный обмен мнениями в интервалах между логическими разделами.

**Организация практических занятий по дисциплине** направлена на углубление научно-теоретических знаний обучающихся, формирование практических умений и овладение определенными методами самостоятельной работы.

Практические занятия представляют собой занятия по решению различных прикладных задач, образцы которых были даны на лекциях.

Задачи практических занятий:

- помочь обучающимся систематизировать, закрепить и углубить знания теоретического характера;
- научить обучающихся приемам решения задач из предметной области дисциплины;
- способствовать овладению навыками и умениями, входящих в структуру формируемых компетенций в результате освоения дисциплины;
- научить их работать с информацией, книгой, пользоваться справочной и научной и методической литературой;
- формировать умение учиться самостоятельно, т.е. овладевать методами, способами и приемами самообучения, саморазвития и самоконтроля.

Содержание практических работ составляют:

- устные экспресс-опросы;
- групповые дискуссии;
- выполнение практических заданий;
- письменное или компьютерное экспресс-тестирование и др.

Цели практических занятий наилучшим образом достигаются в том случае, если студент предварительно проработал тематику практического занятия. Поэтому преподаватель должен информировать студентов о теме следующего практического занятия, чтобы они могли целенаправленно самостоятельно заниматься в домашних условиях.

**Организация лабораторных занятий по дисциплине** направлена на следующие цели и задачи:

- углубление и закрепление знания теоретического курса путем практического изучения в лабораторных условиях изложенных в лекциях законов и положений;
- приобретение навыков в научном экспериментировании, анализе полученных результатов;
- формирование первичных навыков организации, планирования и проведения научных исследований.

Порядок подготовки лабораторного занятия:

- изучение требований программы дисциплины;
- формулировка цели и задач лабораторного занятия;
- разработка плана проведения лабораторного занятия;
- подбор содержания лабораторного занятия;
- разработка необходимых для лабораторного занятия инструкционных карт;
- моделирование лабораторного занятия;
- проверка специализированной лаборатории на соответствие санитарно-гигиеническим нормам, требованиям по безопасности и технической эстетике;
- проверка количества лабораторных мест, необходимых и достаточных для достижения поставленных целей обучения;
- проверка материально-технического обеспечения лабораторных занятий на соответствие требованиям программы дисциплины.

Формы проведения лабораторных занятий:

- фронтальная;
- по циклам;
- индивидуальная;
- смешанная (комбинированная).

При проведении лабораторных работ используют три подхода к их выполнению:

- на основе рецептурных действий обучающихся, когда они проявляют умение работать преимущественно в стандартных условиях, отраженных в руководстве по лабораторному практикуму;
- на основе частично поисковых действий, когда обучающиеся могут действовать достаточно самостоятельно, решать несложные творческие задачи при подсказке или непосредственном руководстве преподавателя;

– на основе активных творческих действий обучающихся, когда они проявляют способность действовать в условиях, близких к реальным, используя запас приобретенных знаний.

**Самостоятельная работа обучающихся** предполагает аудиторную и внеаудиторную формы организации.

Основными видами самостоятельной работы обучающихся без участия педагогического работника являются: формирование и усвоение содержания конспекта лекций на базе рекомендованной лектором учебной литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.); подготовка к занятиям; составление аннотированного списка статей из соответствующих журналов по отраслям знаний и т.п.; текущий самоконтроль, выполнение расчетно-графической работы/курсового проекта/курсовой работы.

Выполнение РГР/курсового проекта/курсовой работы по дисциплине предусматривает информирование студентов о ее целях, структуре, выдачу методических указаний и задания, разъяснения по выбору варианта, ознакомление с порядком и сроками сдачи готовых материалов, проведение индивидуальных консультаций и разъяснение отдельных вопросов при необходимости.

Основными видами самостоятельной работы обучающихся с участием педагогического работника являются: текущие консультации, прием и разбор домашних заданий и др.

При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу, консультации преподавателя и др.

## 11.2. Методические материалы для обучающихся

Обучающимся, изучающим дисциплину, необходимо знать требования, предъявляемые к их различным видам учебных занятий, в том числе лекционным, практическим, индивидуальным и др. (таблица 12).

Таблица 12 – Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины

Вид учебной работы	Организация деятельности обучающегося
Лекции	Изучение дисциплины следует начинать с прослушивания и конспектирования лекций, перечитывать конспект перед выполнением домашних заданий и практическими занятиями. Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать педагогическому работнику на консультации, на практическом занятии. Над конспектами лекций надо рабо-

<b>Вид учебной работы</b>	<b>Организация деятельности обучающегося</b>
	тять систематически: первый просмотр рекомендуется сделать вечером того же дня, когда была прочитана лекция, затем просмотреть через 3-4 дня, и сделать это еще раз накануне практического занятия.
Практические занятия ( <i>при наличии</i> )	Ознакомление с целью и задачами занятия. Конспектирование источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы, работа с текстом. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме. Выполнение (решение) практических заданий и задач по алгоритму, на основе частично поисковой и или исследовательской деятельности и др.
Лабораторные работы ( <i>при наличии</i> )	Подготовка к эксперименту (ознакомление с целью и задачами, ходом лабораторной работы, работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы, подготовка таблиц для фиксирования хода и результатов опытно-экспериментальной работы и др.). Проведение измерений (вводный и текущий инструктаж, проведение опытов и экспериментов). Обработка полученных результатов; формулировка выводов и написание отчета. Защита отчета по лабораторной работе.
Изучение дополнительной литературы и самостоятельное формирование конспекта	Ознакомление с основной и дополнительной литературой, включая справочные издания, зарубежные источники, конспект основных положений, терминов, сведений, требующих для запоминания и являющихся основополагающими в конкретной теме. Составление аннотаций к прочитанным источникам и др. Рефлексия собственных достижений
Подготовка к экзамену	При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу, шкалу оценивания и др.

## 12. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 12.1. Виды и средства оценивания результатов освоения дисциплины

Виды и средства оценивания результатов освоения дисциплины представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Виды и средства оценивания результатов освоения дисциплины

<b>Код индикатора достижения компетенции</b>	<b>Оценочные средства текущего контроля успеваемости</b>	<b>Оценочные средства промежуточной аттестации обучающихся</b>
ОПК-3	1. Устные экспресс-опросы (темы 1-16). 2. Экспресс-тестирование (комплекты тестов по темам 1-16).	Вопросы к экзамену № 1-100.

### 12.2. Шкала оценивания при текущем контроле успеваемости

Оценивание отдельных видов работ в процессе изучения дисциплины рекомендуется осуществлять с использованием следующей шкалы:

– обучающийся ответил правильно на более, чем 90 % заданных вопросов или вопросов-тестов, выполнил и успешно защитил практические работы, показал отличное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала и т.д. – «отлично» (максимальный уровень освоения компетенций);

– обучающийся ответил правильно на 75-89% заданных вопросов или вопросов-тестов, выполнил и защитил практические работы с незначительными замечаниями, показал хорошее владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала и т.д. – «хорошо» (средний уровень освоения компетенций);

– обучающийся ответил правильно на 60-74% заданных вопросов или вопросов-тестов, выполнил и защитил практические работы со значительными замечаниями, показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала и т.д. – «удовлетворительно» (минимальный уровень освоения компетенций);

– обучающийся ответил правильно на менее, чем 60% заданных вопросов или вопросов-тестов, не выполнил все или выполнил часть практических работ, не защитил или защитил их со значительными замечаниями, при выполнении задания обучающийся не продемонстрировал уровень самостоятельного владения умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала и т.д. – «неудовлетворительно» (минимальный уровень освоения компетенций не достигнут).

Критерии и шкала оценки доклада (реферата) и его презентации по дисциплине представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Критерии и шкала оценки доклада (реферата) и его презентации по дисциплине

Оценка	Оцениваемые параметры
«отлично»	Теоретический вопрос раскрыт полностью без смысловых и логических ошибок. Задание решено верно. На защите ответ обучающегося полный и правильный. Обучающийся способен изложить решение задания, сделать собственные выводы, проанализировать основные показатели. В полном объеме представлен соответствующий графический материал.
«хорошо»	Теоретический вопрос раскрыт на достаточно высоком уровне без смысловых и логических ошибок. Задание решено верно. Имеются незначительные недочеты в определении единиц измерения, точности вычислений и т.п. На защите ответ обучающегося в целом полный и правильный. Обучающийся способен изложить решение задания, сделать собственные выводы, проанализировать основные показатели. В полном объеме представлен соответствующий графический материал.
«удовлетворительно»	Теоретический вопрос раскрыт на достаточном уровне, без существенных смысловых и логических ошибок. Задание решено верно, но имеются значительные недочеты в его решении, свя-

Оценка	Оцениваемые параметры
	занные с неполнотой ответа, с правильным исчислением одних данных и неверным – других и пр. На защите ответ неполный. Обучающийся способен четко изложить решение задания, но допускает неточности в формулировке собственных выводов и анализе основных показателей. В неполном объеме представлен графический материал.
«неудовлетворительно»	Теоретический вопрос не раскрыт или раскрыт не полностью при наличии разного рода неточностей и ошибок. Задание решено со значительными недочетами, с неполными ответа, с неправильным исчислением данных. На защите ответ обучающегося неполный. Обучающийся не способен четко изложить решение задания, допускает неточности в формулировке собственных выводов, не способен проанализировать основные показатели. Графический материал не представлен или представлен не в полном объеме.

В процесс преподавания дисциплины педагогическим работником формируется оценка, характеризующая текущую успеваемость обучающегося.

### 12.3. Шкала оценивания при промежуточной аттестации обучающихся

При проведении промежуточной аттестации обучающихся в форме экзамена используется шкала оценивания, представленная в таблице 15.

Таблица 15 – Шкала оценивания при промежуточной аттестации обучающихся

Уровень освоения (оценка)	Планируемые результаты освоения дисциплины
Высокий (зачтено / «отлично»)	Обучающийся глубоко и прочно усвоил теоретический и практический материал, уверенно это демонстрирует в ходе промежуточной аттестации. Исчерпывающе и логически стройно излагает учебный материал, умеет увязывать теорию с практикой, справляется с решением задач профессиональной направленности высокого уровня сложности, правильно обосновывает принятые решения. Свободно ориентируется в учебной и профессиональной литературе.
Повышенный (зачтено / «хорошо»)	Обучающийся знает теоретический и практический материал, грамотно и по существу излагает его в ходе промежуточной аттестации, не допуская существенных неточностей. Правильно применяет теоретические положения при решении практических задач профессиональной направленности разного уровня сложности, владеет необходимыми для этого навыками и приёмами. Достаточно хорошо ориентируется в учебной и профессиональной литературе.
Базовый (зачтено / «удовлетворительно»)	Обучающийся знает на базовом уровне теоретический и практический материал, допускает отдельные ошибки при его изложении в ходе промежуточной аттестации. Обучающийся испытывает определённые затруднения в применении теоретических положений при решении практических задач профессиональной направленности стандартного уровня сложности, владеет необходимыми для этого базовыми навыками и приё-

Уровень освоения (оценка)	Планируемые результаты освоения дисциплины
	мами. Демонстрирует достаточный уровень знания учебной литературы по дисциплине.
Низкий (не зачтено / «неудовлетворительно»)	Обучающийся не знает на пороговом уровне теоретический и практический материал, допускает грубые ошибки при его изложении на занятиях и в ходе промежуточной аттестации. Испытывает серьёзные затруднения в применении теоретических положений при решении практических задач профессиональной направленности стандартного уровня сложности, не владеет необходимыми для этого навыками и приёмами. Демонстрирует фрагментарные знания учебной литературы по дисциплине.

#### 12.4. Оценивание окончательных результатов обучения по дисциплине

Итоговая оценка по дисциплине определяется с учетом результатов промежуточной аттестации обучающегося (экзамена) и оценок, полученных обучающимся в ходе текущего контроля успеваемости в семестре.

#### 12.5. Характеристика результатов обучения

Характеристики результатов обучения по дисциплине в зависимости от полученной обучающимся оценки приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Характеристика результатов обучения по дисциплине

Оценка	Характеристика результатов обучения
Зачтено / «Отлично» (высокий уровень освоения всех индикаторов достижения компетенций в дисциплине)	Содержание дисциплины освоено полностью, все цели достигнуты, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены
Зачтено / «Хорошо» (повышенный уровень освоения всех индикаторов достижения компетенций в дисциплине)	Содержание дисциплины освоено полностью, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены с незначительными замечаниями
Зачтено / «Удовлетворительно» (базовый уровень освоения всех индикаторов достижения компетенций в дисциплине)	Содержание дисциплины освоено частично, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, в них имеются ошибки
Не зачтено / «Неудовлетворительно» (низкий уровень освоения всех индикаторов достижения компетенций в дисциплине)	Содержание дисциплины не освоено, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий либо не выполнены, либо содержат грубые ошибки; дополнительная самостоятельная работа над материалом не привела к какому-либо значительному повышению качества выполнения учебных заданий

#### 12.6. Контрольно-измерительные материалы для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся

Контрольно-измерительные материалы для текущего контроля успеваемости



мости и промежуточной аттестации обучающихся представлены в электронном курсе «Термодинамика и тепломассообмен», размещенном в системе электронной поддержки учебных курсов на базе программного обеспечения Moodle со встроенной подсистемой тестирования (edu.tu-bryansk.ru), входящей в состав электронной информационно-образовательной среды БГТУ (<http://edu.tu-bryansk.ru>) и «Фонд оценочных средств по дисциплине «Термодинамика и тепломассообмен».

### 13. ВОСПИТАТЕЛЬНАЯ РАБОТА

В соответствии с Федеральным законом «Об образовании в Российской Федерации» воспитание - «деятельность, направленная на развитие личности, создание условий для самоопределения и социализации обучающихся на основе социокультурных, духовно-нравственных ценностей и принятых в российском обществе правил и норм поведения в интересах человека, семьи, общества и государства, формирование у обучающихся чувства патриотизма, гражданственности, уважения к памяти защитников Отечества и подвигам Героев Отечества, закону и правопорядку, человеку труда и старшему поколению, взаимного уважения, бережного отношения к культурному наследию и традициям многонационального народа Российской Федерации, природе и окружающей среде».

В учебном процессе воспитательная работа с обучающимися реализуется средствами учебных дисциплин.

Воспитательная деятельность в ходе преподавания дисциплины направлена на формирование у обучающегося системы убеждений, нравственных норм и общекультурных качеств, на оказание им помощи в жизненном самоопределении, нравственном, гражданском и профессиональном становлении, на создание условий для самореализации личности. Воспитательная работа также ориентирует обучающихся на будущую профессиональную деятельность, формируя не только личностные, но и профессионально значимые качества.

Воспитательные задачи во время учебных занятий выполняются в скрытой (контекстной) и открытой (целенаправленной) формах. Скрытая форма воспитательной работы представляет собой воздействие всего хода педагогического процесса на становление личностных качеств обучающихся. Например, соблюдение педагогическим работником трудовой дисциплины, демонстрация преданности науке, заинтересованность в успехе обучающихся, правильная речь, хорошие манеры и т.п. имеют положительное воспитательное значение и формируют у обучающихся добросовестность, исполнительность, трудолюбие, ответственность и другие положительные качества. Обучающиеся неосознанно перенимают данные черты у педагогического работника.

Воспитание в открытой форме – это целенаправленное воздействие содержанием учебной дисциплины на становление личности обучающегося. Например, решение проблем и исследовательская работа формируют у обучающихся умение аргументировать, самостоятельно мыслить, стремление к научному поиску, развивают творчество, профессиональные умения.

