

Автономная некоммерческая организация высшего образования

**«СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ ОТКРЫТЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

«Утверждаю»



Проректор по УМР

О.М. Вальц

«07» сентября 2017 г.

## **Рабочая программа дисциплины**

### **«ТЕПЛОФИЗИКА»**

Направление подготовки:

**22.03.02 – Metallургия**

Профиль подготовки:

**22.03.02.1 Технология литейных процессов**

Квалификация (степень):

**бакалавр**

Форма обучения

**заочная**

Санкт-Петербург, 2017

Рабочая программа учебной дисциплины разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 22.03.02. – Metallургия

Основным документом для разработки рабочей программы является рабочий учебный план направления 22.03.02. – Metallургия. Профиль подготовки: 22.03.02 1 Технология литейных процессов

Учебные и методические материалы по учебной дисциплине размещены в электронной информационно-образовательной среде университета.

**Разработчик:**

И. М. Шестов, преподаватель кафедры математических и естественнонаучных дисциплин

**Рецензент:**

Э.Ж. Янсон, к.т.н., д.э.н., проректор по научной работе ЧОУВО «Национальный открытый институт»

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры Электроэнергетики и автомобильного транспорта от «06» сентября 2017 года, протокол №1

## СОДЕРЖАНИЕ

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....	4
2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....	6
3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ .....	7
4. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ .....	8
5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....	11
5.1. Темы контрольных работ .....	11
5.2. Темы курсовых работ (проектов) .....	11
5.3. Перечень методических рекомендаций .....	17
5.4. Перечень вопросов для подготовки к экзамену .....	18
6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	20
7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	21
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ "ИНТЕРНЕТ", НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	21
9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ .....	22
10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	23
11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ .....	23
12. БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ .....	24
Приложение .....	25

# **1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

1.1. Основная цель дисциплины состоит в том, чтобы вооружить будущего бакалавра знаниями в области теплофизики:

- закономерностями наивыгоднейшего взаимного превращения теплоты и работы;
- закономерностями теплопередачи и тепломассопереноса;
- видами, характеристиками и теорией горения различных топлив с анализом токсичности продуктов сгорания;
- принципами действия и энергетической эффективностью различного рода тепловых двигателей и энергетических установок компрессоров, вентиляторов, холодильных машин, тепловых насосов и криогенных установок, теплообменных и тепломассообменных аппаратов;
- ознакомлением с технологией теплоснабжения предприятий.

1.2. Задачами изучения дисциплины являются:

- ознакомиться с методологией термодинамики;
- изучить 1-ый и 2-ой законы термодинамики и теорию теплоемкости;
- изучить термодинамические процессы идеальных газов, прямые и обратные, круговые процессы, прямой и обратный циклы Карно, циклы ДВС и ГТУ, холодильных, криогенных установок и тепловых насосов;
- изучить водяной пар и циклы ПСУ, влажный воздух, истечение и дросселирование газов и паров;
- ознакомиться с термодинамическими потенциалами;
- ознакомиться с видами теплообмена;
- изучить закономерности переноса теплоты теплопроводностью, конвекцией, излучением;
- ознакомиться с понятием сложного теплообмена;
- ознакомиться с устройством и тепловым расчетом теплообменных аппаратов;
- изучить виды, характеристики и основы теории горения различных топлив с анализом токсичности продуктов сгорания;
- ознакомиться с принципами действия и энергетической эффективностью различного рода теплоэнергетических установок, а также компрессоров, вентиляторов, холодильных и криогенных установок, тепловых насосов теплообменных и тепломассообменных аппаратов;
- ознакомиться с технологией теплоснабжения и расчетом тепловых и гидромеханических процессов элементов систем теплоснабжения.

1.3. Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

***общепрофессиональные (ОПК)***

<b><i>Код компетенции</i></b>	<b><i>Наименование и (или) описание компетенции</i></b>
<b>ОПК-4</b>	готовность сочетать теорию и практику для решения инженерных задач
<b>ОПК-7</b>	готовность выбирать средства измерений в соответствии с требуемой точностью и условиями эксплуатации

***профессиональные (ПК)***

<b><i>Код компетенции</i></b>	<b><i>Наименование и (или) описание компетенции</i></b>
<b>ПК-5</b>	Способность выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических и технологических процессов

1.4. В результате освоения дисциплины студент должен демонстрировать освоение указанных компетенций по дескрипторам «знания, умения, владения», соответствующие тематическим модулям дисциплины, и применимые в их последующем обучении и профессиональной деятельности:

**Знать:**

- основные термодинамические явления и основные законы термодинамики и теплопередачи;
- границы их применимости, применение законов в важнейших практических приложениях;
- основные величины и константы теплофизики, их определение, смысл, способы и единицы их измерения;
- фундаментальные опыты и их роль в развитии науки;
- назначение и принципы действия важнейших физических приборов.

**Уметь:**

- определять, какие законы описывают данное явление или эффект;
- записывать уравнения для величин теплофизики в системе СИ;
- правильно истолковывать смысл величин и понятий теплофизики;
- использовать методы математического моделирования, применять методы математического анализа к решению конкретных естественнонаучных и технических проблем;

- использовать различные методики термодинамических измерений и обработки экспериментальных данных.

**Владеть:**

- навыками использования основных термодинамических законов и принципов в важнейших практических приложениях;
- основными методами математического анализа для решения естественнонаучных задач;
- приемами использования методов математического моделирования в производственной практике;
- способностью воспринимать и анализировать информацию.

## **2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Дисциплина «Теплофизика» является дисциплиной базовой части блока Б1. Предшествующие дисциплины: Математика, Физика, Химия, Механика, Информатика.

Последующие дисциплины: Metallургическая теплотехника, Теория литейных процессов, Технология литейного производства.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ

№ п/п	Наименование модуля и темы учебной дисциплины	Трудоёмкость по учебному плану (час/з.е.)	Виды занятий				Виды контроля		
			Лекции	Практическое занятие	Лабораторное занятие	Самостоятельная работа	Контрольная работа	Курсовая работа (проект)	Зачёт (экзамен)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>1</b>	<b>Модуль 1. Предмет теплофизики, основные определения: термодинамическая система и теплоемкость.</b>	<b>36/1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>		<b>34</b>			
2	Тема 1.1. Введение в теплофизику	18/0,5	0,5			17,5			
3	Тема 1.2 Теория теплоемкости	18/0,5	0,5	1		16,5			
<b>4</b>	<b>Модуль 2. Первый и второй законы термодинамики</b>	<b>36/1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>		<b>34</b>			
5	Тема 2.1. Первый закон термодинамики	18/0,5	0,5	0,5		17			
6	Тема 2.2. Второй закон термодинамики	18/0,5	0,5	0,5		17			
<b>7</b>	<b>Модуль 3. Реальные газы, водяной пар, истечение газов. Циклы ДВС, ГТУ и ПСУ.</b>	<b>36/1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>		<b>34</b>			
8	Тема 3.1. Термодинамические циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС) и газотурбинных установок (ГТУ)	18/0,5	0,5	0,5		17			
9	Тема 3.2. Водяной пар	18/0,5	0,5	0,5		17			
<b>10</b>	<b>Модуль 4. Теплопередача и теплообмен. Виды теплообмена и теплообменных аппаратов</b>	<b>72/2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>64</b>			
11	Тема 4.1 Теплопередача и теплоперенос, основные понятия и определения	36/1	0,5	0,5	2	33			
12	Тема 4.2. Расчет коэффициентов теплоотдачи и тепловых потоков с помощью критериальных уравнений	36/1	0,5	0,5	4	31			
<b>Всего</b>		<b>180/5</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>166</b>	<b>1</b>		<b>Экз</b>

## 4. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### Модуль 1. Предмет теплофизики, основные определения (36 часов).

#### Тема 1.1. Введение в теплофизику (18 часов).

Техническая термодинамика и ее метод. Параметры состояния: давление, температура, удельный объем. Уравнения состояния идеальных газов. Индивидуальная и универсальная газовые постоянные. Применение уравнения состояния.

##### *Виды учебных занятий:*

Лекция:	Введение в теплофизику	0,5 часа
---------	------------------------	-------------

#### Тема 1.2 Теория теплоемкости (18 часов).

Определения понятий теплоемкостей в зависимости от процесса, от количества вещества и от температуры. Закон Майера. Газовые смеси: способы задания смеси газов, понятия парциальных давлений и объемов, закон Дальтона, как основной закон поведения газовых смесей, расчет основных параметров смеси и составляющих ее компонентов. Расчет теплоемкости газовых смесей. Расчет количеств теплоты на основе теории теплоемкости.

##### *Виды учебных занятий:*

Лекция:	Теория теплоемкости	0,5 часа
Практическое занятие:	Теория теплоемкости	2 часа

### Модуль 2. Первый и второй законы термодинамики (36 часов).

#### Тема 2.1. Первый закон термодинамики (18 часов)

Принцип эквивалентности теплоты и работы. Параметр состояния - внутренняя энергия, работа, как 1-ый способ передачи энергии, работа расширения, работа проталкивания, располагаемая работа, понятие энтальпии, PV-координаты и их свойства. Теплота, как 2-ой способ передачи энергии. Понятие энтропии, TS-координаты и их свойства. Термодинамические процессы идеальных газов и их анализ на основе 1-го закона термодинамики с изображением в PV- и TS-координатах.

##### *Виды учебных занятий:*

Лекция:	Первый закон термодинамики	0,5 часа
Практическое занятие:	Первый закон термодинамики	1 час

## **Тема 2.2. Второй закон термодинамики (18 часов)**

Сущность второго закона термодинамики, формулировка Томсона и Клаузиуса. Понятие термического КПД тепловой машины, работающей по прямому циклу и его аналитическое выражение. Понятие холодильного и отопительного коэффициентов холодильных машин и тепловых насосов, работающих по обратному циклу и их аналитическое выражение. Прямой цикл Карно и его кпд. Интеграл Клаузиуса и принцип возрастания энтропии. Совместное аналитическое выражение 1 -го и 2-го законов термодинамики для обратимых и необратимых процессов.

### ***Виды учебных занятий:***

Лекция:	Второй закон термодинамики	0,5 часа
Практическое занятие:	Второй закон термодинамики	1 час

## **Модуль 3. Реальные газы, водяной пар, истечение газов**

### **Циклы ДВС, ГТУ и ПСУ (36 часов).**

**Тема 3.1. Термодинамические циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС) и газотурбинных установок (ГТУ). (18 часов).**

Расчет параметров характерных точек теоретических циклов и статей теплового баланса машин, работающих по действительным циклам. Реальные газы, основные понятия. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Уравнение Майера-Боголюбова. Циклы паросиловых установок (ПСУ). Циклы Ренкина и ТЭЦ (теплоэлектроцентраль) и их сравнительный анализ по кпд. Типы турбин устанавливаемых на конденсационных электростанциях (КЭС) и ТЭЦ.

### ***Виды учебных занятий:***

Лекция:	Термодинамические циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС) и газотурбинных установок (ГТУ)	0,5 часа
Практическое занятие:	Расчет параметров характерных точек теоретических циклов и статей теплового баланса машин, работающих по действительным циклам. Реальные газы, основные понятия. Решение задач.	1 час

## **Тема 3.2. Водяной пар (18 часов).**

PV-, TS- и hS-диаграммы водяного пара, таблицы водяного пара. Теплота пара и расчет ее составляющих по диаграммам и таблицам. Влажный воздух: абсолютная и относительная влажность, влагосодержание, температуры мокрого и сухого термометров, точка росы, психрометрическая разность

температур. Истечение и дросселирование газов и паров. Сопла и диффузоры, анализ закономерностей изменения их сечений в дозвуковой и сверхзвуковой части на основе 1-го закона термодинамики для потока. Расчет скоростей истечения из сопел. Компрессоры. Основные виды и назначение. Одноступенчатый поршневой компрессор. Многоступенчатое сжатие.

***Виды учебных занятий:***

Лекция:	Водяной пар	0,5 часа
Практическое занятие:	Теплота пара и расчет ее составляющих по диаграммам и таблицам.	1 час

**Модуль 4. Теплопередача и тепломассообмен. Виды теплообмена и теплообменных аппаратов (72 часа).**

**Тема 4.1 Теплопередача и тепломассоперенос, основные понятия и определения (36 часов).**

Теория теплопроводности: температурное поле, температурный градиент, тепловой поток, законы Фурье и Ньютона-Рихмана. Передача тепла через плоскую и цилиндрическую стенки при граничных условиях 1-го и 3-го родов. Понятие о нестационарной теплопроводности. Конвективный теплообмен и его механизм. Критерии подобия Рейнольдса, Грасгофа, Прандтля и Нуссельта и их физический смысл.

***Виды учебных занятий:***

Лекция:	Теплопередача и тепломассоперенос, основные понятия и определения	0,5 часа
Практическое занятие:	Передача тепла через плоскую и цилиндрическую стенки при граничных условиях 1-го и 3-го родов. Понятие о нестационарной теплопроводности. Конвективный теплообмен и его механизм. Решение задач.	1 час
Лабораторная работа:	Теплопередача и тепломассоперенос	2 часа

**Тема 4.2. Расчет коэффициентов теплоотдачи и тепловых потоков с помощью критериальных уравнений (36 часов).**

Теплообмен излучением, основные понятия и определения. Излучение собственное и падающее, коэффициенты собственного и падающего излучения. Использование коэффициента собственного излучения (степени черноты) для расчета результирующего теплового потока. Законы теплового излучения: Планка, Стефана-Больцмана и Кирхгофа. Теплообменные аппараты и их расчет. Виды теплообменных аппаратов. Схемы движения теплоносителей в рекуперативных теплообменных аппаратах (рекуператорах).

### **Виды учебных занятий:**

Лекция:	Понятие об информации. Кодирование информации Расчет коэффициентов теплоотдачи и тепловых потоков с помощью критериальных уравнений	0,5 часа
Практическое занятие:	Исследование работы трубчатого теплообменника. Решение задач.	1 час
Лабораторная работа:	Определение коэффициента теплоотдачи от горизонтальных труб различных диаметров, изготовленных из одинаковых материалов	4 часа

## **5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

### **5.1. Темы контрольных работ**

Наименование тем
“Первый и второй законы термодинамики”

Вариант задания выбирается по последней цифре шифра студента.

Таблица заданий

Вариант	Номера задач
0	1, 11, 21, 31, 41, 51, 61, 71
1	2, 12, 22, 32, 42, 52, 62, 72
2	3, 13, 23, 33, 43, 53, 63, 73
3	4, 14, 24, 34, 44, 54, 64, 74
4	5, 15, 25, 35, 45, 55, 65, 75
5	6, 16, 26, 36, 46, 56, 66, 76

6	7, 17, 27, 37, 47, 57, 67, 77
7	8, 18, 28, 38, 48, 58, 68, 78
8	9, 19, 29, 39, 49, 59, 69, 79
9	10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80

1. За неделю из стакана испарилось 50 г воды. Сколько в среднем молекул вылетало с поверхности воды за 1с.
2. В баллоне емкостью 15 л находится смесь, содержащая 10 г водорода, 54 г водяного пара и 60 г окиси углерода. Температура смеси 27 °С. Определить давление.
3. Смесь водорода и гелия находится в баллоне объемом 30 л при температуре 300 К и давлении 830 кПа. Масса смеси равна 24 г. Определить массу водорода и гелия.
4. Сосуд объемом 10 л содержит гелий под давлением 1 МПа и при температуре 300 К. После того, как из баллона выпущено 10 г гелия, температура в баллоне понизилась до 290 К. Определить давление гелия, оставшегося в баллоне.
5. Определить плотность смеси, состоящей из 4 г гелия и 28 г азота при температуре 27 °С и давлении 1 МПа.
6. В дизеле в начале такта сжатия температура воздуха 40 °С, а давление 78,4 кПа. Во время сжатия объем уменьшается в 15 раз, а давление возрастает до 3,5 Мпа. Определить температуру воздуха в конце такта сжатия.
7. Найти относительную молярную массу некоторого газа, если его плотность составляет 12,2 кг/м<sup>3</sup> при температуре 300 К и давлении 700 кПа.
8. Альпинист при каждом вдохе поглощает 5 г воздуха, находящегося при нормальных условиях. Найти объем воздуха, который должен вдыхать за то же время альпинист в горах, где давление равно 79,8 кПа, а температура -13 °С.
9. В сосуде объемом 20 л при температуре 27 °С находится смесь кислорода массой 6 г и углекислого газа массой 66 г. Определить давление смеси.
10. В сосуде объемом 2л находится углекислый газ массой 6г и закись азота (N<sub>2</sub>O) массой 4г при температуре 400К. Найти давление смеси в сосуде.
11. Баллон, содержащий 1 кг азота, при испытании взорвался при температуре 350 °С. Какое количество водорода можно хранить в этом баллоне при 20 °С, имея пятикратный запас прочности.
12. Определить молярную массу газа, свойства которого соответствуют свойствам смеси 160 г кислорода и 120 г азота.
13. Определить плотность смеси 4 г водорода и 32 г кислорода при температуре 7 °С и давлении 100 кПа.

14. До какой температуры при нормальном давлении можно нагреть кислород, чтобы его плотность стала равна плотности азота при нормальных условиях.
15. Современная техника позволяет создать вакуум до 0,1 нПа. Сколько молекул газа остается при таком вакууме в 1 см<sup>3</sup> при температуре 300К?
16. Котел содержит перегретый водяной пар массой 0,5кг при температуре 450К. Определить давление пара в котле, если его емкость равна 50л.
17. Некоторый газ находится под давлением 126,7кПа при температуре 305 К. Определить молярную массу газа, если плотность газа равна 0,1кг/м<sup>3</sup>.
18. Сколько молекул газа содержится в колбе объемом 1 л, если давление газа составляет 300 кПа, а температура газа 400К.
19. Два сосуда, содержащие одинаковые массы одного газа, соединены трубкой с краном. В первом сосуде давление 5000 Па, во втором 8000 Па. Какое давление установится после открытия крана, если температура останется неизменной?
20. Определить температуру газа, находящегося в закрытом баллоне, если его давление увеличилось на 0,4 % первоначального при нагревании на 1К.
21. В сосуде объемом 20 л содержится 40 г неона при давлении 200 кПа. Определить концентрацию атомов неона и среднюю кинетическую энергию одного атома.
22. Сколько молекул кислорода содержится в сосуде объемом 10 см<sup>3</sup>, если при тепловом хаотическом движении со средней скоростью 400 м/с они производят на стенке сосуда давление 1 кПа?
23. Найти число молекул водорода в одном 1см<sup>3</sup>, если давление равно 0,266 МПа, а средняя квадратичная скорость при данных условиях равна 1400м/с.
24. Газ занимает объем 4л под давлением 500 Па. Определить суммарную кинетическую энергию поступательного движения молекул.
25. При какой температуре средняя энергия теплового движения молекул аргона будет в 3 раза больше, чем средняя энергия вращательного движения молекулы метана при нормальных условиях?
26. 1 кг двухатомного газа находится под давлением 80 кПа и имеет плотность 4 кг/м<sup>3</sup>. Найти энергию теплового движения молекул газа в этих условиях.
227. Найти полную кинетическую энергию моля аммиака NH<sub>3</sub>, а также кинетическую энергию вращательного движения одной молекулы аммиака при температуре 27<sup>0</sup>С.
28. Газ занимает объем 1 л под давлением 2 кПа. Определить кинетическую энергию поступательного движения всех молекул, находящихся в данном объеме.
29. Определить среднюю кинетическую энергию вращательного движения одной молекулы двухатомного газа, если суммарная кинетическая энергия молекул одного киломоля этого газа равна 3,01 МДж.
30. Какое число молекул двухатомного газа занимает объем 10 см<sup>3</sup> при давлении 5,32 кПа и температуре 27<sup>0</sup>С? Какой суммарной энергией теплового движения обладают эти молекулы?

31. На сколько изменится атмосферное давление при подъеме на высоту 100 м над уровнем моря, если давление на уровне моря равно 100 кПа. Считать, что температура равна 290 К и не изменяется с высотой.
32. На какой высоте над поверхностью Земли атмосферное давление вдвое меньше, чем на поверхности? Считать, что температура воздуха равна 290 К и не изменяется с высотой.
33. На сколько процентов отличается давление воздуха в шахте глубиной 1 км от давления на поверхности. Температуры считать одинаковыми и равными 27°C.
34. Во сколько раз средняя квадратичная скорость пылинок, взвешенных в воздухе, меньше средней квадратичной скорости молекул воздуха? Масса пылинки  $10^{-8}$  г. Воздух считать однородным газом, для которого  $\mu = 29$  г/моль.
35. При какой температуре средняя квадратичная скорость молекул азота больше их наиболее вероятной скорости на 150 м/с.
36. Определить среднюю длину свободного пробега молекул водорода при температуре 27°C и давлении  $3 \cdot 10^{-8}$  Па (эффективный диаметр молекулы водорода принять равной  $3 \cdot 10^{-10}$  м).
37. Баллон емкостью 10 л содержит азот массой 1 г. Определить среднюю длину свободного пробега молекул (эффективный диаметр молекулы азота принять равной  $0,3 \cdot 10^{-10}$  м).
38. Найти эффективный диаметр молекул водорода, если для водорода при нормальных условиях длина свободного пробега молекул  $1,12 \cdot 10^{-5}$  см.
39. Найти время свободного пробега молекул водорода при давлении 0,1 Па и температуре 100 К (эффективный диаметр молекулы водорода принять равным  $3,2 \cdot 10^{-10}$  м).
40. Какое предельное число молекул газа должно находиться в 1 см<sup>3</sup> сферического сосуда, диаметр которого 15 см, чтобы молекулы не сталкивались друг с другом? Принять эффективный диаметр молекул равным  $3 \cdot 10^{-10}$  м.
41. Вычислить удельные теплоемкости при постоянном давлении  $P$  и постоянном объеме неона и водорода, принимая эти газы за идеальные. Молярная масса неона  $20 \cdot 10^{-3}$  кг/моль, водорода  $2 \cdot 10^{-3}$  кг/моль.
42. Баллон с азотом двигался со скоростью 50 м/с. На сколько Кельвинов нагреется газ при внезапной остановке баллона?
43. Трехатомный газ под давлением 240 кПа и при температуре 20°C занимает объем 10 л. Определить теплоемкость этого газа при постоянном давлении
244. При температуре 207°C, масса 2,5 кг некоторого газа занимает объем 0,3 м<sup>3</sup>. Определить давление газа, если удельная теплоемкость при постоянном давлении равна 519 Дж/(кг К) и  $\gamma = C_p / C_v = 1,67$ .
45. Вычислить удельные теплоемкости газа, зная, что его молярная масса  $44 \cdot 10^{-3}$  кг/моль и отношение теплоемкостей  $\gamma = C_p / C_v = 1,33$ .
46. Известны удельные теплоемкости газа:  $C_v = 649$  Дж/(кг К) и  $C_p = 912$  Дж/(кг К). Найти молярную массу газа и число степеней свободы его молекул.

47. Относительная молекулярная масса газа 4. Отношение теплоемкостей  $C_p / C_v = 1,67$ . Вычислить удельные теплоемкости газа.
48. Разность удельных теплоемкостей некоторого газа  $2,08 \text{ кДж/(кг К)}$ . Определить относительную молекулярную массу газа.
49. Некоторый газ находится при температуре  $350\text{К}$  в баллоне емкостью  $100 \text{ л}$  под давлением  $200 \text{ кПа}$ . Теплоемкость этого газа при постоянном объеме  $140 \text{ Дж/К}$ . Определить отношение теплоемкостей  $C_p / C_v$ .
50. Вычислить теплоемкость (при постоянном объеме) газа, заключенного в сосуд емкостью  $20 \text{ л}$  при нормальных условиях. Газ одноатомный.
51. При адиабатическом расширении азот массой  $10 \text{ г}$  совершает работу, равную  $351 \text{ Дж}$ . На сколько уменьшилась внутренняя энергия и понизилась температура азота, если его удельная теплоемкость при постоянном объеме  $742 \text{ Дж/(кг К)}$ .
52. В закрытом сосуде объемом  $2 \text{ л}$  находится азот, плотность которого  $1,4 \text{ кг/м}^3$ . Какое количество теплоты надо сообщить азоту, чтобы нагреть его на  $100 \text{ К}$ ? На сколько увеличится внутренняя энергия азота?
53. При адиабатическом расширении кислорода с начальной температурой  $320 \text{ К}$  внутренняя энергия уменьшилась на  $8,4 \text{ кДж}$ , а его объем увеличился в  $10$  раз. Определить массу кислорода.
54. Во сколько раз увеличится объем  $0,4$  моля водорода при изотермическом расширении, если при этом газ получил количество теплоты  $800 \text{ Дж}$ ? Температура водорода  $27^\circ\text{С}$ .  
Какую работу совершил газ при своем расширении?
55. Водород массой  $6,5 \text{ г}$ , находящийся при температуре  $27^\circ\text{С}$ , расширяется вдвое при постоянном давлении за счет притока извне тепла. Найти работу расширения газа, изменение внутренней энергии газа и количество теплоты, сообщенное газу.
56. При адиабатическом сжатии одного киломоля двухатомного газа была совершена работа в  $146 \text{ кДж}$ . На сколько увеличилась внутренняя энергия газа и температура газа при сжатии?
57. Объем азота уменьшают в  $2$  раза: а) изотермически; б) адиабатически. Определить работу, затраченную на сжатие газа, в обоих случаях масса газа  $2 \text{ кг}$ , начальная температура  $15^\circ\text{С}$ .
58. Кислород массой  $10 \text{ г}$  находится под давлением  $0,3 \text{ МПа}$  при температуре  $100^\circ\text{С}$ . После нагревания при постоянном давлении объем газа равен  $10 \text{ л}$ . Найти количество теплоты, полученное газом, изменение его внутренней энергии и работы, совершенной газом.
59. Закрытый баллон емкостью  $10 \text{ л}$ , содержащий кислород при давлении  $2 \text{ МПа}$  и температуре  $7^\circ\text{С}$ , нагревается до температуры  $27^\circ\text{С}$ . Какое количество теплоты передано газу?  
На сколько увеличилась внутренняя энергия газа?
60. В цилиндре под поршнем находится воздух. На его нагревание при постоянном давлении затрачено  $5 \text{ кДж}$  теплоты. Определить работу,

совершаемую при этом газом. Удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении  $1 \text{ кДж}/(\text{кг К})$ ; молярная масса воздуха  $29 \text{ г/моль}$ .

61. В топке паровой турбины расходуется  $0,35 \text{ кг}$  дизельного топлива на  $1 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$  энергии. Температура поступающего в турбину пара  $250^\circ\text{C}$ , температура теплоприемника  $30^\circ\text{C}$ .

Вычислить КПД турбины. Найти КПД идеальной тепловой машины, работающей при тех же температурных условиях. Удельная теплота сгорания топлива  $42 \text{ Мдж/кг}$ .

62. В ходе цикла Карно рабочее вещество получает от теплоотдатчика количество теплоты  $300 \text{ кДж}$ . Температуры теплоотдатчика и теплоприемника равны соответственно  $480\text{К}$  и

$280 \text{ К}$ . Определить термический КПД цикла и работу, совершаемую рабочим веществом за цикл.

63. Идеальная тепловая машина работает по циклу Карно, термический КПД которого  $40\%$ . Температура теплоприемника  $0^\circ\text{C}$ . Найти температуру теплоотдатчика и работу изотермического сжатия, если работа изотермического расширения  $8 \text{ Дж}$ .

64. Идеальной тепловой машиной за счет каждого килоджоуля теплоты, полученной от теплоотдатчика, за цикл совершается работа  $300 \text{ Дж}$ . Определить термический КПД машины и температуру теплоотдатчика, если температура теплоприемника  $280\text{К}$ .

65. У тепловой машины, работающей по циклу Карно, температура теплоотдатчика в  $1,6$  раза больше температуры теплоприемника. За цикл машина совершает работу  $12 \text{ кДж}$ . Найти термический КПД цикла и работу, затраченную на изотермическое сжатие рабочего вещества за цикл?

66. Газ совершает цикл Карно. Температура теплоотдатчика в два раза меньше температуры теплоприемника. Определить КПД цикла и количество теплоты, отдаваемое теплоприемнику, если работа, совершаемая за цикл равна  $1,2 \text{ Дж}$ .

67. Во сколько раз увеличится КПД идеальной тепловой машины при повышении температуры теплоприемника с  $260$  до  $300 \text{ К}$ . Температура теплоотдатчика  $540\text{К}$ .

68. Температура теплоотдатчика идеальной тепловой машины  $480 \text{ К}$ , а ее КПД составляет  $40\%$ . Чему равна температура теплоприемника? Какую долю количества теплоты, полученного от теплоотдатчика, газ отдает теплоприемнику?

69. Идеальная тепловая машина за цикл совершает работу  $4 \text{ кДж}$ , отдавая при этом холодильнику  $6,4 \text{ кДж}$  теплоты. Определить КПД цикла, а также температуру теплоотдатчика, если температура теплоприемника  $280\text{К}$ .

70. Тепловая машина, работающая по циклу Карно, совершает за цикл  $14$  работу  $8\text{кДж}$ , отдавая теплоприемнику  $12\text{кДж}$ . Определить КПД цикла и температуру теплоприемника, если температура теплоотдатчика  $600\text{К}$ .

71. Воду массой  $1 \text{ г}$  нагрели от температуры  $10^\circ \text{C}$  до температуры  $100^\circ \text{C}$ , при которой она вся превратилась в пар. Найти приращение энтропии системы.

72. Кусок льда массой 200 г, взятый при температуре  $-10^{\circ}\text{C}$ , был нагрет до  $0^{\circ}\text{C}$  и расплавлен, после чего образовавшаяся вода была нагрета до температуры  $10^{\circ}\text{C}$ . Определить изменение энтропии в ходе указанных процессов.
73. Кислород массой 10 г нагревается от температуры  $50^{\circ}\text{C}$  до температуры  $150^{\circ}\text{C}$ . Найти приращение энтропии, если нагревание происходит: а) изохорически; б) изобарически.
74. Во сколько раз при изотермическом процессе надо увеличить объем газа в количестве 4 молей, чтобы его энтропия увеличилась на 23 Дж/К?
75. В результате изохорического нагревания воздуха массой 1 г давление газа увеличилось в 2 раза. Определить изменение энтропии газа.
76. Найти изменение энтропии при изобарическом расширении гелия массой 8 г от объема 10 л до объема 25 л.
77. Объем кислорода массой 2 кг увеличился в 5 раз. Один раз в изотермическом процессе, другой раз - в адиабатическом процессе. Найти изменение энтропии в каждом из указанных процессов.
78. Кусок льда массой 1 кг с начальной температурой  $-13^{\circ}\text{C}$  в результате нагревания расплавлен. Найти приращение энтропии системы.
79. Найти изменение энтропии при изотермическом расширении азота массой 10 г от давления 0,1 до 0,05 МПа.
80. При изотермическом процессе объем некоторого идеального газа увеличился в 2 раза, а энтропия возросла на 4,6 Дж/К. Какое количество газа участвовало в указанном процессе?

## 5.2. Темы курсовых работ (проектов)

Курсовая работа учебным планом не предусмотрена.

## 5.3. Перечень методических рекомендаций

№ п/п	Наименование
1	Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ
2	Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям
3	Методические рекомендации по выполнению контрольной работы

## 5.4. Перечень вопросов для подготовки к экзамену

### Модуль 1.

1. Энергия и ее формы, взаимное превращение каких форм энергии и каким методом изучает термодинамика?
2. Понятие о термодинамической системе (ТДС), о рабочем теле (РТ) и об окружающей среде (ОС). ТДС открытые и закрытые, гомогенные и гетерогенные, адиабатические и изолированные. Понятие об обратимых и необратимых термодинамических процессах.
3. Параметры состояния: давление, температура и удельный объем, приборы и единицы их измерения.
4. Уравнения состояния идеальных газов для  $M$  кг,  $1$  кг,  $1$  кмоль, их применение для определения количеств газов, занимающих данный объем.
5. Индивидуальные и универсальная газовые постоянные, их взаимосвязь и размерности. Нормальные физические и нормальные технические условия.
6. Теплоемкость полная и удельная. Теплоемкости: изобарная, изохорная, политропная, массовая, объемная, молярная, постоянная средняя и истинная. Закон Майера. Как определить количество теплоты, потребное для нагревания какого-либо количества вещества (газ, жидкость, твердое тело) с использованием такой его физической характеристики как теплоемкость.
7. Понятие о газовой смеси, о ее компонентах и их поведении в составе смеси. Массовая, объемная и молярная доли.
8. Понятие о парциальном давлении и парциальном объеме, о кажущейся молекулярной массе и расчете ее величины.
9. Расчет теплоемкостей газовых смесей в заданном диапазоне изменения температур, например, для воздуха, для продуктов сгорания ДВС.

### Модуль 2.

10. Принцип эквивалентности теплоты и работы, первый закон термодинамики, его сущность и аналитическое выражение.
11. Понятие о теплоте, работе и параметре состояния внутренней энергии  $PV$ -координаты и их свойства. Определение количества работы, совершенной в каком-либо процессе с помощью  $PV$ - координат.
12. Понятия о работе располагаемой, проталкивания, и о параметре состояния энтальпии. Определение количества располагаемой работы в каком-либо процессе с помощью  $PV$ -координат.
13.  $TS$ -координаты и их свойства. Определение количества теплоты, участвующей в каком-либо процессе с помощью  $TS$ -координат.
14. Термодинамические процессы идеальных газов адиабатический и изотермический, их изображение в  $PV$ - и  $TS$ -координатах и анализ соотношений в них между теплотой, работой и внутренней энергией.
15. Изохорный и изобарный процессы идеальных газов, их изображение в  $PV$ - и  $TS$ - координатах и анализ соотношений в них между теплотой, работой и внутренней энергией.

16. Понятие о политропном процессе. При каких условиях адиабатный, изотермический, изохорный и изобарный процессы становятся частными случаями политропного процесса.

17. Второй закон термодинамики и его сущность, вытекающая из формулировок Томсона и Клаузиуса. Прямой круговой процесс, понятие о термическом КПД тепловой машины и его аналитическое выражение.

18. Прямой цикл Карно и его КПД. Следствия, вытекающие из аналитического выражения для КПД цикла Карно.

19. Интеграл Клаузиуса. Приведенная теплота и принцип возрастания энтропии.

20. Аналитическое выражение 2-го закона термодинамики для обратимых и необратимых процессов.

21. Совместное аналитическое выражение 1-го и 2-го законов термодинамики.

### **Модуль 3.**

22. Термодинамический (теоретический) цикл ДВС - цикл Отто, его изображение в PV- и TS- координатах, термический КПД и среднее давление данного цикла.

23. Цикл Собатэ-Тринклера, как теоретический цикл ДВС со смешанным подводом теплоты, его термический КПД и среднее давление.

24. Цикл Дизеля, как теоретический цикл ДВС с изобарным подводом теплоты, его термический КПД и среднее давление.

25. Термодинамические циклы газотурбинных установок (ГТУ).

26. Реальные газы. Уравнения Ван-дер-Ваальса и Майера-Боголюбова.

27. Водяной пар. Основные понятия. Влажный воздух.

28. Циклы паросиловых установок (ПСУ).

29. Циклы Ренкина и ТЭЦ.

30. Истечение и дросселирование газов и паров.

31. Компрессоры. Основные виды и назначение.

### **Модуль 4.**

32. Теплопередача, ее основные виды, сущность и краткая характеристика каждого из них. Тепломассоперенос и его отличительные особенности. Понятие о тепловом и материальном балансах.

33. Теплопроводность и ее краткая сущность. Температурное поле, температурный градиент, плотность теплового потока, тепловой поток. Закон Фурье, коэффициент теплопроводности, его размерность и физический смысл. Что называется теплоизоляционными материалами?

34. Передача тепла через плоскую и цилиндрическую стенки при граничных условиях 1-го рода, термическое сопротивление теплопроводности плоской одно- и многослойной стенки, расчет теплового потока через такие стенки на основе закона Фурье.

35. Теплообмен на границе «среда-стенка», понятие о теплоотдаче, закон Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи, его размерность и физический смысл. Расчет теплового метода при теплоотдаче на основе закона Ньютона-Рихмана. Понятие термического сопротивления теплоотдачи.

36. Передача тепла через плоскую и цилиндрическую стенки при граничных условиях 3-го р Понятие теплопередачи, коэффициент теплопередачи, его размерность и физический смысл.

37. Термическое сопротивление теплопередачи. Расчет теплового потока при теплопередаче через плоскую и цилиндрическую стенки. Понятие погонной плотности теплового потока и его размерность.

38. Понятие о нестационарной теплопроводности и регулярном режиме нагрева (охлаждения) тел.

39. Конвективный теплообмен, его сущность и механизм. Назначение, сущность и роль теории подобия в разработке методики расчета коэффициентов теплоотдачи. Понятие о критериях подобия определяющих и определяемых. Критерии Нуссельта, Рейнольдса, Грасгофа и Прандтля, и разделение их на определяющие и определяемые.

40. Виды критериальных уравнений для свободной и вынужденной конвекции. Расчет коэффициентов теплоотдачи и тепловых потоков с помощью критериальных уравнений для свободной и вынужденной конвекции.

41. Теплообмен излучением, его сущность и механизм переноса энергии. Законы теплового излучения Планка, Стефана—Больцмана и Кирхгофа. Их смысл и роль в расчете лучистых тепловых потоков.

42. Теплообменные аппараты и их виды. Схемы движения теплоносителей в рекуперативных теплообменниках.

## **6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине по решению кафедры оформлен отдельным приложением к рабочей программе.

## **7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература:**

1. Сборщиков Г.С. Теплофизика и теплотехника. Теплофизика [Электронный ресурс]: практикум/ Сборщиков Г.С., Чибизова С.И.— Электрон. текстовые данные.— М.: Издательский Дом МИСиС, 2012.— 104 с.—  
Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/56201.html>
2. Белкин П.Н. Теплофизика [Электронный ресурс]: сборник задач/ Белкин П.Н.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Вузовское образование, 2013.— 51 с.—  
Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/18392.html>.

### **Дополнительная литература:**

1. Теплофизика: Опорный конспект / В.М. Цаплев- СПб.: СЗТУ, 2015.- 64 с.
2. Арутюнов В.А. Теплофизика и теплотехника. Теплофизика [Электронный ресурс]: курс лекций/ Арутюнов В.А., Крупенников С.А., Сборщиков Г.С.— Электрон. текстовые данные.—М.: Издательский Дом МИСиС, 2010.— 228с.  
Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/56120.html>.
3. Теплофизика, теплотехника, теплообмен. Тепломассоперенос. Топливо и огнеупоры. Тепловая работа печей [Электронный ресурс]: лабораторный практикум/ В.А. Арутюнов [и др.]— Электрон. текстовые данные.— М.: Издательский Дом МИСиС, 2007.— 136 с.—  
Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/56122.html>.
3. Теплофизика, автоматизация и экология промышленных печей [Электронный ресурс]: методические указания/ Ю.П. Филимонов [и др.]— Электрон. текстовые данные.— М.: Издательский Дом МИСиС, 2006.— 26 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/56746.html>.

### **Программное обеспечение**

1. ППП MS Office-2010
2. Тестовый редактор Блокнот
3. Браузеры IE, Google, Chrome, Opera и др.

## **8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ "ИНТЕРНЕТ", НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Электронная информационно-образовательная среда АНО ВО "СЗТУ" (ЭИОС СЗТУ) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://edu.nwotu.ru/>

2. Электронная библиотека АНО ВО "СЗТУ" [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://lib.nwotu.ru:8087/jirbis2/>
3. Электронно-библиотечная система IPRbooks [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>
4. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://window.edu.ru/>
5. Информационные системы доступа к электронным каталогам библиотек сферы образования и науки (ИС ЭКБСОН) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.vlibrary.ru/>

## **9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, лабораторную работу, самостоятельную работу студента, консультации.

9.1. При изучении тем из модулей 1 -4 студентам необходимо повторить лекционный учебный материал, изучить рекомендованную литературу, а также учебный материал, находящийся в указанных информационных ресурсах.

На завершающем этапе изучения каждого модуля необходимо, воспользовавшись предложенными вопросами для самоконтроля, размещенными в электронной информационной образовательной среде (ЭИОС), проверить качество усвоения учебного материала

В случае затруднения в ответах на поставленные вопросы рекомендуется повторить учебный материал.

9.2. После изучения каждого модуля дисциплины необходимо ответить на вопросы контрольного теста по данному модулю с целью оценивания знаний и получения баллов.

9.3. После изучения модуля 2 «Первый и второй законы термодинамики» приступить к выполнению контрольной работы, руководствуясь методическими рекомендациями по ее выполнению.

9.4. По завершению изучения учебной дисциплины в семестре студент обязан пройти промежуточную аттестацию. Вид промежуточной аттестации определяется рабочим учебным планом. Форма проведения промежуточной аттестации – компьютерное тестирование с использованием автоматизированной системы тестирования знаний студентов в ЭИОС.

9.5. К промежуточной аттестации допускаются студенты, выполнившие требования рабочего учебного плана.

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационные технологии:

1. Internet – технологии:

WWW (англ. World Wide Web – Всемирная Паутина) – технология работы в сети с гипертекстами;

FTP (англ. File Transfer Protocol – протокол передачи файлов) – технология передачи по сети файлов произвольного формата;

IRC (англ. Internet Relay Chat – поочередный разговор в сети, чат) – технология ведения переговоров в реальном масштабе времени, дающая возможность разговаривать с другими людьми по сети в режиме прямого диалога;

ICQ (англ. I seek you – я ищу тебя, можно записать тремя указанными буквами) – технология ведения переговоров один на один в синхронном режиме.

2. Дистанционное обучение с использованием ЭИОС на платформе Moodle.

3. Технология мультимедиа в режиме диалога.

4. Технология неконтактного информационного взаимодействия (виртуальные кабинеты, лаборатории).

5. Гипертекстовая технология (электронные учебники, справочники, словари, энциклопедии) и т.д.

## **11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Виртуальные аналоги специализированных кабинетов и лабораторий.

2. Библиотека.

3. Справочно-правовая система Консультант Плюс.

4. Электронная информационно-образовательная среда университета.

5. Локальная сеть с выходом в Интернет.

## 12. БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ

Формирование оценки текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины осуществляется с использованием балльно-рейтинговой оценки работы студента.

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	баллы
Участие в online занятиях, прослушивание видео лекций	0 – 5
Контрольный тест по модулю 1	0 – 3
Контрольный тест по модулю 2	0 – 4
Контрольный тест по модулю 3	0 – 4
Контрольный тест по модулю 4	0 – 4
Лабораторная работа 1	0 – 10
Лабораторная работа 2	0 – 10
Контрольная работа	0 – 30
<b>Итого за учебную работу</b>	<b>0 – 70</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>0 – 30</b>
<b>Всего</b>	<b>0 - 100</b>

<b>БОНУСЫ</b> (баллы, которые могут быть добавлены до 100)	<b>Баллы</b>
- за активность	0 -10
- за участие в олимпиаде	0 - 50
- за участие в НИРС	0-50
- за оформление заявок на полезные методы (рацпредложения)	0-50

### Балльная шкала оценки

Неудовлетворительно	менее 51
Удовлетворительно	51 – 68
Хорошо	69 – 85
Отлично	86 – 100

### Оценка по контрольной работе

Оценка	Количество баллов
отлично	27 - 30
хорошо	23 - 26
удовлетворительно	18 - 22
неудовлетворительно	менее 18

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### 1. Перечень формируемых компетенций

#### *общепрофессиональные (ОПК)*

<i>Код компетенции</i>	<i>Наименование и (или) описание компетенции</i>
<b>ОПК-4</b>	готовность сочетать теорию и практику для решения инженерных задач
<b>ОПК-7</b>	готовность выбирать средства измерений в соответствии с требуемой точностью и условиями эксплуатации

#### *профессиональные (ПК)*

<i>Код компетенции</i>	<i>Наименование и (или) описание компетенции</i>
<b>ПК-5</b>	Способность выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических и технологических процессов

### 2. Паспорт фонда оценочных средств

№ п/п	Контролируемые модули (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
<b>1</b>	Модуль 1. Предмет теплофизики, основные определения: термодинамическая система и теплоемкость.	ОПК-4, ОПК-7, ПК-5	Контрольный тест 1
<b>2</b>	Модуль 2. Первый и второй законы термодинамики	ОПК-4, ОПК-7, ПК-5	Контрольный тест 2 Лабораторная работа 1
<b>3</b>	Модуль 3. Реальные газы, водяной пар, истечение газов. Циклы ДВС, ГТУ и ПСУ.	ОПК-4, ОПК-7, ПК-5	Контрольный тест 3
<b>4</b>	Модуль 4. Теплопередача и теплообмен. Виды теплообмена и теплообменных аппаратов	ОПК-4, ОПК-7, ПК-5	Контрольный тест 4 Лабораторная работа 2
<b>5</b>	Модули 1 -4	ОПК-4, ОПК-7, ПК-5	Итоговый контрольный тест Контрольная работа

### 3. Показатели и критерии оценивания компетенций по этапам формирования

Этапы освоения компетенции	Показатели достижения заданного уровня освоения компетенций	Критерии оценивания результатов обучения				
		1	2	3	4	5
Первый этап	<b>Знать</b> (ОПК-4, ОПК-7, ПК-5): основные термодинамические явления и основные законы термодинамики и теплопередачи; границы их применимости, применение законов в важнейших практических приложениях; основные величины и константы теплофизики, их определение, смысл, способы и единицы их измерения; фундаментальные опыты и их роль в развитии науки; назначение и принципы действия важнейших физических приборов.	Не знает	Знает основные законы термодинамики, но не знает как их применять	Знает основные законы термодинамики, но допускает ошибки при их применении	Знает основные термодинамические явления и основные законы термодинамики и теплопередачи; границы их применимости, применение законов в важнейших практических приложениях; допускает ошибки при использовании физических приборов	Знает основные термодинамические явления и основные законы термодинамики и теплопередачи; границы их применимости, применение законов в важнейших практических приложениях; основные величины и константы теплофизики, их определение, смысл, способы и единицы их измерения; фундаментальные опыты и их роль в развитии науки; назначение и принципы действия важнейших физических приборов.
Второй этап	<b>Уметь</b> (ОПК-4, ОПК-7, ПК-5): определять, какие законы описывают данное явление или эффект; записывать уравнения для величин теплофизики в системе СИ; правильно истолковывать смысл величин и понятий теплофизики; использовать методы математического моделирования, применять методы математического анализа к решению конкретных	Не умеет	Ошибается в определении законов, которые описывают данное явление или эффект;	Умеет определять, какие законы описывают данное явление или эффект; Не умеет использовать различные методики измерений и обработки экспериментальных данных.	Правильно умеет определять, какие законы описывают данное явление или эффект; записывать уравнения для величин теплофизики в системе СИ; правильно истолковывать смысл величин и понятий теплофизики; но допускает ошибки при обработке экспериментал	Умеет определять, какие законы описывают данное явление или эффект; записывать уравнения для величин теплофизики в системе СИ; правильно истолковывать смысл величин и понятий теплофизики; использовать методы математического моделирования,

	естественнонаучных и технических проблем; использовать различные методики термодинамических измерений и обработки экспериментальных данных.				ьных данных	применять методы математического анализа к решению конкретных естественнонаучных и технических проблем; использовать различные методики термодинамических измерений и обработки экспериментальных данных.
Третий этап	<b>Владеть</b> (ОПК-4, ОПК-7, ПК-5): навыками использования основных термодинамических законов и принципов в важнейших практических приложениях; основными методами математического анализа для решения естественнонаучных задач; приемами использования методов математического моделирования в производственной практике; способностью воспринимать и анализировать информацию.	Не владеет	Владеет некоторыми навыками использования основных термодинамических законов	Владеет навыками использования основных термодинамических законов и принципов в важнейших практических приложениях; Не владеет основными методами математического анализа для решения естественнонаучных задач;	Владеет навыками использования основных термодинамических законов и принципов в важнейших практических приложениях; основными методами математического анализа для решения естественнонаучных задач; приемами использования методов математического моделирования в производственной практике; Допускает ошибки в анализе информации	Владеет навыками использования основных термодинамических законов и принципов в важнейших практических приложениях; основными методами математического анализа для решения естественнонаучных задач; приемами использования методов математического моделирования в производственной практике; способностью воспринимать и анализировать информацию.

#### 4. Шкалы оценивания (балльно-рейтинговая система)

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	баллы
Участие в online занятиях, прослушивание видео лекций	0 – 5
Контрольный тест по модулю 1	0 – 3
Контрольный тест по модулю 2	0 – 4
Контрольный тест по модулю 3	0 – 4
Контрольный тест по модулю 4	0 – 4
Лабораторная работа 1	0 – 10
Лабораторная работа 2	0 – 10
Контрольная работа	0 – 30
<b>Итого за учебную работу</b>	<b>0 – 70</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>0 – 30</b>
<b>Всего</b>	<b>0 - 100</b>

#### Балльная шкала оценки

Неудовлетворительно	<b>менее 51</b>
Удовлетворительно	<b>51 – 68</b>
Хорошо	<b>69 – 85</b>
Отлично	<b>86 – 100</b>

#### 5. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций при изучении учебной дисциплины в процессе освоения образовательной программы

##### 5.1.Типовой вариант задания на контрольную работу

###### Вариант 1.

**Задача 1.** В резервуар объемом  $V$  компрессором нагнетается воздух. Начальное избыточное давление воздуха  $p_1$ , начальная температура  $t_1$ . Конечное избыточное давление  $p_2$ , температура воздуха  $t_2$ .

Определить массу воздуха, поступившего в резервуар, если давление внешней среды равно соответственно равны  $P_{\text{бар}}$ .

Данные для расчета: начальный объем  $V = 10, \text{ м}^3$ . Начальное избыточное давление воздуха  $p_1 = 0,1 \text{ Мпа}$ , начальная температура  $t_1 = 7^\circ\text{C}$ , конечное избыточное давление  $p_2 = 3 \text{ Мпа}$ , температура воздуха  $t_2 = 27^\circ\text{C}$ , давление внешней среды  $P_{\text{бар}} = 700 \text{ мм рт. ст.}$

**Задача 2.** Рассчитать смешанный цикл двигателя внутреннего сгорания, т.е. найти параметры  $P$ ,  $v$  и  $t$  для характерных точек цикла, изменение внутренней энергии, энтальпии, энтропии, а также работу в отдельных процессах и цикле. Определить также степень предварительного расширения, степень повышения давления и термический КПД цикла.

Данные для расчета: начальное давление  $p_1 = 0,08 \text{ Мпа}$ , начальная температура  $t_1 = 57^\circ\text{C}$ , начальный объем  $V = 0,001 \text{ м}^3$ ; количество теплоты, подводимой в изобарном процессе  $Q_p = 1,05 \text{ кДж}$ ; количество теплоты, подводимой в изохорном процессе  $Q_v = 0,65 \text{ кДж}$ ; средние

теплоемкости  $c_p=0,85$ ,  $c_v=0,85$  кДж/(кг·К), кДж/(кг·К); показатель адиабаты  $k=1,4$ ; газовая постоянная  $R=330$  Дж/(кг·К). Степень сжатия  $\epsilon=16$ . Изобразить цикл в  $p-v$  и  $T-s$  диаграммах.

**Задача 3.** Определить индикаторную  $N_i$  и эффективную мощности  $N_e$  (кВт) и производительность  $V_m^3/c$  одноцилиндрового поршневого компрессора по следующим данным: диаметр цилиндра  $D$ , ход поршня  $S$ , частота вращения вала компрессора  $n$ , среднее индикаторное давление  $P_i$ , механический КПД компрессора  $\eta_m$ , коэффициент подачи  $\eta_v$ .

Первоначальные данные для расчета: диаметр цилиндра  $D=270$  мм, ход поршня  $S=160$  мм, частота вращения вала компрессора  $n=700$  об/мин, среднее индикаторное давление  $P_i=0,2$  Мпа.

**Задача 4.** Поверхность нагрева состоит из плоской стальной стенки толщиной  $\delta$ . По одну сторону стенки движется горячая вода, средняя температура которой  $t_{ж1}$ , по другую  $t_{ж2}$  – вода со средней температурой или воздух, средняя температура которого  $t_{ж2}^1$ . Определить для обоих случаев удельный тепловой поток  $q$  Вт/м<sup>2</sup> и коэффициент теплопередачи  $\alpha$ , а также значения температур на обеих поверхностях стенки.

Найти изменение удельного теплового потока  $\Delta q$  для первого случая, если с каждой стороны стальной стенки появится накипь толщиной в 1 мм. Коэффициенты теплопроводности стали  $\lambda_{ст}=45$  Вт/(м·К), а накипи  $\lambda_{нак}=0,6$  Вт/(м·К). Коэффициенты теплоотдачи для горячей воды к стенке для обоих случаев  $\alpha_1=2000$  Вт/(м<sup>2</sup>·К) от стенки к воде, а от стенки к воздуху  $\alpha_2=18$  Вт/(м<sup>2</sup>·К).

Первоначальные данные для расчета: толщиной  $\delta=5$  мм, средняя температура  $t_{ж1}=110^0$ С,  $t_{ж2}=60^0$ С,  $t_{ж2}^1=25^0$ С.

**Задача 5.** Определить поверхность нагрева рекуперативного водовоздушного теплообменника при прямоточной и противоточной схемах движения тепло-носителей, если объемный расход воздуха  $V_H$  при нормальных условиях, средний коэффициент теплопередачи от воздуха к воде  $K$ , начальный и конечные температуры воздуха и воды равны соответственно:  $t_{1,1}^1, t_{1,2}^1, t_{1,1}^{11}, t_{1,2}^{11}$ . Определить также расход воды  $G$  через теплообменник. Изобразить график изменения температур теплоносителей для обеих схем движения теплоносителей по поверхности аппарата.

Первоначальные данные для расчета: объемный расход воздуха при нормальных условиях  $V_H=20 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/ч, коэффициент теплопередачи от воздуха к воде  $K=19$  Вт/(м<sup>2</sup>·К),  $t_{1,1}^1=480^0$ С.,  $t_{1,2}^1=15^0$ С,  $t_{1,1}^{11}=240^0$ С,  $t_{1,2}^{11}=95^0$ С

**Задача 6.** Определить количество теплоты, передаваемой излучением, от нагретой стальной плиты с температурой  $t_1$  к параллельно расположенной другой такой же плите с температурой  $t_2$ . Степень черноты  $\epsilon_1 = \epsilon_2 = 0,85$ .

Первоначальные данные для расчета: температура  $t_1=950^0$ С, температура  $t_2=200^0$ С

## 5.2. Типовой тест промежуточной аттестации

1. Как изменяется энтропия  $s$  при подводе теплоты?
  - А. Увеличивается
  - В. Уменьшается
  - С. Остается неизменной
  - Д. Становится равной нулю
2. Для чего применяется  $T-s$  диаграмма при исследовании термодинамических циклов? Она:
  - А. Наглядно представляет процессы подвода и отвода теплоты, превращения теплоты в работу
  - В. Характеризует экологическую чистоту тепловой машины
  - С. Показывает максимальное давление рабочего тела
  - Д. Позволяет определить мощность тепловой машины
3. Каковы критические параметры водяного пара  $t_{кр}$  и  $p_{кр}$ ?
  - А.  $0^0$ С, приблизительно 0,1 МПа
  - В.  $0^0$ С, 22Д МПа
  - С.  $374^0$ С, 22,1 МПа

- D. 100°C, приблизительно 0,1 МПа
4. Что такое скрытая теплота парообразования "r"?
- A. Изменение энтропии при кипении
  - B. Энергия, затрачиваемая на преодоление сил взаимного притяжения молекул жидкости и на расширение
  - C. Энтальпия насыщенного пара
  - D. Теплота, затрачиваемая на нагревание жидкости до температуры насыщения
5. Чем ограничивается степень сжатия в карбюраторных ДВС?
- A. Нагрузкой на кривошипно-шатунный механизм
  - B. Мощностью стартера
  - C. Самовоспламенением горючей смеси
  - D. Отказами системы зажигания
6. В чем преимущества паротурбинных установок (ПТУ) перед дизелями?
- A. У ПТУ выше к.п.д.
  - B. У ПТУ лучше экологические показатели
  - C. Проще обслуживание, ниже требования к квалификации персонала
  - D. В ПТУ используется любое топливо, большая единичная мощность агрегатов
7. Каков процесс сжатия воздуха в реальном компрессоре?
- A. изотермический
  - B. адиабатный
  - C. политропный,  $n < 1,4$
  - D. политропный,  $n > 1,4$
8. Чему равно абсолютное давление?
- A. манометрическому
  - B. атмосферному
  - C. манометрическому плюс атмосферное
  - D. динамическому
9. Как изменяется вязкость несжимаемой жидкости при повышении температуры
- A. не изменяется
  - B. увеличивается
  - C. уменьшается
  - D. приближается к нулю
10. Что такое кавитация?
- A. выделение пузырьков растворенного воздуха
  - B. выделение пузырьков пара
  - C. турбулизация течения
  - D. выделение пузырьков пара и схлопывание в области повышения давления
11. Что такое гидравлический удар в трубах?
- A. резкое изменение давления при изменении скорости течения
  - B. заполнение трубопровода жидкостью
  - C. выделение из жидкости растворенного воздуха
  - D. холодное кипение жидкости
12. Как изменяется вязкость газов при повышении температуры?
- A. не изменяется
  - B. увеличивается
  - C. уменьшается
  - D. приближается к нулю

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

6.1.Итоговый контрольный тест доступен студенту только во время тестирования, согласно расписания занятий или в установленное деканатом время.

6.2.Студент информируется о результатах текущей успеваемости.

6.3.Студент получает информацию о текущей успеваемости, начислении бонусных баллов и допуске к процедуре итогового тестирования от преподавателя или в ЭИОС.

6.4.Производится идентификация личности студента.

6.5.Студентам, допущенным к промежуточной аттестации, открывается итоговый контрольный тест.

6.6.Тест закрывается студентом лично по завершении тестирования или автоматически по истечении времени тестирования.