

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ**  
**ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»**

**УТВЕРЖДАЮ**  
И.о. проректора по учебной работе

\_\_\_\_\_ Василенко В.Н.  
(подпись) (ф.и.о.)

«30» мая 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Техническая термодинамика**

Направление подготовки

**13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

Направленность (профиль) подготовки

**Промышленная теплоэнергетика**

Квалификация выпускника

**Бакалавр**

Воронеж

## 1. Цели и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины «Техническая термодинамика» является формирование компетенций обучающегося в области профессиональной деятельности и сфере профессиональной деятельности:

- 16 Строительство и жилищно-коммунальное хозяйство (в сфере проектирования и эксплуатации объектов теплоэнергетики и теплотехники);
- 20 Электроэнергетика (в сфере теплоэнергетики и теплотехники).

Дисциплина направлена на решение типов задач профессиональной деятельности:

- сервисно-эксплуатационный
- наладочный
- организационно-управленческий
- производственно-технологический
- проектно-конструкторский.

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, на основе примерной основной образовательной программы высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», (уровень образования -бакалавриат).

## 2. Перечень планируемых результатов обучения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной образовательной программы

В результате освоения дисциплины в соответствии с предусмотренными компетенциями обучающийся должен:

№ п/п	Код компетенции	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ОПК-4	Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	ИД-4 <sub>ОПК-4</sub> – Демонстрирует понимание основных законов термодинамики и термодинамических соотношений
			ИД-5 <sub>ОПК-4</sub> – Применяет знания основ термодинамики для расчетов термодинамических процессов, циклов и их показателей

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (показатели оценивания)
ИД-4 <sub>ОПК-4</sub> – Демонстрирует понимание основных законов термодинамики и термодинамических соотношений	Знает основные законы термодинамики и термодинамические соотношения
	Умеет эффективно использовать основные законы термодинамики и термодинамические соотношения
	Имеет навыки демонстрации понимания основных законов термодинамики и термодинамических соотношений
ИД-5 <sub>ОПК-4</sub> – Применяет знания основ термодинамики для расчетов термодинамических процессов, циклов и их показателей	Знает основы термодинамики для расчетов термодинамических процессов, циклов и их показателей
	Умеет применять основы термодинамики для расчетов термодинамических процессов, циклов и их показателей
	Имеет навыки применения основ термодинамики для расчета термодинамических процессов, циклов и их показателей

## 3. Место дисциплины в структуре образовательной программы ВО

Дисциплина «Техническая термодинамика» относится к модулю Блока 1 «Обязательный» основной образовательной программы по направлению подготовки 13.03.01

«Теплоэнергетика и теплотехника», уровень образования -бакалавриат). Дисциплина является обязательной к изучению.

Дисциплина «Техническая термодинамика» базируется на знаниях, умениях и навыках, полученных при изучении дисциплин:«Математика», «Физика», «Химия».

Дисциплина «Техническая термодинамика»—является предшествующей для освоения дисциплин:«Тепломассобмен»,«Тепловые двигатели и нагнетатели»,«Котельные» установки и парогенераторы», для проведения следующих практик: Производственная практика, преддипломная практика.

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет **8** зачетных единиц.

Виды учебной работы	Всего академических часов, ак. ч	Распределение трудоемкости по семестрам, ак.ч.	
		3	4
Общая трудоемкость дисциплины	288	144	144
<b>Контактная работа, в т.ч. аудиторные занятия:</b>	<b>99,95</b>	<b>60,85</b>	<b>39,1</b>
Лекции	33	15	18
в том числе в форме практической подготовки	-	-	-
Лабораторные работы	15	15	-
в том числе в форме практической подготовки	-	-	-
Практические занятия (ПЗ)	48	30	18
в том числе в форме практической подготовки	-	-	-
Консультации текущие	1,65	0,75	0,9
Консультации перед экзаменом	2		2
Вид аттестации (зачет, экзамен)	0,3	0,1	0,2
<b>Самостоятельная работа:</b>	<b>154,25</b>	<b>83,15</b>	<b>71,1</b>
Изучение материалов по учебникам (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	98,2	51,15	47,1
Изучение материалов, изложенных в лекциях (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	16	8	8
Подготовка к защите по практическим занятиям и лабораторным работам (собеседование)	40	24	16
<b>Подготовка к экзамену (контроль)</b>	<b>33,8</b>		<b>33,8</b>

#### 5 Содержание дисциплины, структурированное по темам с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

##### 5.1 Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Трудоемкость раздела, часы
3-й семестр			
1	Первый закон термодинамики и основные термодинамические процессы	1.1. Уравнение первого закона термодинамики и его члены 1.2. Изохорный и изобарный процессы 1.3. Изотермический и адиабатный процессы 1.4. Обобщающий политропный процесс 1.5. Внутренняя и внешняя обратимость 1.6 Предварительное понятие об энтропии. Т – s диа-	23,1

		грамма и изображение в ней термодинамических процессов.	
2	Второй закон термодинамики	<p>2.1. Круговые процессы, цикл Карно, постулат Томсона – Планка и некоторые другие формулировки второго закона термодинамики</p> <p>2.2. Теорема Карно</p> <p>2.3. Обобщенный цикл Карно. Необратимость и теорема Гуи и Стодолы</p> <p>2.4. Статический характер энтропии и второго закона термодинамики</p> <p>2.5. Объединенное уравнение первого и второго законов термодинамики</p>	30
3	Равновесие термодинамических систем и связь калорических функций и термических параметров	<p>3.1 Равновесие простых термодинамических систем</p> <p>3.2. Равновесие сложных термодинамических систем</p> <p>3.3 Химический потенциал и равновесие термодинамических систем</p> <p>3.4 Связь между термическими параметрами и калорическими функциями для произвольного рабочего тела</p> <p>3.5 Уравнения Максвелла, связывающие термические параметры и калорические функции</p> <p>3.6 Равновесие пленки, разделяющей две гомогенные области (фазы)</p> <p>3.7 Равновесие в гетерогенных системах. Уравнение Лапласа</p> <p>3.8 Фазовое равновесие при одинаковых и различных давлениях</p> <p>3.9 Равновесие в диэлектриках</p> <p>3.10 Постулат В.Нернста или третий закон термодинамики</p>	30
4	Свойства реальных рабочих тел, выраженные посредством параметрических диаграмм фазовых превращений	<p>4.1 Изотермы Эндрюса. Уравнение Ван-дер-Ваальса.</p> <p>4.2 Приближенность уравнения Ван-дер-Ваальса. уравнение соответственных состояний и термодинамическое подобие, <math>p - v</math> диаграмм фазовых превращений</p> <p>4.3 Свойства рабочего тела в области насыщения</p> <p>4.4 Метод построения бинодалей в <math>p - v</math> координатах</p> <p>4.5 Вакуумное кипение <math>p - t</math> и <math>T - s</math> диаграммы для воды</p> <p>4.6 Построение <math>T - s</math> – диаграммы. Аномалия воды.</p> <p>4.7 <math>I - s</math> – диаграмма для воды и анализ основных термодинамических процессов в параметрических диаграммах</p> <p>4.8 <math>pv - p</math> – диаграмма. Теплоемкости в двухфазной области</p> <p>4.9 Изохорная и изобарная теплоемкости в области перегрева. Фазовые превращения первого и второго рода</p> <p>4.10 Краткий обзор уравнений состояния</p>	30
5	Термодинамические соотношения для потока рабочего тела	<p>5.1 Уравнение первого закона термодинамики для потока</p> <p>5.2 Истечение из отверстия</p> <p>5.3 Сверхзвуковые сопла. Скорость звука. Показатель адиабаты.</p> <p>5.4 Общий случай движения рабочего тела по каналу. Уравнение Вулиса. Геометрические, гравитационные сопла и диффузоры. Трение при истечении</p> <p>5.5 Дросселирование. Адиабатный эффект Джоуля – Томпсона</p> <p>5.6 Инверсия в адиабатном эффекте Джоуля – Томпсона</p> <p>5.7 Процесс каскадного расширения в глубокий вакуум</p> <p>5.8 Эксергия потока</p>	30

	Консультации текущие		0,8
	Зачет		0,1
4 й семестр			
6	Циклы теплосиловых установок	6.1. Поршневые двигатели внутреннего сгорания, работающие по циклам Отто и Дизеля 6.2. Смешанный цикл или цикл Сабатэ (Тринклера) для поршневых двигателей внутреннего сгорания. Сравнение рассмотренных циклов. Учет необратимости. 6.3. Циклы газотурбинных установок (Брайтона и Гемфри) 6.4. Использование регенерации. Многоступенчатая газотурбинная установка. Замкнутая газотурбинная установка. Реактивные двигатели. 6.5 Цикл Ренкина. Влияние на кпд начальных и конечных параметров. Промежуточный перегрев. 6.6 Регенерация. Бинарные циклы. Выработка электроэнергии на тепловом потреблении.	140,9
	Консультации текущие		0,9
	Консультации перед экзаменом		2
	Экзамен		0,2

## 5.2 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции, час	ЛР, час	ПР, час	СРО, час
1.	Первый закон термодинамики и основные термодинамические процессы	3	4	6	23,1
2.	Второй закон термодинамики	3		6	15
3.	Равновесие термодинамических систем и связь калорических функций и термических параметров	3	3	6	15
4.	Свойства реальных рабочих тел, выраженные посредством параметрических диаграмм фазовых превращений	3	4	6	15
5.	Термодинамические соотношения для потока рабочего тела	3	4	6	15
6.	Циклы теплосиловых установок	18		18	71,1

### 5.2.1 Лекции

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика лекционных занятий	Трудоемкость, час
<b>3 семестр</b>			

1	Первый закон термодинамики и основные термодинамические процессы	1.1. Уравнение первого закона термодинамики и его члены 1.2. Изохорный и изобарный процессы 1.3. Изотермический и адиабатный процессы 1.4. Обобщающий политропный процесс 1.5. Внутренняя и внешняя обратимость 1.6. Предварительное понятие об энтропии. $T - s$ диаграмма и изображение в ней термодинамических процессов.	3
2	Второй закон термодинамики	2.1. Круговые процессы, цикл Карно, постулат Томсона – Планка и некоторые другие формулировки второго закона термодинамики 2.2. Теорема Карно 2.3. Обобщенный цикл Карно. Необратимость и теорема Гуи и Стодолы 2.4. Статический характер энтропии и второго закона термодинамики 2.5. Объединенное уравнение первого и второго законов термодинамики	3
3	Равновесие термодинамических систем и связь калорических функций и термических параметров	3.1 Равновесие простых термодинамических систем 3.2. Равновесие сложных термодинамических систем 3.3 Химический потенциал и равновесие термодинамических систем 3.4 Связь между термическими параметрами и калорическими функциями для произвольного рабочего тела 3.5 Уравнения Максвелла, связывающие термические параметры и калорические функции 3.6 Равновесие пленки, разделяющей две однородные области (фазы) 3.7 Равновесие в гетерогенных системах. Уравнение Лапласа 3.8 Фазовое равновесие при одинаковых и различных давлениях 3.9 Равновесие в диэлектриках 3.10 Постулат В.Нернста или третий закон термодинамики	3
4	Свойства реальных рабочих тел, выраженные посредством параметрических диаграмм фазовых превращений	4.1 Изотермы Эндрюса. Уравнение Ван-дер-Ваальса. 4.2 Приближенность уравнения Ван-дер-Ваальса. уравнение соответственных состояний и термодинамическое подобие, $p - v$ диаграмм фазовых превращений 4.3 Свойства рабочего тела в области насыщения 4.4 Метод построения бинодалей в $p - v$ координатах 4.5 Вакуумное кипение $p - t$ и $T - s$ диаграммы для воды 4.6 Построение $T - s -$ диаграммы. Аномалия воды. 4.7 $I - s -$ диаграмма для воды и анализ основных термодинамических процессов в параметрических диаграммах 4.8 $p v - p -$ диаграмма. Теплоемкости в двухфазной области 4.9 Изохорная и изобарная теплоемкости в области перегрева. Фазовые превращения первого и второго рода	3

		4.10 Краткий обзор уравнений состояния	
5	Термодинамические соотношения для потока рабочего тела	5.1 Уравнение первого закона термодинамики для потока 5.2 Истечение из отверстия 5.3 Сверхзвуковые сопла. Скорость звука. Показатель адиабаты. 5.4 Общий случай движения рабочего тела по каналу. Уравнение Вулиса. Геометрические, гравитационные сопла и диффузоры. Трение при истечении 5.5 Дросселирование. Адиабатный эффект Джоуля – Томпсона 5.6 Инверсия в адиабатном эффекте Джоуля – Томпсона 5.7 Процесс каскадного расширения в глубокий вакуум 5.8 Эксергия потока	3
<b>4 семестр</b>			
6	Циклы теплосиловых установок	6.1. Поршневые двигатели внутреннего сгорания, работающие по циклам Отто и Дизеля 6.2. Смешанный цикл или цикл Сабатэ (Тринклера) для поршневых двигателей внутреннего сгорания. Сравнение рассмотренных циклов. Учет необратимости. 6.3. Циклы газотурбинных установок (Брайтона и Гемфри) 6.4. Использование регенерации. Многоступенчатая газотурбинная установка. Замкнутая газотурбинная установка. Реактивные двигатели. 6.5 Цикл Ренкина. Влияние на кпд начальных и конечных параметров. Промежуточный перегрев. 6.6 Регенерация. Бинарные циклы. Выработка электроэнергии на тепловом потреблении.	18

### 5.2.2 Лабораторный практикум

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование практических работ	Трудоемкость, час
1.	Первый закон термодинамики и основные термодинамические процессы	Определение газовой постоянной воздуха	4
2	Второй закон термодинамики	-	-
3	Равновесие термодинамических систем и связь калорических функций и термических параметров	Определение теплового эквивалента механической работы	3

4	Свойства реальных рабочих тел, выраженные посредством параметрических диаграмм фазовых превращений	Исследование основных термодинамических параметров водяного пара и влажного воздуха	4
5	Термодинамические соотношения для потока рабочего тела	Истечение воздуха с учетом сил трения	4

### 5.2.3 Практические занятия

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование практических работ	Трудоемкость, час
<b>3-й семестр</b>			
1.	Первый закон термодинамики и основные термодинамические процессы	Термодинамический расчет основных газовых процессов	6
2	Второй закон термодинамики	Расчет энтропии идеального газа. Максимальная работа.	6
3	Равновесие термодинамических систем и связь калорических функций и термических параметров	Термодинамика химических процессов	6
4	Свойства реальных рабочих тел, выраженные посредством параметрических диаграмм фазовых превращений	Водяной пар. Процессы изменения состояния водяного пара	6
5	Термодинамические соотношения для потока рабочего тела	Истечение с учетом сопротивлений. Дросселирование газов и паров	6
<b>4-й семестр</b>			
6	Циклы теплосиловых установок	6.1 Теоретические циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания	3
		6.2 Циклы газотурбинных установок	3
		6.3 Расчет поршневого компрессора	3
		6.4 Цикл с вторичным перегревом пара	3
		6.5 Теплофикационный цикл	3



		6.6 Расчет регенеративного и би-нарного циклов	3
--	--	--	---

### 5.2.4 Самостоятельная работа обучающихся (СРО)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Вид СРС	Трудоемкость, час
<b>3-й семестр</b>			
1.	Первый закон термодинамики и основные термодинамические процессы	Подготовка к защите по лабораторным работам (собеседование) Подготовка к защите по практическим работам (собеседование) Изучение материалов по учебникам (собеседование, тестирование, решение кейс задач) Изучение материалов, изложенных в лекциях (собеседование, тестирование, решение кейс задач)	<b>23,1</b>
2	Второй закон термодинамики	Подготовка к защите по лабораторным работам (собеседование) Подготовка к защите по практическим работам (собеседование) Изучение материалов по учебникам (собеседование, тестирование, решение кейс задач) Изучение материалов, изложенных в лекциях (собеседование, тестирование, решение кейс задач)	<b>15</b>
3	Равновесие термодинамических систем и связь калорических функций и термических параметров	Подготовка к защите по лабораторным работам (собеседование) Подготовка к защите по практическим работам (собеседование) Изучение материалов по учебникам (собеседование, тестирование, решение кейс задач) Изучение материалов, изложенных в лекциях (собеседование, тестирование, решение кейс задач)	<b>15</b>
4	Свойства реальных рабочих тел, выраженные посредством параметрических диаграмм фазовых превращений	Подготовка к защите по лабораторным работам (собеседование) Подготовка к защите по практическим работам (собеседование) Изучение материалов по учебникам (собеседование, тестирование, решение кейс задач) Изучение материалов, изложенных в лекциях (собеседование, тестирование, решение кейс задач)	<b>15</b>

		кейс задач)	
5	Термодинамические соотношения для потока рабочего тела	Подготовка к защите по лабораторным работам (собеседование) Подготовка к защите по практическим работам (собеседование) Изучение материалов по учебникам (собеседование, тестирование, решение кейс задач) Изучение материалов, изложенных в лекциях (собеседование, тестирование, решение кейс задач)	15
<b>4-й семестр</b>			
6	Циклы теплосиловых установок	Подготовка к защите по лабораторным работам (собеседование) Подготовка к защите по практическим работам (собеседование) Изучение материалов по учебникам (собеседование, тестирование, решение кейс задач) Изучение материалов, изложенных в лекциях (собеседование, тестирование, решение кейс задач)	71,1

## 6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 6.1 Основная литература

1. Петров, А. И. Техническая термодинамика и теплопередача / А. И. Петров. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 428 с.

<https://e.lanbook.com/book/362333>

2. Цирельман, Н. М. Техническая термодинамика : учебное пособие для вузов / Н. М. Цирельман. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 352 с.

<https://e.lanbook.com/book/176665>

3. Техническая термодинамика : учебник / В. В. Карнаух, А. Б. Бирюков, К. А. Ржесик, А. Н. Лебедев. — Донецк : ДонНУЭТ имени Туган-Барановского, 2021. — 480 с.

<https://e.lanbook.com/book/202715>

### 6.2 Дополнительная литература

1. Техническая термодинамика : учебное пособие / Д. Г. Амирханов, Р. Д. Амирханов, М. С. Курбангалеев [и др.]. — Казань : КНИТУ, 2017. — 320 с.

<https://e.lanbook.com/book/138409>

2. Техническая термодинамика и теплопередача : учебное пособие / А. В. Делков, М. Г. Мелкозеров, Д. В. Черненко, Ю. Н. Шевченко. — Красноярск : СибГУ им. академика М. Ф. Решетнёва, 2020. — 102 с.

<https://e.lanbook.com/book/165879>

### 6.3 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся

1. Данылив, М. М. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплин (модулей) в ФГБОУ ВО ВГУИТ [Электронный ресурс]: методиче-

ские указания для обучающихся на всех уровнях высшего образования / М. М. Данылиев, Р. Н. Плотникова; ВГУИТ, Учебно-методическое управление. - Воронеж: ВГУИТ, 2016. – 32 с. Режим доступа в электронной среде: <http://biblos.vsu.ru/MegaPro/Web/SearchResult/MarcFormat/100813>.

#### 6.4 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
Научная электронная библиотека	<a href="https://www.elibrary.ru/defaultx.asp">https://www.elibrary.ru/defaultx.asp</a>
Образовательная платформа «Юрайт»	<a href="https://urait.ru/">https://urait.ru/</a>
ЭБС «Лань»	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
АИБС «МегаПро»	<a href="https://biblos.vsu.ru/MegaPro/Web">https://biblos.vsu.ru/MegaPro/Web</a>
Сайт Министерства науки и высшего образования РФ	<a href="http://minobrnauki.gov.ru">http://minobrnauki.gov.ru</a>
Электронная информационно-образовательная среда ФГБОУ ВО «ВГУИТ»	<a href="http://education.vsu.ru">http://education.vsu.ru</a>

#### 6.5 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

При изучении дисциплины используется программное обеспечение, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы: ЭИОС университета, в том числе на базе программной платформы «Среда электронного обучения 3KL».

#### При освоении дисциплины используется лицензионное и открытое программное обеспечение

Программы	Лицензии, реквизиты подтверждающего документа
Adobe Reader XI	(бесплатное ПО) <a href="https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volume-distribution.html">https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volume-distribution.html</a>
Альт Образование	Лицензия № AAA.0217.00 с 21.12.2017 г. по «Бессрочно»
Microsoft Windows 8	Microsoft Open License
Microsoft Windows 8.1	Microsoft Windows Professional 8 Russian Upgrade Academic OPEN 1 License No Level#61280574 от 06.12.2012 г. <a href="https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license">https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license</a>
Microsoft Office Professional Plus 2010	Microsoft Open License Microsoft Office Professional Plus 2010 Russian Academic OPEN 1 License No Level #48516271 от 17.05.2011 г. <a href="https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license">https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license</a>
Microsoft Office 2007 Standart	Microsoft Open License Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level #44822753 от 17.11.2008 <a href="https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license">https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license</a>
Libre Office 6.1	Лицензия № AAA.0217.00 с 21.12.2017 г. по «Бессрочно» (Включен в установочный пакет операционной системы Альт Образование 8.2)

#### Справочно-правовые системы

Программы	Лицензии, реквизиты подтверждающего документа
Справочные правовая система «Консультант Плюс»	Договор о сотрудничестве с «Информсвязь-черноземье», Региональный информационный центр общероссийской сети распространения правовой информации Консультант Плюс № 8-99/RD от 12.02.1999 г.

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Ауд. 53. Учебная аудитория для проведения учебных занятий: Мультимедийный проектор Epson EB-430 в комплекте с экраном 132x234 и креплением ELPMB27.

Ауд. 311. Учебная аудитория для проведения учебных занятий: Лабораторный стенд - "Мирэм" (10 шт.).

Ауд. 329. Учебная аудитория для проведения учебных занятий: Лабораторный стенд - "ЛЭС" (8 шт.), лабораторный стенд "ЭВ" (2 шт.).

Ауд. 333. Учебная аудитория для проведения учебных занятий: Лабораторный стенд "СИПЭМ" (3 шт.), лабораторный стенд "ЭВ" (2 шт.); мультимедийный проектор BENQ MS500 в комплекте с экраном; компьютер IntelCore i3 540 (1 шт.).

Ауд. 315. Компьютерный класс: Компьютер IntelCore i3 540 (5 шт.).

Дополнительно для самостоятельной работы обучающихся используются читальные залы ресурсного центра ВГУИТ оснащенные компьютерами со свободным доступом в сеть Интернет и библиотечным и информационно- справочным системам

## **8.Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

Оценочные материалы (ОМ) для дисциплины включают в себя:

- перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;

- описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания;

- типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы.

- методические материалы, определяющий процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

ОМ представляются отдельным компонентом и **входят в состав рабочей программы дисциплины.**

Оценочные материалы формируются в соответствии с П ВГУИТ «Положение об оценочных средствах».

**ПРИЛОЖЕНИЕ**  
**к рабочей программе**

**1. Организационно-методические данные дисциплины для заочной формы обучения**

**1.1 Объемы различных форм учебной работы и виды контроля в соответствии с учебным планом**

Виды учебной работы	Всего академ. Часов, ак. Ч	Распределение трудоемкости по семестрам, ак. ч	
		4	5
Общая трудоемкость дисциплины	<b>288</b>	<b>144</b>	<b>144</b>
<b>Контактная работа, в т.ч. аудиторные занятия:</b>	33,4	<b>21,8</b>	12,6
Лекции	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>4</b>
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	10	6	4
Лабораторные работы	<b>6</b>	<b>6</b>	-
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	6	6	-
Практические занятия	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>4</b>
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	12	8	4
Консультации текущие	<b>1,5</b>	<b>0,9</b>	<b>0,6</b>
Консультация перед экзаменом	<b>2</b>		<b>2</b>
Виды аттестации (зачет/экзамен)	<b>0,3</b>	<b>0,1</b>	<b>0,2</b>
Рецензирование контрольных работ обучающихся-заочников	<b>1,6</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>
<b>Самостоятельная работа:</b>	<b>243,9</b>	<b>118,3</b>	<b>125,6</b>
Подготовка к защите по практическим занятиям (собеседование)	16	8	8
Подготовка к защите по лабораторным занятиям (собеседование)	6	6	-
Изучение материалов, изложенных в лекциях (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	10	6	4
Изучение материалов по учебникам (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	193,5	89,1	104,4
Контрольная работа	18,4	9,2	9,2
<b>Подготовка к зачету/экзамену (контроль)</b>	<b>10,7</b>	<b>3,9</b>	<b>6,8</b>

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

по дисциплине

Техническая термодинамика

---

---

## 1. Перечень компетенция с указанием этапов формирования компетенций

№ п/п	Код компетенции	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ОПК-4	Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	ИД-4 <sub>ОПК-4</sub> – Демонстрирует понимание основных законов термодинамики и термодинамических соотношений
			ИД-5 <sub>ОПК-4</sub> – Применяет знания основ термодинамики для расчетов термодинамических процессов, циклов и их показателей

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (показатели оценивания)
ИД-4 <sub>ОПК-4</sub> – Демонстрирует понимание основных законов термодинамики и термодинамических соотношений	Знает основные законы термодинамики и термодинамические соотношения
	Умеет эффективно использовать основные законы термодинамики и термодинамические соотношения
	Имеет навыки демонстрации понимания основных законов термодинамики и термодинамических соотношений
ИД-5 <sub>ОПК-4</sub> – Применяет знания основ термодинамики для расчетов термодинамических процессов, циклов и их показателей	Знает основы термодинамики для расчетов термодинамических процессов, циклов и их показателей
	Умеет применять основы термодинамики для расчетов термодинамических процессов, циклов и их показателей
	Имеет навыки применения основ термодинамики для расчета термодинамических процессов, циклов и их показателей

## 2. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

№ п/п	Контролируемые модули/разделы/темы дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства		Технология оценки (способ контроля)
			наименование	№№ заданий	
1.	Первый закон термодинамики и основные термодинамические процессы	ОПК – 4	Тест	28-31	Компьютерное тестирование
			Собеседование (зачет)	1-3	Контроль преподавателем
			Лабораторные работы Практические занятия (собеседование, вопросы к защите практических и лабораторных работ)	17	Защита практической и лабораторной работы
2.	Второй закон термодинамики	ОПК – 4	Тест	32-35	Компьютерное тестирование
			Собеседование (зачет)	4-5	Контроль преподавателем
			Лабораторные работы (собеседование, вопросы к защите лабораторных работ)	18	Защита практической и лабораторной работы
3	Равновесие термодинамических систем и связь калорических функций и термических параметров	ОПК – 4	Тест	39-39	Компьютерное тестирование
			Собеседование (зачет)	5-7	Контроль преподавателем
			Лабораторные работы Практические занятия (собеседование, вопросы к защите практических и лабораторных работ)	19	Защита практической и лабораторной работы

4	Свойства реальных рабочих тел, выраженные посредством параметрических диаграмм фазовых превращений	ОПК – 4	Тест	40-43	Компьютерное тестирование
			Собеседование (зачет)	7-8	Контроль преподавателем
			Лабораторные работы Практические занятия (собеседование, вопросы к защите практических и лабораторных работ)	20	Защита практической и лабораторной работы
5	Термодинамические соотношения для потока рабочего тела	ОПК – 4	Тест	44-47	Компьютерное тестирование
			Собеседование (зачет)	9-10	Контроль преподавателем
			Лабораторные работы Практические занятия (собеседование, вопросы к защите практических и лабораторных работ)	21	Защита практической и лабораторной работы
6	Циклы теплосиловых установок	ОПК – 4	Тест	48-50	Компьютерное тестирование
			Собеседование (экзамен)	11-16	Контроль преподавателем
			Лабораторные работы Практические занятия (собеседование, вопросы к защите практических и лабораторных работ)	22-27	Защита практической и лабораторной работы

### 3. Оценочные средства для промежуточной аттестации (зачет, экзамен)

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

#### 3.1 Собеседование (зачет)

- ОПК – 4 – *Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах*

Номер вопроса	Текст вопроса
1	Уравнение первого закона термодинамики и его члены
2	Изохорный и изобарный процессы
3	Изотермический и адиабатный процессы
4	Обобщающий политропный процесс
5	Внутренняя и внешняя обратимость
6	Предварительное понятие об энтропии. Т – s диаграмма и изображение в ней термодинамических процессов.
7	Круговые процессы, цикл Карно, постулат Томсона – Планка и некоторые другие формулировки второго закона термодинамики
8	Теорема Карно
9	Обобщенный цикл Карно. Необратимость и теорема Гуи и Стодолы
10	Статический характер энтропии и второго закона термодинамики



### 3.2 Собеседование (экзамен)

- ОПК – 4 – *Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах*

Номер вопроса	Текст вопроса
11	Поршневые двигатели внутреннего сгорания, работающие по циклам Отто и Дизеля
12	Смешанный цикл или цикл Сабатэ (Тринклера) для поршневых двигателей внутреннего сгорания. Сравнение рассмотренных циклов. Учет необратимости.
13	Циклы газотурбинных установок (Брайтона и Гемфри)
14	Использование регенерации. Многоступенчатая газотурбинная установка. Замкнутая газотурбинная установка. Реактивные двигатели.
15	Цикл Ренкина. Влияние на кпд начальных и конечных параметров. Промежуточный перегрев.
16	Регенерация. Бинарные циклы. Выработка электроэнергии на тепловом потреблении.

### 3.4 Защита лабораторных работ

- ОПК – 4 – *Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах*

Номер вопроса	Текст вопросов практических занятий
17	Универсальная газовая постоянная. Ее физический смысл и численное значение.
18	Уравнение состояния для газовой смеси, определение газовой постоянной смеси.
19	Термодинамический процесс (равновесный, неравновесный, обратимый, необратимый).
20	Основные газовые процессы, графическое изображение процессов в P-V и T-S-координатах.
21	Массовая, объемная и мольная теплоемкости. Взаимосвязь между ними.

### 3.5 Защита практических занятий

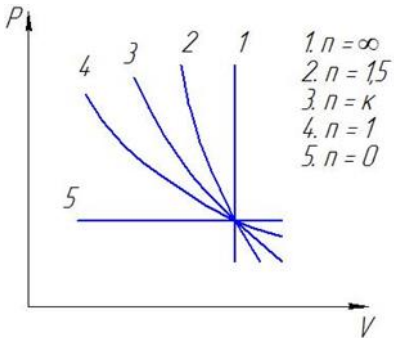
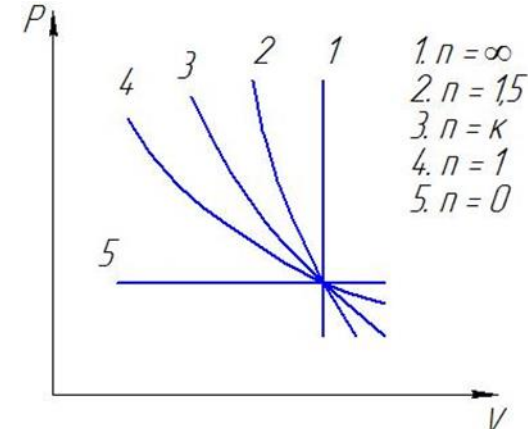
- ОПК – 4 – *Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах*

Номер вопроса	Текст вопроса
22	Термодинамическая система. Рабочее тело.
23	Основные термодинамические параметры состояния.
24	Термодинамический процесс. Уравнение состояния.
25	Идеальный газ. Уравнение состояния идеального газа.
26	Реальный газ. Уравнение состояния реального газа.
27	Внутренняя энергия.

### 3.6 Тесты (тестовые задания к зачету и экзамену)

- ОПК – 4 – *Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах*

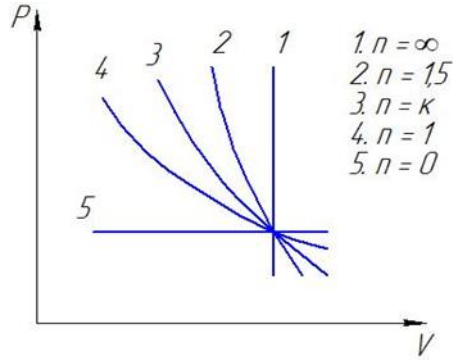
Номер вопроса	Формулировка вопроса
---------------	----------------------

28	<p>Основные термодинамические параметры состояния:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• - <b><math>p, v, T</math></b></li> <li>• - <math>u, q, l</math></li> <li>• - <math>i, s, u</math></li> </ul>
29	<p>Состояние идеального газа описывается уравнением</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b><math>pv=RT</math></b></li> <li>• <math>pv=\text{const}</math></li> <li>• <math>pV=RT</math></li> </ul>
30	<p>Уравнение Майера для идеального газа имеет вид:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>l=U+pV</math></li> <li>• <math>Q=U+L</math></li> <li>• <b><math>C_p=C_v+R</math></b></li> </ul>
31	<p>Показатель адиабаты <b><math>k</math></b> зависит от:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• - <b>рода газа</b></li> <li>• - температуры газа</li> <li>• - процесса</li> </ul>
32	<p>Уравнение первого закона термодинамики:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b><math>q= u+l</math></b></li> <li>• <math>q= c (T_2-T_1)</math></li> <li>• <math>q=Tds</math></li> </ul>
33	<p>Энтальпия это:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b><math>H=U+pV</math></b></li> <li>• <math>H=H_2-H_1</math></li> <li>• <math>Q= U+L</math></li> </ul>
34	<p>Процесс 2, изображенный на рисунке, является:</p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• изотермическим</li> <li>• адиабатным</li> <li>• <b>политропным</b></li> <li>• изохорным</li> </ul>
35	<p>Процесс 1, изображенный на рисунке, является:</p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• изотермическим</li> <li>• адиабатным</li> <li>• <b>политропным</b></li> </ul>

- **изохорным**

36

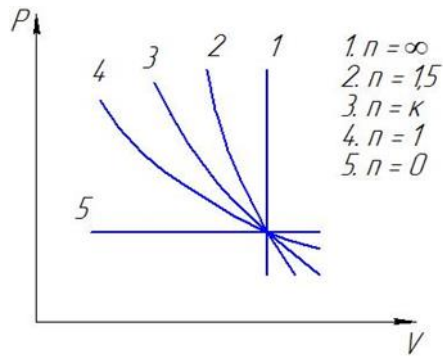
Процесс 3, изображенный на рисунке, является:



- изотермическим
- **адиабатным**
- политропным
- изохорным

37

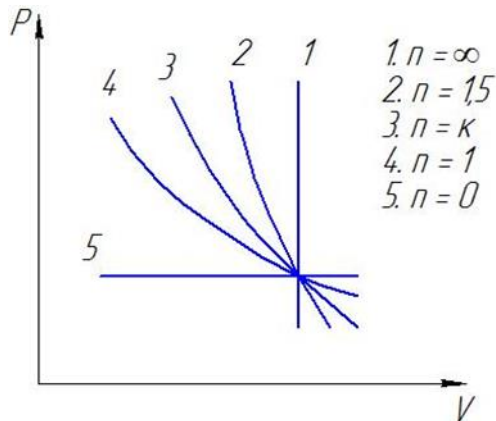
Процесс 4, изображенный на рисунке, является:



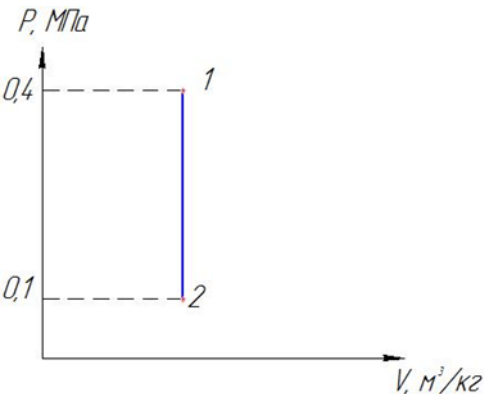
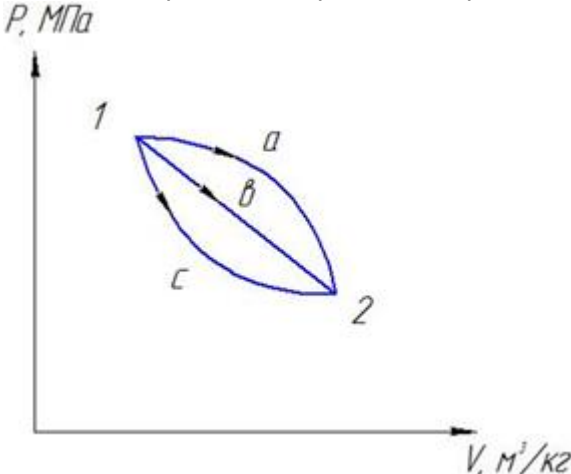
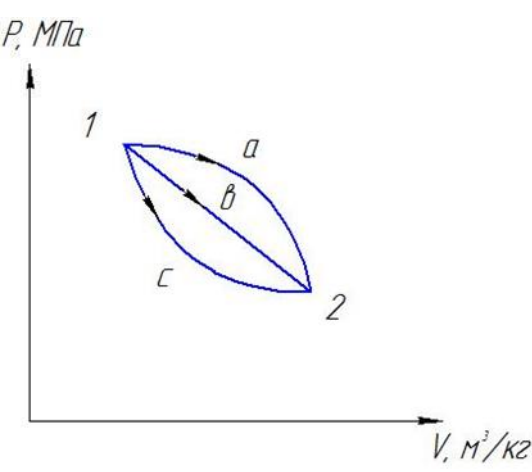
- **изотермическим**
- адиабатным
- политропным
- изохорным

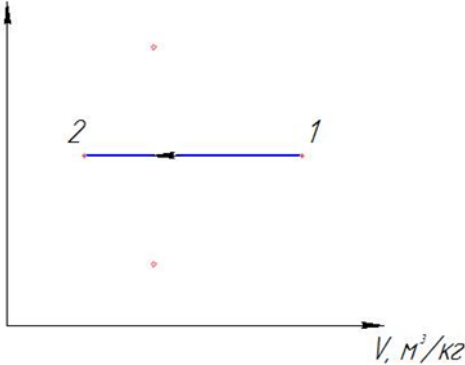
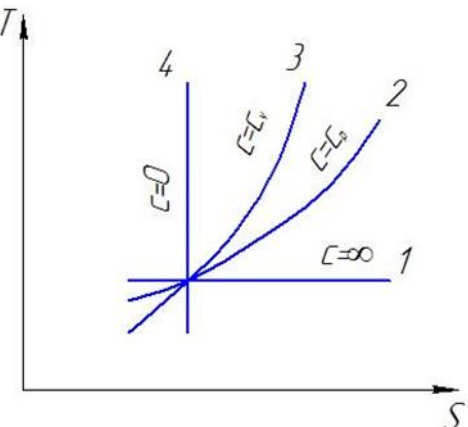
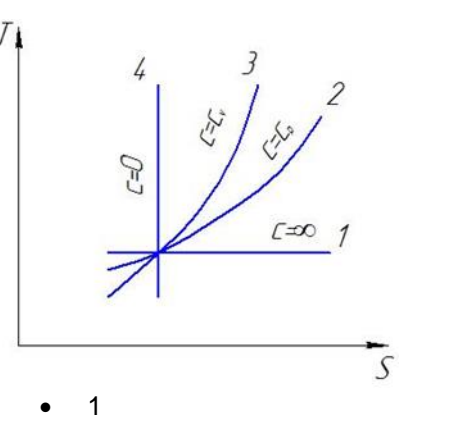
38

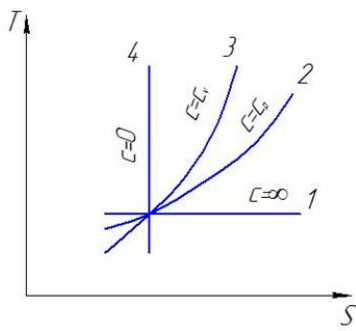
Процесс 5, изображенный на рисунке, является:



- изотермическим
- адиабатным
- **изобарным**
- изохорным

39	<p>Работа расширения в процессе 1-2 (изображенный на рисунке) равна:</p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0,4 КДж</li> <li>• <b>0 КДж</b></li> <li>• 0,3 МДж</li> <li>• 0,3 КДж</li> </ul>
40	<p>Наибольшая работа совершается в процессе:</p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• -1с2</li> <li>• <b>-1а2</b></li> <li>• -1а2 и 1в2</li> <li>• -1в2</li> </ul>
41	<p>Наименьшая работа совершается в процессе:</p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>-1с2</b></li> <li>• -1а2</li> <li>• -1а2 и 1в2</li> <li>• -1в2</li> </ul>
42	<p>Если в точке 1 <math>R = 300 \text{ Дж/(кг K)}</math>, <math>T_1 = 1000\text{K}</math>, <math>v_1 = 3 \text{ м}^3/\text{кг}</math>, то давление в процессе 1-2 равно:</p>

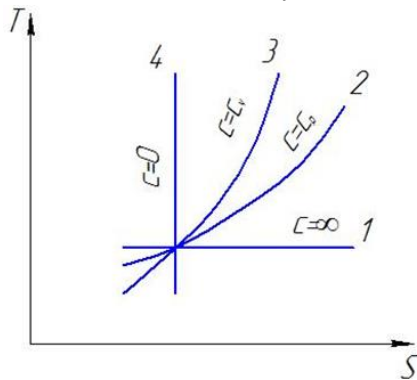
	<p><math>P, \text{МПа}</math></p>  <p><math>V, \text{м}^3/\text{кг}</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Мпа</li> <li>• <b>0,1 Мпа</b></li> <li>• 1000 Кпа</li> <li>• 10000 Па</li> </ul>
43	<p>Изобарным является процесс:</p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1</li> <li>• <b>2</b></li> <li>• 3</li> <li>• 4</li> </ul>
44	<p>Изохорным является процесс:</p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1</li> <li>• 2</li> <li>• <b>3</b></li> <li>• 4</li> </ul>
45	<p>Изотермическим является процесс:</p>



- 1
- 2
- 3
- 4

46

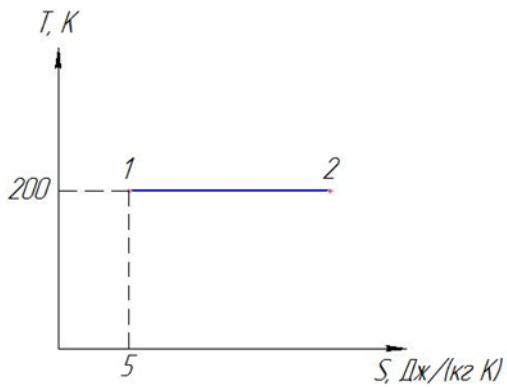
Адиабатным является процесс:



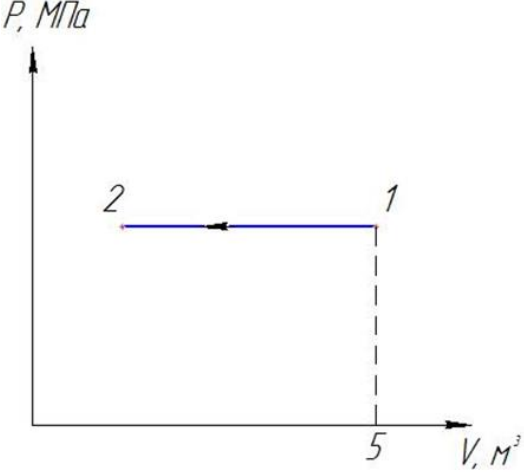
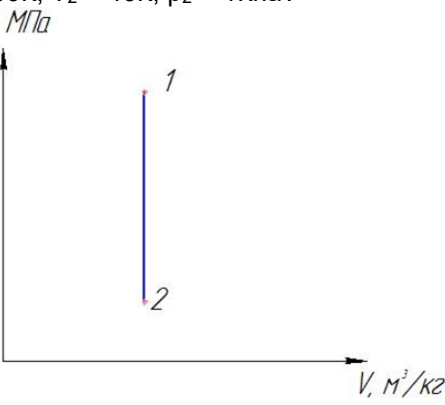
- 1
- 2
- 3
- 4

47

Количество теплоты в процессе 1-2 равно 500 Дж/кг. Чему равна [энтропия](#) в точке 2?



- 7,5 Дж/(кг К)
- 20 Дж/(кг К)
- 0 Дж/(кг К)
- 6 Дж/(кг К)

48	<p>Чему равен объем газа в точке 2 процесса 1-2, если <math>T_1 = 1000\text{K}</math>, <math>T_2 = 200\text{K}</math>, <math>V_1 = 5\text{м}^3</math>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 100м3</li> </ul>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• 10м3</li> <li>• <b>1м3</b></li> <li>• 20м3</li> </ul>
49	<p>Чему равно давление в точке 1 процесса 1-2, изображенного на рисунке, если <math>T_1 = 400\text{K}</math>, <math>T_2 = 40\text{K}</math>, <math>p_2 = 1\text{Кпа}</math>?</p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>10 Кпа</b></li> <li>• 100 Кпа</li> <li>• 100 Мпа</li> <li>• 10 Мпа</li> </ul>
50	<p>Эти выражения справедливы для:</p> $c_n = c_v, n = \pm\infty;$ <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>изохорного процесса</b></li> <li>• изобарного процесса</li> <li>• изотермического процесса</li> <li>• адиабатного процесса</li> </ul>

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

**4.1. Рейтинговая система** оценки осуществляется в течение всего семестра при проведении аудиторных занятий, показателем ФОС является текущий опрос в виде собеседования, за каждый правильный ответ обучающийся получает 5 баллов (зачтено - 5, незачтено - 0). Максимальное число баллов по результатам текущей работы в семестре 50.

**4.2. Бальная система** служит для получения зачета по дисциплине.

Максимальное число баллов за семестр – 100.

Максимальное число баллов по результатам текущей работы в семестре – 50.

Максимальное число баллов на зачете – 50.

Минимальное число баллов за текущую работу в семестре – 30.

Обучающийся, набравший в семестре менее 30 баллов может заработать дополнительные баллы, отработав соответствующие разделы дисциплины или выполнив обязательные задания, для того чтобы быть допущенным до зачета.

Обучающийся, набравший за текущую работу менее 30 баллов, т.к. не выполнил всю работу в семестре по объективным причинам (болезнь, официальное освобождение и т.п.) допускается до зачета, однако ему дополнительно задаются вопросы на собеседовании по разделам, выносимым на зачет.

В случае неудовлетворительной сдачи зачета обучающемуся предоставляется право повторной сдачи в срок, установленный для ликвидации академической задолженности по итогам соответствующей сессии. При повторной сдаче зачета количество набранных студентом баллов на предыдущем зачете не учитывается.

**Зачет проводится в виде тестового задания и кейс-задания.**

**Экзамен может проводиться** в виде тестового задания и кейс-задания или собеседования и кейс-заданий и/или задач.

Для получения оценки «отлично» суммарная бально-рейтинговая оценка по результатам работы в семестре и на экзамене должна составлять 90 и выше баллов;

- оценки «хорошо» суммарная бально-рейтинговая оценка студента по результатам работы в семестре и на экзамене должна составлять от 75 до 89,99 баллов;

- оценки «удовлетворительно» суммарная бально-рейтинговая оценка обучающегося по результатам работы в семестре и на экзамене должна составлять от 60 до 74,99 баллов;

- оценки «неудовлетворительно» суммарная бально-рейтинговая оценка обучающегося по результатам работы в семестре и на экзамене должна составлять менее 60 баллов.

Обучающийся, набравший в семестре менее 30 баллов может заработать дополнительные баллы, отработав соответствующие разделы дисциплины или выполнив обязательные задания, для того чтобы быть допущенным до экзамена.

Обучающийся, набравший за текущую работу менее 30 баллов, т.к. не выполнил всю работу в семестре по объективным причинам (болезнь, официальное освобождение и т.п.), допускается до экзамена, однако ему дополнительно задаются вопросы на собеседовании по разделам, выносимым на экзамен.

В случае неудовлетворительной сдачи экзамена обучающемуся предоставляется право повторной сдачи в срок, установленный для ликвидации академической задолженности по итогам соответствующей сессии. При повторной сдаче экзамена количество набранных студентом баллов на предыдущем экзамене не учитывается.



**5. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания для каждого результата обучения**

Предмет оценки (продукт или процесс)	Показатель оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	Шкала оценивания	
			Академическая оценка	Уровень освоения компетенции
<i>- ОПК – 4– Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах</i>				
Тест (зачет)	Результат тестирования	50% и более правильных ответов	зачтено	освоена (базовый, повышенный)
		менее 50% правильных ответов	не зачтено	не освоена (недостаточный)
Собеседование (зачет)	Знать основные физические теории, необходимые для решения исследовательских и прикладных задач, связанных с расчетом, подбором и настройкой теплотехнического оборудования	Обучающийся полно и последовательно раскрыл тему вопросов	зачтено	Освоена (базовый, повышенный)
		Обучающийся неполно и/или непоследовательно раскрыл тему вопросов	не зачтено	не освоена (недостаточный)
Тест (экзамен)	Результат тестирования	90% и более правильных ответов	отлично	освоена (базовый, повышенный)
		75 – 89,99% правильных ответов	хорошо	
		60 – 74,99% правильных ответов	удовлетворительно	не освоена (недостаточный)
		менее 60% правильных ответов	неудовлетворительно	
Собеседование (экзамен)	Знать основные физические теории, необходимые для решения исследовательских и прикладных задач, связанных	Обучающийся ответил на все вопросы, <b>допустил</b> не более 1 ошибки в ответе	отлично	Освоена (базовый, повышенный)
		Обучающийся ответил на все вопросы, <b>допустил</b> более 1, но менее 3 ошибок	хорошо	
		Обучающийся ответил не на все вопросы, но в тех, на которые дал ответ <b>не допустил</b> ошибки	удовлетворительно	

	с расчетом, подбором и настройкой теплотехнического оборудования	Обучающийся ответил не на все вопросы, <b>допустил</b> более 5 ошибок	неудовлетворительно	не освоена (недостаточный)
Защита лабораторных работ и практических занятий	Уметь экспериментально определять термодинамические параметры и характеристики теплового оборудования	Защита по лабораторной работе и практическому занятию соответствует теме	зачтено	Освоена (базовый, повышенный)
		Защита по лабораторной работе и практическому занятию не соответствует теме	не зачтено	не освоено (недостаточный)