

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе \_\_\_\_\_ Г.Ю. Нагорная

« 31 » 03

2021 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Теплотехника

Уровень образовательной программы \_\_\_\_\_ бакалавриат

Направление подготовки \_\_\_\_\_ 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

Направленность (профиль) \_\_\_\_\_ Автомобили и автомобильное хозяйство

Форма обучения \_\_\_\_\_ очная (заочная)

Срок освоения ООП \_\_\_\_\_ 4 года (4 года 9 месяцев)

Институт \_\_\_\_\_ Инженерный

Кафедра разработчик РПД \_\_\_\_\_ Технологические машины и переработка материалов

Выпускающая кафедра \_\_\_\_\_ Эксплуатация и технический сервис машин

Начальник  
учебно-методического управления \_\_\_\_\_

Семенова Л.У.

Директор института \_\_\_\_\_

Клинцевич Р.И.

Заведующий выпускающей кафедрой \_\_\_\_\_

Бисилов Н.У.

Черкесск, 2021

## Оглавление

1. Цели освоения дисциплины.....	3
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы .....	4
3. Планируемые результаты обучения.....	5
4. Структура и содержание дисциплины.....	5
4.1 объем дисциплины и виды учебной работы .....	5
4.2 содержание учебной дисциплины .....	6
4.3 самостоятельная работа обучающегося .....	14
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	16
5.1. Методические указания для подготовки обучающихся к лекционным занятиям .....	16
5.2. Методические указания для подготовки обучающихся к лабораторным занятиям..	16
5.3. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся .....	17
6. Образовательные технологии .....	18
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины .....	19
7.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы.....	19
7.2. Перечень ресурсов информационных-телекоммуникационных сети «интернет»	19
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	21
8.1. Требования к аудиториям (помещениям, местам) для проведения занятий: .....	21
8.2. Требования к оборудованию рабочих мест преподавателя и обучающихся: .....	22
8.3. Требования к специализированному оборудованию: .....	22
особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья.....	22
фонд оценочных средств .....	24
1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине .....	25
компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины .....	25
2. Этапы формирования компетенции в процессе освоения дисциплины .....	25
3. Показатели, критерии и средства оценивания компетенций, формируемых в процессе изучения дисциплины.....	26
5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания компетенции .....	41
5.1. Критерии оценивания качества выполнения лабораторного практикума.....	41
5.2 критерии оценивания тестирования .....	41
5.3. Критерии оценивания контрольной работы .....	41
5.4 критерии оценивания зачета.....	41

# 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Основными целями освоения дисциплины являются:

- получение обучающимися базовых знаний в области рационального использования энергоресурсов;
- освоение широкого круга вопросов, связанных с взаимным преобразованием теплоты в работу, энергетическому и технологическому использованию тепла, его транспортировке.

Основными задачами дисциплины являются:

- Изучение основ технической термодинамики.
- Изучение циклов поршневых ДВС.
- Изучение основы теории теплообмена

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

2.1 Учебная дисциплина «Теплотехника» относится к базовой части Блока 1 , имеет тесную связь с другими дисциплинами.

2.2 В таблице приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций дисциплины в соответствии с матрицей компетенций ОП.

### **Предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций**

<b>№ п/п</b>	<b>Предшествующие дисциплины</b>	<b>Последующие дисциплины</b>
<b>1</b>	<b>Математика</b>	<b>Гидравлические и пневматические системы транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования и (ТТМО)</b>
<b>2</b>	<b>Физика</b>	
<b>3</b>	<b>Химия</b>	

### 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Планируемые результаты освоения образовательной программы (ОП) – компетенции, обучающихся определяются требованиями стандарта по направлению подготовки (специальности) и формируются в соответствии с матрицей компетенций ОП.

№ п/п	Номер/индекс компетенции	Наименование компетенции (или ее части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:
1	2	3	4
1	<b>ОПК-1</b>	Способен применять естественнонаучные и общетеоретические знания, методы математического анализа и моделирования профессиональной деятельности	<p><b>ОПК-1.1.</b> Применяет математический аппарат аналитической геометрии, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления функции одной переменной</p> <p><b>ОПК-1.4.</b> Применяет математический аппарат численных методов</p> <p><b>ОПК-1.5.</b> Демонстрирует понимание физических явлений и применяет законы механики, термодинамики, электричества и магнетизма</p>

### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 4.1 Объем дисциплины и виды учебной работы

##### Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры *
		№ 5 часов
1	2	3
<b>Аудиторная контактная работа (всего)</b>	<b>36</b>	<b>36</b>
В том числе:		
Лекции (Л)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
<b>Контактная внеаудиторная работа</b>	<b>1,7</b>	<b>1,7</b>
В том числе индивидуальные и групповые консультации	1,7	1,7
<b>Самостоятельная работа обучающегося (СРО) (всего)</b>	<b>34</b>	<b>34</b>
<i>Работа с книжными источниками</i>	12	12
<i>Работа с электронными источниками</i>	10	10
<i>Подготовка к тестовому контролю</i>	10	10
<i>Подготовка к промежуточному контролю</i>	2	2

<i>(ППК)</i>			
<b>Промежуточная аттестация</b>	Зачет (З)	3	3
	<b>в том числе:</b>		
	Прием зач., час.	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>
	СРО, час.	-	-
<b>ИТОГО: Общая трудоемкость</b>	<b>часов</b>	<b>72</b>	<b>72</b>
	<b>зач. ед.</b>	<b>2</b>	<b>2</b>

### Заочная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры*	
		№ 6	
		часов	
1	2	3	
<b>Аудиторная контактная работа (всего)</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	
В том числе:			
Лекции (Л)	4	4	
Лабораторные работы (ЛР)	6	6	
<b>Контактная внеаудиторная работа</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	
В том числе индивидуальные и групповые консультации	1	1	
<b>Самостоятельная работа обучающегося (СРО) (всего)</b>	<b>57</b>	<b>57</b>	
<i>Работа с книжными источниками</i>	16	16	
<i>Работа с электронными источниками</i>	15	15	
<i>Подготовка к тестовому контролю</i>	14	14	
<i>Просмотр и конспектирование видеолекций</i>	8	8	
<i>Подготовка к промежуточному контролю (ППК)</i>	4	4	
<b>Промежуточная аттестация</b>	Зачет (З)	3	3
	<b>в том числе:</b>		
	Прием зач., час.	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>
	СРО, час.	<b>3,7</b>	<b>3,7</b>
<b>ИТОГО: Общая трудоемкость</b>	<b>часов</b>	<b>72</b>	<b>72</b>
	<b>зач. ед.</b>	<b>2</b>	<b>2</b>

## 4.2 Содержание учебной дисциплины

### 4.2.1. Разделы дисциплины, виды учебной деятельности и формы контроля

Очная форма

№ п/п	№ семестра	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу обучающихся (в часах)					Формы текущего контроля успева-ти (по неделям семестра)
			Л	ЛР	ПЗ	СР О	все го	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	5	<b>Раздел 1. Техническая термодинамика.</b>	8	10	-	16	34	Тестовый контроль
2.	5	<b>Раздел 2. Теория теплообмена</b>	6	8	-	12	26	Тестовый контроль
3.	5	<b>Раздел 3. Теплоэнергетические установки.</b>	4	-	-	6	10	Тестовый контроль
4.	5	Внеаудиторная контактная работа					1,7	Индивидуальные и групповые консультации
5.	5	Промежуточная аттестация	-	-	-	-	0,3	Зачет
6.		<b>ИТОГО</b>	18	18	-	34	72	

#### Заочная форма обучения

№ п/п	№ семестра	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу обучающихся (в часах)					Формы текущего контроля успева-ти (по неделям семестра)
			Л	ЛР	ПЗ	СР О	все го	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
7.	6	<b>Раздел 1. Техническая термодинамика.</b>	2	4	-	24	30	Тестовый контроль
8.	6	<b>Раздел 2. Теория теплообмена</b>	2	2	-	21	25	Тестовый контроль
9.	6	<b>Раздел 3. Теплоэнергетические установки.</b>				12	12	Тестовый контроль
10.	6	Внеаудиторная контактная работа					1	Индивидуальные и групповые консультации
11.	6	Промежуточная аттестация	-	-	-	-	0,3	Зачет

12.	6	СРО, час					3,7	Контрольная работа
13.		<b>ИТОГО</b>	4	6	-	57	72	

#### 4.2.2 Лекционный курс

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы лекции	Содержание лекции	Всего часов	
				ОФО	ЗФО
1	2	3	4	5	6
<b>Семестр 5(6)</b>					
1	<b>Раздел 1. Техническая термодинамика.</b>	Тема 1. Рабочее тело и основные законы идеального газа. Первый закон термодинамики. Второй закон термодинамики.	Основные понятия и исходные положения термодинамики. Параметры состояния идеального газа. Основные законы идеального газа: законы Бойля-Мариотта, Гей-Люссака, Шарля, закон Авогадро. Уравнение состояния идеального газа. Внутренняя энергия системы. Работа расширения газа. Теплота. Теплоемкость. Аналитическое выражение первого закона термодинамики. Энтальпия. Энтропия. Формулировка второго закона термодинамики. Прямой цикл Карно. Обратный цикл Карно. Изменение энтропии в необратимых процессах. Максимальная работа. Эксергия.	<b>4</b>	<b>2</b>



		Тема 2. Термодинамика открытых систем.	Уравнение первого закона термодинамики для потока. Истечение газа из сужающегося сопла. Основные закономерности течения газа в соплах и диффузорах. Дросселирование газов и паров. Термодинамический анализ процессов в компрессорах.	<b>2</b>	
		Тема 3. Термодинамические циклы тепловых установок.	Термодинамические циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания. Термодинамические циклы газотурбинных установок. Термодинамические циклы паротурбинных установок.	<b>2</b>	
<b>2</b>	<b>Раздел 2. Теория теплообмена</b>	Тема 4. Основные принципы теории теплообмена. Теплопроводность.	Основные понятия и определения теории теплообмена. Виды и режимы теплообмена. Количественные характеристики переноса теплоты. Основной закон теплопроводности. Коэффициент теплопроводности. Перенос теплоты теплопроводностью при стационарном режиме. Теплопроводность при нестационарном режиме.	<b>2</b>	<b>2</b>

		<p>Тема 5. Конвективный теплообмен. Теплообмен излучением. Теплопередача. Тепловой расчет теплообменных аппаратов.</p>	<p>Основной закон конвективного теплообмена. Коэффициент теплоотдачи. Понятие о гидродинамическом и тепловом пограничном слоях. Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена. Теплообмен при свободном и вынужденном движении. Теплоотдача при кипении и конденсации. Применение теории подобия при изучении процессов теплоотдачи. Основные определения лучистого теплообмена. Основные законы лучистого теплообмена. Теплообмен излучением между твердыми телами. Излучение газов. Сложный теплообмен. Теплопередача между двумя жидкостями через разделяющую их стенку. Типы теплообменных аппаратов. Расчет теплообменных аппаратов.</p>	4	
--	--	--	--	---	--

3	<b>Раздел 3. Теплоэнергетические установки.</b>	Тема 6. Виды и характеристики топлива. Расчеты процессов сгорания различных видов топлива.	Состав и основные характеристики твердого, жидкого и газообразного топлива точка теплота сгорания топлива. Условное топливо. Количество воздуха, Необходимого для горения. Объемы и состав продуктов сгорания. Топочные устройства. Самовоспламенение и зажигание горючей смеси. Виды пламени. Детонация. Горелки, форсунки и топочные устройства для сжигания газообразного, жидкого и твердого топлива.	<b>4</b>	
<b>ИТОГО часов в семестре:</b>				<b>18</b>	<b>4</b>

#### 4.2.3 Лабораторный практикум

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование лабораторной работы	Содержание лабораторной работы	Всего часов	
				ОФО	ЗФО
1	2	3	4	5	6
<b>Семестр 5 (6)</b>					
1.	<b>Раздел 1. Техническая термодинамика</b>	Тема 1. Рабочее тело и основные законы идеального газа.	Изучение законов идеального газа. Изучение законов Бойля-Мариотта, Гей-Люссака, Шарля, Авогадра. Виртуальная лабораторная работа «Тарировка газового термометра».	<b>2</b>	<b>2</b>
		Тема 3. Второй закон термодинамики.	Изучение термодинамических циклов Карно. Прямой	<b>2</b>	

			термодинамический цикл Карно. Термический коэффициент полезного действия теплового двигателя. Обратный термодинамический цикл Карно. Холодильный коэффициент.		
		Тема 4. Основные термодинамические процессы в газах, парах и их смесях	Термодинамические процессы идеальных газов. Уравнение Ван-Дер-Ваальса. Диаграммы состояния водяного пара. Виртуальная лабораторная работа «Диаграмма состояния реального газа». Изучение характеристик влажного воздуха. Влажный воздух. Абсолютная и относительная влажность воздуха. Теплоемкость и энтальпия влажного воздуха. Виртуальная лабораторная работа «Определение точки росы при различной абсолютной влажности».	4	2

		Тема 5. Термодинамика открытых систем.	Течение газа в соплах и диффузорах. Определение скорости истечения газа из сопла. Основные закономерности течения газа в соплах и диффузорах. Виртуальная лабораторная работа «Определение показателя адиабаты по скорости звука в воздухе». Дросселирование газов и паров. Изменение параметров газа и пара при дросселировании. Эффект Джоуля - Томсона. Виртуальная лабораторная работа «Исследование эффекта Джоуля-Томсона при адиабатическом истечении CO <sub>2</sub> ».	2	
2.	<b>Раздел 2. Теория теплообмена</b>	Тема 8. Теплопроводность.	Основной закон теплопроводности. Закон теплопроводности Фурье. Коэффициент теплопроводности. Виртуальная лабораторная работа «Определение теплопроводности твердого тела». Теплопроводность газов. Зависимость коэффициента теплопроводности газов от температуры и давления. Виртуальная лабораторная работа «Определение теплопроводности	4	2

			газов методом нагретой нити».		
		Тема 9. Конвективный теплообмен.	Основной закон конвективного теплообмена. Закон теплоотдачи Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи. Виртуальная лабораторная работа «Исследование конвективной теплоотдачи при естественной конвекции вдоль горизонтального цилиндра». Теплоотдача при вынужденном движении газа. Зависимость коэффициента теплоотдачи от режима течения газа. Критериальные уравнения конвективного теплообмена. Виртуальная лабораторная работа «Исследование конвективной	4	

			теплоотдачи при принудительном движении газа внутри нагретой трубы».		
<b>ИТОГО часов в семестре:</b>				<b>18</b>	<b>6</b>

#### 4.2.4. Практические занятия

*Не предусмотрены*

#### 4.3 Самостоятельная работа обучающегося

№ п/п	Наименование раздела (темы) дисциплины	№ п/п	Виды СРО	Всего часов	
				ОФ	ЗФ
1	2	3	4	5	6
<b>Семестр 5(6)</b>					
	<b>Раздел 1. Техническая термодинамика.</b>	1.1.	Работа с книжными источниками	7	8
		1.2.	Работа с электронными источниками	5	8
		1.3.	Подготовка к тестовому контролю	4	5
		1.4.	Просмотр и конспектирование видеолекций	-	3

	<b>Раздел 2. Теория теплообмена</b>	2.1.	Работа с книжными источниками	4	6
		2.2.	Работа с электронными источниками	4	5
		2.3.	Подготовка к тестовому контролю	4	7
		2.4.	Просмотр и конспектирование видеолекций	-	3
	<b>Раздел 3. Теплоэнергетические установки</b>	3.1.	Работа с книжными источниками	1	2
		3.2.	Работа с электронными источниками	1	2
		3.3.	Просмотр и конспектирование видеолекций	-	2
		3.4.	Подготовка к тестовому контролю	2	2
		3.5.	Подготовка к промежуточному контролю	2	4
<b>ИТОГО часов в семестре:</b>				34	57



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

### **5.1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ОБУЧАЮЩИХСЯ К ЛЕКЦИОННЫМ ЗАНЯТИЯМ**

Обучающимся необходимо ознакомиться: с содержанием рабочей программы дисциплины, с ее целями и задачами, связями с другими дисциплинами образовательной программы, методическими разработками, имеющимися на сайте вуза и в библиотечно-издательском центре, с графиком консультаций преподавателя.

Изучение дисциплины требует систематического и последовательного накопления знаний, следовательно, пропуски отдельных тем не позволяют глубоко освоить предмет. Необходимо приходить на лекцию подготовленным, ведь только в этом случае преподаватель может вести лекцию в интерактивном режиме, что способствует повышению эффективности лекционных занятий. Именно поэтому обучающимся необходимо:

- перед каждой лекцией просматривать рабочую программу дисциплины, что позволит сэкономить время на записывание темы лекции, ее основных вопросов, рекомендуемой литературы;

- на отдельные лекции приносить соответствующий материал на бумажных носителях, присланный лектором на «электронный почтовый ящик группы» (таблицы, графики, схемы), который будет охарактеризован, прокомментирован, дополнен непосредственно на лекции;

- перед очередной лекцией необходимо просмотреть по конспекту материал предыдущей лекции, воспроизвести основные определения, отметить непонятные термины и положения, подготовить вопросы с целью уточнения правильности понимания, попытаться ответить на контрольные вопросы по ключевым пунктам содержания лекции.

При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам. Если разобраться в материале опять не удалось, необходимо обратиться к преподавателю (по графику его консультаций или на практических занятиях, или написать на адрес электронной почты).

Вузовская лекция – главное звено дидактического цикла обучения. Её цель – рассмотрение теоретических вопросов излагаемой дисциплины в логически выдержанной форме; формирование ориентировочной основы для последующего усвоения обучающимися учебного материала. В состав лекционного курса по дисциплине включены: конспекты (тексты, схемы) лекций в электронном представлении; файл с раздаточным материалом; списки учебной литературы, рекомендуемой обучающимся в качестве основной и дополнительной по темам лекций.

Общий структурный каркас, применимый ко всем лекциям дисциплины, включает в себя сообщение плана лекции и строгое следование ему. В план включены наименования основных узловых вопросов лекций, которые положены в основу промежуточного контроля; связь нового материала с содержанием предыдущей лекции, определение его места и назначения в дисциплине, а также в системе с другими дисциплинами и курсами; подведение выводов по каждому вопросу и по итогам всей лекции.

### **5.2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ОБУЧАЮЩИХСЯ К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ**

Лабораторные работы составлены в соответствии с программой дисциплины и предназначены для закрепления теоретического материала, полученного на лекциях и

приобретения обучающимися способности самостоятельно решать стандартные задачи профессиональной деятельности с применением знаний и умений, приобретенных в рамках изучения данной дисциплины. При подготовке к лабораторным работам обучающийся должен самостоятельно повторить теоретический материал. По результатам работы необходимо предоставить отчет в тетради для лабораторных работ.

### **5.3. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся**

В процессе подготовки к занятиям, обучающимся необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной учебно-методической (а также научной и популярной) литературы.

Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной и популярной литературой, материалами периодических изданий и Интернета, статистическими данными является наиболее эффективным методом получения знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов свое отношение к конкретной проблеме.

Более глубокому раскрытию вопросов способствует знакомство с дополнительной литературой, рекомендованной преподавателем по каждой теме семинарского или практического занятия, что позволяет обучающимся проявить свою индивидуальность в рамках выступления на данных занятиях, выявить широкий спектр мнений по изучаемой проблеме.

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

№ п/п	№ семес тра	Виды учебной работы	Образовательные технологии	Всего часов	
				О Ф О	З Ф О
1	2	3	4	5	
1.	5 (6)	Лекция: Рабочее тело и основные законы идеального газа. Первый закон термодинамики. Второй закон термодинамики.	Лекция – презентация с использованием Power Point.	4	2
			Видеолекция	-	
2.		Лекция Основные принципы теории тепломассообмена. Теплопроводность.	Лекция – презентация с использованием Power Point.	2	
			Видеолекция	-	
3.		Лекция Конвективный теплообмен. Теплообмен излучением. Теплопередача. Тепловой расчет теплообменных аппаратов.	Лекция – презентация с использованием Power Point.	4	2
			Видеолекция	-	
<b>ИТОГО часов в семестре:</b>				<b>10</b>	<b>4</b>

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

#### Основная литература

1. Васильев, А.В. Теплотехника [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Васильев А.В., Бахрачева Ю.С.— Электрон. текстовые данные.— Волгоград: Волгоградский институт бизнеса, Вузовское образование, 2013.— 208 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/11352>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.
2. Гдалев, А.В. Теплотехника [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Гдалев А.В., Козлов А.В., Сапронова Ю.И., Майоров С.Г.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Научная книга, 2012.— с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/6350>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.

#### Дополнительная литература

1. Алексеев, Г.Н. Общая теплотехника [Текст]: учеб. пособие / Г.Н. Алексеев. – М.: Высшая школа, 1980. – 552 с.: ил.
2. Теплотехника [Текст]: учебник / А.М. Архаров, С.И. Исаев, И.А. Кожин и др.; под общ. ред. В.И. Крутова. – М.: Машиностроение, 1986. – 432 с.: ил.
3. Теплотехника [Текст]: учебник /В.Н. Луканин, М.Г. Шатров, Г.М. Кафер и др.; под ред. В.Н. Луканина. – 2-е изд., перераб. – М.: Высшая школа, 2000. – 671 с.: ил.
4. Четкин, А.В. Теплотехника [Текст]: учебник / А.В. Четкин, Н.А. Занемонец. – М.: Высшая школа, 1986.-344 с.: ил.

#### Методические материалы

Боташев А. Ю, Методические указания для подготовки обучающихся к лабораторным занятиям по курсу «Теплотехника» / Боташев А. Ю, Малсугенов Р. С., – Черкесск: БИЦ СевКавГГТА, 2016. – 16 с.

Боташев А. Ю, Методические указания по самостоятельной работе обучающихся по курсу «Теплотехника» / Боташев А. Ю, Байрамуков Р. А., – Черкесск: БИЦ СевКавГГТА, 2016. – 12с.

#### Периодические издания

Нет

### 7.2. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННЫХ-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ»

Перечень договоров ЭБС (за период, соответствующий сроку получения образования по ООП)		
Учебный год	Наименование документа с указанием реквизитов	Срок действия документа
2016-2017	ООО «Ай Пи Эр Медиа». Доступ к ЭБС IPRbooks Договор №1801/16 от 01.07.2016г.	Подключение с 01.07.2016г. по 01.07.2017г.
2017-2018	ООО «Ай Пи Эр Медиа». Доступ к ЭБС IPRbooks Договор №2947/17 от 01.07.2017г.	Подключение с 01.07.2017г. по 01.07.2018г.
2018-2019	ООО «Ай Пи Эр Медиа». Доступ к ЭБС IPRbooks Договор №4213/18 от 01.07.2018г.	Подключение с 01.07.2018г. по 01.07.2019г.
2019-2020	ООО «Ай Пи Эр Медиа». Доступ к ЭБС IPRbooks Договор №5340/19 от 01.07.2019г.	Подключение с 21.08.2019г. по

		01.07.2020г.
2020-2021	ООО «Ай Пи Эр Медиа». Доступ к ЭБС IPRbooks Договор №6906/20 от 01.07.2020г.	Подключение с 01.07.2020г. по 01.07.2021г.
2021-2022	ООО «Ай Пи Эр Медиа». Доступ к ЭБС IPRbooks Договор №8117/21П от 11.06.2021г.	Подключение с 01 июля 2021 года до 01 июля 2022 года

### 7.3. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Лицензионное программное обеспечение	Реквизиты лицензий/ договоров
Microsoft Azure Dev Tools for Teaching 1. Windows 8	Идентификатор подписчика: 1203743421 Срок действия: 30.06.2022 (продление подписки)
MS Office 2010	Сведения об Open Office: 63143487, 63321452, 64026734, 6416302, 64344172, 64394739, 64468661, 64489816, 64537893, 64563149, 64990070, 65615073 Лицензия бессрочная
Антивирус Dr.Web Desktop Security Suite	Лицензионный сертификат Серийный № JKS4-D2UT-LACG-S5CN Срок действия: с 18.10.2021 до 20.10.2022
Abbyy FineReader 12	Гос.контракт № 0379100003114000006_54609 от 25.02.2014 Лицензионный сертификат для коммерческих целей
ЭБС Академия (СПК)	Лицензионный договор № 000439/ЭБ-19 от 15.02.2019г Срок действия: с 15.02.2019 до 15.02.2022
ЭБС IPRbooks	Лицензионный договор № 8117/21 от 11.06.2021 Срок действия: с 01.07.2021 до 01.07.2022

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

### **8.1. ТРЕБОВАНИЯ К АУДИТОРИЯМ (ПОМЕЩЕНИЯМ, МЕСТАМ) ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЙ:**

1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа:

Набор демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающих тематические иллюстрации:

Интерактивная система – 1 шт.

Ноутбук – 1 шт.

Компьютер в сборе – 1 шт.

МФУ – 1 шт.

Плоттер – 1 шт.

Специализированная мебель:

Доска ученическая – 1 шт.

Стол офисный – 2 шт.

Стол – 1 шт.

Стол компьютерный - 2 шт.

Стол ученический - 14 шт.

Стул мягкий – 4 шт.

Стул ученический- 28 шт.

Стол металлический – 3 шт.

Стол лабораторный – 1 шт.

Жалюзи – 3 шт.

Шкаф – 1 шт.

Кафедра – 1 шт.

Стеллажи – 3 шт.

Шкаф вытяжной

2. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнение курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:

Технические средства обучения, служащие для предоставления учебной информации большой аудитории:

Интерактивная система – 1 шт.

Ноутбук – 1 шт.

Компьютер в сборе – 1

МФУ – 1 шт.

Плоттер – 1 шт.

Специализированная мебель:

Доска ученическая – 1 шт.

Стол офисный – 2 шт.

Стол – 1 шт.

Стол компьютерный - 2 шт.

Стол ученический - 14 шт.

Стул мягкий – 4 шт.

Стул ученический- 28 шт.

Стол металлический – 3 шт.

Стол лабораторный – 1 шт.

Жалюзи – 3 шт.

Шкаф – 1 шт.

Кафедра – 1 шт.

Стеллажи – 3 шт.

Шкаф вытяжной

### 3. Лаборатория технологических машин и оборудования

Лабораторное оборудование:

Установка для обеззараживания воды ИЗУМРУД-СИ

Аквадистиллятор ДЭ-4,

Комплекс ЛУММАРК с методикой расчета

Мешалка магнитная ПЭ-6110 с подогревом

Стерилизатор ГП-80

Анализатор качества молока «ЛАКТАН-4»

Микроволновая печь

Универсальный лабораторный регулятор температуры UTR-L

Фасовочно – упаковочное оборудование РТ-УМ-11, РЦ/1403 БС-ОП

Установка сушильная УСХ-СИК

Центрифуга молочная на 12 пробирок. ЦЛМ 1-12

Перемешивающее устройство двухместное с подогревом ПЭ-6300, ПЭ-6300 М

Универсальный вибропривод ВП/220

Пластиночно–роторный вакуумный насос 2НВР-5ДМ

Весы товарные АЛЕКС ВХ-60D1,3-3

Весы товарные МИДЛ без стойки 150 кг

Встряхиватель ПЭ-6300

Мельница лабораторная для размельчения зерна

Прибор для определения падения ПЧП-3

Рефрактометр ИРФ-454Б2М

Термометр лабораторный ТГ-2 – 3 шт.

Учебная гидравлическая лаборатория «Капелька»

### 4. Помещение для самостоятельной работы.

Библиотечно-издательский центр.

Отдел обслуживания печатными изданиями: комплект проекционный, мультимедийный оборудование: экран настенный, проектор, ноутбук; рабочие столы на 1 место, стулья.

Отдел обслуживания электронными изданиями: интерактивная система, монитор, сетевой терминал, персональный компьютер, МФУ, принтер, рабочие столы на 1 место; стулья.

Информационно-библиографический отдел: персональный компьютер, сканер, МФУ, рабочие столы на 1 место, стулья.

.

## **8.2. ТРЕБОВАНИЯ К ОБОРУДОВАНИЮ РАБОЧИХ МЕСТ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ И ОБУЧАЮЩИХСЯ:**

1. Рабочее место преподавателя, оснащенное ноутбуком.

## **8.3. ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОМУ ОБОРУДОВАНИЮ:**

1. нет

## **ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Для обеспечения образования инвалидов и обучающихся с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается (в случае необходимости) адаптированная образовательная программа, индивидуальный учебный план с учетом особенностей их психофизического развития и состояния здоровья, в частности применяется индивидуальный подход к освоению дисциплины, индивидуальные задания: рефераты, письменные работы и, наоборот, только устные ответы и диалоги, индивидуальные консультации, использование диктофона и других записывающих средств для воспроизведения лекционного и семинарского материала.

В целях обеспечения обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями

здоровья комплектуется фонд основной учебной литературой, адаптированной к ограничению электронных образовательных ресурсов, доступ к которым организован в БИЦ Академии. В библиотеке проводятся индивидуальные консультации для данной категории пользователей, оказывается помощь в регистрации и использовании сетевых и локальных электронных образовательных ресурсов, предоставляются места в читальном зале.



**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
**ПО ДИСЦИПЛИНЕ Теплотехника**

# 1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

## Теплотехника

### КОМПЕТЕНЦИИ, ФОРМИРУЕМЫЕ В ПРОЦЕССЕ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Индекс	Формулировка компетенции
<b>ОПК-1</b>	Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности

### 2. ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой разделов (тем) учебных занятий. Изучение каждого раздела (темы) предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций обучающимся.

Этапность формирования компетенций прямо связана с местом дисциплины в образовательной программе.

Разделы (темы ) дисциплины	Формируемые компетенции (коды)
	ОПК-1
<b>Раздел 1. Техническая термодинамика</b>	+
Тема 1. Рабочее тело и основные законы идеального газа. Первый закон термодинамики. Второй закон термодинамики.	+
Тема 2. Термодинамика открытых систем.	+
Тема 3. Термодинамические циклы тепловых установок.	+
<b>Раздел 2. Теория теплообмена</b>	+
Тема 4. Основные принципы теории теплообмена. Теплопроводность.	+
Тема 5. Конвективный теплообмен. Теплообмен излучением. Теплопередача. Тепловой расчет теплообменных аппаратов.	+
<b>Раздел 3. Теплоэнергетические установки.</b>	+
Тема 6. Виды и характеристики топлива.	+

Расчеты процессов сгорания различных видов топлива.	
---	--

**3. ПОКАЗАТЕЛИ, КРИТЕРИИ И СРЕДСТВА ОЦЕНИВАНИЯ  
КОМПЕТЕНЦИЙ, ФОРМИРУЕМЫХ В ПРОЦЕССЕ ИЗУЧЕНИЯ  
ДИСЦИПЛИНЫ**

<b>ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности</b>						
<b>Планируемые результаты обучения (показатели)</b>	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>				<b>Средства оценивания результатов обучения</b>	
<b>достижения заданного уровня освоения компетенций)</b>	<b>неудовлетв</b>	<b>удовлетв</b>	<b>хорошо</b>	<b>отлично</b>	<b>Текущий контроль</b>	<b>Промежуточная аттестация</b>
<b>ОПК-1.1.</b> Применяет математический аппарат аналитической геометрии, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления функции одной переменной	Не умеет и не готов применять математический аппарат аналитической геометрии, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления функции одной переменной	Частично умеет применять математический аппарат аналитической геометрии, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления функции одной переменной	Умеет применять математический аппарат аналитической геометрии, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления функции одной переменной	Готов и умеет применять математический аппарат аналитической геометрии, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления функции одной переменной	Тестовый контроль.	зачет
<b>ОПК-1.4.</b> Применяет математический аппарат численных методов	Не умеет и не готов применять математический аппарат численных методов	Частично умеет применять математический аппарат численных методов	Умеет применять математический аппарат численных методов	Готов и умеет применять математический аппарат численных методов		
<b>ОПК-1.5.</b> Демонстрирует понимание физических явлений и применяет законы механики, термодинамики, электричества и магнетизма	Не владеет навыками понимания физических явлений и применения законов механики, термодинамики, электричества и магнетизма	Владеет отдельными навыками понимания физических явлений и применения законов механики, термодинамики, электричества и магнетизма	Владеет отдельными навыками понимания физических явлений и применения законов механики, термодинамики, электричества и магнетизма	Демонстрирует полное владение навыками понимания физических явлений и применения законов механики, термодинамики, электричества и магнетизма		

**Вопросы к зачету**  
по дисциплине Теплотехника

1. Основные термодинамические параметры состояния.
2. Уравнение состояния.
3. Уравнение состояния идеального газа.
4. Термодинамический процесс.
5. Внутренняя энергия. Внутренняя энергия идеального газа.
6. Работа расширения газа.
7. Первый закон термодинамики.
8. Теплоёмкость газов.
9. Уравнение Майера.
10. Энтальпия.
11. Энтропия.
12. Второй закон термодинамики.
13. Изохорический процесс.
14. Изобарический процесс.
15. Изотермический процесс.
16. Адиабатический процесс.
17. Политропический процесс.
18. Прямой цикл Карно.
19. Обратный цикл Карно.
20. Термодинамические процессы реальных газов.
21.  $T, S$  - диаграмма водяного пара.
22.  $i, S$  - диаграмма водяного газа
23. Влажный воздух. Абсолютная и относительная влажности.
24. Уравнение первого закона термодинамики для потока.
25. Уравнение первого закона термодинамики применительно к теплообменному аппарату.
26. Уравнение первого закона термодинамики применительно к турбине.
27. Уравнение первого закона термодинамики применительно к компрессору.
28. Истечение газа из сужающегося сопла.
29. Дросселирование газов и паров.
30. Индикаторная диаграмма поршневого компрессора.
31. Схема многоступенчатого компрессора.
32. Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания.
33. Цикл газотурбинных установок.
34. Цикл паротурбинных установок.
35. Термический КПД.
36. Холодильный коэффициент

# Комплект тестовых заданий

## По дисциплине Теплотехника

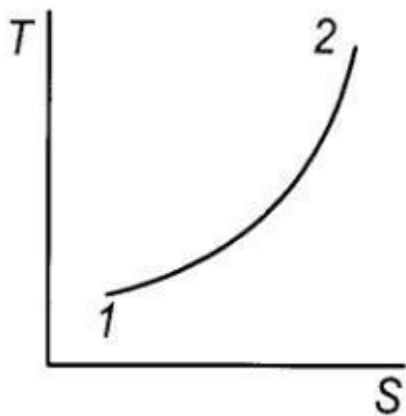
### 1. Назовите термические параметры состояния. (ОПК-1)

- a) масса, плотность, удельный вес
- b) давление, удельный объем, температура +
- c) работа, теплоемкость, теплота
- d) молекулярная масса, объем, газовая постоянная

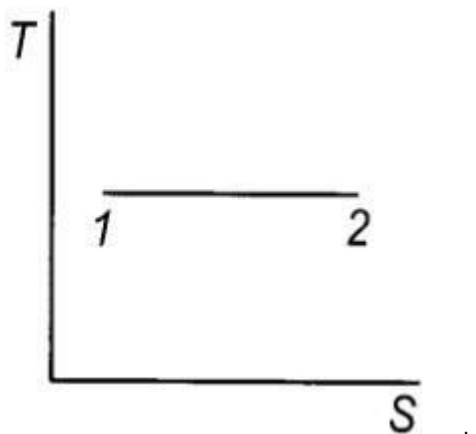
### 2. Уравнение состояния идеального газа (ОПК-1)

- a)  $P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$
- b)  $\frac{P_1}{\rho_1} = \frac{P_2}{\rho_2}$
- c)  $P \cdot V = m \cdot R \cdot T +$   
 $L = R \cdot T \cdot \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$
- d)

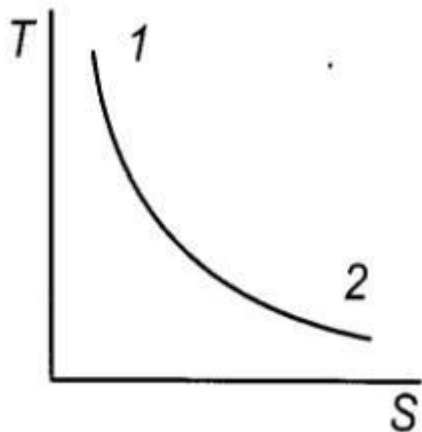
### 3. Где изображен изотермический процесс? (ОПК-1)



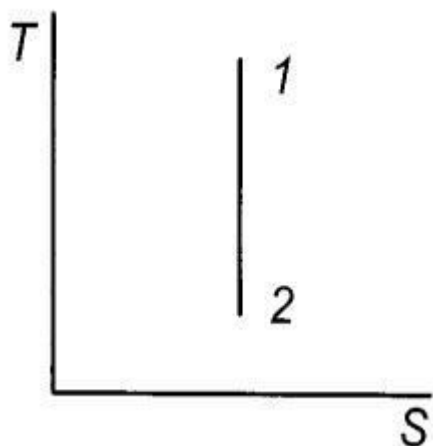
a)



b) +



c)



d)

4. Чему равна работа в изохорном процессе? (ОПК-1)

$$L = R \cdot T \cdot \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

a)

b)  $L = 0_+$

c)  $L = m \cdot P \cdot (V_2 - V_1)$

d)  $L = \frac{m}{k-1} \cdot (P_1 \cdot V_1 - P_2 \cdot V_2)$

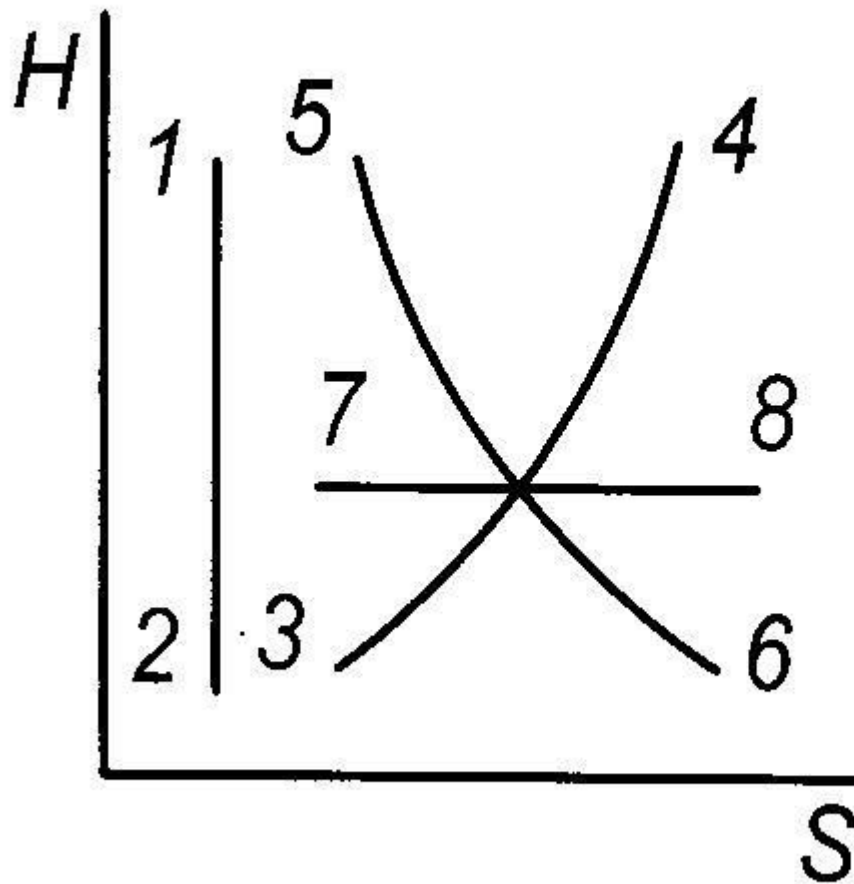
5. Для какого процесса справедливо соотношение  $\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$  (ОПК-1)

a) изобарный

b) изохорный+

c) изотермический

d) адиабатный.



6. а) Где изображен адиабатный процесс? (ОПК-1)
- 1-2+
  - 3-4
  - 5-6
  - 7-8
7. В изобарном процессе температура газа при расширении: (ОПК-1)
- уменьшается
  - остаётся постоянной
  - увеличивается+
  - равна 0
8. Чему равно изменение внутренней энергии в изотермическом процессе? (ОПК-1)
- $\Delta U = c_v \cdot (T_2 - T_1)$
  - $\Delta U = 0_+$
  - $\Delta U = c_p \cdot (T_2 - T_1)$
  - $\Delta U = c_v \cdot (T_1 - T_2)$
9. Чему равно количество теплоты в адиабатном процессе? (ОПК-1)
- $q = c_v \cdot (T_2 - T_1)$
  - $q = 0_+$
  - $q = c_p \cdot (T_2 - T_1)$



$$q = R \cdot T \cdot \ln\left(\frac{P_1}{P_2}\right)$$

d)

10. Какое соотношение верно? (ОПК-1)

- a)  $\frac{c_p}{c_v} > 1$  +
- b)  $\frac{c_p}{c_v} < 1$
- c)  $\frac{c_v}{c_p} = 1$
- d)  $\frac{c_v}{c_p} = 0$

11. Чем отличаются массовая  $c$ , объемная  $c'$  и мольная  $c_\mu$  теплоемкости? (ОПК-1)

- a) температурой рабочего тела
- b) количеством тепла, подводимого к рабочему телу
- c) единицей измерения количества рабочего тела+
- d) параметрами, при которых происходит процесс

12. Способы задания состава газовой смеси: (ОПК-1)

- a) массовыми, объемными, мольными долями+
- b) по химическому составу компонентов
- c) по количеству атомов, входящих в состав смеси компонентов
- d) по химической активности компонентов

13. Аналитическое выражение первого закона термодинамики: (ОПК-1)

- a)  $P \cdot V = m \cdot R \cdot T$
- b)  $P_1 \cdot V_1^k = P_2 \cdot V_2^k$
- c)  $q = c_p \cdot (T_2 - T_1)$
- d)  $q = \Delta U + l_+$

14. Назовите калорические параметры состояния(ОПК-1)

- a) теплота, работа, теплоёмкость
- b) внутренняя энергия, энтальпия, энтропия+
- c) молекулярная масса, парциальное давление, температура
- d) коэффициент Пуассона, показатель политропы, газовая постоянная

15. Какая величина остается постоянной в политропном процессе в идеальном газе? (ОПК-1)

- a) давление
- b) температура
- c) теплоёмкость+
- d) объём

16. Чему равен показатель политропы в изобарном процессе? (ОПК-1)

- a)  $n = \pm\infty$
- b)  $n = 0_+$
- c)  $n = 1$
- d)  $n = k$

17. Площадь под кривой процесса в PV-координатах численно равна(ОПК-1)

- a) теплоте
- b) энтальпии
- c) работе+
- d) объёму

**18. Площадь под кривой процесса в TS-координатах численно равна(ОПК-1)**

- a) работе
- b) теплоёмкости
- c) теплоте+
- d) температуре

**19. Если тепло к газу подводится, то энтропия(ОПК-1)**

- a) уменьшается
- b) увеличивается+
- c) остается постоянной
- d) зависит от изменения температуры

**20. При увеличении объёма газа работа(ОПК-1)**

- a) Совершается+
- b) затрачивается
- c) остается постоянной
- d) зависит от давления

## Комплект заданий для выполнения контрольной работы

по дисциплине Теплотехника

Студенты выбирают вариант по последней цифре зачетной книжки.

### Задача 1

До какой температуры будет нагрет углекислый газ  $CO_2$  объемом  $v_1$ , если сообщить ему теплоту  $Q$  при постоянном, абсолютном давлении? Начальная температура газа  $t_1 = 100^\circ C$ . Определить объем газа в конце процесса, а также удельные значения изменения внутренней энергии, энтальпии и энтропии в процессе. Теплоемкость принять не зависящей от температуры.

*Дано:*

$$v_1 = 0,1 \text{ м}^3$$

$$p = 0,9 \text{ МПа}$$

$$Q = 700 \text{ кДж}$$

*Решение:*

Определяем температуру конца процесса из формулы для количества теплоты в данном процессе:

$$Q = V_0 (c^1 t_2 - c^1 t_1)$$

$$V_0 = V \frac{T_0}{T} \frac{p}{p_0} \text{ где: } \text{объем газа при нормальных условиях}$$

$$V_0 = 0,1 \frac{273}{(273+100)} \frac{0,9}{0,1} = 0,66 \text{ м}^3$$

$c^1$  - теплоемкость

$$c^1 = \frac{\mu c_v}{22,4} = \frac{20,93}{22,4} = 0,9344 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^2 \text{К}}$$

$\mu c_v = 20,93$  для двухатомного газа

$$t_2 = \frac{Q - V_0 c^1 t_1}{V_0 c^1} = \frac{700 - 0,66 \cdot 0,9344 \cdot 100}{0,66 \cdot 0,9344} = 1035^0 \text{C}$$

Определяем объем газа в конце процесса:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{t_1}{t_2}$$

$$v_2 = \frac{t_2 \cdot v_1}{t_1} = \frac{1035 \cdot 0,1}{100} = 1,04 \text{ м}^3$$

Определяем работу процесса:

$$l = p(v_2 - v_1)$$

$$l = 0,9 \cdot 10^6 (1,04 - 0,1) = 846 \text{ кДж}$$

Определяем изменение внутренней энергии процесса:

$$q = u + l$$

$$u = l - q = 846 - 700 = 146 \text{ кДж}$$

Определяем изменение энтальпии

$$h = c_p k (T_2 - T_1)$$

$k = 1,4$  для двухатомного газа

$$h = 0,9344 \cdot 1,4(1308 - 373) = 1223 \text{ кДж / кг}$$

Определяем изменение энтропии

$$\Delta S = (c_v + R) \ln \frac{T_2}{T_1}$$

$$\Delta S = \left( 0,9344 + \frac{8314}{28} \cdot 10^{-3} \right) \ln \frac{1308}{373} = 1,54 \text{ кДж / кг} \cdot \text{K}$$

№ вар.	V м <sup>3</sup>	P МПа	Q кДж
0	0,1	0,5	700
1	0,1	0,6	700
2	0,1	0,7	700
3	0,1	0,8	1000
4	0,1	0,9	1000
5	0,2	1,0	1000
6	0,2	0,5	700
7	0,3	0,5	700
8	0,1	0,5	1000
9	0,1	0,5	1500

## Задача 2

В пароводяном рекуперативном теплообменнике с площадью поверхности F вода нагревается насыщенным паром с абсолютным давлением p. Температура воды на входе  $t^1 = 15^\circ \text{C}$ , расход ее  $G = 1 \text{ кг/с}$ . Определить конечную температуру нагрева воды  $t^2$ , если коэффициент теплопередачи  $\kappa = 3000 \text{ Вт / м}^2 \text{K}$

Дано:

$$F = 0,8 \text{ м}^2$$

$$P = 0,6 \text{ МПа}$$

Решение:

1. Уравнение теплового баланса:

$$Q = G_1 \cdot C_1 (t_{1н} - t_{1к}) = G_2 \cdot C_2 (t_{2н} - t_{2к})$$

2. Определяем температурный напор по формуле:

$$\Delta t_{cp} = \varphi \frac{\Delta t_{\bar{\theta}} - \Delta t_n}{\ln \Delta t_{\bar{\theta}} / \Delta t_n}$$

где  $\varphi = 1$  для прямоточной и противоточной схеме

при давлении  $P = 0,5$  МПа температура греющего пара  $t_1 = 85,5^{\circ}\text{C}$

Предварительно принимаем конечную температуру  $t^2 = 50^{\circ}\text{C}$

$$\Delta t_M = t_1 - t^2 = 85,5 - 50 = 35,5^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_B = t_1 - t^1 = 85,5 - 15 = 70,5^{\circ}\text{C}$$

Если  $\frac{\Delta t_B}{\Delta t_M} > 1,7$ , тогда

$$\Delta t_{cp} = \frac{70,5 - 35,5}{2,3 \lg \frac{70,5}{35,5}} = 50,8^{\circ}\text{C}$$

3. Расход теплоты на нагрев:

$$q = k \cdot F \cdot \Delta t_{cp}$$

$$q = 3000 \cdot 0,8 \cdot 50,8 = 122041 \text{ кВт}$$

4. Расход теплоты на нагрев:

$$Q = G_1 \cdot C_1 (t_{1н} - t_{1к})$$

где:  $C = 4190 \text{ кДж / кгК}$  - теплоемкость воды.

$$Q = 1 \cdot 4190 \cdot (50 - 15) = 146650 \text{ кВт}$$

Разность большая принимаем  $t^2 = 45^{\circ}\text{C}$

$$\Delta t_M = t_1 - t^2 = 85,5 - 45 = 40,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{cp} = \frac{70,5 - 40,5}{2,3 \lg \frac{70,5}{40,5}} = 53,9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$q = 3000 \cdot 0,8 \cdot 53,9 = 129474 \text{ кВт}$$

$$Q = 1 \cdot 4190 \cdot (45 - 15) = 125700 \text{ кВт}$$

Определяем разность найденных значений теплоты:

$$\Delta = \frac{129474 - 125700}{129474} = 2\%$$

Выбранная конечная температура верна:  $t^2 = 45^\circ\text{C}$

№ вар.	F м <sup>2</sup>	P, МПа
0	0,2	0,6
1	0,3	0,6
2	0,4	0,6
3	0,4	0,8
4	0,2	0,4
5	0,2	0,7
6	0,3	0,8
7	0,4	0,4
8	0,5	0,5
9	0,5	0,7

### Задача 3

Одноступенчатый поршневой компрессор всасывает воздух в количестве  $V$  при давлении  $p_1 = 0,1 \text{ МПа}$  и  $t_1 = 27^\circ\text{C}$  и сжимает его до давления по манометру  $p_2$ . Определить секундную работу сжатия и теоретическую мощность привода компрессора для случаев изотермического, адиабатного и политропного процессов (с показателем политропы  $n = 1,2$ ) сжатия. Определить температуру воздуха в конце адиабатного и политропного сжатия. Сделать вывод по данным процесса.

Дано:

$$v_1 = 0,1 \text{ м}^3 / \text{с}$$

$$p_2 = 0,9 \text{ МПа}$$

Решение:

а) Изотермический процесс

$$T_1 = T_2 = 23 + 273 = 300 \text{ K}$$

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{v_1}{v_2}$$

Работа изотермического процесса:

$$l = p_1 v_1 \ln \frac{p_2}{p_1} = 0,1 \cdot 0,1 \cdot 10^3 \ln \frac{0,9}{0,1} = 21,9 \frac{\text{кДж}}{\text{с}}$$

Мощность:

$$N = \frac{l}{\eta}$$

$$N = \frac{21,9}{0,8} = 27,27 \text{ Вт}$$

б) Адиабатный  $dq = 0$  при  $k = 1,4$

Определяем температуру в конце сжатия

$$\frac{T_2}{T_1} = \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{k-1}$$

$$T_2 = 300 \left( \frac{0,9}{0,1} \right)^{1,4-1} = 722,4 \text{ K}$$

$$l = \frac{1}{k-1} p_1 v_1 \left[ \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right]$$

$$l = \frac{1}{1,4-1} 0,1 \cdot 10^3 \cdot 0,1 \left[ \left( \frac{0,9}{0,1} \right)^{\frac{1,4-1}{1,4}} - 1 \right] = 21,8 \frac{\text{кДж}}{\text{с}}$$

Мощность:



$$N = \frac{21,8}{0,8} = 27,25 \text{ Вт}$$

в) Политропный процесс  $n = 1,2$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{n-1}$$

$$T_2 = 300 \left( \frac{0,9}{0,1} \right)^{1,2-1} = 465,5 \text{ K}$$

$$l = \frac{1}{n-1} p_1 v_1 \left[ \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right]$$

$$l = \frac{1}{1,2-1} 0,1 \cdot 10^3 \cdot 0,1 \left[ \left( \frac{0,9}{0,1} \right)^{\frac{1,2-1}{1,2}} - 1 \right] = 22,1 \frac{\text{кДж}}{\text{с}}$$

Мощность:

$$N = \frac{22,1}{0,8} = 27,63 \text{ Вт}$$

$$l = \frac{1}{1,2-1} 0,1 \cdot 10^3 \cdot 0,1 \left[ \left( \frac{0,9}{0,1} \right)^{\frac{1,2-1}{1,2}} - 1 \right] = 22,1 \frac{\text{кДж}}{\text{с}}$$

Вывод: наибольшей работой сжатия при данных условиях обладает изотермический процесс и соответственно он будет наиболее выгодный.

№ вар.	V м³ с	P, МПа
0	0,1	0,5
1	0,1	0,6
2	0,1	0,7
3	0,1	0,8
4	0,1	1,0
5	0,2	0,6
6	0,2	0,8
7	0,4	0,6
8	0,4	0,6
9	0,5	0,9

## **5. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ**

### **5.1. Критерии оценивания качества выполнения лабораторного практикума**

Оценка «зачтено» выставляется обучающемуся, если лабораторная работа выполнена правильно и студент ответил на все вопросы, поставленные преподавателем на защите.

Оценка «не зачтено» выставляется обучающемуся, если лабораторная работа выполнена не правильно или студент не проявил глубоких теоретических знаний при защите работы

### **5.2 Критерии оценивания тестирования**

Оценка «зачтено», если правильные ответы составляют 100 - 60%

Оценка «не зачтено», если правильные ответы составляют менее 60 %

### **5.3. Критерии оценивания контрольной работы**

**- оценка «зачтено»** выставляется обучающемуся, если

- выполненные задания представлены в установленные сроки, в полном объеме, не требуют дополнительного времени на завершение;
- соблюдены требования, предъявляемые к контрольным работам;
- отсутствуют грубые ошибки;
- для выражения мыслей не используется упрощенно-примитивный язык;

**оценка «не зачтено»** выставляется обучающемуся, если

- работа не сдана в срок или имеет большое число ошибок в вычислениях;
- работа оформлена в высшей степени небрежно;
- при защите обучающийся демонстрирует существенное непонимание проблемы;
- не смог сформировать практические навыки работы при решении типовых задач;
- некорректно использует терминологию;

### **5.4 Критерии оценивания зачета**

Оценка «зачтено» выставляется знание предусмотренного программой материала, за умение четко, лаконично и логически последовательно отвечать на поставленные вопросы.

Оценка «не зачтено» – за незнание значительной части программного материала, за существенные ошибки в ответах на вопросы, за неумение ориентироваться в материале, за незнание основных понятий дисциплины.

## Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина	«Теплотехника»
Реализуемые компетенции	<b>ОПК-1      Способен применять естественнонаучные и общепрофессиональные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности</b>
Индикаторы достижения компетенций	ОПК-1.1. Применяет математический аппарат аналитической геометрии, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления функции одной переменной ОПК-1.4. Применяет математический аппарат численных методов ОПК-1.5. Демонстрирует понимание физических явлений и применяет законы механики, термодинамики, электричества и магнетизма
Трудоемкость, з.е./час	2/72
Формы отчетности (в т.ч. по семестрам)	Зачет в 5 семестре ОФО Зачет в 6 семестре ЗФО