

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»

УТВЕРЖДАЮ  
Начальник управления реализации  
основных образовательных программ  
В. М. Юрченко  
«3» июля 2011 г.

Рабочая программа дисциплины

**ТЕПЛОТЕХНИКА**

направления подготовки специалистов 130400 «Горное дело»  
специализации: 130401 «Подземная разработка пластовых месторождений»;  
130403 «Открытые горные работы»;  
130404 «Маркшейдерское дело»;  
130405 «Шахтное и подземное строительство»;  
130406 «Обогащение полезных ископаемых»;  
130412 «Технологическая безопасность и горноспасательное дело»

**С.3 Профессиональный цикл: базовая (общепрофессиональная) часть**

Дисциплина цикла

Шифр внутривузовской регистрации

Факультет  
Кафедра

горный  
физики

Трудоемкость дисциплины 5 ЗЕ

Форма обучения	Очная	Заочная
Курс/ Семестр	3/ 6	3/ 6
Всего, ч	144	144
Всего аудиторных занятий, ч (ЗЕ)	60 (1,66)	18 (0,50)
Лекции, ч (ЗЕ)	26 (0,72)	8 (0,22)
Лабораторные занятия, ч (ЗЕ)	34 (0,94)	10 (0,28)
Самостоятельная работа, ч (ЗЕ)	84 (2,34)	126 (3,50)
Контрольная работа	–	6 семестр
Экзамен	6 семестр (1 ЗЕ)	6 семестр (1 ЗЕ)

Кемерово 2011

Рабочая программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования и с учетом рекомендаций Примерной основной образовательной программы по направлению подготовки специалистов 130400 «Горное дело».

Рабочую программу составил  
д.т.н., проф. кафедры физики



В. В. Дырдин

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры физики.  
Протокол № 2 от 27 сентября 2011 года.

Заведующий кафедрой физики  
д.т.н., проф.



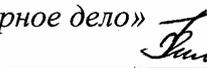
В. В. Дырдин

Рабочая программа согласована с учебно-методической комиссией по направлению подготовки специалистов 130400 «Горное дело».

Протокол № 07/11 от 01 ноября 2011 года.

Председатель учебно-методической комиссии по направлению подготовки специалистов 130400 «Горное дело»

к.т.н., доц.



К. А. Филимонов

## 1. Цели освоения дисциплины

Основными целями изучения дисциплины «Теплотехника» студентами, обучающимися по направлению подготовки специалистов «Горное дело» являются: изучение студентами законов термодинамики и преобразования энергии, основных законов и методов расчета тепло- и массопереноса в различных устройствах, применяющихся при добыче полезных ископаемых, а также знакомство с энергетическими и экологическими проблемами использования и производства теплоты в горном деле.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Теплотехника» входит в базовую (общепрофессиональную) часть профессионального цикла (С.3).

### 2.1. Перечень разделов дисциплин, усвоение которых необходимо для изучения дисциплины «Теплотехника»

Математика: дифференциальное и интегральное исчисления, дифференциальные уравнения, элементы теории поля, численные методы.

Информатика: основы программирования.

Физика: молекулярная физика и термодинамика.

### 2.2. Дисциплины, для которых освоение дисциплины «Теплотехника» необходимо как предшествующее

Подземная разработка пластовых месторождений, взрывные работы, горные машины и оборудование, аэрология, геотехнологии и др.

## 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины «Теплотехника»

Изучение дисциплины «Теплотехника» направлено на формирование у студентов компетенций:

– *профессиональных*:

- готовностью выполнять экспериментальные и лабораторные исследования, интерпретировать полученные результаты, составлять и защищать отчеты (ПК-22).

В результате освоения дисциплины «Теплотехника» студент должен:

– *знать*:

1. Основные свойства и параметры состояния термодинамических систем и законы преобразования энергии;

2. Законы термодинамики;

3. Термодинамические процессы и основы их анализа;

4. Термодинамику потока;

5. Элементы химической термодинамики;

6. Основные закономерности теплообмена и массообмена при стационарном и нестационарном режимах;

7. Способы управления параметрами теплообмена;

– *уметь*:

1. Оценивать параметры состояния термодинамических систем и эффективности термодинамических процессов;

2. Рассчитывать показатели и параметры теплообмена;
3. Анализировать термодинамические процессы в теплотехнических устройствах, применяющихся в горном деле;

– *владеть*:

1. Методами анализа эффективности термодинамических процессов горного производства и управления интенсивностью обмена энергией в них.

### 3.1. Матрица соотнесения тем/ разделов учебной дисциплины и формируемых в них профессиональных и общекультурных компетенций

Темы, разделы дисциплины	Количество часов	ПК-22											
		Знать							Уметь			Владеть	
		1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	1	
Раздел 1	11												
Тема 1	11	+	+										
Раздел 2	11												
Тема 1	11			+									
Раздел 3	23												
Тема 1	12				+								
Тема 2	11				+								
Раздел 4	11												
Тема 1	11					+							
Раздел 5	22												
Тема 1	11						+						
Тема 2	11						+						
Раздел 6	33												
Тема 1	11						+	+	+	+		+	
Тема 2	11						+		+	+	+	+	
Тема 3	11						+						+
Раздел 7	33												
Тема 1	11								+		+	+	
Тема 2	11										+	+	
Тема 3	11										+	+	

### 3. Структура и содержание дисциплины «Теплотехника»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц 180 часов.

#### 4.1. Лекционные занятия

##### 4.1.1. Очная форма обучения (26 часов), заочная форма обучения (8 часов)

Неделя семестра	Раздел дисциплины, темы лекций и их содержание	Объем в часах	
		ОФО	ЗФО
1	<b>1. Основные свойства и параметры состояния термодинамических систем и законы преобразования энергии</b> 1.1. Основные постулаты и понятия термодинамики. 1.1.1. Термодинамические параметры макроскопических систем. Уравнения состояния идеального и реального газов. Теплоемкость газов и их смесей. [1–4]	2	1
2	1.2. Законы термодинамики. 1.2.2. Первый, второй и третий законы термодинамики [1–4]	2	1
3	<b>2. Термодинамические процессы и основы их анализа</b> 2.1. Изотермический, изохорный, изобарный, адиабатный процессы. 2.1.3. Анализ и расчет изменения термодинамических параметров при их течении. [1, 4]	2	1
4	2.1.4. Анализ термодинамических процессов с внутренними источниками тепла, заданными различными функциями. 2.1.5. Оценка параметров состояния термодинамических систем и эффективность термодинамических процессов. [1–2, 4]	2	1
5	<b>3. Термодинамика потока</b> 3.1.6. Параметры газа в потоке и при его торможении. Математическое выражение первого закона термодинамики для потока газа. [1, 4]	2	1
6	3.2.7. Сопла и диффузоры, форма их каналов. Скорость и массовый расход газа. Скорость звука в газовом потоке. Критические параметры газового потока. Истечение газа через сопло Лавалья. [1, 4]	2	1
7	<b>4. Элементы химической термодинамики</b> 4.1.8. Термодинамическое равновесие в однородных и сложных системах. Химические реакции и тепловые эффекты. Химическое равновесие. Закон Гесса и уравнение Кирхгофа. [1, 4]	2	1

Неделя семестра	Раздел дисциплины, темы лекций и их содержание	Объем в часах	
		ОФО	ЗФО
8	<b>5. Основные закономерности теплообмена и массообмена при стационарном и нестационарном режимах</b> 5.1.9. Стационарные и нестационарные термодинамические процессы. Обратимые и необратимые термодинамические процессы. [1–2, 4]	2	–
	5.2.10. Опыт Джоуля – Томсона. Энергия как однозначная функция состояния. [1, 4]		
9	<b>6. Расчет показателей и параметров теплообмена при переносе</b> 6.1.11. Расчет показателей и параметров теплообмена при переносе теплоты и вещества. [2–4]	2	1
10	6.2.12. Способы управления параметрами теплообмена. Теплообменные аппараты и их типы. Тепловой эффект. [1–3, 4]	2	–
	6.3.13. Анализ термодинамических процессов и расчет показателей и параметров теплообменного процесса производства водяного пара. <i>ST</i> -диаграмма. [1–2, 4]		
11	<b>7. Методы анализа эффективности термодинамических процессов горного производства и управления интенсивности обмена энергией в них</b> 7.1.14. Процессы теплопереноса в массиве горных пород. [1–2, 4]	2	–
12	7.2.15. Ледопородные ограждения. [3]	2	–
13	7.3.16. Термодинамические параметры процесса подземной газификации твердого топлива. Управление режимом подземной газификации. Термодинамика процессов подземной газификации [3]	2	–
<b>Всего:</b>		<b>26</b>	<b>8</b>

## 4.2. Лабораторные занятия

### 4.2.1. Очная форма обучения (34 часа)

На лабораторных занятиях учебная группа 25–30 студентов делится на две подгруппы по 12–15 студентов. Для выполнения лабораторных работ каждая подгруппа делится на 4 бригады по 3–4 студента, которые выполняют лабораторные работы в каждом семестре согласно своего графика, который приводится ниже. Объем каждой лабораторной работы в часах равен 2.

### График выполнения лабораторных работ:

№ недели № бригады	1	2	3	4	5	6	7	8	9
I	Вводное занятие. Инструктаж по ТБ и ППБ	№ 2	№ 2	№ 2	Отчет	№ 1	№ 1	№ 1	Отчет
II		№ 3	№ 3	№ 3		№ 4	№ 4	№ 4	
III		№ 1	№ 1	№ 1		№ 3	№ 3	№ 3	
IV		192	192	192		100	100	100	

№ недели № бригады	10	11	12	13	14	15	16	17
I	100	100	100	Отчет	№ 3	№ 3	№ 3	Отчет
II	№ 1	№ 1	№ 1		100	100	100	
III	№ 2	№ 2	№ 2		№ 4	№ 4	№ 4	
IV	№ 4	№ 4	№ 4		№ 2	№ 2	№ 2	

**Итого:** каждая бригада выполняет за 6 семестр 4 лабораторных работы, но сдача отчета каждым студентом производится индивидуально.

№ раздела	Наименование работы
1–7	Теплотехника: лабораторный практикум: 1. Лабораторная работа № 1 «Определение коэффициента теплопроводности воздуха методом нагретой нити»; 2. Лабораторная работа № 2 «Определение коэффициента Пуассона для воздуха и расчет изменения энтропии при его изохорном нагревании»; 3. Лабораторная работа № 3 «Определение удельной теплоемкости воздуха при постоянном давлении». 4. Лабораторная работа № 4 «Определение температуры плавления и теплоты кристаллизации олова».
	№ 100 «Исследование нестационарного распределения температуры в сплошной среде».
	№ 192 «Определение коэффициента теплопроводности воздуха методом нагретой нити».

#### 4.2.2. Заочная форма обучения

№№ лаб. работ	Название	Объем, ч
100	Исследование нестационарного распределения температуры в сплошной среде.	5
192	Определение коэффициента теплопроводности воздуха методом нагретой нити.	5
<b>Всего:</b>		10

Студенты заочной формы обучения выполняют 2 лабораторные работы. Объем каждой лабораторной работы в часах равен 5.

#### 4.4. Самостоятельная работа студента

##### 4.4.1. Принятые сокращения

*Виды аудиторной учебной работы:*

**Лк** - лекции;  
**Лз** - лабораторные занятия.

*Виды самостоятельной учебной работы (СРС):*

**Лкп** - подготовка к лекциям;  
**Лзп** - подготовка к лабораторным занятиям;  
**Сит** - самостоятельное изучение теоретических вопросов.

*Формы текущего контроля (ТК):*

**От** - отчет по лабораторной работе;  
**Т** - письменный опрос в виде тестирования;  
**КТ** - компьютерное тестирование;  
**Кр** - контрольная работа.

*Формы промежуточной аттестации (ПА):*

**Экз** - экзамен.

##### 4.4.2. Очная форма обучения (84 часа/ 2,34 ЗЕ)

Раздел дисциплины	№ недели	Вид СРС	Трудоемкость, ЗЕ
1	1	<b>Лкп:</b> Проработка теоретического материала [1, 4]	0,05555
		<b>Лзп:</b> Подготовка к лабораторной работе № 1 согласно графика лабораторных работ. Методические указания по выполнению лабораторной работы.	0,05555
		<b>Сит:</b> Теплоемкость смесей и идеальных газов [1, 4]	0,060606
	2	<b>Лкп:</b> Законы термодинамики [1-4]	0,05555
		<b>Лзп:</b> Выполнение расчетов по 1-ой ЛР.	0,05555
		<b>Сит:</b> Уравнение политропных процессов [1, 4]	0,060606
2	3	<b>Лкп:</b> Термодинамические процессы и основы их анализа [1, 4]	0,05555
		<b>Лзп:</b> Подготовка к защите 1-ой ЛР.	0,05555
		<b>Сит:</b> Производство водяного пара [1, 4]	0,060606
3	4	<b>Лкп:</b> Оценка параметров состояния термодинамических систем [1]	0,05555
		<b>Лзп:</b> Подготовка к защите 1-ой ЛР.	0,05555
	5	<b>Лкп:</b> Параметры газа в потоке [1, 4]	0,05555
		<b>Лзп:</b> Подготовка к лабораторной работе № 2 согласно графика лабораторных работ. Методические указания по выполнению лабораторной работы.	0,05555
		<b>Сит:</b> Термодинамические процессы с внутренними источниками тепла [1, 4]	0,060606
4	6	<b>Лкп:</b> Сопла и диффузоры [1, 4]	0,05555
		<b>Лзп:</b> Выполнение расчетов по 2-ой ЛР.	0,05555

Раздел дисциплины	№ недели	Вид СРС	Трудоемкость, ЗЕ	
	7	Сит: Истечение газа с учетом трения [1, 4]	0,060606	
		Лкп: Сопла и диффузоры [1, 4]	0,05555	
		Лзп: Подготовка к защите 2-ой ЛР.	0,05555	
		Сит: Дросселирование газов и паров [1, 4]	0,060606	
5	8	Лкп: Элементы химической термодинамики [1, 4]	0,05555	
		Лзп: Подготовка к защите 2-ой ЛР.	0,05555	
6	9	Лкп: Расчет показателей и параметров теплообмена [1, 4]	0,05555	
		Лзп: Подготовка к лабораторной работе № 3 согласно графика лабораторных работ. Методические указания по выполнению лабораторной работы.	0,05555	
		Сит: Дифференциальное уравнение теплопроводности [1, 4]	0,060606	
	10	Лкп: Способы управления параметрами теплообмена [1, 4]	0,05555	
		Лзп: Выполнение расчетов к лабораторной работе № 3.	0,05555	
		Сит: Моделирование тепловых процессов [2]	0,060606	
	11	Лкп: Процессы теплопереноса в горных породах и выработках [2, 3]	0,05555	
		Лзп: Подготовка к защите лабораторной работы № 3.	0,05555	
		Сит: Уравнение теплоемкости массива с вентиляционной струей в шахтной выработке [3]	0,060606	
	7	12	Лкп: Ледопородные ограждения [3]	0,05555
			Лзп: Подготовка к защите лабораторной работы № 3.	0,05555
		13	Лкп: Термодинамика процессов подземной газификации [3]	0,05555
Лзп: Подготовка к выполнению лабораторной работы № 4.			0,05555	
Сит: Термическое разрушение скальных горных пород [3]			0,060606	
14		Лзп: Выполнение расчетов лабораторной работы № 4.	0,05555	
		Сит: Термодинамическое разрушение талых и связанных горных пород	0,060606	
15		Лзп: Оформление отчета лабораторной работы № 4.	0,05555	
16		Лзп: Подготовка к защите лабораторной работы № 4.	0,05555	
17		Лзп: Подготовка к защите лабораторной работы № 4.	0,05555	
<b>Всего:</b>			<b>2,34 ЗЕ</b>	

#### 4.4.3. Заочная форма обучения (126 часов/ 3,50 ЗЕ)

Раздел дисциплины	Темы для СРС	Объем, ч	Трудоемкость, ЗЕ
Раздел 1	Постулаты и понятия термодинамики. Теплоемкость идеального газа и смесей газов. Первый, второй и третий начала термодинамики [1–4]	14,571	0,40476
	Решение 2-х задач из контрольной работы по данной теме.	8	0,2222
Раздел 2	Термодинамический анализ процессов производства водяного пара [1, 4]	14,571	0,40476
Раздел 3	Необратимые термодинамические процессы. Опыт	14,571	0,40476

Раздел дисциплины	Темы для СРС	Объем, ч	Трудо-емкость, ЗЕ
	Джоуля – Томсона. Термодинамические процессы с источниками тепла, заданными различными функциями [2]		
	Решение 1-ой задачи из контрольной работы по данной теме.	4	0,1111
Раздел 4	Термодинамика газовых потоков. Параметры газа в потоке и при его торможении. Математическое выражение первого закона термодинамики для потока газа [1, 4]	14,571	0,40476
	Решение 1-ой задачи из контрольной работы по данной теме.	4	0,1111
Раздел 5	Химическая термодинамика. Тепловые эффекты. Законы Гесса и Кирхгофа. Химическое равновесие [1–4]	14,571	0,40476
Раздел 6	Перенос теплоты и вещества. Основные законы теплообмена. Перенос тепла диффузией, конвекцией и излучением. Теплообменные аппараты. Теплообмен в массивах горных пород и горных выработках [1–4]	14,571	0,40476
	Решение 2-х задач из контрольной работы по данной теме.	8	0,2222
Раздел 7	Термодинамические и технологические основы замораживания пород. Параметры ледопородных ограждений. Процессы подземной газификации.	14,571	0,40476
<b>Всего:</b>		<b>126</b>	<b>3,5 ЗЕ</b>

#### 4.4.4. Контрольная работа (заочная форма обучения)

Самостоятельная работа при обучении студентов на заочном факультете включает выполнение 1-ой контрольной работы, позволяющей систематизировать полученные теоретические знания. В контрольной работе студент должен решить 6 задач того варианта, номер которого совпадает с последней цифрой его шифра.

Задачи подобраны таким образом, чтобы, решая их, студент-заочник проработал основную часть обязательного программного материала. Это поможет студенту успешно пройти промежуточный контроль знаний (экзамен).

Контрольная работа выполняется в соответствии с учебным планом.

## 4.5. Контроль текущей успеваемости студентов по трудоемкости (всего 5 ЗЕ)

### 4.5.1. Очная форма обучения

Недели семестра	Виды учебной работы						
	аудиторная				самостоятельная		
	Лк		Лз		Лкп	Лзп	Сит
	Посещ.	ТК	Посещ.	ТК	Выполн.	Выполн.	Выполн.
1	*)	0,05555	*)	0,05555	0,2222	0,2222	0,1818
2	*)	0,05555	*)	0,05555			
3	*)	0,05555	*)	0,05555			
4	*)	0,05555	*)	0,05555			
5 Текущий контроль	*)	0,05555	Т, От	0,05555	Выполнение		
6	*)	0,05555	*)	0,05555	0,2222	0,2222	0,1818
7	*)	0,05555	*)	0,05555			
8	*)	0,05555	*)	0,05555			
9 Текущий контроль	*)	0,05555	Т, От	0,05555	Выполнение		
10	*)	0,05555	*)	0,05555	0,27775	0,2222	0,1818
11	*)	0,05555	*)	0,05555			
12	*)	0,05555	*)	0,05555			
13 Текущий контроль	*)	0,05555	Т, От	0,05555	Выполнение		
14	-		*)	0,05555	-	0,27775	0,121212
15			*)	0,05555			
16			*)	0,05555			
17 Текущий контроль			Т, От	0,05555		Выполнение	
<b>Итого:</b>		<b>0,72215</b>		<b>0,94435</b>	<b>0,72215</b>	<b>0,94435</b>	<b>0,66666</b>
	<b>Всего АЗ: 1,6665 ЗЕ</b>				<b>Всего СР: 2,33316 ЗЕ</b>		
<b>Промежуточный контроль</b>	<b>Экзамен (1 ЗЕ)</b>						

## 5. Образовательные технологии

В соответствии с требованиями ФГОС ВПО по направлению подготовки специалистов «Горное дело» с целью реализации компетентностного подхода предусмотрено проведение занятий по физике с использованием интерактивных методов:

- тестирование (2 ч);
- разбор конкретных примеров на лекциях и лабораторных занятиях (2 ч);
- выступление студентов в роли обучающего на лекциях (4 ч);
- мультимедийная презентация на лекциях (6 ч).

В целом интерактивные формы занимают 12 часов, что составляет 20 % от общего числа аудиторных занятий, что соответствует требованиям ФГОС.

## 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

В соответствии с требованиями ФГОС ВПО для аттестации студентов на соответствие их персональных достижений поэтапным требованиям при изучении курса физики применяются следующие фонды оценочных средств:

- письменный опрос студентов на лекциях (5 мин);

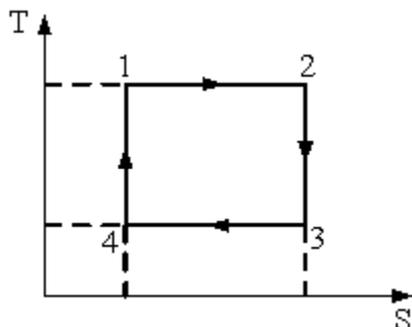
- компьютерное тестирование и тестирование по отдельным темам и лабораторным работам на лабораторных занятиях;
- прием отчетов по лабораторным работам;
- опрос по темам Сит (самостоятельного изучения теоретических вопросов) на лабораторных занятиях;
- экзамен по итогам 6 семестра.

### 6.1. Примеры тестовых заданий

1. Средняя кинетическая энергия молекулы идеального газа при температуре  $T$  равна  $\varepsilon = \frac{i}{2}kT$ . Здесь  $i = n_{\text{п}} + n_{\text{вр}} + 2n_{\text{к}}$ , где  $n_{\text{п}}$ ,  $n_{\text{вр}}$  и  $n_{\text{к}}$  – число степеней свободы поступательного, вращательного и колебательного движений молекулы. При условии, что имеют место только поступательное и вращательное движение, для водяного пара ( $\text{H}_2\text{O}$ ) число  $i$  равно ...

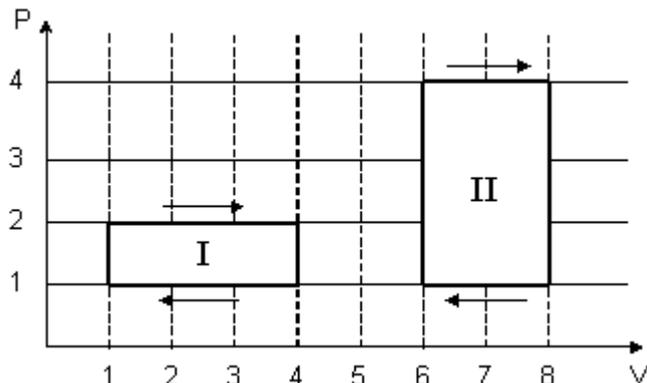
- 1) 3;
- 2) 8;
- 3) 6;
- 4) 5.

2. На рисунке изображен цикл Карно в координатах  $(T, S)$ , где  $S$  – энтропия. Теплота подводится к системе на участке ...



- 1) 4 – 1;
- 2) 3 – 4;
- 3) 1 – 2;
- 4) 2 – 3.

3. На  $(P, V)$ -диаграмме изображены два циклических процесса.

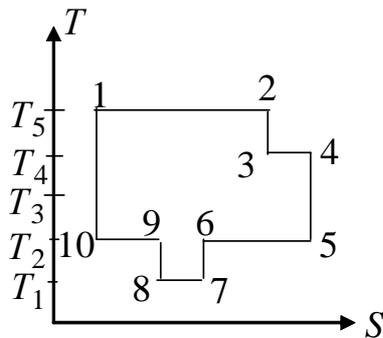


Отношение работ  $A_I/A_{II}$ , совершенных в этих циклах, равно ...

- 1) 2;
- 2) -2;
- 3) -1/2;

4) ? .

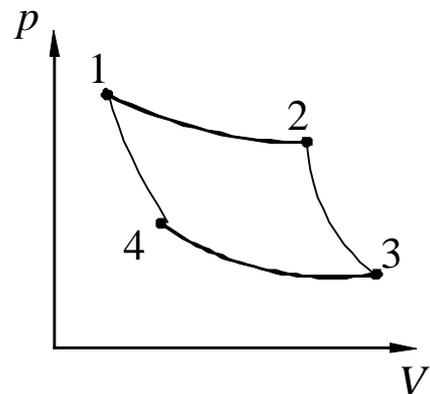
4. На рисунке представлен цикл тепловой машины в координатах  $T, S$ , где  $T$  – термодинамическая температура,  $S$  – энтропия (предполагается, что имеет место прямой цикл – по часовой стрелке). Укажите нагреватели и холодильники с соответствующими температурами:



- 1) нагреватели –  $T_3, T_5$ ; холодильники –  $T_1, T_2, T_4$ ;
- 2) нагреватели –  $T_4, T_5$ ; холодильники –  $T_1, T_2$ ;
- 3) нагреватели –  $T_2, T_4, T_5$ ; холодильники –  $T_1, T_2$ ;
- 4) нагреватели –  $T_3, T_4, T_5$ ; холодильники –  $T_1, T_2$ .

5. Идеальная тепловая машина работает по циклу Карно (две изотермы 1–2 и 3–4 и две адиабаты 2–3 и 4–1). За один цикл работы тепловой машины энтропия рабочего тела ...

- 1) не изменится;
- 2) возрастет;
- 3) уменьшится.



6. Какой закон отражает состояние смеси идеальных газов?

- 1) Закон Дальтона;
- 2) Закон Бойля – Мариотта;
- 3) Закон Гей-Люссака;
- 4) Закон Майера – Томсона;
- 5) Закон Менделеева – Клапейрона.

7. Каким образом любой газ можно перевести в жидкое состояние?

- 1) Подвергнуть сильному сжатию до давлений, превышающих критическое значение;
- 2) Подвергнуть сильному охлаждению до температуры ниже критической;
- 3) Подвергнуть охлаждению до температуры ниже критической и произвести изотермическое сжатие;
- 4) Подвергнуть охлаждению до температуры ниже критической и произвести неизотермическое сжатие.

8. За счет чего производится работа в адиабатном процессе?

- 1) за счет теплоты;
- 2) за счет внутренней энергии;
- 3) за счет внешней энергии;

4) за счет изменения давления.  
9. Какой параметр характеризует интенсивность теплообмена между поверхностью тела и окружающей средой?

- 1) Коэффициент температуропроводности;
- 2) Коэффициент теплопроводности;
- 3) Коэффициент теплопередачи;
- 4) Температурный напор.

10. В процессе обратимого адиабатического сжатия постоянной массы идеального газа его энтропия ...

- 1) увеличивается;
- 2) уменьшается;
- 3) не меняется.

## **6.2. Пример вопросов для 5-минутного опроса на лекции (Лкп)**

На второй лекции по теме первой:

1. Как записывается первый закон термодинамики для адиабатного процесса?
2. В чем заключается физический и статистический смысл энтропии?
3. Как изменяются термодинамические коэффициенты по мере приближения к абсолютному нулю?
4. Как записываются основные уравнения термодинамики для равновесных и неравновесных процессах?
5. Изменяется ли энтропия замкнутой системы при неравновесных процессах?

## **6.3. Контроль на лабораторных занятиях (Лзп)**

До начала выполнения лабораторной работы студент должен получить допуск, затем оформить отчет по установленному образцу и при обсуждении полученных результатов ответить на контрольные вопросы, которые приведены в методических указаниях по подготовке к выполнению конкретной лабораторной работы.

Например, методические указания по выполнению лабораторной работы «Изучение явлений переноса» включает следующие контрольные вопросы:

1. Перечислите явления переноса. При каких условиях они возникают?
2. Запишите уравнения диффузии, внутреннего трения и теплопроводности. Что переносится в каждом из указанных явлений?
3. Каков физический смысл коэффициентов диффузии, внутреннего трения и теплопроводности?
4. Какова причина возникновения внутреннего трения? В чем отличие механизма возникновения силы внутреннего трения в газах и жидкостях?
5. Выведите формулу Пуазейля для определения объема жидкости, протекающей по трубе за единицу времени.
6. От каких параметров зависит коэффициент внутреннего трения? Каков характер зависимости коэффициента внутреннего трения жидкости от температуры?
7. Какое течение жидкости называют ламинарным? Турбулентным?
8. Назовите критерий определения характера течения жидкости.
9. Как зависит коэффициент теплопроводности от температуры?

Контроль может проводиться в виде устного опроса и тестирования по отдельным темам и лабораторным работам.

#### 6.4. Контроль самостоятельного изучения теоретических вопросов (Сит)

Контроль самостоятельного изучения теоретических вопросов ведется на консультациях и лабораторных занятиях. Контроль Сит включает обсуждение вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение:

1. Теплоемкость идеальных газов и их смесей (1 неделя).
2. Уравнение политропного процесса (2 неделя).
3. Пар насыщенный и перегретый, его производство. Диаграмма  $ST$  для водяного пара (3 неделя).
4. Термодинамические процессы с внутренними источниками теплоты, заданных в виде линейной функции, квадратичной функции температуры (5 неделя).
5. Истечение газа через суживающееся сопло, сопло Лаваля (6 неделя).
6. Дросселирование газов и паров. Эжектирование (7 неделя).
7. Дифференциальное уравнение переноса теплоты (9 неделя).
8. Моделирование тепловых процессов (10 неделя).
9. Уравнение теплоемкости массива с вентиляционной струей в шахтной выработке (11 неделя).
10. Термическое разрушение скальных пород (13 неделя).
11. Термодинамическое разрушение талых и связанных горных пород (14 неделя).

#### 6.5. Вопросы для подготовки к экзамену

1. Термодинамическая система: изолированная, замкнутая, открытая, адиабатная. Параметры системы: интенсивные и экстенсивные.
2. Уравнения состояния идеального и реального газа.
3. Теплоемкость идеальных газов и их смесей.
4. Термодинамические процессы: изоэнтропный, изотермный, изобарный.
5. Законы термодинамики.
6. Уравнение политропного процесса.
7. Пар насыщенный и перегретый, его производство. Диаграмма  $ST$  для водяного пара.
8. Необратимые термодинамические процессы. Опыт Джоуля – Томсона.
9. Термодинамические процессы с внутренними источниками теплоты, заданных в виде линейной функции, квадратичной функции температуры.
10. Уравнение первого закона термодинамики для газового потока.
11. Скорость и массовый расход газа в соплах и диффузорах.
12. Истечение газа через суживающееся сопло, сопло Лаваля.
13. Дросселирование газов и паров. Эжектирование.
14. Равновесие в химических однородных и сложных системах.
15. Понятие о фазовых переходах.
16. Химические реакции. Тепловые эффекты. Закон Гесса.
17. Константы равновесия.
18. Виды теплообмена. Теплопроводность газов и жидкостей.
19. Дифференциальное уравнение переноса теплоты.
20. Перенос вещества. Диффузия. Термодиффузия. Дифференциальное уравнение диффузии.
21. Конвективный перенос. Движение вязкой жидкости. Уравнения Навье – Стокса.
22. Уравнение неразрывности.
23. Особенности процесса переноса в турбулентном потоке. Уравнения сохранения.

24. Элементы теории подобия для расчетов процессов переноса теплоты и вещества.
25. Пограничный слой при ламинарном и турбулентном потоке.
26. Тепловой поток источника в полуограниченном массиве.
27. Теплообмен излучением.
28. Типы теплообменных аппаратов и их расчет.
29. Сгорание топлива и токсичность продуктов сгорания.
30. Влияние теплового режима на процессы ведения горных работ.
31. Теплообмен при проветривании подземных выработок.
32. Источники тепла в подземных выработках.
33. Тепловой расчет формирования одиночного ледопородного цилиндра.
34. Технологические основы замораживания пород.
35. Физико-технические основы подземной газификации.
36. Распределение температуры по длине потока газификации.

### 6.6. Образец варианта контрольной работы для студентов ЗФО (6 задач)

1. В емкости содержится смесь кислорода и водорода при температуре 300 К и давлении 200 кПа. Ее плотность составляет 0,28 г/л. Определить концентрацию молекул кислорода и молекул водорода.

2. Выразите молярную теплоемкость идеального газа при политропном процессе через показатель политропы и теплоемкость при постоянном объеме и представьте зависимость  $C_V = f(n)$  графически.

3. Рассчитать изменение температуры рабочего тела в результате политропного процесса при наличии внутреннего источника теплоты в виде линейной функции температуры. Принять:  $M_0 = \text{const} = 0,3 \text{ кг}$ ;  $B = 5 \text{ Дж/К}$ ;  $n = 1,2$ .

4. Рассчитать массовый расход газа в сечении сопла  $A = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$  в адиабатном процессе течения при  $k = 1,33$ ,  $T = 300 \text{ К}$ . Исходное давление составляет  $3,2 \cdot 10^5 \text{ Па}$ ; давление в сопле  $1,2 \cdot 10^5 \text{ Па}$ .

5. Подсчитать тепловой эффект реакции  $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ .

6. Определить парциальное давление паров воды, давление насыщенных паров воды, удельное влагосодержание, температуру «точки росы», плотность влажного и сухого воздуха, молярную массу влажного воздуха, если температура влажного воздуха  $t = 23 \text{ }^\circ\text{C}$ , давление  $1,2 \cdot 10^5 \text{ Па}$ , относительная влажность воздуха  $\varphi = 40 \text{ \%}$ .

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Литература

#### 7.1.1. Основная литература:

1. Кудинов, В. А. Теплотехника [Электронный ресурс] / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, Е. В. Стефанюк. – М. : Абрис., 2012. – 426 с.

<http://www.biblioclub.ru/book/117645/>

2. Термодинамика [Электронный ресурс] : учеб. пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Горн. дело» / В. В. Дырдин [и др.] ; Кузбас. гос. техн. ун-т. – 2-е изд., перераб. и доп. – Кемерово, 2009. – 176 с.

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90911&type=utchposob:common>

### 7.1.2. Дополнительная литература:

3. Гончаров, С. А. Термодинамика / С. А. Гончаров. – М. : Изд-во МГГУ, 2001. – 441 с.

4. Луканин, В. Н. Теплотехника / В. Н. Луканин, М. Г. Шатров, Г. М. Камфер и др. – 5-е изд. – М. : Высш. шк., 2005. – 671 с.

5. Теплотехника : учебник для инж.-техн. специальностей вузов / под ред. А. П. Баскакова. – 3-е изд., перераб. – М. : БАСТЕТ, 2010. – 328 с.

6. Техническая термодинамика и теплотехника : учеб. пособие для студентов вузов / Л. Т. Бахшиева [и др.] ; под ред. А. А. Захаровой. – М. : Академия, 2006. – 272 с.

7. Иванова, Г. М. Теплотехнические измерения и приборы : учебник для вузов / Г. М. Иванова, Н. Д. Кузнецова, В. С. Чистяков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательство МЭИ, 2005. – 460 с.

8. Термодинамика равновесных процессов [Электронный ресурс] : учеб. пособие для организации самостоятельной работы студентов направления подготовки дипломированного специалиста 130400 «Горное дело» и специальности 280102 «Безопасность технологических процессов и производств (в угольной промышленности)» / Т. Л. Ким [и др.] ; Кузбас. гос. техн. ун-т. – Кемерово, 2010. – 176 с.

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90465&type=utchposob:common>

9. Теплофизика [Электронный ресурс] : учеб. пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки 280700.62 «Техносферная безопасность» профиль 280702.62 «Безопасность технолог. процессов и пр-в» / В. В. Дырдин [и др.] ; ФГБОУ ВПО Кузбас. гос. техн. ун-т. им. Т. Ф. Горбачева – Кемерово, 2012. – 90 с.

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90886&type=utchposob:common>

10. Основы теплофизики [Электронный ресурс] : учеб. пособие для организации самостоятельной работы студентов направления подготовки бакалавров 280700.62 «Техносферная безопасность» профиль 280702.62 «Безопасность технолог. процессов и пр-в» / В. В. Дырдин [и др.] ; ФГБОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т. им. Т. Ф. Горбачева», Каф. физики – Кемерово, 2012. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90904&type=utchposob:common>

## 7.2. Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

7.2.1. ГУ КузГТУ обеспечен необходимым комплектом лицензионного программного обеспечения.

7.2.2. Электронная библиотечная система издательства ЛАНЬ:

<http://e.lanbook.com> (пакет – инженерные науки).

7.2.3. Литературу по теплотехнике и тепломассообмену можно скачать бесплатно и без регистрации на сайте [http://www.ph4s.ru/book\\_teplotehnika.html/](http://www.ph4s.ru/book_teplotehnika.html/)

7.2.4. Также книги по теплотехнике можно скачать:

а) <http://knigi.tr200ru>;

б) <http://lib.sibnet.ru/books/teplotehnika>;

в) <http://theorphysics.info/boad/17>.

7.2.4. Электронные учебные пособия, разработанные на кафедре физики:

<i>№ п/п</i>	<i>Название</i>	<i>Год издания</i>	<i>Авторы</i>
1	Термодинамика равновесных процессов [электронный ресурс] : учеб. пособие для организации самостоятельной работы студентов направления подготовки дипломированного специалиста 130400 «Горное дело» и специальности 280102 «Безопасность технологических процессов и производств (в горной промышленности)» / Т. Л. Ким [и др.]. – Кемерово : Кузбасс. гос. техн. ун-т, 2011. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Сертификат № 269 внутренний на учебное электронное издание от 10.01.2011 г. <a href="http://library.kuzstu.ru/meto.php">http://library.kuzstu.ru/meto.php</a>	2011	Ким Т. Л. Мальшин А. А. Дырдин В. В. Янина Т. И.

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

(ЛР\* – лабораторная работа)

<b>Аудитория (лаборатория)</b>	<b>Наименование учебного оборудования</b>
<b>Лекционная № 1302</b>	Мультимедийные средства, интерактивная доска, проектор.
<b>Лекционных демонстраций № 1301</b>	Демонстрационные приборы, материалы, оборудование.
<b>Лаборатория механики и молекулярной физики № 1304</b>  <b>Разделы 1–7</b>	<i>Молекулярная физика и термодинамика</i> <i>Установка 100</i> ЛР: Исследование нестационарного распределения температуры в сплошной среде. <i>Универсальный комплект лабораторного оборудования</i> 1. Установка для определения удельной теплоемкости воздуха при постоянном давлении. 2. Установка для определения температуры плавления и теплоты кристаллизации олова. 3. Установка для определения теплопроводности методом Клемана – Дезорма. ЛР: Определение коэффициента Пуассона методом Клемана – Дезорма. ЛР: Определение коэффициента Пуассона для воздуха и расчет изменения энтропии при его изохорном нагревании. 4. Установка для определения коэффициента внутреннего трения жидкости по методу Стокса. 5. Установка для определения коэффициента внутреннего трения воздуха и средней длины свободного пробега молекул. ЛР: Изучение явлений переноса. 6. Установка для измерения теплопроводности методом нагретой

<b>Аудитория (лаборатория)</b>	<b>Наименование учебного оборудования</b>
	НИТИ.