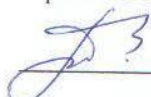




МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

«СОГЛАСОВАНО»  
Руководитель ОП  
Промышленное и гражданское  
строительство

 М.А. Белоконь.

« 21 » июня 2015 г.



«УТВЕРЖДАЮ»  
Заведующий кафедрой  
Инженерных систем зданий и  
сооружений

 А.В. Кобзарь

« 20 » июня 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Теплотехника

**Направление подготовки 08.03.01 Строительство**  
профиль «Промышленное и гражданское строительство»  
**Форма подготовки: очная/заочная**

курс 3/3 семестр 5  
лекции 18/6 час.  
практические занятия 18/6 час.  
лабораторные работы 18/4 час.  
в том числе с использованием МАО лек.6/2, пр.6/2 час  
всего часов аудиторной нагрузки 54/16 час.  
в том числе с использованием МАО 12/4 час.  
самостоятельная работа 90/128 час.  
курсовая работа не предусмотрена  
зачет 5 семестр  
экзамен не предусмотрен

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта, самостоятельно устанавливаемого ДВФУ по направлению подготовки 08.03.01 Строительство, утвержденного приказом ректора от 07.07.2015 № 12-13-1282

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры Инженерных систем зданий и сооружений, протокол № 10 от «20» июня 2015 г.

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент А.В.Кобзарь  
Составитель: к.т.н., доцент А.В.Кобзарь, старший преподаватель И.А. Журмилова

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол № 9 от « 31 » мая 2016 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_ А.В.Кобзарь

РПУД пересмотрен в связи с введением в действие нового ОС ВО ДВФУ по направлению подготовки 08.03.01 Строительство, принятого решением Учёного совета Дальневосточного федерального университета, протокол от 28.01.2016 № 01-16, и введён в действие приказом ректора ДВФУ от 04.04.2016 № 12-13-592.

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) \_\_\_\_\_ (И.О. Фамилия)

## АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «Теплотехника»

Дисциплина разработана для студентов, обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 Строительство, по профилю «Промышленное и гражданское строительство» в соответствии с требованиями ОС ВО ДВФУ и входит в Блок 1 Дисциплины (модули) учебного плана, в его вариативную часть и является обязательной дисциплиной (Б1.В.ОД.3).

Общая трудоемкость дисциплины составляет 144 часа (4 зачётные единицы). Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (18/6 часов), практические занятия (18/6 часов), лабораторные работы (18/4 часов) и самостоятельная работа студента (90/128 часов). Дисциплина реализуется на 3 курсе в 5 семестре. Форма промежуточной аттестации – зачёт.

Дисциплина «Теплотехника» опирается на уже изученные дисциплины, такие как «Теплогазоснабжение с основами теплотехники», «Химия», «Физика», «Основы архитектуры и строительных конструкций». В свою очередь она является «фундаментом» для изучения дисциплины «Основы технологии возведения зданий», «Архитектура зданий».

Дисциплина «Теплотехника» изучает основы технической термодинамики и теплопередачи, свойства идеальных и реальных рабочих веществ, основные термодинамические процессы, циклы теплосиловых, холодильных установок и компрессорных машин; свойства и процессы влажного воздуха.

**Целью** изучения дисциплины является формирование базовых знаний о фундаментальных законах существования тепловых процессов и понятий термодинамики, механизмов энергопревращений и реализации их в циклах энергоустановок с оценкой их эффективности.

### **Задачи курса:**

- изучение методов и путей повышения эффективности в системах теплогазоснабжения и вентиляции;
- изучение и формирование необходимых знаний законов равновесия и

движения жидкостей и газов.

Для успешного изучения дисциплины «Теплотехника» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции (ПК-1, ПК-4 частично):

- способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ОПК-1);

- способностью выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ОПК-2);

- знанием нормативной базы в области инженерных изысканий, принципов проектирования зданий, сооружений, инженерных систем и оборудования, планировки и застройки населенных мест (ПК-1);

- владением теоретическими знаниями и приложениями основных законов механики, теории упругости, гидравлики и аэродинамики, термодинамики и теплообмена в области строительства, способность применять их для обоснования проектных решений, применять инженерные методы и вычислительные программы по расчёту строительных конструкций, сооружений, сетей и систем при различных нагрузках и воздействиях (ПК-4).

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие профессиональные компетенции:

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
(ПК-1) знанием нормативной базы в области инженерных изысканий, принципов проектирования зданий, сооружений, инженерных	знает	основные существующие нормативные документы и основные базы данных для поиска таких документов
	умеет	искать, отслеживать и использовать нормативную документацию

систем и оборудования, планировки и застройки населенных мест	владеет	навыками поиска необходимой информации в области проектирования
<b>(ПК-4)</b> владением теоретическими знаниями и приложениями основных законов механики, теории упругости, гидравлики и аэродинамики, термодинамики и теплообмена в области строительства, способностью применять их для обоснования проектных решений, применять инженерные методы и вычислительные программы по расчёту строительных конструкций, сооружений, сетей и систем при различных нагрузках и воздействиях	знает	теоретические основы механики, гидравлики, аэродинамики, термодинамики и теплообмена
	умеет	применять на практике теоретические знания, необходимые для правильного принятия проектных решений и их обоснования
	владеет	существующими методиками расчёта проектных величин, навыками работы с САПР
<b>(ПК-10)</b> владением технологией, методами доводки и освоения технологических процессов строительного производства, эксплуатации, обслуживания зданий, сооружений, инженерных систем, производства строительных материалов, изделий и конструкций, машин и оборудования	знает	технологии, методы доводки и освоения технологических процессов строительного производства, эксплуатации, обслуживания зданий, сооружений, инженерных систем
	умеет	определять эффективность и выявлять недостатки в работе инженерных систем
	владеет	навыками оценки экономической и энергетической эффективности работы систем

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Теплотехника» применяются следующие методы активного обучения: проблемное обучение, консультирование и рейтинговый метод.

# **I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

## **Раздел I. Основы технической термодинамики (8/4 час.)**

### **Тема 1. Термодинамическое рабочее тело и параметры его характеризующие (1 час.)**

Термодинамическое рабочее тело. Рабочее тело и параметры его характеризующие. Давление. Термодинамическим параметром состояния является абсолютное давление. Температура. Нулевое начало термодинамики. Абсолютная температура тела - средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул. Удельный объем. Удельный объём – осреднённая макроскопическая величина.

### **Тема 2. Уравнение состояния термодинамического рабочего тела (2/2 час.)**

Уравнение состояния идеального газа. Идеальный газ. Уравнение состояния идеального газа Клапейрона. Уравнение состояния идеального газа Менделеева. Универсальная газовая постоянная. Уравнение состояния идеального газа Клапейрона-Менделеева. Смеси газов. Уравнение состояния смеси газов. Массовый или объемный состав смеси газов. Закон Дальтона. Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса.

### **Тема 3. Теплота и теплоемкость (1 час.)**

Теплоемкость. Теплоемкость массовая. Теплоемкость мольная. Теплоемкость объёмная. Вычисление теплоты и теплоемкости.

### **Тема 4. Работа в термодинамических процессах и внутренняя энергия (2/2 час.)**

Понятие работы в термодинамических процессах. Подынтегральная функция криволинейного интеграла для работы. Вычисление работы. Внутренняя энергия физического тела. Внутренняя энергия идеального газа. Вычисление  $dU$  в любом элементарном процессе.

### **Тема 5. Первый и второй законы термодинамики (1 час.)**

Аналитическое выражение первого и второго законов термодинамики для обратимых и необратимых процессов. Частность первого закона термодинамики. Формулировки первого закона термодинамики. Уравнение Майера. О двух классах термодинамических функций. Дифференциал функции состояния. Дифференциал функции процесса. Функция состояния – энтальпия. Энтропия замкнутой термодинамической системы. Физический смысл энтропии Приложение второго закона термодинамики - (TS- диаграмма).

### **Тема 6. Термодинамические процессы (1 час.)**

Методология исследования термодинамических процессов. Изохорный процесс. Взаимосвязь термодинамических параметров. Работа в изохорном процессе. Изменение внутренней энергии. Первый закон термодинамики в изохорном процессе. Изобарный процесс. Взаимосвязь термодинамических параметров. Работа в изобарном процессе. Изменение внутренней энергии. Первый закон термодинамики в изобарном процессе. Изотермический процесс. Взаимосвязь термодинамических параметров. Работа в изотермическом процессе. Изменение внутренней энергии. Первый закон термодинамики в изотермическом процессе. Адиабатный процесс. Взаимосвязь термодинамических параметров. Работа в адиабатном процессе. Изменение внутренней энергии. Первый закон термодинамики в адиабатном процессе. Политропный процесс. Взаимосвязь термодинамических параметров.

### **Раздел II. Теплопроводность (4/2 час.)**

#### **Тема 1. Температурное поле. Теплопроводность при стационарном режиме (2 час.)**

Виды теплообмена и основные тепловые характеристики. Основные понятия и определения процессов теплообмена: теплопроводность, конвективный теплообмен, теплообмен излучением, сложный теплообмен. Температурное поле, изотермическая поверхность, градиент температуры, тепловой поток, плотность теплового потока, внутренние источники теплоты. Закон Фурье. Коэффициенты теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности. Граничные условия 1,

2 и 3 рода. Теплопроводность в плоской стенке при граничных условиях 1-го рода. Многослойная стенка, термическое сопротивление теплопроводности. Теплоотдача. Коэффициент теплоотдачи, термическое сопротивление теплоотдачи.

### **Тема 2. Теплопередача (2 час.)**

Термическое сопротивление теплопередачи для плоской, многослойной, цилиндрической и шаровой стенки. Коэффициент теплопередачи.

### **Раздел III. Конвективный теплообмен (4/2 час.)**

#### **Тема 1. Сущность конвективной теплоотдачи (2 час.)**

Основные понятия. Факторы, определяющие его значение, свободная и вынужденная конвекция. Гидродинамическая структура потока. Режимы течения. Дифференциальное уравнение теплоотдачи на границе стенка-среда. Уравнение Навье-Стокса. Уравнение неразрывности. Условия однозначности.

#### **Тема 2. Теория подобия в конвективном теплообмене (2 час.)**

Теоремы подобия, числа подобия, уравнения подобия. Принципы теплового моделирования. Теплоотдача при ламинарном и турбулентном режимах течения. Гидродинамическая структура потока. Пограничный слой и его характеристики. Влияние гидродинамической структуры потока на теплоотдачу.

### **Раздел IV. Теплообмен излучением (2 час.)**

#### **Тема 1. Понятие о тепловом излучении (2 час.)**

Закон Стефана-Больцмана. Закон Кирхгофа. Серое тело и степень черноты. Теплообмен излучением в системах тел: параллельные поверхности, тело в оболочке, система с экранами. Степень черноты продуктов сгорания. Коэффициент ослабления лучистой энергии в топках котлов.

### **Раздел V. Теплообменные аппараты (2 час.)**

#### **Тема 1. Теплообменные аппараты (2 час.)**



Теплообменные аппараты. Классификация теплообменных аппаратов. Основы теплового расчета теплообменников рекуперативного типа. Способы повышения эффективности теплообменных аппаратов.

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **Практические занятия (18/6 час.)**

**Занятие 1-2. Рабочее тело и параметры его характеризующие. Уравнение состояния термодинамического идеального газа. Смеси газов (4/2 час.)**

1. Термодинамические параметры состояния. Давление. Температура. Удельный объем.

2. Уравнение состояния идеального газа. Универсальная газовая постоянная. Уравнение состояния идеального газа Клапейрона-Менделеева.

3. Уравнение состояния смеси газов. Массовый или объемный состав смеси газов. Закон Дальтона. Реальные газы.

**Занятие 3. Теплота и теплоемкость. Работа в термодинамических процессах и внутренняя энергия (2 час.)**

1. Теплоемкость. Теплоемкость массовая. Теплоемкость мольная. Теплоемкость объемная. Вычисление теплоты и теплоемкости.

2. Вычисление работы. Вычисление  $dU$  в любом элементарном процессе. Определение внутренней энергии газа в конечном процессе 1-2.

**Занятие 4-5. Термодинамические газовые процессы (4/1 час.)**

1. Изохорный процесс.

2. Изобарный процесс.

3. Изотермический процесс.

4. Адиабатный процесс.

5. Политропный процесс.

**Занятие 6. Передача теплоты через плоскую стенку (2 час.)**

1. Теплопроводность в однослойной и многослойной плоских стенках.

2. Термическое сопротивление теплопередачи для плоской стенки.

3. Коэффициент теплопередачи.

### **Занятие 7. Конвективный теплообмен в однофазной среде.**

#### **Теплообмен при течении среды в трубах и каналах (2/1 час.)**

1. Гидродинамическая структура потока. Режимы течения. Условия однозначности.
2. Моделирование процессов конвективного теплообмена.
3. Теплоотдача при различных режимах течения. Влияние гидродинамической структуры потока на коэффициент теплоотдачи.

#### **Занятие 8. Теплообмен излучением (2 час.)**

1. Расчет интегральной плотности теплового потока. Расчет степени черноты продуктов сгорания в топке котла.

#### **Занятие 9. Теплообменные аппараты. (2/1 час.)**

Расчет массовых потоков греющего и нагреваемого потоков. Разбивка трубной доски. Расчет коэффициента теплопередачи теплообменника и площади поверхности теплопередачи.

### **Лабораторные работы (18 час.)**

**Лабораторная работа № 1. Уравнение состояния реальных газов (2/2 час.)**

**Лабораторная работа № 2. Определение показателя адиабаты воздуха (2 час.)**

**Лабораторная работа № 3. Изучение работы поршневого компрессора (2 час.)**

**Лабораторная работа № 4. Определение коэффициента теплопроводности теплоизоляционных материалов методом трубы (2 час.)**

**Лабораторная работа № 5. Режимы движения жидкости. (2/2 час.)**

**Лабораторная работа № 6. Уравнение Д. Бернулли для установившегося движения вязкой несжимаемой жидкости. (2 час.)**

**Лабораторная работа № 7. Экспериментальное определение коэффициента гидравлического трения. (2 час.)**

**Лабораторная работа № 8. Экспериментальное определение коэффициентов местных гидравлических сопротивлений. (2 час.)**

**Лабораторная работа № 9. Истечение жидкости через отверстия и насадки. (2 час.)**

### **III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Теплогазоснабжение с основами теплотехники» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;

характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;

требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;

критерии оценки выполнения самостоятельной работы

### **IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА**

#### **Формы текущего и промежуточного контроля по дисциплине «Теплотехника»**

№ п/п	Контролируемые модули/разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства - наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел I. Основы технической термодинамики	(ПК-1)	основные существующие нормативные документы и	Устный опрос (УО-1) Контрольная работа ПР-2	Зачёт Вопросы 1-10

			основные базы данных для поиска таких документов		
			искать, отслеживать и использовать нормативную документацию	Устный опрос (УО-1) Контрольная работа ПР-2	Зачёт Вопросы 11-20
			навыками поиска необходимой информации в области проектирования	Устный опрос (УО-1) Контрольная работа ПР-2	Зачёт Вопросы 21-30
		(ПК-4)	теоретические основы механики, гидравлики, аэродинамики, термодинамики и теплообмена.	Устный опрос (УО-1) Контрольная работа ПР-2	Зачёт Вопросы 1-10
			применять на практике теоретические знания, необходимые для правильного принятия проектных решений и их обоснования.	Устный опрос (УО-1) Контрольная работа ПР-2	Зачёт Вопросы 11-20
			существующими методиками расчёта проектных величин, навыками работы с САПР.	Устный опрос (УО-1) Контрольная работа ПР-2	Зачёт Вопросы 21-30
		(ПК-10)	как работает и из чего состоят инженерные системы зданий и сооружений.	Устный опрос (УО-1) Контрольная работа ПР-2	Зачёт Вопросы 1-10
			определять эффективность и выявлять недостатки в работе инженерных систем.	Устный опрос (УО-1) Контрольная работа ПР-2	Зачёт Вопросы 11-20
			навыками оценки экономической и энергетической эффективности работы систем.	Устный опрос (УО-1) Контрольная работа ПР-2	Зачёт Вопросы 21-30
2	Раздел II.	(ПК-1)	основные	Устный опрос	Зачёт

Теплопроводность.		существующие нормативные документы и основные базы данных для поиска таких документов	(УО-1)	Вопросы 31-35
		искать, отслеживать и использовать нормативную документацию	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 36-40
		навыками поиска необходимой информации в области проектирования	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 41-44
	(ПК-4)	теоретические основы механики, гидравлики, аэродинамики, термодинамики и теплообмена	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 31-35
		применять на практике теоретические знания, необходимые для правильного принятия проектных решений и их обоснования	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 36-40
		существующими методиками расчёта проектных величин, навыками работы с САПР	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 41-44
	(ПК-10)	как работает и из чего состоят инженерные системы зданий и сооружений	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 31-35
		определять эффективность и выявлять недостатки в работе инженерных систем	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 36-40
		навыками оценки экономической и энергетической	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 41-44

			эффективности работы систем.		
3	Раздел III. Конвективный теплообмен.	(ПК-1)	основные существующие нормативные документы и основные базы данных для поиска таких документов	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 45-50
			искать, отслеживать и использовать нормативную документацию	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 51-54
			навыками поиска необходимой информации в области проектирования	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 55-58
		(ПК-4)	теоретические основы механики, гидравлики, аэродинамики, термодинамики и теплообмена	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 45-50
		применять на практике теоретические знания, необходимые для правильного принятия проектных решений и их обоснования	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 51-54	
		существующими методиками расчёта проектных величин, навыками работы с САПР	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 55-58	
		(ПК-10)	как работает и из чего состоят инженерные системы зданий и сооружений	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 45-50
		определять эффективность и выявлять недостатки в работе инженерных систем	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 51-54	

			навыками оценки экономической и энергетической эффективности работы систем.	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 55-58
4	Раздел IV. Теплообмен излучением.	(ПК-1)	основные существующие нормативные документы и основные базы данных для поиска таких документов	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 59-62
			искать, отслеживать и использовать нормативную документацию	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 63-65
			навыками поиска необходимой информации в области проектирования	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 66-68
		(ПК-4)	теоретические основы механики, гидравлики, аэродинамики, термодинамики и теплообмена	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 59-62
			применять на практике теоретические знания, необходимые для правильного принятия проектных решений и их обоснования	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 63-65
			существующими методиками расчёта проектных величин, навыками работы с САПР	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 66-68
		(ПК-10)	как работает и из чего состоят инженерные системы зданий и сооружений.	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 59-62
			определять эффективность и	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы

			выявлять недостатки в работе инженерных систем.		63-65
			навыками оценки экономической и энергетической эффективности работы систем.	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 66-68
5	Раздел V. Теплообменные аппараты.	(ПК-1)	основные существующие нормативные документы и основные базы данных для поиска таких документов	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 68-69
			искать, отслеживать и использовать нормативную документацию	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 70
			навыками поиска необходимой информации в области проектирования	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 71
		(ПК-4)	теоретические основы механики, гидравлики, аэродинамики, термодинамики и теплообмена	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 68-69
			применять на практике теоретические знания, необходимые для правильного принятия проектных решений и их обоснования	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 70
			существующими методиками расчёта проектных величин, навыками работы с САПР	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 71
		(ПК-10)	как работает и из чего состоят инженерные системы зданий и	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 68-69



			сооружений.		
			определять эффективность и выявлять недостатки в работе инженерных систем.	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 70
			навыками оценки экономической и энергетической эффективности работы систем.	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 71

## V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основная литература

1. Круглов, Г.А. Теплотехника [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г.А. Круглов, Р.И. Булгакова, Е.С. Круглова. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2012. — 208 с.

<https://e.lanbook.com/book/3900>

2. Хакимзянов И.Ф. Теплоснабжение с основами теплотехники [Электронный ресурс] : учебное пособие / И.Ф. Хакимзянов, Р.Р. Сафин, А.Е. Воронин. — Электрон. текстовые данные. — Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2016. — 132 с.

<http://www.iprbookshop.ru/79560.html>

3. Синявский, Ю.В. Сборник задач по курсу "Теплотехника" [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.В. Синявский. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : ГИОРД, 2010. — 128 с.

<https://e.lanbook.com/book/4907>

4. Замалеев, З.Х. Основы гидравлики и теплотехники [Электронный ресурс] : учебное пособие / З.Х. Замалеев, В.Н. Посохин, В.М. Чефанов. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 352 с.

<https://e.lanbook.com/book/100922>

5. Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики: Учебник / О.Н. Брюханов, В.И. Коробко, А.Т. Мелик-Аракелян. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 254 с.

<http://znanium.com/bookread2.php?book=420324>

6. Тепломассообмен: Учебное пособие/Кудинов А. А. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 375 с.

<http://znanium.com/bookread2.php?book=512522>

### **Дополнительная литература**

1. Теплотехника: Учебное пособие / В.А. Кудинов, Э.М. Карташов, Е.В. Стефанюк. - М.: КУРС: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 424 с.: ил.

<http://znanium.com/bookread2.php?book=486472>

2. Теоретические основы теплотехники / В.И. Ляшков. - М.: КУРС: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 328 с.: ил.

<http://znanium.com/bookread2.php?book=496993>

3. Теплотехника: Учебник/Ю.П.Семенов, А.Б.Левин - 2 изд. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 400 с.

<http://znanium.com/bookread2.php?book=470503>

4. Ртищева А.С. Теоретические основы гидравлики и теплотехники: Учебное пособие. - Ульяновск: УлГТУ, 2007. - 171 с.

<http://window.edu.ru/resource/871/48871/files/174.pdf>

### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. Научная электронная библиотека НЭБ

<http://elibrary.ru/querybox.asp?scope=newquery>

2. Электронно-библиотечная система издательства «Лань»

<http://e.lanbook.com/>

3. ЭБС «Консультант студента»

<http://www.studentlibrary.ru/>

4. ЭБС znanium.com НИЦ «ИНФРА-М»

<http://znanium.com/>

5. Научная библиотека ДВФУ публичный онлайн каталог

<http://lib.dvfu.ru:8080/search/query?theme=FEFU>

6. Информационная система ЕДИНОЕ ОКНО доступа к образовательным ресурсам

<http://window.edu.ru/resource>

7. ЭБС IPRbooks

<http://www.iprbookshop.ru/>

### Перечень информационных технологий и программного обеспечения

<b>Место расположения компьютерной техники, на котором установлено программное обеспечение, количество рабочих мест</b>	<b>Перечень программного обеспечения</b>
Компьютерный класс кафедры Инженерных систем зданий и сооружений, Е814, на 11 человек.	–
Компьютерный класс кафедры Гидротехники. теории зданий и сооружений ауд. Е 708, 19 рабочих мест	– Microsoft Office Professional Plus 2016 – офисный пакет, включающий программное обеспечение для работы с различными типами документов (текстами, электронными таблицами, базами данных и др.); – 7Zip 9.20 - свободный файловый архиватор с высокой степенью сжатия данных; – ABBYY FineReader 11 - программа для оптического распознавания символов; – Adobe Acrobat XI Pro – пакет программ для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF; – AutoCAD Electrical 2015 Language Pack – English - трёхмерная система автоматизированного проектирования и черчения; – Revit Architecture – система для работы с чертежами; – SCAD Office – система для расчёта строительных конструкций
Компьютерный класс кафедры Гидротехники. теории зданий и сооружений ауд. Е 709, 25 рабочих мест	– Microsoft Office Professional Plus 2016 – офисный пакет, включающий программное обеспечение для работы с различными типами документов (текстами, электронными таблицами, базами данных и др.); – 7Zip 9.20 - свободный файловый архиватор с высокой степенью сжатия данных; – ABBYY FineReader 11 - программа для оптического

	распознавания символов; – Adobe Acrobat XI Pro – пакет программ для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF; – AutoCAD Electrical 2015 Language Pack – English - трёхмерная система автоматизированного проектирования и черчения; – Revit Architecture – система для работы с чертежами – SCAD Office – система для расчёта строительных конструкций
--	---

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

В процессе изучения материала учебного курса «Теплотехника» предполагаются разнообразные формы работ: лекции, лабораторные работы, практические занятия и самостоятельная работа.

Лекции проводятся как в виде презентации, так и традиционным способом. В них освещаются вопросы, соответствующие тематике лекций (раздел I). Цель лекционного курса – дать знания студентам в области работы теплотехнических сетей, заложить научные и методологические основы для самостоятельной работы студентов, пробудить в них интерес к будущей профессии.

Конспект лекций рекомендуется начинать с плана излагаемого материала, чтобы для себя структурировать соответствующую тему лекции. Конспект не должен быть дословным. Желательно записывать лекционный материал кратко, только самое существенное. Рекомендовано использовать поля для заметок или вопросов, которые студент не понял во время лекции, для того, чтобы их уточнить у преподавателя, но предварительно попытавшись найти ответ самостоятельно.

К лекциям необходимо готовиться. Для этого студент должен просмотреть материал будущей лекции заранее, отметить для себя наиболее сложные или непонятные материалы лекции, с тем, чтобы задать во время лекции соответствующие вопросы преподавателю. Такой подход позволит легче и более детально усвоить данную дисциплину.

Лабораторные работы нацелены на экспериментальное подтверждение и проверку теоретических положений учебной дисциплины, овладение техникой эксперимента, умением решать практические задачи путем постановки опыта. К ним студент должен готовиться заранее самостоятельно, изучив план занятия, соответствующую тему лекции, рекомендованную преподавателем литературу и вопросы для подготовки. Проведение лабораторного занятия в аудитории начинается с устного опроса, такой подход дает возможность преподавателю оценить готовность студента к выполнению поставленных задач в соответствующей лабораторной работе, а самому студенту подойти ответственно к подготовке к занятию, что способствует лучшему усвоению изучаемого материала.

Практические занятия нацелены на проработку и закрепления знаний, полученных на лекционных занятиях, путём решения практических задач с конкретными данными параметрами.

Внеаудиторная самостоятельная работа нацелена на углубление и закрепление знаний студентов по данной дисциплине. Самостоятельная работа опирается на лекционный материал, материал лабораторных занятий, кроме того дополнительно студент должен изучать соответствующую литературу по дисциплине «Механика грунтов», рекомендованную преподавателем. Вид самостоятельной работы: подготовка к лекциям, к лабораторным работам.

**Рекомендации по работе с литературой:** в процессе освоения теоретического материала дисциплины необходимо вести конспект лекций и добавлять к лекционному материалу информацию, полученную из рекомендуемой литературы или интернет источников.

При этом, желательно проводить анализ полученной дополнительной информации и информации лекционной, анализировать существенные дополнения, возможно на следующей лекции ставить вопросы, связанные с дополнительными знаниями.

**Рекомендации по подготовке к зачёту:** на зачётной неделе необходимо иметь полный конспект лекций и проработанные практические занятия. Перечень вопросов к зачёту помещён в фонде оценочных средств (приложение 2), поэтому подготовиться к сдаче зачёта лучше систематически, прослушивая очередную лекцию и поработав на очередном практическом занятии.

## VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для организации самостоятельной работы и для выполнения ВКР, студенты также пользуются собственными персональными компьютерами и читальными залами научной библиотеки ДВФУ.

<b>Наименование оборудованных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень основного оборудования</b>
Лаборатория теплогазоснабжения и вентиляции кафедры Инженерных систем зданий и сооружений, L722, на 14 человек.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Стенд лабораторный научно- исследовательский «Пункт редуцирования газа».</li> <li>- Стенд многофункциональный лабораторный научно-исследовательский «Системы теплоснабжения, отопления и автоматизации».</li> <li>- Экспериментальная установка напорной флотации.</li> <li>- Установка комплексная инновационная научно-исследовательская для изучения режимов работы тепловых сетей с зонированными подстанциями.</li> <li>- Стенд насосного оборудования Wilo Brain-box.</li> <li>-Стенд «Кондиционирование».</li> <li>-Стенд «Исследование работы теплового насоса».</li> </ul>
Лаборатория вентиляции и теплотехники жидкости кафедры Инженерных систем зданий и сооружений, L716, на 14 человек.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Стенд лабораторный научно-исследовательский «Теплотехника жидкости».</li> <li>- Стенд лабораторный научно-исследовательский «Вентиляционные системы».</li> </ul>
Компьютерный класс кафедры Инженерных систем зданий и сооружений, E814, на 11 человек.	Моноблок HP ProOne 400 All-in-One 19,5 (1600x900), Core i3-4150T, 4GB DDR3-1600 (1x4GB), 1TB HDD 7200 SATA, DVD+/-RW, GigEth, Wi-Fi, BT, usb kbd/mse, Win7Pro (64-bit)+Win8.1Pro(64-bit), 1-1-1 Wty (12 шт.)
Лаборатория «Теплоснабжение» кафедры инженерных систем зданий и сооружений, E812, вместимость 14 человек.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Лабораторный стенд «Теплоснабжение».</li> <li>- Лабораторный стенд «Автоматизация систем теплогазоснабжения и вентиляции».</li> </ul>

<p>Читальные залы Научной библиотеки ДВФУ с открытым доступом к фонду (корпус А - уровень 10)</p>	<p>Моноблок HP ProOne 400 All-in-One 19,5 (1600x900), Core i3-4150T, 4GB DDR3-1600 (1x4GB), 1TB HDD 7200 SATA, DVD+/-RW, GigEth, Wi-Fi, BT, usb kbd/mse, Win7Pro (64-bit)+Win8.1Pro(64-bit), 1-1-1 Wty  Скорость доступа в Интернет 500 Мбит/сек.  Рабочие места для людей с ограниченными возможностями здоровья оснащены дисплеями и принтерами Брайля; оборудованы: портативными устройствами для чтения плоскочечатных текстов, сканирующими и читающими машинами видео увеличителем с возможностью регуляции цветовых спектров; увеличивающими электронными лупами и ультразвуковыми маркировщиками</p>
---	--

Студенты пользуются собственными персональными компьютерами и студенты, обучающиеся по направлению Строительство, имеют возможность пользоваться современными компьютерами, где установлены соответствующие пакеты прикладных программ, в аудиториях E708 и E709 Инженерной школы.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДВФУ)

---

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
по дисциплине «Теплотехника»  
Направление подготовки 08.03.01 Строительство  
профиль «Промышленное и гражданское строительство»  
Форма подготовки: очная/заочная**

**Владивосток**

**2015**



## План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	В течение семестра	Работа с теоретическим материалом	36/60 час	УО-1
2	В течение семестра	Подготовка к лабораторным и контрольным работам	36/66 час	УО-1
2	январь	Подготовка к зачёту	18/4 час	зачёт

### Характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению.

Студенты в течение семестра на практических занятиях и на консультациях отвечают на вопросы. На практических занятиях для этого выделяется 10 минут.

Студент должен квалифицированно, грамотно ответить на поставленные вопросы.

Кроме этого, студенты пишут контрольную работу в первой половине семестра.

### Контрольная работа

#### Тема 1. Основы технической термодинамики.

1. Уравнение состояния идеального газа. Расчет термодинамических параметров рабочего тела.
2. Газовые смеси.
3. Теплоемкости газов.
4. Термодинамические процессы.

### Задачи для самостоятельного решения

#### Раздел 1. Термодинамика.

1. Присоединенный к газоходу парового котла тягомер показывает разрежение, равное 780 Па (80 мм вод. ст.). Определить абсолютное давление дымовых газов, если показание барометра  $B=102658$  Па (770 мм рт.ст.) при  $t=00^{\circ}\text{C}$ .

Ответ:  $P_{\text{абс}} = 101870$  Па (764.1 мм рт. ст.).

2. Тягомер показывает разрежение в газоходе, равное 412 Па (42 мм вод. ст.). Атмосферное давление по ртутному барометру  $B=100925$  Па (757 мм рт. ст.) при  $t=00^{\circ}\text{C}$ . Определить абсолютное давление дымовых газов.

Ответ:  $P_{\text{абс}} = 100250$  Па (751.96 мм рт.ст.).

3. Температура пара, выходящего из перегревателя парового котла, равна 950 0F. Перевести эту температуру в 0C.

Ответ:  $t=510$  0C.

4. В цилиндре диаметром 0.6 м содержится  $0.41$  м<sup>3</sup> воздуха при  $P=0.25$  МПа и  $t_1=35$  0C.

До какой температуры должен нагреваться воздух при постоянном давлении, чтобы движущийся без трения поршень поднялся на 0.4 м?

Ответ:  $t_2=117.6$  0C.

5. В цилиндрическом сосуде, имеющем  $d=0.6$  м и высоту  $h=2.4$  м, находится воздух при температуре  $18$  0C. Давление воздуха составляет 0.765 МПа. Барометрическое давление (приведенное к нулю) равно 101858 Па. Определить массу воздуха в сосуде.

Ответ:  $M=7.04$  кг.

6. Резервуар объемом  $4$  м<sup>3</sup> заполнен углекислым газом. Найти массу и силу тяжести (вес) газа в резервуаре, если избыточное давление газа  $P_{\text{ман}}=40$  кПа, температура его  $t=80$  0C, а барометрическое давление воздуха  $B=102.4$  кПа.

Ответ:  $M=8.64$  кг;  $G=84.8$  Н.

7. Объемный состав сухих продуктов сгорания топлива (не содержащих водяных паров) следующий:  $\text{CO}_2=12.3\%$ ;  $\text{O}_2=7.2\%$ ;  $\text{N}_2=80.5\%$ . Найти

кажущуюся молекулярную массу и газовую постоянную, а также плотность и удельный объем продуктов сгорания при  $p=100\text{ кПа}$  и  $t=800\text{ }^\circ\text{C}$ .

Ответ:  $\mu_{\text{см}}=30.3$ ;  $R_{\text{см}}=274\text{ Дж/кгК}$ ;  $v=2.94\text{ м}^3/\text{кг}$ ;  $\rho_{\text{см}}=0.34\text{ кг/м}^3$ .

8. Найти газовую постоянную, удельный объем газовой смеси и парциальные давления ее составляющих, если объемный состав смеси следующий:  $\text{CO}_2=12\%$ ;  $\text{CO}=1\%$ ;  $\text{H}_2\text{O}=6\%$ ;  $\text{O}_2=7\%$ ;  $\text{N}_2=74\%$ ; а общее давление ее  $p=100\text{ кПа}$ .

Ответ:  $R_{\text{см}}=281\text{ Дж/(кг К)}$ ;  $v=0.76\text{ м}^3/\text{кг}$ ;  $p_{\text{CO}_2}=12000\text{ Па}$ .

9. Найти среднюю теплоемкость  $C_{\text{pm}}$  и  $C_{\text{vm}}$  для воздуха в пределах  $400\text{--}1200\text{ }^\circ\text{C}$ , считая зависимость теплоемкости от температуры нелинейной.

Ответ:  $C_{\text{pm}}=1.4846\text{ кДж/(м}^3\text{ К)}$ ;  $C_{\text{vm}}=1.1137\text{ кДж/(м}^3\text{ К)}$ .

10. В закрытом сосуде объемом  $V=300\text{ л}$  находится воздух при давлении  $p_1=0.8\text{ МПа}$  и температуре  $t_1=20\text{ }^\circ\text{C}$ . Какое количество теплоты необходимо подвести для того, чтобы температура воздуха поднялась до  $t_2=120\text{ }^\circ\text{C}$ ? Задачу решить, принимая теплоемкость воздуха постоянной, а также учитывая зависимость теплоемкости от температуры. Определить относительную ошибку, получаемую в первом случае.

Ответ:  $Q=77.3\text{ кДж}$ . Относительная ошибка  $\varepsilon\approx 0.25\%$ .

11. Воздух охлаждается от  $1000\text{ }^\circ\text{C}$  до  $100\text{ }^\circ\text{C}$  в процессе с постоянным давлением. Какое количество теплоты теряет  $1\text{ кг}$  воздуха? Задачу решить, принимая теплоемкость воздуха постоянной, а также учитывая зависимость теплоемкости от температуры. Определить относительную ошибку, получаемую в первом случае.

Ответ: 1).  $q_{\text{cp}}=\text{const}=-911.9\text{ кДж/кг}$ ;

2).  $q_{\text{cp}}=f(t)=-990.1\text{ кДж/кг}$ ;  $\varepsilon\approx 8\%$ .

12. Найти изменение внутренней энергии  $2\text{ м}^3$  воздуха, если температура его понижается от  $t_1=250\text{ }^\circ\text{C}$  до  $t_2=70\text{ }^\circ\text{C}$ . Зависимость теплоемкости от температуры принять линейной. Начальное давление воздуха  $p_1=0.6\text{ МПа}$ .

Ответ:  $\Delta U = -1063$  кДж.

13. К газу, заключенному в цилиндре с подвижным поршнем, подводится извне 100 кДж теплоты. Величина произведенной работы при этом составляет 115 кДж. Определить изменение внутренней энергии газа, если количество его равно 0.8 кг.

Ответ:  $\Delta U = -18.2$  кДж.

14. В газоходе смешиваются три газовых потока, имеющих одинаковое давление, равное 0.2 МПа. Первый поток представляет собой азот с объемным расходом  $V_1 = 8200$  м<sup>3</sup>/ч при температуре 200 °С, второй поток - двуокись углерода с расходом 7600 м<sup>3</sup>/ч при температуре 500 °С и третий поток - воздух с расходом 6400 м<sup>3</sup>/ч при температуре 800 °С. Найти температуру газов после смешения и их объемный расход в общем газопроводе.

Ответ:  $t_1 = 423$  °С;  $V = 23000$  м<sup>3</sup>/ч.

15. Продукты сгорания из газохода парового котла в количестве 400 кг/ч при температуре 900 °С должны быть охлаждены до 500 °С и направлены в сушильную установку. Газы охлаждаются смешением газового потока с потоком воздуха при температуре 20 °С. Давление в обоих газовых потоках одинаковое. Определить часовой расход воздуха, если известно, что  $R_{\text{газ}} = R_{\text{возд}}$ . Теплоемкость продуктов сгорания принять равной теплоемкости воздуха.

Ответ:  $M_{\text{возд}} = 366$  кг/ч.

16. В закрытом сосуде емкостью  $V = 0.5$  м<sup>3</sup> содержится двуокись углерода при  $p_1 = 0.6$  МПа и температуре  $t_1 = 527$  °С. Как изменится давление газа, если от него отнять 420 кДж? Принять зависимость  $C = f(t)$  линейной.

Ответ:  $p_2 = 0.42$  МПа.

17. 2 м<sup>3</sup> воздуха с начальной температурой  $t_1 = 15$  °С расширяются при постоянном давлении до 3 м<sup>3</sup> вследствие сообщения газу 837 кДж теплоты.

Определить конечную температуру, давление газа в процессе и работу расширения.

Ответ:  $t_2=159^\circ\text{C}$ ,  $P=0.24$  МПа,  $L=239$  кДж.

18.  $8\text{ м}^3$  воздуха при  $p_1=0.09$  МПа и  $t_1=20^\circ\text{C}$  сжимаются при постоянной температуре до  $0.81$  МПа.

Определить конечный объем, затраченную работу и количество теплоты, которое необходимо отвести от газа.

Ответ:  $V_2=0.889\text{ м}^3$ ,  $L=Q=-1581$  кДж.

19. При изотермическом сжатии  $0.3\text{ м}^3$  воздуха с начальными параметрами  $p_1=1$  МПа и  $t_1=300^\circ\text{C}$  отводится  $500$  кДж теплоты.

Определить конечный объем  $V_2$  и конечное давление  $p_2$ .

Ответ:  $V_2=0.057\text{ м}^3$ ,  $p_2=5.26$  МПа.

20.  $1\text{ м}^3$  воздуха при давлении  $0,095$  МПа и начальной температуре  $10^\circ\text{C}$  сжимается по адиабате до  $0,38$  МПа.

Определить температуру и объем воздуха в конце сжатия и работу, затраченную на сжатие.

Ответ:  $t_2=148^\circ\text{C}$ ,  $V_2=0.373\text{ м}^3$ ,  $L=-117$  кДж.

21.  $1\text{ кг}$  воздуха при температуре  $t_1=17^\circ\text{C}$  сжимается адиабатно до объема, составляющего  $1/5$  начального, а затем расширяется изотермически до первоначального объема.

Определить работу, произведенную воздухом в результате обоих процессов.

Ответ:  $L=67$  кДж/кг.

22. В процессе политропного сжатия затрачивается работа, равная  $195$  кДж, причем в одном случае от газа отводится  $250$  кДж, а в другом - газу сообщается  $42$  кДж.

Определить показатели обеих политроп.

Ответ: 1).  $m=0.9$ , 2).  $m=1.49$ .

23.  $1.5 \text{ м}^3$  воздуха сжимаются от  $0.1 \text{ МПа}$  и  $17^\circ\text{C}$  до  $0.7 \text{ МПа}$ , конечная температура при этом равна  $100^\circ\text{C}$ .

Какое количество теплоты требуется отвести, какую работу затратить и каков показатель политропы?

Ответ:  $Q=-183 \text{ кДж}$ ,  $L=-290 \text{ кДж}$ ,  $m=1.147$ .

24. Компрессор аммиачной холодильной установки всасывает пар аммиака при температуре  $t_1 = -10^\circ \text{C}$  и степени сухости  $x_1 = 0,92$  и сжимает его адиабатно до давления, при котором его температура  $t_2 = 20^\circ \text{C}$  и степень сухости  $x_2 = 1$ . Из компрессора пар аммиака поступает в конденсатор, в котором охлаждающая вода имеет на входе температуру  $t_{\text{в}} = 12^\circ\text{C}$ , а на выходе  $t'_{\text{в}} = 20^\circ$ .

В редукционном (регулирующем) вентиле жидкий аммиак подвергается дросселированию до  $0,3 \text{ МПа}$ , после чего направляется в испаритель, из которого выходит со степенью сухости  $x = 0.92$  и снова поступает в компрессор. Теплота, необходимая для испарения аммиака, заимствуется из рассола, имеющего на входе в испаритель, температуру  $t'_p = -2^\circ\text{C}$ , а на выходе из него температуру  $t''_p = -5^\circ \text{C}$ .

Определить теоретическую мощность двигателя холодильной машины и часовой расход аммиака, рассола и охлаждающей воды, если холодопроизводительность установки  $Q_0 = 58.15 \text{ кДж/с}$ . Теплоемкость рассола принять, равной  $4,19 \text{ кДж/(кг K)}$ .

25. Найти приращение энтропии  $3 \text{ кг}$  воздуха) при нагревании его по изобаре от  $0$  до  $400^\circ\text{C}$ ; б) при нагревании его по изохоре от  $0$  до  $880^\circ\text{C}$ ; в) при изотермическом расширении с увеличением объема в  $16$  раз. Теплоемкость считать постоянной.

Ответ: а)  $\Delta s_p = 2.74$ ; б)  $\Delta s_v = 3.13$ ; в)  $\Delta s_t = 2.36 \text{ кДж/К}$ .

## Раздел 2. Тепломассообмен

1. Стенка холодильника, состоящая из наружного слоя изоляционного кирпича толщиной  $\delta_1 = 250 \text{ мм}$  и внутреннего слоя совелита толщиной  $\delta_2 =$

200 мм, имеет температуру наружной поверхности  $t_1^{ct}$  и внутренней  $t_3^{ct}$ . Коэффициенты теплопроводности материала слоев соответственно равны:  $\lambda_1 = 0,24$  Вт/(м·К) и  $\lambda_2 = 0,09$  Вт/(м·К). Определить плотность теплового потока через стенку и температурные градиенты в отдельных слоях. Представить графически распределение температуры по толщине стенки. Исходные данные в табл.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$t_1^{ct}, ^\circ\text{C}$	29	21	25	29	28	26	27	24	25	30
$t_3^{ct}, ^\circ\text{C}$	-8	-4	-7	-5	-3	-6	-2	-3	-1	0

2. Для отопления гаража используют трубу, по которой протекает горячая вода. Рассчитать конвективный коэффициент теплоотдачи и конвективный тепловой поток от трубы к воздуху в гараже, если наружный диаметр и длина трубы соответственно равны  $d_n$  и  $l$ . Температура поверхности трубы  $t_c$ , при этом температура воздуха в гараже должна составлять  $t_b$ . Данные для расчета принять по табл. 2.1. Теплофизические свойства воздуха определить по табл. 2.2.

#### Данные к задаче № 1

Вариант	$d_n$ , м	$l$ , м	$t_c$ , $^\circ\text{C}$	$t_b$ , $^\circ\text{C}$
1	0,10	10	70	15
2	0,15	9	75	16
3	0,20	8	80	17
4	0,15	7	85	18
5	0,10	6	90	19
6	0,12	7	85	20
7	0,14	8	80	19
8	0,16	9	75	18
9	0,18	10	70	17
10	0,20	9	75	16
11	0,18	8	80	15

12	0,16	7	85	14
13	0,14	6	90	15
14	0,12	7	85	16
15	0,10	8	80	17
16	0,12	9	75	18
17	0,14	10	70	19
18	0,16	9	75	20
19	0,18	8	80	21
20	0,20	7	85	22

3. По цилиндрическому каналу диаметром  $d = 14$  мм движется вода. Расход воды  $G$ , ее температура на входе  $t'$ . На каком расстоянии от входа средняя по сечению температура воды достигнет  $t''$ , если температура внутренней поверхности канала  $t_{ст} = 100^0$  С постоянна? Исходные данные в табл.

Величина	Вариант									
	I	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$G$ , кг/ч	400	420	500	550	460	580	600	700	750	800
$t'$ , °С	20	35	15	10	35	25	20	30	40	45
$t''$ , °С	70	60	65	55	75	80	85	90	65	75

4. Определить величину плотности лучистого теплового потока  $q$  между двумя параллельно расположенными плоскими стенками, имеющими температуры  $t_1 = 200$  °С и  $t_2 = 50$  °С, а также степени черноты  $\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_2$ , если между ними нет экрана. Определить то же самое при наличии экрана со степенью черноты  $\varepsilon_3$  с обеих сторон. Исходные данные в табл.10.

Величина	Вариант									
	I	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$\varepsilon_1$	0.5	0.45	0.3	0.35	0.22	0.7	0.6	0.75	0.55	0.4
$\varepsilon_2$	70	0.55	0.65	0.40	0.45	0.50	0.60	0.70	0.80	0.75



$\varepsilon_3$	0.05	0.04	0.08	0.05	0.07	0.08	0.10	0.06	0.03	0.07
-----------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

5. В трубчатом калорифере воздух нагревается насыщенным водяным паром давлением  $P=0,1\text{Мпа}$ . Температура воздуха на входе  $t'_в = 20^0\text{С}$ . Площадь теплообменной поверхности  $F = 1\text{м}^2$ . Определить температуру воздуха на выходе из калорифера  $t''_в$ , если его расход составляет  $G_в = 0,1\text{кг/с}$ , а коэффициент теплопередачи равен  $k$ ,  $\text{Вт/м}^2\text{МК}$ . Исходные данные в табл.

<i>Вариант</i>	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.10
$k$ , $\text{Вт/м}^2\text{МК}$	1.11	1.12	1.13	1.14	1.15	1.16	1.17	1.18	1.19	1.20
	9	1	5	9	8	6	7	4	5	0



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

---

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
по дисциплине «Теплотехника»  
Направление подготовки **08.03.01** Строительство  
профиль «Промышленное и гражданское строительство»  
**Форма подготовки: очная/заочная**

**Владивосток**  
**2015**

**Паспорт**  
**фонда оценочных средств**  
**по дисциплине Теплотехника**  
(наименование дисциплины, вид практики)

<b>Код и формулировка компетенции</b>	<b>Этапы формирования компетенции</b>	
(ПК-1) знанием нормативной базы в области инженерных изысканий, принципов проектирования зданий, сооружений, инженерных систем и оборудования, планировки и застройки населенных мест	знает	основные существующие нормативные документы и основные базы данных для поиска таких документов
	умеет	искать, отслеживать и использовать нормативную документацию
	владеет	навыками поиска необходимой информации в области проектирования
(ПК-4) владением теоретическими знаниями и приложениями основных законов механики, теории упругости, гидравлики и аэродинамики, термодинамики и теплообмена в области строительства, способностью применять их для обоснования проектных решений, применять инженерные методы и вычислительные программы по расчёту строительных конструкций, сооружений, сетей и систем при различных нагрузках и воздействиях	знает	теоретические основы механики, гидравлики, аэродинамики, термодинамики и теплообмена
	умеет	применять на практике теоретические знания, необходимые для правильного принятия проектных решений и их обоснования
	владеет	существующими методиками расчёта проектных величин, навыками работы с САПР
(ПК-10) владением технологией, методами доводки и освоения технологических	знает	как работает и из чего состоят инженерные системы зданий и сооружений.

процессов строительного производства, эксплуатации, обслуживания зданий, сооружений, инженерных систем, производства строительных материалов, изделий и конструкций, машин и оборудования	умеет	определять эффективность и выявлять недостатки в работе инженерных систем
	владеет	навыками оценки экономической и энергетической эффективности работы систем

### **Формы текущего и промежуточного контроля по дисциплине «Теплотехника»**

№ п/п	Контролируемые модули/разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства - наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел I. Основы технической термодинамики	(ПК-1)	основные существующие нормативные документы и основные базы данных для поиска таких документов	Устный опрос (УО-1) Контрольная работа ПР-2	Зачёт Вопросы 1-10
			искать, отслеживать и использовать нормативную документацию	Устный опрос (УО-1) Контрольная работа ПР-2	Зачёт Вопросы 11-20
			навыками поиска необходимой информации в области проектирования	Устный опрос (УО-1) Контрольная работа ПР-2	Зачёт Вопросы 21-30
		(ПК-4)	теоретические основы механики, гидравлики, аэродинамики, термодинамики и теплообмена.	Устный опрос (УО-1) Контрольная работа ПР-2	Зачёт Вопросы 1-10
			применять на практике теоретические знания, необходимые для правильного принятия	Устный опрос (УО-1) Контрольная работа ПР-2	Зачёт Вопросы 11-20

			проектных решений и их обоснования.		
			существующими методиками расчёта проектных величин, навыками работы с САПР.	Устный опрос (УО-1) Контрольная работа ПР-2	Зачёт Вопросы 21-30
		(ПК-10)	как работает и из чего состоят инженерные системы зданий и сооружений.	Устный опрос (УО-1) Контрольная работа ПР-2	Зачёт Вопросы 1-10
			определять эффективность и выявлять недостатки в работе инженерных систем.	Устный опрос (УО-1) Контрольная работа ПР-2	Зачёт Вопросы 11-20
			навыками оценки экономической и энергетической эффективности работы систем.	Устный опрос (УО-1) Контрольная работа ПР-2	Зачёт Вопросы 21-30
2	Раздел II. Теплопроводность.	(ПК-1)	основные существующие нормативные документы и основные базы данных для поиска таких документов	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 31-35
			искать, отслеживать и использовать нормативную документацию	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 36-40
			навыками поиска необходимой информации в области проектирования	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 41-44
		(ПК-4)	теоретические основы механики, гидравлики, аэродинамики, термодинамики и теплообмена.	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 31-35
			применять на практике	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы

			теоретические знания, необходимые для правильного принятия проектных решений и их обоснования.		36-40
			существующими методиками расчёта проектных величин, навыками работы с САПР.	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 41-44
		(ПК-10)	как работает и из чего состоят инженерные системы зданий и сооружений.	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 31-35
			определять эффективность и выявлять недостатки в работе инженерных систем.	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 36-40
			навыками оценки экономической и энергетической эффективности работы систем.	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 41-44
3	Раздел III. Конвективный теплообмен.	(ПК-1)	основные существующие нормативные документы и основные базы данных для поиска таких документов	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 45-50
			искать, отслеживать и использовать нормативную документацию	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 51-54
			навыками поиска необходимой информации в области проектирования	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 55-58
		(ПК-4)	теоретические основы механики, гидравлики, аэродинамики, термодинамики и	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 45-50

			теплообмена.		
			применять на практике теоретические знания, необходимые для правильного принятия проектных решений и их обоснования.	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 51-54
			существующими методиками расчёта проектных величин, навыками работы с САПР.	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 55-58
		(ПК-10)	как работает и из чего состоят инженерные системы зданий и сооружений.	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 45-50
			определять эффективность и выявлять недостатки в работе инженерных систем.	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 51-54
			навыками оценки экономической и энергетической эффективности работы систем.	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 55-58
4	Раздел IV. Теплообмен излучением.	(ПК-1)	основные существующие нормативные документы и основные базы данных для поиска таких документов	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 59-62
			искать, отслеживать и использовать нормативную документацию	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 63-65
			навыками поиска необходимой информации в области проектирования	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 66-68
		(ПК-4)	теоретические основы механики,	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы

			гидравлики, аэродинамики, термодинамики и тепломассообмена.		59-62
			применять на практике теоретические знания, необходимые для правильного принятия проектных решений и их обоснования.	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 63-65
			существующими методиками расчёта проектных величин, навыками работы с САПР.	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 66-68
		(ПК-10)	как работает и из чего состоят инженерные системы зданий и сооружений.	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 59-62
			определять эффективность и выявлять недостатки в работе инженерных систем.	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 63-65
			навыками оценки экономической и энергетической эффективности работы систем.	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 66-68
5	Раздел V. Теплообменные аппараты.	(ПК-1)	основные существующие нормативные документы и основные базы данных для поиска таких документов	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 68-69
			искать, отслеживать и использовать нормативную документацию	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 70
			навыками поиска необходимой информации в области	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 71



		проектирования		
	(ПК-4)	теоретические основы механики, гидравлики, аэродинамики, термодинамики и теплообмена.	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 68-69
		применять на практике теоретические знания, необходимые для правильного принятия проектных решений и их обоснования.	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 70
		существующими методиками расчёта проектных величин, навыками работы с САПР.	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 71
	(ПК-10)	как работает и из чего состоят инженерные системы зданий и сооружений.	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 68-69
		определять эффективность и выявлять недостатки в работе инженерных систем.	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 70
		навыками оценки экономической и энергетической эффективности работы систем.	Устный опрос (УО-1)	Зачёт Вопросы 71

## Шкала оценивания уровня сформированности компетенции

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели	баллы
(ПК-1) знанием нормативной базы в области инженерных изысканий, принципов проектирования зданий, сооружений, инженерных систем и оборудования, планировки и застройки населенных мест	знает (пороговый уровень)	основные существующие нормативные документы и основные базы данных для поиска таких документов.	знание базы данных нормативных документов в теплотехнической области	способность перечислить основные нормативные элементы и базы данных по ним	61-75 баллов
	умеет (продвинутый)	искать, отслеживать и использовать нормативную документацию.	умение анализировать систематизировать и постоянно обновлять базу данных	способность проводить анализ и обновление существующих баз данных по нормативным материалам	76-85 баллов
	владеет (высокий)	навыками поиска необходимой информации в области проектирования.	владение системой знаний для осуществления поиска информации	способность найти интересующую информацию и включить её в базу данных	86-100 баллов
(ПК-4) владением теоретическими знаниями и приложениями основных законов механики, теории упругости, гидравлики и аэродинамики,	знает (пороговый уровень)	теоретические основы механики, гидравлики, аэродинамики, термодинамики и теплообмена.	знание специальных разделов, гидравлики, аэродинамики, термодинамики и теплообмена	способность рассказать о специальных разделах, которые закладывают основные теоретические знания по курсу	61-75 баллов

термодинамики и теплообмена в области строительства, способностью применять их для обоснования проектных решений, применять инженерные методы и вычислительные программы по расчёту строительных конструкций, сооружений, сетей и систем при различных нагрузках и воздействиях	умеет (продвинутый)	применять на практике теоретические знания, необходимые для правильного принятия проектных решений и их обоснования.	умение проанализировать полученные знания для правильного принятия проектных решений и их обоснования.	способность использовать полученные теоретические знания для решения конкретной задачи	76-85 баллов
	владеет (высокий)	существующими методиками расчёта проектных величин, навыками работы с САПР.	владение методиками теплотехнических расчётов, навыками проектировочных расчётов	способность выполнить теплотехнический расчёт с использованием систем автоматического проектирования	86-100 баллов
(ПК-10) владением технологией, методами доводки и освоения технологических процессов строительного производства, эксплуатации, обслуживания зданий, сооружений, инженерных систем, производства строительных материалов, изделий и конструкций, машин и оборудования	знает (пороговый уровень)	как работает и из чего состоят инженерные системы зданий и сооружений.	знание набор элементов инженерных систем зданий и сооружений и принципы их работы	способность дать характеристику элементам инженерных систем и принципам их работы	61-75 баллов
	умеет (продвинутый)	определять эффективность и выявлять недостатки в работе инженерных систем.	умение проводить анализ работы инженерных систем, определять эффективность их работы	способность выявить недостатки в работе инженерных систем, проанализировать их и повысить эффективность работы	76-85 баллов
	владеет (высокий)	навыками оценки экономической и энергетической	владение экономическими знаниями в области	способность повысить экономическую эффективность	86-100 баллов

		эффективности работы систем.	повышения энергетической эффективности	работы инженерных систем	
--	--	------------------------------	--	--------------------------	--

### Шкала измерения уровня сформированности компетенций

Итоговый балл	1-60	61-75	76-85	86-100
Оценка (пятибалльная шкала)	2 неудовлетворительно	3 удовлетворительно	4 хорошо	5 отлично
Уровень сформированности компетенций	отсутствует	пороговый (базовый)	продвинутый	высокий (креативный)

## **Содержание методических рекомендаций, определяющих процедуры оценивания результатов освоения дисциплины «Теплотехника»**

**Текущая аттестация студентов.** Текущая аттестация студентов по дисциплине «Теплотехника» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине «Теплотехника» проводится в форме контрольных мероприятий (*устный опрос –УО-1 и контрольная работа ПР-2*) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
- степень усвоения теоретических знаний;
- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;
- результаты самостоятельной работы.

Оценка освоения учебной дисциплины «Теплотехника» является комплексным мероприятием, которое в обязательном порядке учитывается и фиксируется ведущим преподавателем. Такие показатели этой оценки, как посещаемость фиксируется в журнале посещения занятий.

Степень усвоения теоретических знаний оценивается такими контрольными мероприятиями как устный опрос.

Уровень овладения практическими навыками и умениями, результаты самостоятельной работы оцениваются работой студента над контрольной работой.

**Промежуточная аттестация студентов.** Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Теплотехника» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

В соответствии с рабочим учебным планом по направлению подготовки 08.03.01 Строительство, профиль «Промышленное и гражданское строительство» видами промежуточной аттестации студентов в процессе изучения дисциплины «Теплотехника» являются зачёт (5 семестр).

Зачёт проводится в виде устного опроса в форме ответов на вопросы.

### **Перечень оценочных средств (ОС) по дисциплине «Теплотехника»**

<b>№ п/п</b>	<b>Код ОС</b>	<b>Наименование оценочного средства</b>	<b>Краткая характеристика оценочного средства</b>	<b>Представление оценочного средства в фонде</b>
1	УО-1	Собеседование	Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Вопросы по темам/разделам дисциплины
2	ПР-2	Контрольная работа	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу	Комплект контрольных заданий по вариантам

### **Контрольная работа**

#### **Тема 1. Основы технической термодинамики.**

1. Уравнение состояния идеального газа. Расчет термодинамических параметров рабочего тела.
2. Газовые смеси.
3. Теплоемкости газов.
4. Термодинамические процессы.

#### **Вопросы к зачету**

1. Термодинамическое рабочее тело.

2. Аналитическое выражение первого закона термодинамики.
3. Параметры состояния термодинамического рабочего тела (давление).
4. Связь между теплоемкостями  $C_p$  и  $C_v$ .
5. Параметры состояния термодинамического рабочего тела (температура).
6. Параметры состояния термодинамического рабочего тела (удельный объем)
7. Энтальпия.
8. Термодинамические процессы в системе координат T-S.
9. Уравнение состояния идеального газа.
10. Изохорный процесс.
11. Уравнение состояния идеального газа. Универсальная газовая постоянная.
12. Изобарный процесс.
13. Уравнение состояния идеального газа для смеси газов
14. Изотермический процесс.
15. Смеси газов. Закон Дальтона.
16. Адиабатный процесс.
17. Смеси газов, заданные массовым составом.
18. Смеси газов, заданные объемным составом.
19. Смеси газов, кажущийся молекулярный вес газовой смеси.
20. Круговые процессы или циклы.
21. Истинная или мгновенная теплоемкость.
22. Теплоемкость в изохорных и изобарных процессах.
23. Цикл Карно (прямой).
24. Вычисление теплоемкости.
25. Обратный цикл Карно.
26. Вычисление теплоты.
27. Вычисление теплоты и теплоемкости для смеси газов.
28. Теорема Карно.

29. Свойства влажного воздуха.
30. Работа.
31. Термический К.П.Д. цикла Карно.
32. Определение энтальпии влажного воздуха
33. Внутренняя энергия.
34. Обратимые и необратимые процессы.
35. Градиент температуры.
36. Плотность теплового потока.
37. Закон Фурье.
38. Коэффициент теплопроводности.
39. Условия однозначности.
40. Термическое сопротивление теплопроводности.
41. Коэффициент теплоотдачи.
42. Закон Ньютона-Рихмана.
43. Термическое сопротивление теплоотдачи.
44. Физический смысл процесса теплопередачи.
45. Коэффициент теплопередачи.
46. Термическое сопротивление теплопередачи для плоской и цилиндрической стенок.
47. Критический диаметр цилиндрической стенки.
48. Принцип выбора и расчета тепловой изоляции.
49. Физический смысл чисел Фурье и Био.
50. Конвективный теплообмен. Свободная и вынужденная конвекция.
51. Гидродинамическая структура потока. Режимы течения.
52. Физический смысл числа подобия.
53. Определение уравнения подобия.
54. Физический смысл числа Пекле.
55. Физический смысл числа Нуссельта.
56. Физический смысл числа Рейнольдса.
57. Физический смысл числа Грасгоффа.



58. Физический смысл числа Прандтля.
59. Особенности теплообмена при течении жидкости в трубах и каналах.
60. Гидродинамическая структура потока при поперечном обтекании одиночного цилиндра и трубного пучка.
61. Какие уравнения дают полное математическое описание конвективного теплообмена.
62. Физический смысл уравнения энергии.
63. Что описывают уравнения Навье-Стокса.
64. Понятие о тепловом излучении.
65. Закон Стефана-Больцмана.
66. Собственное, падающее, эффективное и результирующее излучение.
67. Коэффициент поглощения.
68. Степень черноты газообразных сред.
69. Классификация теплообменных аппаратов.
70. Чем обусловлено интенсификация процессов теплопередачи в пароводяном теплообменнике в сравнении с конвективным.
71. Основы теплового расчета теплообменников рекуперативного типа.

**Критерии выставления оценки студенту на зачете  
по дисциплине «Теплотехника»:**

Баллы (рейтинго вой оценки)	Оценка зачета/ экзамена (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
100-86 баллов	<i>«отлично»</i>	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.
85-76 баллов	<i>«хорошо»</i>	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.
75-61 баллов	<i>«удовлетворительно»</i>	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.

**Критерии оценки (устный ответ) при собеседовании**

100-85 баллов - если ответ показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение

монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.

85-76 - баллов - ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

75-61 - балл – оценивается ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

60-50 баллов – ответ, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.

## **Фонд тестовых заданий**

### **Тест по разделу термодинамика**

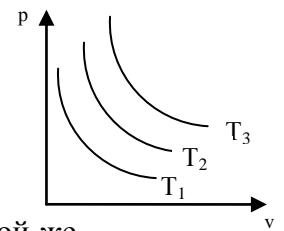
Вариант № 1 ФИО \_\_\_\_\_

1. При очень быстром сжатии газа в цилиндре под поршнем параметры газа в разных точках объема различны. Такой термодинамический процесс носит название:

А) Неоднородного; Б) Неравновесного; В) Нелинейного; Г) Равновесного.

2. На диаграмме  $p$ - $V$  изображены линии постоянной температуры – изотермы. Отнесите друг к другу температуры  $T_1, T_2, T_3$ .

А)  $T_1 > T_2 > T_3$ ; Б)  $T_1 < T_2 < T_3$ ; В)  $T_1 = T_2 = T_3$ .



3. Газ нагревают от температуры  $T_1$  до температуры  $T_2$  изохорно, и такой же объем газа нагревают до такой же температуры изобарно. В каком процессе затрачено больше теплоты?

А) Изохорном; Б) Изобарном; В) Теплота процессов одинакова; Г) Изотермическом.

4. Укажите формулы для удельной теплоты  $q$  и удельной работы  $\ell$  изотермического процесса идеального газа.

$$q = c_v \cdot (T_2 - T_1)$$

$$\ell = 0$$

$$q = 0$$

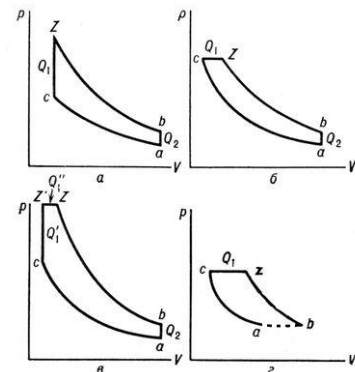
$$\ell = [R/(K-1)] \cdot (T_2 - T_1)$$

$$q = RT \cdot \ln(p_1/p_2)$$

$$\ell = q$$

5. На какой диаграмме изображен цикл Дизеля?

А) а; Б) б; В) в; Г) г.



Задача 1. В баллоне емкостью 50 л находится кислород при давлении 11,2 бар по манометру; температура его 30 °С, атмосферное давление равно 760 мм.рт.ст. Определить массу кислорода и его плотность.

Задача 2. Смесь  $\text{CO}_2$  и  $\text{N}_2$  находится в резервуаре при температуре 37 °С и давлении 140 кПа. Парциальное давление углекислоты равно 35 кПа. Найти массовый и объемный состав смеси

Задача 3. 0,5 м<sup>3</sup> кислорода при давлении 1 МПа и температуре 30 °С сжимаются изотермически до объема в 5 раз меньше начального. Определить объем и давление кислорода после сжатия, работу, затраченную на сжатие, и количество отведенной от газа теплоты.

### Вариант № 2 ФИО \_\_\_\_\_

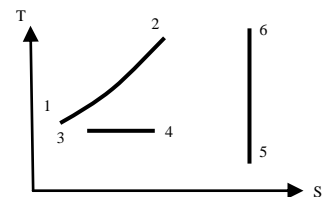
1. В сосуде объемом 0,75 м<sup>3</sup> находится 2,5 кг углекислого газа. Найти удельный объем газа.

А) 3,33 кг/м<sup>3</sup>. Б) 1,875 кг·м<sup>3</sup>. В) 0,3 м<sup>3</sup>/кг. Г) 1,37 кг/м<sup>3</sup>.

2. В каком из процессов теплота, подведенная к газу, больше?

А) В процессе 1-2; Б) В процессе 3-4;

В) В процессе 5-6; Г) В процессе 4-3;

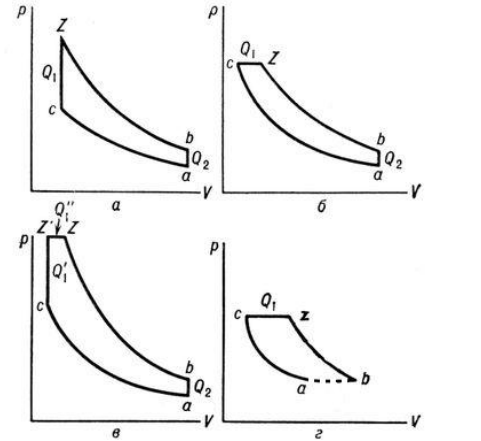


3. Газ с начальными параметрами  $p_1, v_1, T_1$  расширяется до объема  $v_2$  изотермически. Газ с начальными параметрами  $p_1, v_1, T_1$  расширяется до одинакового объема  $v_2$  адиабатно. Укажите в каком процессе больше работа газа.

- А) В изотермическом;      Б) В адиабатном;      В) Работа одинакова.  
 Г) Работа не совершается.

4. Укажите формулы для определения удельной теплоты  $q$  и удельной работы  $\ell$  для изобарного процесса идеального газа.

$$\begin{aligned} q &= c_v(T_2 - T_1) & \ell &= 0. \\ q &= c_p(T_2 - T_1) & \ell &= R(T_2 - T_1). \\ q &= R \cdot \ln(p_1/p_2) & \ell &= q. \end{aligned}$$



5. На какой диаграмме изображен цикл Отто

- А) а;      Б) б;      В) в;      Г) г.

Задача 1. В баллоне емкостью 40 л находится азот при абсолютном давлении 10 бар; температура его 200 °F. Определить массу азота и его плотность.

Задача 2. Массовый состав смеси следующий: CO<sub>2</sub>=18%; O<sub>2</sub>=12%; N<sub>2</sub>=70%. До какого давления нужно сжать 8 кг этой смеси, находящейся при нормальных условиях, чтобы при t=180 °C она занимала объем, равный 4 м<sup>3</sup>.

Задача 3. 0,2 м<sup>3</sup> воздуха с начальной температурой 18 °C подогревают в цилиндре диаметром 0,5 м при постоянном давлении 0,2 МПа до температуры 200 °C. Определить работу расширения.

Вариант № 3      ФИО \_\_\_\_\_

1. Энтальпия (H) термодинамической системы равна:

- А)  $H = U + pV$ ;      Б)  $H = cv + R$ ;      В)  $H = U + TS$ ;      Г)  $H = U + Q$ .

2. Термический коэффициент полезного действия равен:

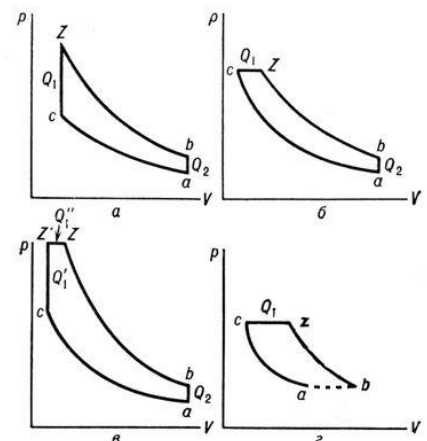
- А) Отношению теплоты, подведенной к рабочему телу, к работе цикла.  
 Б) Отношению теплоты, отнятой у рабочего тела, к работе цикла.  
 В) Отношению работы цикла к теплоте, подведенной в цикле к рабочему телу.  
 Г) Отношение работы циклы к теплоте, отведенной от рабочего тела.

3. При увеличении энтропии ( $S_2 > S_1$ ):

- А) Теплота не подводится и не отводится;      Б) Теплота отводится;      В) Теплота подводится;  
 Г) Энтропию нельзя увеличить т.к. она всегда уменьшается.

4. Укажите формулы для определения удельной теплоты  $q$  и удельной работы  $\ell$  для адиабатного процесса идеального газа.

$$\begin{aligned} q &= 0; & \ell &= [R/(K-1)] \cdot (T_2 - T_1). \\ q &= c_v \cdot (T_2 - T_1); & \ell &= 0 \\ q &= RT \cdot \ln(p_1/p_2); & \ell &= q \end{aligned}$$



5. На какой диаграмме изображен цикл Тринклера

- А) а;      Б) б;      В) в;      Г) г.

Задача 1. Предельно допустимое давление газа в баллоне во избежание взрыва равно 150 бар. В этом баллоне находится газ с давлением 13,5 МПа и температурой +18 °С. До какой температуры допустим нагрев газа?

Задача 2. Смесь CO<sub>2</sub> и N<sub>2</sub> 140 находится в резервуаре при температуре 37 °С и давлении 140 кПа. Парциальное давление углекислоты равно 35 кПа. Найти массовый и объемный состав смеси.

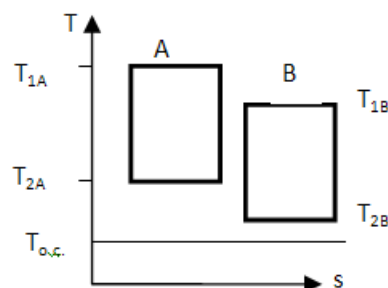
Задача 3. Воздух при давлении P<sub>1</sub>=0.45 МПа, расширяясь адиабатно до 0.12 МПа, охлаждается до t<sub>2</sub>= -45 °С. Определить начальную температуру и работу, совершенную 10 кг воздуха.

Вариант № 4 ФИО \_\_\_\_\_

1. Теплоемкость какого процесса равна нулю.  
 А) Изотермического; Б) Изохорного; В) Адиабатного;  
 Г) Теплоемкость не может быть равна нулю.

2. Для изотермического процесса уравнение первого закона термодинамики имеет вид:  
 А) Q = H<sub>2</sub> - H<sub>1</sub>; Б) Q = U<sub>2</sub> - U<sub>1</sub>; В) Q = L; Г) Q = H<sub>2</sub> - H<sub>1</sub> + L

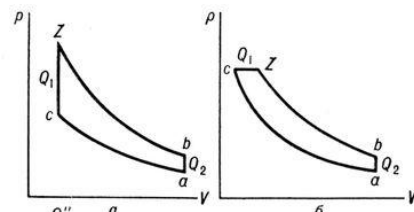
3. На диаграмме T – s изображены два прямых цикла Карно. Для обоих циклов разность температур источников теплоты одна та же: (T<sub>1A</sub> – T<sub>2A</sub>) = (T<sub>1B</sub> – T<sub>2B</sub>).  
 Укажите термический коэффициент полезного действия какого из циклов выше.



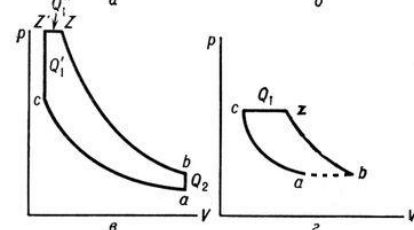
- А) Цикла А.  
 Б) Цикла В.  
 В) Термические коэффициенты полезного действия циклов одинаковы.

4. Укажите формулы для определения удельной теплоты q и удельной работы ℓ для изобарного процесса идеального газа.

$q = cv(T_2 - T_1)$	$\ell = 0.$
$q = cp(T_2 - T_1)$	$\ell = R(T_2 - T_1).$
$q = R \cdot \ln(p_1/p_2)$	$\ell = q.$



5. На какой диаграмме изображен цикл газотурбинной установки.  
 А) а; Б) б; В) в; Г) г.



Задача 1. Определить температуру газа, если при абсолютном давлении 5,5 бар объем 1 кмоль равен 15 м<sup>3</sup>.

Задача 2. Смесь газов состоит из водорода и окиси углерода СО. Массовая доля водорода gH<sub>2</sub>=0.067%. Найти газовую постоянную смеси и ее удельный объем при нормальных условиях.

Задача 3. 1 кг воздуха при температуре  $t_1=15^\circ\text{C}$  и начальном давлении  $P_1=0.1$  МПа адиабатно сжимается до 0.8 МПа. Найти работу, конечный объем и конечную температуру.

### Тест по разделам «Тепломассообмен», «Теплоснабжение».

#### Вариант 1 ФИО \_\_\_\_\_

1. У какого вещества наибольший коэффициент теплопроводности?

А) Вода Б) Кирпич В) Воздух Г) Сталь Д) Медь

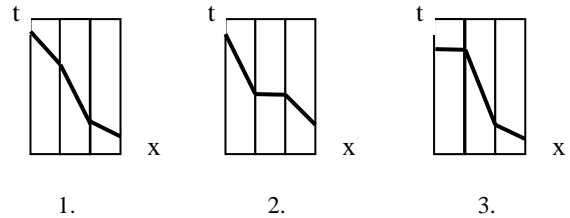
2. Тепловой поток сильнее зависит от температуры при теплообмене:

А) В процессе конвекции; Б) В процессе излучения; В) В процессе теплопроводности.

3. С повышением температуры максимум интенсивности излучения:

А) Смещается в сторону более длинных волн. Б) Смещается в сторону более коротких волн. В) Не изменяется.

4. Какой из температурных графиков соответствует случаю: стальная стенка, с одной стороны покрыта слоем сажи с теплопроводностью  $0,09 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ , с другой слоем накипи с теплопроводностью  $1,75 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ .



В)3.

А) 1. Б)2.

5. Укажите уравнение теплопередачи в рекуперативном теплообменнике.

А)  $Q = k \cdot F \cdot \Delta t_{cp}$  Б)  $Q = \alpha \cdot F(t_{ж} - t_{ст})$  В)  $Q = G(h'_1 - h''_1)$  Г)  $Q = R \cdot F \cdot (t_{ст} - t_{ж})$

6. Для чего предназначена линия непрерывной продувки парового котла?

А) Для отделения от пара капель воды; Б) Для подачи в паровой котел сжатого газа; В) Для удаления из котла солевого осадка; Г) Для непрерывного удаления из воды растворенного воздуха.

7. Стенка сосуда имеет температуру поверхности  $125^\circ\text{C}$ . Температура воздуха в цехе  $25^\circ\text{C}$ . Коэффициент теплоотдачи поверхности равен  $6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ . Определите толщину слоя изоляции сосуда минеральной ватой с  $\lambda = 0,06 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ , чтобы тепловой поток не изменился, а температура на поверхности изоляции не превышала  $35^\circ\text{C}$ .

8. В трубопроводе с внутренним диаметром  $d = 125$  мм и длиной  $l = 10$  м течет горячая вода. Расход воды через трубу  $30$  л/с; температура воды на входе  $70^\circ\text{C}$ ; температура воды на выходе  $30^\circ\text{C}$ , вязкость воды равна  $0,556 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ . Если режим течения жидкости в трубе турбулентный, то число Нуссельта равно 20, если режим течения жидкости ламинарный, то число Нуссельта равно 8. Чему равен коэффициент теплоотдачи от движущейся жидкости трубе, если теплопроводность воды равна  $0,64 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ ?

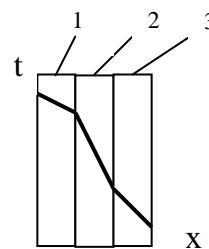
#### Вариант 2 ФИО \_\_\_\_\_

1. Меньше какого значения должен быть коэффициент теплопроводности чтобы материал считался теплоизоляционным?

А)  $0,01 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$  Б)  $0,02 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$  В)  $0,1 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$  Г)  $0,2 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$  Д)  $2 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$

2. Какой слой многослойной стенки имеет наименьший коэффициент теплопроводности.

- А) Слой 1.  
 Б) Слой 3.  
 В) Слой 2.



3. Назовите вид теплообмена, который возможен в условиях отсутствия вещества между телами (в вакууме).

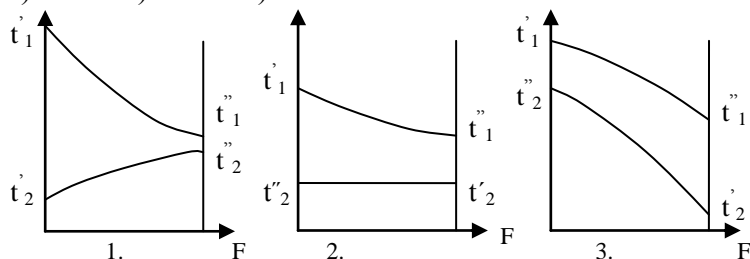
- А) Теплопроводность. Б) Конвекция. В) Излучение. Г) Все виды теплообмена возможны  
 Д) Возможны только теплопроводность и излучение.

4. Стальной трубопровод проложен на открытом воздухе. Как изменится коэффициент теплопередачи, если трубопровод обдувать потоком воздуха?

- А) Практически не изменится. Б) Уменьшится. В) Увеличится.

5. Как изменяются температуры в рекуперативном теплообменнике при прямотоке.

- А) 1    Б) 2    В) 3



6. Вторая ступень химводоподготовки предназначена для

- А) Удаления из воды растворенных газов    Б) Удаления из воды механических загрязнений  
 В) Удаления из воды растворенных солей    Г) Удаления из воды хлора.

7. Определите толщину слоя изоляции плоской поверхности с температурой 225 °С, отдающей теплоту в воздух с температурой 25 °С, (коэффициент теплоотдачи 10 Вт/(м<sup>2</sup>·К)), чтобы тепловой поток от стенки уменьшился в 4 раза, а температура на поверхности изоляции была равна температуре воздуха. Материал изоляции – кирпич с  $\lambda = 0,8 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ .

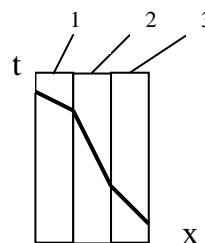
8. В трубопроводе с внутренним диаметром  $d = 125 \text{ мм}$  и длиной  $l = 10 \text{ м}$  течет горячая вода. Расход воды через трубу 30 л/с; температура воды на входе 70 °С; температура воды на выходе 30 °С, вязкость воды равна  $0,556 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ . Если режим течения жидкости в трубе турбулентный, то число Нуссельта равно 20, если режим течения жидкости ламинарный, то число Нуссельта равно 8. Чему равен коэффициент теплоотдачи от движущейся жидкости трубе, если теплопроводность воды равна  $0,64 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ ?

### Вариант 3 ФИО \_\_\_\_\_

1. У какого вещества наименьший коэффициент теплопроводности?

- А) Вода    Б) Дерево    В) Воздух    Г) Пенопласт    Д) Минеральная вата

2. Какой слой многослойной стенки имеет наибольший коэффициент теплопроводности.





- А) Слой 1.
- Б) Слой 3.
- В) Слой 2.

3. Как изменится степень черноты, если трубу покрыть алюминиевой краской?  
 А) Увеличиться Б) Уменьшиться В) Не изменится.

4. Твердая поверхность охлаждается в потоке жидкости. Укажите изменение температуры поверхности при уменьшении коэффициента теплоотдачи.  
 А) Температура поверхности увеличится. Б) Температура поверхности уменьшится.  
 В) Температура поверхности не изменится.

5. Регенераторы – это:

- А) Теплообменные аппараты, в которых передача теплоты между двумя жидкостями осуществляется через разделяющую стенку.
- Б) Теплообменные аппараты, в которых обмен теплотой осуществляется при смешивании горячей и холодной жидкостей.
- В) Теплообменные аппараты, в которых одна и та же поверхность нагрева омывается то горячей, то холодной жидкостью.

6. Подпиточная линия в тепловой схеме ТЭЦ предназначена для

- А) Восполнения утечек теплоносителя из тепловой сети Б) Поддачи воды в паровой котел
- В) Поддачи свежей воды в деаэрактор Г) Подпитки электричеством аккумулятора

7. Плоскую поверхность с температурой  $340\text{ }^{\circ}\text{C}$  надо изолировать так, чтобы потери тепла не превышали  $300\text{ Вт/м}^2$ . Температура на внешней поверхности изоляции  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Найти толщину изоляции.  $\lambda_{\text{из}} = 0,05\text{ Вт/(м}\cdot\text{K)}$ . Чему будет равен тепловой поток от изоляции, если коэффициент теплоотдачи равен  $23\text{ Вт/(м}^2\cdot\text{K)}$ , а температура окружающей среды  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

8. В трубопроводе с внутренним диаметром  $d = 125\text{ мм}$  и длиной  $l = 10\text{ м}$  течет горячая вода. Расход воды через трубу  $30\text{ л/с}$ ; температура воды на входе  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; температура воды на выходе  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , вязкость воды равна  $0,556\cdot 10^{-6}\text{ м}^2/\text{с}$ . Если режим течения жидкости в трубе турбулентный, то число Нуссельта равно 20, если режим течения жидкости ламинарный, то число Нуссельта равно 8. Чему равен коэффициент теплоотдачи от движущейся жидкости трубе, если теплопроводность воды равна  $0,64\text{ Вт/(м}\cdot\text{K)}$ ?

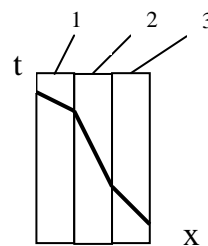
### Вариант 4 ФИО \_\_\_\_\_

1. Как измениться коэффициент теплопроводности при увеличении влажности материала?

- А) Увеличиться Б) Уменьшиться В) Не изменится.

2. Какой слой многослойной стенки имеет наибольший коэффициент теплопроводности.

- А) Слой 1.
- Б) Слой 3.
- В) Слой 2.



3. Закон Кирхгофа для теплового излучения:

- А) Определяет суммарное излучение поверхности тела по всем направлениям полупространства.  
Б) Устанавливает количественную связь между излучательной и поглощательной способностями тела.  
В) Устанавливает распределение энергии излучения абсолютно черного тела в зависимости от длины волны.

4. Теплоотдача при омывании поверхности водой, по сравнению с теплоотдачей в воздухе, как правило:

- А) Гораздо выше.    Б) Гораздо ниже.    В) Одного порядка.

5. У какого теплообменного аппарата больше эффективность?

- А) Кожухотрубного    Б) Пластинчатого    В) Роторного регенератора    Г) Регенератора Каупера.

6. Питательная линия в тепловой схеме ТЭЦ предназначена для

- А) Восполнения утечек теплоносителя из тепловой сети    Б) Поддачи воды в паровой котел  
В) Для поддачи свежей воды в деаэратор    Г) Для выработки электрической энергии

7. Чугунная стенка толщиной 10 мм, с  $\lambda_{\text{ч}} = 90 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ , покрыта слоем изоляции из пенопласта с  $\lambda_{\text{п}} = 0,05 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ . Коэффициенты теплоотдачи  $\alpha_1 = 100 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$  и  $\alpha_2 = 10 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$ . Коэффициент теплопередачи равен  $1,96 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$ . Определить толщину изоляции.

8. В трубопроводе с внутренним диаметром  $d = 125 \text{ мм}$  и длиной  $l = 10 \text{ м}$  течет горячая вода. Расход воды через трубу 30 л/с; температура воды на входе  $70 \text{ }^\circ\text{C}$ ; температура воды на выходе  $30 \text{ }^\circ\text{C}$ , вязкость воды равна  $0,556 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ . Если режим течения жидкости в трубе турбулентный, то число Нуссельта равно 20, если режим течения жидкости ламинарный, то число Нуссельта равно 8. Чему равен коэффициент теплоотдачи от движущейся жидкости трубе, если теплопроводность воды равна  $0,64 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ ?

## Комплект лабораторных заданий

### Лабораторная работа №1

#### Уравнение состояния реальных газов

##### **Цель работы**

Изучение поведения реального газа (этана) и представление результатов исследования в PV-диаграмме.

##### **Порядок выполнения работы:**

1. Включить электронагреватель с термостатом 1, с помощью регулятора 2 установить нужную температуру. Опыт начинаем тогда, когда температура достигла нужного значения на термометре 5 и стабилизировалась. Значения температур для опытов должны находиться в пределах от 10 до 35 градусов и задаются преподавателем.

2. С помощью вентиля 3 необходимо выставить нужный объем (шкала 4) и снять показания манометра 6.

3. Результаты занести в протокол.

4. Опыт необходимо провести 3 раза при разных температурах.
5. В масштабе построить в  $PV$ -диаграмме три изотермы.

***Контрольные вопросы.***

1. Взаимодействие молекул реального газа?
2. Уравнение Ван-дер-Ваальса и его анализ?
3. Критическая температура?
4. Схема экспериментальной установки.
5. Принцип работы поршневого компрессора

**Лабораторная работа №2**  
**Определение показателя адиабаты воздуха**

***Цель работы.***

Целью работы является углубление знаний в теории исследования термодинамических процессов, ознакомление с методикой опытного определения показателя адиабаты реальных газов, получения навыков в проведении теплотехнического эксперимента и его статистической обработки.

При выполнении работы производится экспериментальное определение численного значения показателя адиабаты воздуха и ознакомление со статистическими методами обработки результатов эксперимента.

***Порядок выполнения работы:***

1. Поочередным включением каждого из выключателей по показанию вольтметра проверить напряжение каждой фазы. Опыт запрещается проводить, если отсутствует напряжение хотя бы одной фазы.

2. Убедиться по показанию манометра, что в ресивере нет избыточного давления. В противном случае выпустить из ресивера воздух через кран 11.

3. Перекрыть кран 11. Кран 7 поставить в положение, при котором сжатый воздух из компрессора будет поступать в ресивер.

4. Включить одновременно тремя выключателями электродвигатель и, наблюдая за показанием бачкового манометра, закачать воздух в ресивер до давления, требуемого в опыте (Ризб.1).

5. По достижении заданного давления поворотом крана 7 направить воздушный поток от компрессора в атмосферу. Отключить электродвигатель.

6. Выждав 5-7 минут, необходимых для охлаждения сжатого воздуха до температуры окружающей среды (о наступлении этого момента будет свидетельствовать установившееся показание манометра), записать значение давления Ризб.2 в протокол.

7. Открыть кран 11 на время не более 2 секунд и выпустить сжатый воздух из ресивера в атмосферу. При этом Ризб3. станет равным нулю. Закрывать кран.

8. После 5-7 минут, пока прогреется охладившийся при адиабатном расширении воздух до температуры окружающей среды, занести в протокол значение давления Ризб.4.

9. Каждая серия опытов производится 4 раза для различных начальных давлений (согласно пп. 2-8), численные значения которых или задаются преподавателем, или принимаются равными 800, 700 и 600 мм вод.ст. (около 8, 7 и 6 кПа соответственно). Общее количество опытов равно 12.

10. Определить абсолютное давление воздуха в начале изохорного процесса снижения давления с отводом теплоты (P1), в начале адиабатного расширения (P2), в начале и в конце изохорного повышения давления с подводом теплоты (P3 и P4) по следующей формуле:

$$P_i = P_{изб\ i} \times g + P_{бар}, \text{ Па} \quad (22)$$

где Pбар - барометрическое давление, Па, измеренное по лабораторному барометру;

$g = 9,81$  - ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

Ризб i - избыточное давление, мм вод. ст.

11. Вычислить значение показателя адиабаты k по (21). Причем, принимая P3 = Pбар, и используя выражение (22), значение k можно определить по следующей формуле:

12. Определить среднее значение показателя адиабаты воздуха для серии проводимых опытов:

где n - количество опытов

13. Определить отклонение каждого опыта:

14. Рассчитать действительную ошибку эксперимента:

где k0= 1,4 - известное общепринятое значение показателя адиабаты воздуха.

15. Рассчитать среднеквадратичную ошибку эксперимента при m = 10:

Отчет оформляется один на бригаду и должен содержать следующее: основные положения теории; краткое описание экспериментальной установки и схему; результаты замеров и расчетов в виде протокола (приложение 1). Расчеты прилагаются на отдельном листе.

### ***Контрольные вопросы.***

*При допуске к работе:*

1. Что является целью лабораторной работы?

2. Объясните устройство лабораторного стенда и назначение каждого элемента установки.

3. Что необходимо проверить перед началом работы?
4. Расскажите порядок включения и выключения электродвигателя компрессора.
5. Когда и какие положения должен занимать трехходовой кран?
6. Для чего необходимо производить выдержку времени?
7. Каковы требования к скорости открытия выпускного крана?
8. Измерение каких параметров необходимо для определения показателя адиабаты  $k$  в опыте?
9. Как можно определить, что температура сжатого воздуха стала равной температуре окружающей среды?
10. Какие процессы имеют место в опыте?

*При защите работы:*

1. Чему равен показатель адиабаты?
2. Каковы численные значения  $k$  для газов различной атомности?
3. От каких параметров состояния идеального и реального газов зависит  $k$ ?
4. Как влияет температура на значение  $k$  идеального и реального газов?
5. Давление в каких точках необходимо знать, чтобы определить  $k$ ?
6. Какими зависимостями связаны между собой  $k$ ,  $C_p$ ,  $C_v$ .
7. Каким газом - реальным или идеальным полагается воздух в расчетных соотношениях?
8. Охарактеризуйте процессы, протекающие в опыте?

### **Лабораторная работа №3** **Изучение работы теплового насоса**

#### ***Цель работы***

Исследование работы теплового насоса. Определение холодильного коэффициента цикла  $\epsilon$ .

#### ***Порядок выполнения работы:***

1. Включить установку в сеть.
2. руководствуясь гидropневматической схемой перевести установку в первый вариант с помощью вентилей 13.
3. Занести в протокол массы и начальные значения температур воды в обоих резервуарах.
4. Кнопкой «ВКЛ» запустить компрессор.
5. Записать значения силы тока и напряжения.
6. Через 10-15 минут повторно занести значения температур в протокол.

7. Кнопкой «ВЫКЛ» выключить компрессор и перевести установку во второй вариант.

8. Повторить пункты с 3 по 6

9. Кнопкой «ВЫКЛ» выключить компрессор и перевести установку в первый вариант.

10. Повторить пункты с 3 по 6

11. Кнопкой «ВЫКЛ» выключить компрессор, выключатель «СЕТЬ» и выключить установку из сети

### ***Контрольные вопросы***

1. Принципиальная схема теплового насоса.
2. Цикл теплового насоса в T-S диаграмме
3. Как определить работу поршневого компрессора?
4. Как определить количество теплоты отданное нагреваемой жидкостью?
5. Удельное количество низкопотенциальной теплоты отведенное от охлаждаемого резервуара?
6. Уравнение теплового баланса?
7. Сравнение холодильного коэффициента  $\varepsilon$  и  $\varepsilon^{\text{карно}}$

## **Лабораторная работа №4.**

### **Определение коэффициента теплопроводности теплоизоляционных материалов методом трубы**

#### ***Цель работы.***

Целью работы является углубление знаний в области теории теплопроводности, изучение методики экспериментального определения коэффициента теплопроводности изоляционных материалов, исследование эффективности тепловой изоляции и получение навыков в проведении экспериментальных работ.

В процессе подготовки и при проведении лабораторной работы, студенту необходимо ознакомиться с теоретическими положениями, являющимися основой метода трубы; ознакомиться с составом оборудования и принципом действия экспериментальной установки; определить значение коэффициента теплопроводности исследуемого материала; определить эффективность применения изоляционных материалов для снижения тепловых потерь при изоляции труб.

#### ***Порядок выполнения работы:***

1. Изучить теоретические основы по данной теме.
2. Изучить главу «Описание оборудования», расположение и назначение отдельных частей установки.

3. Включить учебное оборудование, используя автомат (ВКЛ.) субблока «СЕТЬ».

4. Перекрыть все вентили.

5. Подключить ноутбук к стенду, используя USB кабель и блок согласования. Включить ноутбук.

6. Запустить программу «Теплотехника жидкости».

7. Установить трехходовой кран в направлении потока через электрический теплообменник. Открыть вентиль К5.

8. Выставить режим циркуляции насоса переключением флажка на корпусе насоса (выполняется преподавателем). Включить насос тумблером, расположенным справа на модуле питания стенда.

9. Установить проток жидкости приоткрыв задвижку, двигая курсор задвижки на экране монитора.

10. Установить режим работы расходомера. Обнулить показания счетчиков.

11. Открыть клапан, нажав кнопку «Клапан холодный» на экране монитора.

12. Снимая показания с приборов или с экрана монитора, оформить результаты работы в таблицу.

### ***Контрольные вопросы.***

1. Как осуществляется передача тепловой энергии в твердых телах?

2. Чем определяется интенсивность переноса тепловой энергии в твердых телах?

3. Объясните действие основного закона теплопроводности.

4. Дайте определение коэффициента теплопроводности.

5. От чего зависит величина коэффициента теплопроводности?

6. Что такое тепловая изоляция?

7. В каких случаях обычно применяют тепловую изоляцию?

8. Приведите пример теплового изолятора.

9. Что такое термическое сопротивление?

10. Определите условие эффективности применения изоляции на трубопроводе.

11. Объясните изменение тепловых потерь на рис.5.3.

12. Что такое критический диаметр изоляции?

13. Почему, как правило, трубопроводы малых диаметров не изолируют?

14. Объясните назначение основных элементов экспериментальной установки (рис.5.4).

15. Какие устройства применяются для измерения температуры в данной лабораторной работе?

16. Как определить класс точности прибора экспериментальной установки?

### **Лабораторная работа № 5. Определение передаваемой тепловой мощности кожухотрубного теплообменного аппарата**

#### ***Цель работы***

Исследовать тепловые процессы, происходящие в кожухотрубном теплообменном аппарате.

#### ***Порядок выполнения работы:***

1. Изучить теоретические основы по данной теме.
2. Изучить главу «Описание оборудования», расположение и назначение отдельных частей установки.
3. Включить учебное оборудование, используя автомат (ВКЛ.) субблока «СЕТЬ».
4. Перекрыть все вентили.
5. Подключить ноутбук к стенду, используя USB кабель и блок согласования. Включить ноутбук.
6. Запустить программу «Теплотехника жидкости».
7. Установить трехходовой кран в направлении потока через теплообменник труба в трубе. Кранами К11, К12, К13, К14 установить направление потока жидкости.
8. Выставить режим циркуляции насосов горячего и холодного контуров переключением флажков на корпусе насосов (выполняется преподавателем). Включить насосы тумблерами, расположенными справа на модуле питания стенда.
9. Установить проток жидкости, приоткрыв задвижки, двигая курсоры задвижек на экране монитора.
10. Выставить температуру горячего теплоносителя с помощью кнопок на панели ТРМ субблока «Регулятор температуры». Включить нагреватель выключателем, находящимся справа от ТРМ.
11. Открыть задвижку горячего контура на 60%.
12. Открыть клапан, нажав кнопку «Клапан горячий» на экране монитора.
13. Установить режим работы расходомеров «Расход».



14. Дождаться установления стационарного потока жидкости и стабильной температуры.
15. Открыть задвижку холодного контура на 10-12 %.
16. Открыть клапан, нажав кнопку «Клапан холодный» на экране монитора.
17. Снимая показания с приборов или с экрана монитора. Заполнить таблицу 4.2.
18. Рассчитать коэффициент теплопередачи  $k = \frac{Q}{t}$ .
19. После окончания работы рассчитать и заполнить 6 и 7 столбцы таблиц.
20. Повторить пункты 7...19, но необходимо больше приоткрыть задвижки.
21. Провести 5 опытов при разной скорости течения жидкости.
22. Выключить стенд, предварительно сохранив результаты на ноутбуке.
23. Подготовить отчет о проделанной работе, сделать выводы.

#### ***Контрольные вопросы.***

1. Конструкции теплообменных аппаратов?
2. Отличие рекуперативного теплообменного аппарата от регенеративного?
3. Уравнение теплопередачи?
4. Средний температурный напор между жидкостями разделенными стенкой?
5. Теплоемкость воды?
6. Режимы течения жидкости?
7. Коэффициент теплопередачи?

#### **Критерии оценки (письменный ответ)**

100-86 баллов - если ответ показывает глубокое и систематическое знание всего программного материала и структуры конкретного вопроса, а также основного содержания и новаций лекционного курса по сравнению с учебной литературой. Студент демонстрирует отчетливое и свободное владение концептуально-понятийным аппаратом, научным языком и терминологией соответствующей научной области. Знание основной

литературы и знакомство с дополнительно рекомендованной литературой. Логически корректное и убедительное изложение ответа.

85-76 - баллов - знание узловых проблем программы и основного содержания лекционного курса; умение пользоваться концептуально-понятийным аппаратом в процессе анализа основных проблем в рамках данной темы; знание важнейших работ из списка рекомендованной литературы. В целом логически корректное, но не всегда точное и аргументированное изложение ответа.

75-61 - балл – фрагментарные, поверхностные знания важнейших разделов программы и содержания лекционного курса; затруднения с использованием научно-понятийного аппарата и терминологии учебной дисциплины; неполное знакомство с рекомендованной литературой; частичные затруднения с выполнением предусмотренных программой заданий; стремление логически определенно и последовательно изложить ответ.

60-50 баллов – незнание, либо отрывочное представление о данной проблеме в рамках учебно-программного материала; неумение использовать понятийный аппарат; отсутствие логической связи в ответе.