

**Федеральное агентство по образованию РФ**  
**АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**ГОУВПО «АмГУ»**

УТВЕРЖДАЮ

Зав.кафедрой энергетики

\_\_\_\_\_ Н.В. Савина

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2007г.

**ТЕПЛОТЕХНИКА**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

для специальностей

220301 «Автоматизация технологических процессов и производств»

280101 «Безопасность жизнедеятельности»

260704 «Технология текстильных изделий»

260901 «Технология швейных изделий»

260902 «Конструирование швейных изделий»

Составитель: Гриценко М.В.

Благовещенск

2007 г.

*Печатается по решению  
редакционно-издательского совета  
энергетического факультета  
Амурского государственного  
университета*

*Гриценко М.В.*

**Учебно-методический комплекс по дисциплине «Теплотехника»** для студентов специальностей: 220301 «Автоматизация технологических процессов и производств», 280101 «Безопасность жизнедеятельности», 260704 «Технология текстильных изделий», 260901 «Технология швейных изделий», 260902 «Конструирование швейных изделий». – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2007. – 44 с.

Учебно-методические рекомендации предназначены для оказания помощи студентам очной и заочной форм обучения в изучении дисциплины «Теплотехника»: формирования знаний о закономерностях взаимного превращения теплоты и работы, взаимосвязи между тепловыми и механическими процессами, которые совершаются в тепловых и холодильных машинах, а также процессами распространения теплоты в твердых, жидких и газообразных телах.

**В авторской редакции**

© Амурский государственный университет, 2007.

© Гриценко Марина Викторовна, 2007.

## АННОТАЦИЯ

Подготовка инженера по специальности 220301 «Автоматизация технологических процессов и производств» специализации «Автоматизация технологических процессов тепловых электрических станций» включает изучение дисциплины «Теплотехника» в разделе дисциплин специализации ДС.1.

Государственный образовательный стандарт подготовки инженера по специальности 280100 «Безопасность жизнедеятельности в техносфере» включает изучение дисциплины «Теплотехника» в разделе ОПД.Ф.03.

Государственный образовательный стандарт подготовки инженера по специальностям 260704 «Технология текстильных изделий», 260901 «Технология швейных изделий», 260902 «Конструирование швейных изделий» включает изучение дисциплины «Теплотехника» в разделе ОПД.Ф.02.

Согласно учебным планам специальностей данная дисциплина изучается на третьем курсе обучения (пятый семестр), предусмотрены следующие виды занятий и формы контроля (дневное обучение).

**для специальности 220301 «Автоматизация технологических процессов и производств» специализации «Автоматизация технологических процессов тепловых электрических станций»**

Лекции	<i>54 часа</i>
Лабораторные занятия	<i>18 часов</i>
Самостоятельная работа	<i>58 часов</i>
Вид итогового контроля	<i>экзамен</i>
Всего	<i>130 часов</i>

**для специальности 280100 «Безопасность жизнедеятельности в техносфере»**

Лекции	<i>36 часов</i>
Практические занятия	<i>18 часов</i>
Лабораторные занятия	<i>18 часов</i>
Самостоятельная работа	<i>81 час</i>
Вид итогового контроля	<i>экзамен</i>
Всего	<i>153 часа</i>

**для специальностей 260704 «Технология текстильных изделий», 260901 «Технология швейных изделий», 260902 «Конструирование швейных изделий»**

Лекции	<i>18 часов</i>
Лабораторные занятия	<i>18 часов</i>
Самостоятельная работа	<i>32 часа</i>
Вид итогового контроля	<i>зачет</i>
Всего	<i>68 часов</i>

Учебно-методический комплекс дисциплины «Теплотехника» включает в себя:

1. Примерные программы дисциплины «Теплотехника» для указанных специальностей.
2. Рабочие учебные программы по дисциплине «Теплотехника» (Амурский государственный университет, кафедра «Энергетика», для специальности 220301 «Автоматизация технологических процессов и производств» – составитель Гриценко М.В., 2006 г.; для специальности 280100 «Безопасность жизнедеятельности в техносфере» – составители Присяжная С.П., Гриценко М.В., 2006 г.; для специальностей 260704 «Технология текстильных изделий», 260901 «Технология швейных изделий», 260902 «Конструирование швейных изделий» – составитель Гриценко М.В., 2007 г.;
3. Настоящий учебно-методический комплекс.

В настоящем учебно-методическом комплексе приведен краткий конспект лекций (с указанием тем для самостоятельного изучения и вопросов для самопроверки), методические рекомендации и методические указания по проведению практических и лабораторных занятий, графики самостоятельной работы и методические указания по выполнению, комплекты заданий для домашних расчетных и контрольных работ, а также материалы по контролю качества образования (методические указания по организации контроля знаний студентов, критерии оценки знаний студентов и фонды тестовых заданий).

# 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ, ЕЕ МЕСТО В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

## 1.1. Цель преподавания дисциплины

Предметом изучения дисциплины «Теплотехника» являются закономерности взаимного превращения теплоты и работы, взаимосвязь между тепловыми и механическими процессами, которые совершаются в тепловых и холодильных машинах, а также процессы распространения теплоты в твердых, жидких и газообразных телах. В теоретической части «Термодинамика» и «Тепломассообмен» являются общим разделом науки о способах превращения и передачи энергии, а в прикладной части представляют собой теоретический фундамент всей теплотехники, изучающей процессы, протекающие в тепловых двигателях и теплообменных аппаратах. Кроме того, как прикладные вопросы рассматриваются свойства и основные характеристики топлива, принцип действия и устройство котельных установок и паровых турбин, а также технологические процессы производства тепловой и электрической энергии на тепловых электрических станциях.

### 1.1. Термодинамика:

Целью дисциплины является изучение законов термодинамики, ознакомление с основными термодинамическими свойствами рабочих тел и теплоносителей теплотехнических установок, методами расчета и анализа рабочих процессов и циклов теплотехнических установок с целью достижения их наивысшей энергетической эффективности.

### 1.2. Теплообмен:

Целью дисциплины является изучение закономерностей основных процессов переноса тепла, приобретение навыков экспериментального исследования процессов теплообмена посредством физического и математического моделирования, ознакомления с методами расчета и анализа работы теплообменных аппаратов.

### 1.3. Прикладные вопросы

*для специальностей 220301 «Автоматизация технологических процессов и производств» и 280101 «Безопасность жизнедеятельности в техносфере»:*

Целью является изучение свойств и основных характеристик различных видов топлива, ознакомление с устройством и принципом действия паровых котлов и турбин, технологической схемой тепловой электрической станции, охрана окружающей среды от выбросов котельных установок, основы энергосбережения, использование вторичных энергетических ресурсов.

*для специальностей 260704 «Технология текстильных изделий», 260901 «Технология швейных изделий», 260902 «Конструирование швейных изделий»:*

Целью является изучение применения теплоты в отрасли, охрана окружающей среды от вредных выбросов, основные направления экономии энергетических ресурсов.

## **1.2. Задачи изучения дисциплины**

Задачей изучения дисциплины является обеспечение знаний студентов в области термодинамики и теплообмена, развитие навыков и умения использования элементов теплотехнического анализа при решении конкретных задач в области теплоэнергетики.

В результате изучения дисциплины студенты должны знать:

- законы термодинамики;
- основные термодинамические процессы;
- теплосиловые газовые и паровые циклы;
- методы анализа эффективности циклов теплосиловых установок;
- основные способы передачи теплоты и их закономерности;
- устройство и принцип действия основного технологического оборудования ТЭС;
- основные показатели работы ТЭС.

Уметь:

- применять уравнения и справочную литературу для определения термодинамических свойств различных веществ и расчета задач теплообмена;
- рассчитывать величины, характеризующие преобразование энергии в термодинамических процессах и циклах теплотехнических установок;
- вычислять показатели энергетической эффективности прямых и обратных термодинамических циклов;
- рассчитывать величины, характеризующие интенсивность процессов теплообмена;
- уметь выполнять тепловой расчет теплообменных аппаратов.

Знания и умения, полученные в курсе, являются необходимыми для понимания процессов, происходящих в тепловых двигателях и теплообменных устройствах, а также технологических процессов производства тепловой и электрической энергии на ТЭС.

## **1.3. Перечень дисциплин, освоение которых необходимо при изучении данной дисциплины**

Математика: дифференциальное и интегральное исчисления; дифференциальные уравнения; основы вычислительного эксперимента; уравнения математической физики.

Физика: молекулярная физика и термодинамика, способы передачи теплоты.

Химия: химическая термодинамика и кинетика: энергетика химических процессов, химическое и фазовое равновесие, скорость реакции и методы ее регулирования.

## **2. КРАТКИЙ КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ**

Теоретические сведения, необходимые для изучения дисциплины изложены в [1, 2, 3]. Ниже приводится краткий конспект лекций, а также темы для самостоятельного изучения и вопросы для самопроверки.

### **Тема 1**

#### **Основные понятия и исходные положения термодинамики.**

Предмет и метод термодинамики. Термодинамическая система и окружающая среда. Параметры состояния. Термодинамический процесс. Идеальный газ. Основные законы идеального газа. Термическое уравнение состояния идеального газа. Универсальное уравнение состояния идеального газа.

*Для самостоятельного изучения.*

1. Термодинамическая система. ([1] стр. 18-20)
2. Основные законы идеального газа. ([1] стр. 26)

*Вопросы для самопроверки.*

1. Что понимается под термодинамической системой?
2. Что понимается под окружающей средой?
3. Какая термодинамическая система называется гомогенной? Гетерогенной?
4. Какая термодинамическая система называется замкнутой? Открытой? Адиабатной?
5. Какие величины связывает между собой закон Бойля-Мариотта?
6. Какие величины связывает между собой закон Гей-Люссака?
7. Какие величины связывает между собой закон Авогадро?

### **Тема 2**

#### **Первый закон термодинамики.**

Теплота и работа как способы передачи энергии. Внутренняя энергия. Обратимые и необратимые процессы. Аналитические выражения первого закона термодинамики.

Свойства энтальпии, ее физический смысл.

Теплоемкость газов. Изохорная и изобарная теплоемкости. Молекулярно-кинетическая теория теплоемкости газов. Истинная и средняя теплоемкости.

*Для самостоятельного изучения.*

1. Равновесность и обратимость процессов. Термодинамическое равновесие. ([2] стр. 39-41)
2. Смеси идеальных газов. ([1] стр.34-39)

*Вопросы для самопроверки.*

1. При каких условиях термодинамическая система находится в равновесии?
2. Какой процесс называется равновесным? Обратимым?
3. Может ли быть обратимым реальный процесс?
4. Как может быть задана смесь идеальных газов?
5. Как определяется газовая постоянная смеси? Средняя молярная масса смеси?
6. Как определяется удельный объем и плотность смеси?
7. Сформулируйте закон Дальтона.
8. Как определяются парциальные давления газов?

### **Тема 3**

#### **Основные процессы идеальных газов.**

Порядок исследования термодинамических процессов. Изохорный процесс. Изобарный процесс. Изотермический процесс. Адиабатный процесс. Политропные процессы.

*Для самостоятельного изучения.*

Исследование политропных процессов. ([1] стр. 70-74)

*Вопросы для самопроверки.*

1. Как определяется показатель политропы?
2. Как зависит теплоемкость от показателя политропы?
3. Что можно определить по сводным графикам политропных процессов в  $p, v$ - и  $T, s$ -диаграммах?

### **Тема 4**

#### **Второй закон термодинамики.**

Основные положения второго закона. Круговые термодинамические процессы, или циклы. Прямой обратимый цикл Карно. Термический коэффициент полезного действия.

T,s-диаграмма и ее свойства. Принцип возрастания энтропии и физический смысл второго закона термодинамики. Максимальная работа. Эксергия рабочего тела, потока и теплоты. Потеря эксергии в необратимых процессах.

*Для самостоятельного изучения.*

Обобщенный (регенеративный) цикл Карно. ([1] стр. 171-172)

*Вопросы для самопроверки.*

1. Из каких изопроцессов состоит регенеративный цикл Карно?
2. Почему он так называется?

## **Тема 5**

### **Фазовые переходы.**

Фазовая pT-диаграмма. Условия фазового равновесия. Правило фаз Гиббса. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.

## **Тема 6**

### **Процессы течения газов.**

Основные уравнения процессов течения (уравнение неразрывности потока, I первый закон термодинамики для потока). Основные закономерности соплового и диффузорного течения газа. Скорость звука. Истечение идеального газа из суживающихся сопел. Максимальный расход и критическая скорость. Переход через скорость звука. Сопло Лавалля. Истечение с учетом необратимости. Адиабатное дросселирование идеального газа.

*Для самостоятельного изучения.*

1. Параметры торможения ([1] стр. 105-106)
2. Истечение с учетом необратимости. Коэффициенты скорости и расхода. ([1] стр. 122-123)

*Вопросы для самопроверки.*

1. Что такое параметры торможения? Как они определяются?
2. Как изменяются параметры торможения с увеличением скорости движения газа?
3. Чем действительный процесс истечения газа отличается от теоретического?
4. Как определяется коэффициент скорости? Коэффициент расхода?
5. Что называется коэффициентом потери энергии?

## Тема 7

### Процессы сжатия в компрессоре.

Типы компрессоров. Принцип действия поршневого компрессора. Работа одноступенчатого компрессора. Теоретическая индикаторная диаграмма. Действительная индикаторная диаграмма. Процессы сжатия в реальном компрессоре. Многоступенчатый компрессор.

*Для самостоятельного изучения.*

Лопаточные компрессоры. ([1] стр. 216-225)

*Вопросы для самопроверки.*

1. Принцип действия и устройство центробежного компрессора.
2. Как определяется КПД и мощность центробежного компрессора?
3. Принцип действия и устройство осевого компрессора.

## Тема 8

### Газовые циклы.

Принцип действия и классификация двигателей внутреннего сгорания. Индикаторная диаграмма и циклы поршневого двигателя внутреннего сгорания. Циклы с подводом тепла при постоянном объеме (цикл Отто), при постоянном давлении (цикл Дизеля) и смешанным подводом тепла (цикл Тринклера). КПД циклов и их термодинамический анализ.

Принципиальная схема газотурбинной установки. Цикл газотурбинной установки с подводом тепла при постоянном давлении. Термический КПД идеального цикла. Действительный цикл и его КПД. Влияние необратимости процессов сжатия и расширения. Регенерация, многоступенчатое сжатие и ступенчатый подвод тепла в газотурбинной установке.

*Для самостоятельного изучения.*

Цикл газотурбинной установки с подводом тепла при постоянном объеме. ([1] стр. 165-168)

*Вопросы для самопроверки.*

1. Приведите схему ГТУ с подводом теплоты при постоянном объеме, поясните принцип действия.
2. Как изображается данный цикл в  $p, v$  и  $T, s$ -диаграммах?

3. Как определяется и от чего зависит термический КПД цикла?

## **Тема 9**

### **Реальные газы. Водяной пар.**

Термодинамические свойства реальных газов.  $P, v$ -диаграмма. Уравнение Ван-дер-Ваальса и его анализ.

Удельный объем, энтальпия и энтропия воды, влажного насыщенного, сухого насыщенного и перегретого пара. Таблицы термодинамических свойств воды и водяного пара.  $T, s$ -диаграмма и  $h, s$ -диаграмма для водяного пара. Изо-процессы водяного пара.

Истечение водяного пара. Дросселирование водяного пара. Эффект Джоуля-Томсона.

*Для самостоятельного изучения.*

Истечение водяного пара. ([1] стр. 123-125)

*Вопросы для самопроверки.*

1. Как определяется скорость истечения водяного пара?
2. Как для водяного пара определяется  $\beta_{кр}$ ?
3. Как изображаются теоретический и действительный процессы истечения в  $h, s$ -диаграмме?

## **Тема 10**

### **Циклы паротурбинных установок.**

Цикл Карно на влажном паре. Принципиальная схема паротурбинной установки. Цикл Ренкина. Изображение цикла Ренкина в  $p, v$ - и  $T, s$ -диаграммах. Термический КПД цикла. Влияние начальных и конечных параметров пара на термический КПД цикла. Необратимое расширение пара в турбине. Тепловой и энергетический балансы паротурбинной установки.

Цикл и схема паротурбинной установки со вторичным перегревом пара. Изображение цикла в  $T, s$ - и  $h, s$ -диаграммах. КПД цикла. Регенеративный подогрев питательной воды. Термический КПД регенеративного цикла. Комбинированная выработка электроэнергии и тепла. Теплофикационные циклы.

Схемы и циклы парогазовых установок.

*Для самостоятельного изучения.*

Теплофикационные циклы. ([1] стр. 194-195)

*Вопросы для самопроверки.*

1. Как изображается теплофикационный цикл в  $T,s$ -диаграмме?
2. Почему увеличивается общая экономичность теплофикационного цикла?

## Тема 11

### Методы анализа эффективности циклов теплосиловых установок.

О методах анализа эффективности циклов. Методы сравнения термических КПД обратимых циклов. Метод коэффициентов полезного действия в анализе необратимых циклов. Энтропийный метод расчета потерь работоспособности в необратимых циклах. Эксергетический метод расчета потерь работоспособности.

*Для самостоятельного изучения.*

Энтропийный метод расчета потерь работоспособности. ([5] стр. 15-22)

*Вопросы для самопроверки.*

1. В чем заключается энтропийный метод расчета потерь работоспособности?
2. Как определяется потеря работоспособности в каждом элементе установки?
3. Какие виды необратимости имеют место в реальных типах теплосиловых установок?
4. Как определяется коэффициент потери работоспособности?

## Тема 12

### Циклы холодильных установок.

Обратные циклы. Обратный цикл Карно. Холодильный коэффициент. Принципиальная схема и цикл воздушной холодильной установки. Принципиальная схема и цикл парокомпрессионной холодильной установки. Цикл теплового насоса.

*Для самостоятельного изучения.*

Абсорбционные и парожетторные холодильные установки. ([1] стр. 203-206)

*Вопросы для самопроверки.*

1. В чем принципиальное отличие абсорбционных и парожетторных холодильных установок от воздушных и парокомпрессорных?

2. Поясните принцип действия холодильной установки абсорбционного типа.
3. Поясните принцип действия парожеткторной холодильной установки.

### **Тема 13**

#### **Основы химической термодинамики.**

Тепловой эффект химической реакции. Закон Гесса. Константа химического равновесия и изменение термодинамического потенциала.

### **Тема 14**

#### **Основы теории теплообмена. Теплопроводность.**

Основные понятия и определения. Способы передачи теплоты. Количественные характеристики переноса теплоты. Основной закон теплопроводности. Коэффициент теплопроводности. Перенос теплоты теплопроводностью при стационарном режиме.

*Для самостоятельного изучения.*

Теплопроводность жидкостей. Теплопроводность металлов. ([1] стр. 275-277)

*Вопросы для самопроверки.*

1. Как теплопроводность жидкостей зависит от температуры?
2. От чего зависит теплопроводность металлов?
3. Как теплопроводность металлов зависит от температуры?

### **Тема 15**

#### **Конвективный теплообмен.**

Основной закон конвективного теплообмена. Коэффициент теплоотдачи. Режимы движения жидкости. Пограничный слой. Понятие о методе размерностей и теории подобия. Теплоотдача при вынужденном движении теплоносителя. Теплоотдача при естественной конвекции. Теплоотдача при изменении агрегатного состояния вещества.

*Для самостоятельного изучения.*

Теплообмен при пузырьковом и пленочном кипении. ([1] стр. 521-525)

*Вопросы для самопроверки.*

1. Как влияет поверхностное натяжение, давление насыщения, краевой угол  $\theta$ , наличие оксидов на поверхности нагрева на коэффициент теплоотдачи?
2. От чего зависит интенсивность теплоотдачи при вынужденном течении кипящей жидкости в трубах?
3. Основные способы интенсификации теплоотдачи при пленочном течении.

## **Тема 16** **Лучистый теплообмен.**

Основные понятия и определения лучистого теплообмена. Основные законы теплового излучения (закон Планка, закон Вина, закон Стефана-Больцмана, закон Ламберта, закон Кирхгофа). Теплообмен излучением системы тел в прозрачной среде. Использование экранов для защиты от излучения. Перенос лучистой энергии в поглощающей и излучающей среде.

*Для самостоятельного изучения.*

Определение температуры излучающих тел. ([1] стр. 542-543)

*Вопросы для самопроверки.*

1. Что такое радиационная интегральная температура? Как она определяется?
2. Что такое цветовая температура? Как она определяется?

## **Тема 17** **Теплопередача.**

Сложный теплообмен. Теплопередача. Коэффициент теплопередачи. Интенсификация теплопередачи. Тепловая изоляция.

## **Тема 18** **Основы теплового расчета теплообменных аппаратов.**

Типы теплообменных аппаратов. Теплопередача в рекуперативных теплообменниках. Изменение температуры теплоносителей. Температурный напор. Определение коэффициента теплопередачи. Тепловая эффективность теплообменных аппаратов. Виды теплового расчета теплообменных аппаратов. Гидравлический расчет теплообменных аппаратов.

*Для самостоятельного изучения.*

Теплопередача в регенеративных теплообменниках. ([1] стр. 602-612)

*Вопросы для самопроверки.*

1. Из каких периодов состоит рабочий цикл регенератора?
2. Как определяется теплота, передаваемая в регенераторе?
3. В какой последовательности выполняется расчет регенератора?
4. Как определяется температура матрицы?
5. Как определяется температура теплоносителей?

## **Тема 19**

### **Виды и характеристики топлива. Основы теории горения.**

Состав и основные характеристики твердого, жидкого и газообразного топлива. Теплота сгорания топлива. Условное топливо. Классификация топлив. Количество воздуха, необходимого для горения. Объемы и состав продуктов сгорания. Энтальпия продуктов сгорания. Особенности сжигания твердых топлив и газа.

*Для самостоятельного изучения.*

Моторные топлива для поршневых ДВС. ([1] стр. 620-626)

*Вопросы для самопроверки.*

1. Назовите основные эксплуатационные свойства бензина.
2. Назовите основные эксплуатационные свойства дизельных топлив.
3. Основные преимущества газовых топлив.
4. Что такое псевдокритические температура и давление?

## **Тема 20**

### **Котельные установки.**

Общие сведения о котельных установках. Паровой котел и его основные элементы. Поверхности нагрева котла. Тепловой баланс парового котла, коэффициент полезного действия. Технологическая схема котельной установки.

*Для самостоятельного изучения.*

Конструкции отечественных котлов. ([12] стр. 153-157)

*Вопросы для самопроверки.*

1. Поясните устройство барабанных котлов с естественной циркуляцией.
2. По какой схеме работают водогрейные котлы? Поясните их устройство.
3. Для чего предназначены котлы-утилизаторы? Поясните их устройство.

## **Тема 21**

### **Паровые турбины.**

Мощность и КПД турбины. Классификация турбин. Конденсационные установки паровых турбин.

## **Тема 22**

### **Тепловые электрические станции.**

Общие сведения и классификация ТЭС. Коэффициент полезного действия и тепловая схема паротурбинной конденсационной ТЭС. Нагрузки ТЭС и технико-экономические показатели. Охрана окружающей среды от вредных выбросов ТЭС.

*Для самостоятельного изучения.*

Атомные электрические станции. ([12] стр. 189-191)

*Вопросы для самопроверки.*

1. Поясните принцип действия АЭС.
2. Какие типы реакторов используются на современных АЭС?

3. Поясните основные элементы, схемы и условия работы одно-, двух- и трехконтурных АЭС.

### Тема 23

#### Общие сведения о теплоснабжении. Энергосбережение.

Общие сведения о теплоснабжении. Теплоснабжение промышленных предприятий: источники теплоты, режимы теплопотребления. Отопление: тепловая нагрузка, тепловая сеть, регулирование отпуска теплоты, циркуляция воды в сети, тепловой баланс помещения. Вентиляция. Кондиционирование воздуха.

Основные способы организации энергосберегающих технологий. Использование вторичных энергоресурсов.

*Для самостоятельного изучения.*

Кондиционирование воздуха. ([12] стр. 199-203)

*Вопросы для самопроверки.*

1. Что такое системы кондиционирования воздуха?
2. Что такое комфортное и технологическое кондиционирование?
3. Какие основные процессы происходят в кондиционерах?
4. Поясните схему автономных кондиционеров, для чего они применяются?

## 3. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

Практические занятия предусмотрены только для специальности 280101 «Безопасность жизнедеятельности в техносфере» в объеме 18 часов.

### 3.1. Методические рекомендации по проведению практических занятий

Практические занятия предусматривают решение задач по темам дисциплины. Основные расчетные формулы, необходимые для решения задач, задачи (с ответами), примеры решения типовых задач и необходимый справочный материал приведены в [6] (темы 1-5), [9] (темы 6, 7), [10] (тема 8).

В начале практического занятия следует вспомнить необходимые для решения задач теоретические сведения (работа с аудиторией). Далее разбираются

несколько (три, четыре – в зависимости от объема) типовых задач. Приводится (если это необходимо) алгоритм решения типовых задач. Разбираются примеры типовых ошибок. Далее для решения предлагаются более сложные задачи (одна, две), требующие креативного подхода.

Выдается домашнее расчетное задание (если оно предусмотрено по данной теме), анализируется выполнение предыдущего домашнего задания, разбираются типовые ошибки.

### 3.2. Перечень тем практических занятий.

1. Первый закон термодинамики. Теплоемкость, энтальпия и внутренняя энергия идеальных газов. (2 часа)
2. Смеси идеальных газов. (2 часа)
3. Основные процессы идеальных газов. (2 часа)
4. Циклы двигателей внутреннего сгорания и циклы газотурбинных установок. (2 часа)
5. Циклы холодильных машин. (2 часа)
6. Теплопроводность многослойной плоской стенки. (2 часа)
7. Тепловой расчет теплообменных аппаратов. (2 часа)
8. Состав и основные характеристики топлива. (2 часа)
9. Вредные выбросы котельных агрегатов. (2 часа)

### 3.3. Методические указания к практическим занятиям

Таблица 1

№	Темы практических занятий	Объем в часах	Номера задач
1	2	3	4
1	Первый закон термодинамики. Теплоемкость, энтальпия и внутренняя энергия идеальных газов	2	2.1*, 2.2*, 2.3, 2.16, 2.20, 3.1*, 3.2*, 3.3*, 3.4*, 3.8, 3.23, 4.1*, 4.3, 4.6*, 4.7, 4.12 [6]
2	Смеси идеальных газов	2	5.2, 5.6, 5.9, 5.10*, 5.12, 5.13
3	Основные процессы идеальных газов	2	6.2*, 6.5, 6.7, 6.8, 6.16, 6.20, 6.24*, 6.25, 6.31, 6.35 [6]
4	Циклы двигателей внутреннего сгорания и циклы газотурбинных установок	2	12.2, 12.4, 12.22*, 12.24, 12.25, 13.1*, 13.2*, 13.4, 13.7 [6]
5	Циклы холодильных машин	2	15.1, 15.5*, 15.7, 15.12, 15.14 [6]
6	Теплопроводность многослойной плоской стенки	2	1-3, 1-8, 1-9, 1-10*, 1-13, 1-15, 1-16, [9]
7	Тепловой расчет теплообменных аппаратов	2	12-1, 12-2, 12-3, 12-4*, 12-5, 12-9, 12-10, 12-11 [9]
1	2	3	4
8	Состав и основные характеристики топ-	2	1.1, 1.2, 1.5, 1.6, 1.7, 2.5, 2.10,

	лива		[10]
9	Вредные выбросы котельных агрегатов	2	5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5*, 5.7 [10]

Задачи, отмеченные \* рекомендуются для самостоятельного решения.

### 3.3. План проведения практического занятия

Тема занятия: Циклы холодильных машин.

Цель: научить студентов определять параметры циклов воздушной холодильной установки, паровой компрессорной холодильной установки и теплового насоса.

Вопросы:

1. Какие установки называются холодильными?
2. Что такое холодильный агент?
3. Назовите группы холодильных установок.
4. Какие вещества являются хладагентами в этих установках?
5. Какой величиной характеризуется эффективность работы холодильной установки? Как она определяется?
6. Как определяется холодильный коэффициент цикла Карно?
7. Из каких элементов состоит схема воздушной холодильной установки? Какие процессы в них происходят?
8. Из каких элементов состоит схема паровой компрессорной установки? Какие процессы в них происходят?
9. Как работает тепловой насос?

Решение задач

Указания.

Записать краткое условие задачи, перевести исходные данные в систему СИ.

При расчете циклов холодильных установок следует изобразить рассматриваемый цикл в  $T,s$ -диаграмме. Далее определяются температуры в характерных точках цикла и неизвестные (по условию) величины. При расчете паровых компрессорных установок энтальпии холодильного агента определяются по табл.23-25 приложений [6].

#### Задача № 15.1 [6]

Воздушная холодильная машина должна обеспечить температуру в охлаждаемом помещении  $t_{\text{охл}} = -5 \text{ }^{\circ}\text{C}$  при температуре окружающей среды  $t_{\text{о.с.}} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Холодопроизводительность машины 840 МДж/ч. Давление воздуха на выходе из компрессора  $p_2 = 0,5 \text{ МПа}$ , давление в холодильной камере  $p_1 = 0,1 \text{ МПа}$ .

Определите мощность двигателя для привода машины, расход воздуха, холодильный коэффициент и количество теплоты, передаваемое окружающей

среде. Подсчитайте холодильный коэффициент машины, работающей по циклу Карно в том же интервале температур. Представьте цикл в Ts-диаграмме.

Решение.

1. Определяем температуры в характерных точках цикла. Температуру в точке 2 найдем из соотношения параметров адиабатного процесса 1-2.

$$T_2 = T_1 \cdot \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} ; \quad T_2 = 268 \cdot \left( \frac{0,5}{0,1} \right)^{\frac{1,4-1}{1,4}} = 424,5K$$

Температуру в точке 4 найдем из соотношения параметров адиабатного процесса 3-4.

$$T_4 = T_3 \cdot \left( \frac{p_4}{p_3} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} = T_3 \left( \frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} ; \quad T_4 = 293 \cdot \left( \frac{0,1}{0,5} \right)^{\frac{1,4-1}{1,4}} = 185K$$

2. Определяем удельную холодопроизводительность цикла и расход воздуха (хладагента).

Удельная холодопроизводительность определяется:

$$q_0 = c_p (T_1 - T_4), \text{ где } c_p \text{ – изобарная теплоемкость воздуха.}$$

$$c_p = \frac{\mu c_p}{\mu} ; \quad \mu c_p = \frac{7}{2} \tilde{R} ; \quad c_p = \frac{29,1}{28,96} = 1,005 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

$$q_0 = c_p (T_1 - T_4) ; \quad q_0 = 1,005(268 - 185) = 83,415 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Расход воздуха:

$$m_{\tau} = \frac{Q_0}{q_0} ; \quad m_{\tau} = \frac{840 \cdot 10^3}{83,415} = 10070 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$$

3. Определяем холодильный коэффициент цикла

$$\varepsilon = \frac{T_1}{T_2 - T_1} ; \quad \varepsilon = \frac{268}{424,5 - 268} = 1,71$$

Холодильный коэффициент цикла Карно, осуществляемого в том же интервале температур.

$$\varepsilon = \frac{T_1}{T_3 - T_1} ; \quad \varepsilon = \frac{268}{293 - 268} = 10,72$$

4. Определяем мощность двигателя для привода установки.

Мощность двигателя установки определяются:

$$N = L = \frac{Q_0}{\varepsilon}; \quad N = L = \frac{840 \cdot 10^3}{3600 \cdot 1,71} = 136,45 \text{ кВт}$$

Также мощность установки можно определить как разность работы, затрачиваемой в компрессоре, и работы, получаемой в расширительном цилиндре.

Удельная работа, затрачиваемая на привод компрессора

$$l_K = c_p(T_2 - T_1); \quad l_K = 1,005(424,5 - 268) = 157,28 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Удельная работа, получаемая в детандере

$$l_\partial = c_p(T_3 - T_4); \quad l_\partial = 1,005(293 - 185) = 108,54 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Удельная работа, затрачиваемая на привод установки (удельная работа цикла)

$$l_u = l_K - l_\partial; \quad l_u = 157,28 - 108,54 = 48,74 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Мощность двигателя установки

$$N = L = m_r \cdot l_u; \quad N = L = \frac{10070}{3600} \cdot 48,74 = 136,34 \text{ кВт}$$

5. Определяем количество теплоты, передаваемое окружающей среде.

$$Q_2 = m_r \cdot c_p(T_2 - T_3);$$

$$Q_2 = 10070 \cdot 1,005(424,5 - 293) = 1330,8 \frac{\text{МДж}}{\text{ч}}$$

#### Задача № 15.5 [6]

Воздушная холодильная установка имеет холодопроизводительность 840 МДж/ч. Параметры воздуха на выходе из холодильной машины:  $p_1 = 0,1$  МПа и  $t_1 = -3$  °С. После сжатия воздух имеет давление 0,4 МПа. Температура окружающей среды 20 °С.

Определите температуру воздуха после расширения, мощность компрессора и детандера, холодильный коэффициент. Определите холодильный коэффициент обратного цикла Карно в том же интервале температур.

#### Задача № 15.7 [6]

Компрессор холодильной установки всасывает пар фреона-12 при  $t_1 = -15$  °С и степени сухости  $x_1=0,972$  и изэнтропно сжимает его до давления. При котором степень сухости  $x_2=1$ .

Из компрессора фреон-12 поступает в конденсатор, где охлаждается водой с температурой на входе  $t_{1В} = 12$  °С, а на выходе  $t_{1В} = 20$  °С.

В дроссельном вентиле жидкий фреон-12 дросселируется до состояния влажного пара, после чего направляется в испаритель, из которого выходит со степенью сухости  $x_1$ . Теплота, необходимая для испарения фреона-12, подводится из охлаждаемой камеры.

Определите теоретическую мощность двигателя холодильной установки, часовой расход фреона-12 и охлаждающей воды, если холодопроизводительность установки  $Q_0=200$  МДж/ч.

#### Задача № 15.12 [6]

В аммиачной холодильной установке влажный пар аммиака при  $t_1 = -5$  °С и  $x_1=0,95$  изэнтропно сжимается до тех пор, пока не становится сухим насыщенным. После этого он поступает в конденсатор, где превращается в жидкость, а затем переохлаждается до  $t_3 = 10$  °С. После дросселирования пар подсушивается. Отбирая из охлаждаемого объекта теплоту, пар снова поступает в компрессор.

Холодопроизводительность установки  $Q_0=800$  МДж/ч.

Определите холодильный коэффициент и сравните его с холодильным коэффициентом цикла Карно для того же интервала температур.

#### Задача № 15.14 [6]

Для отопления зданий может быть использована холодильная установка, в которой нижним источником теплоты служит окружающая среда. Этот принцип положен в основу работы теплового насоса. В результате его работы теплота передается источнику теплоты с более высокой температурой, чем окружающая среда.

Сколько можно получить теплоты в час для отопления здания при помощи теплового насоса, если температура охлаждающей среды  $t_{о.с.} = -5$  °С, температура нагревательных устройств  $t_H = 25$  °С. Мощность двигателя компрессора  $N=15$  кВт. Холодильный агент – аммиак.

## 4. ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 4.1. Методические рекомендации по проведению лабораторных занятий

Лабораторные занятия предусматривают проведение эксперимента на лабораторных стендах (в том числе используется компьютерный лабораторный стенд, где реализуется имитационное моделирование термодинамических и теплообменных процессов). Методические указания по выполнению лабораторных работ, контрольные вопросы и необходимый справочный материал приведены в [4].

На первом занятии зав. лабораторией проводит инструктаж по технике безопасности, делается соответствующая запись в журнале по ТБ лаборатории. Студенты, не прошедшие инструктаж по технике безопасности, к выполнению лабораторных работ не допускаются.

В начале лабораторного занятия осуществляется допуск к выполнению работы. Для допуска необходимо знать цель и содержание работы, пояснить схему рабочего участка и порядок проведения эксперимента.

Лабораторная работа выполняется подгруппой (два, три человека), каждой подгруппе выдается индивидуальное задание (исходные данные).

Отчет по лабораторной работе оформляется каждым студентом индивидуально и должен содержать:

- тему и цель работы;
- схему экспериментального участка;
- протокол эксперимента (в табличной форме);
- обработку результатов исследования (в отчете приводятся подробные расчеты для одного экспериментального режима, при выполнении нескольких аналогичных расчетов результаты приводятся в табличной форме);
- результаты обработки опытных данных (в табличной форме);
- графические зависимости, полученные в работе;
- выводы.

Текст отчета выполняется на листах формата А4 в рукописном или машинописном виде, графические зависимости следует выполнять на миллиметровой бумаге формата А4 или А5. Обязательно указание единиц измерения приводимых (полученных экспериментально или рассчитанных) величин. Допускается выполнение расчетов и построение графических зависимостей с помощью прикладных расчетных программ (например, Mathcad).

Для защиты результатов лабораторной работы следует представить преподавателю отчет и ответить (письменно или устно) на контрольные вопросы.

Темы лабораторных занятий приведены в рабочей программе дисциплины и настоящем учебно-методическом комплексе.

## **4.2. Перечень тем лабораторных занятий**

1. Исследование процесса адиабатного истечения газов через сужающееся сопло. (2 часа)
2. Определение теплопроводности твердых материалов методом пластины. (2 часа)
3. Исследование теплоотдачи при вынужденном движении воздуха в трубе. (2 часов)
4. Исследование теплоотдачи при естественной конвекции около горизонтального цилиндра. (2 часа)
5. Исследование теплоотдачи при естественной конвекции около вертикального цилиндра в атмосфере различных газов. (2 часа)
6. Определение коэффициента излучения электропроводящего материала калориметрическим методом. (2 часа)
7. Исследование работы теплообменного аппарата. (4 часа)
8. Интенсификация работы теплообменного аппарата. (2 часа)

### **4.3. Методические указания по выполнению лабораторных работ**

Методические указания по выполнению лабораторных работ приведены в [4].

Методические указания содержат: тему и цель работы, теоретические сведения, описание рабочего участка (экспериментальной установки), порядок проведения эксперимента, обработку результатов исследования, контрольные вопросы и необходимый справочный материал.

## **5. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ**

### **5.1. Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы**

Самостоятельная работа предусматривает:

- подготовку студентов к аудиторным лекционным, практическим и лабораторным занятиям;
- выполнение домашних расчетных заданий (для специальностей 280101 «Безопасность жизнедеятельности в техносфере» и 220301 «Автоматизация технологических процессов и производств»)

Для усвоения дисциплины необходима систематическая самостоятельная работа, контроль которой осуществляется с помощью графика самостоятельной работы (табл. 2, 3, 3).

Темы аудиторных лекционных, практических и лабораторных занятий; темы и задания для расчетных домашних работ; рекомендуемая литература

приведены в рабочих программах дисциплин и настоящем учебно-методическом комплексе.

## 5.2. Графики самостоятельной работы студентов

Таблица 2

Для специальности 220301

«Автоматизация технологических процессов и производств»

№	Содержание	Объем в часах	Формы контроля	Сроки (недели)
1	2	3	4	5
1	Подготовка к лекционным занятиям (тема 1)	1	Тестирование на лекции	1
2	Подготовка к лекционным занятиям (тема 2)	3	Тестирование на лекции	1, 2
3	Подготовка к лекционным занятиям (тема 3)	1	Тестирование на лекции	2, 3
4	Подготовка к лекционным занятиям (тема 4)	3	Тестирование на лекции.	3
5	Подготовка к лекционным занятиям (тема 6)	1	Блиц-опрос на лекции	3, 4
	Подготовка к лаборат. работе № 1	2	Защита лаб. работы	
6	Подготовка к лекционным занятиям (тема 7)	1	Блиц-опрос на лекции.	4, 5
7	Подготовка к лекционным занятиям (тема 8)	2	Тестирование на лекции.	5, 6
	Домашнее задание № 1	4	Проверка и защита домашнего задания	
8	Подготовка к лекционным занятиям (тема 9)	1	Блиц-опрос на лекции.	6, 7
9	Подготовка к лекционным занятиям (тема 10)	6	Блиц-опрос на лекции.	7, 8, 9
	Домашнее задание № 2	4	Проверка и защита домашнего задания	
10	Подготовка к лекционным занятиям (тема 11)	1	Блиц-опрос на лекции.	9
11	Подготовка к лекционным занятиям (тема 12)	3	Блиц-опрос на лекции.	9, 10
12	Подготовка к лекционным занятиям (тема 14)	1	Тестирование на лекции.	10, 11
	Подготовка к лаборат. работе № 2	2	Защита лаб. работы	
13	Подготовка к лекционным занятиям (тема 15)	2	Тестирование на лекции.	11, 12
	Подготовка к лабор. работам № 3,4,5	6	Защита лаб. работ	
14	Подготовка к лекционным занятиям (тема 16)	1	Тестирование на лекции.	12, 13
	Подготовка к лаборат. работе № 6	2	Защита лаб. работы	
1	2	3	4	5
15	Подготовка к лекционным занятиям	1	Блиц-опрос на лекции.	13

	(тема 17)			
16	Подготовка к лекционным занятиям (тема 18) Подготовка к лаборат. работам № 7, 8	1 3	Тестирование на лекции Защита лаборат. работ	13,14
17	Подготовка к лекционным занятиям (тема 19)	1	Блиц-опрос на лекции.	14, 15
18	Подготовка к лекционным занятиям (тема 20)	2	Блиц-опрос на лекции.	15, 16
19	Подготовка к лекционным занятиям (тема 21)	1	Блиц-опрос на лекции.	17
20	Подготовка к лекционным занятиям (тема 22)	1	Блиц-опрос на лекции.	17
21	Подготовка к лекционным занятиям (тема 23)	1	Блиц-опрос на лекции.	18

Таблица 3

для специальности 280101  
«Безопасность жизнедеятельности в техносфере»

№	Содержание	Объем в часах	Формы контроля	Сроки (недели)
1	2	3	4	5
1	Подготовка к лекционным и практическим занятиям (тема 1)	7	Тестирование на лекции	1,2
2	Подготовка к лекционным и практическим занятиям (тема 2)	2	Блиц-опрос на лекции	2, 3
3	Подготовка к лекционным и практическим занятиям (тема 3)	4	Тестирование на лекции	3, 4
4	Подготовка к лекционным занятиям (тема 4)	3	Блиц-опрос на лекции	4,
5	Подготовка к лекционным занятиям (тема 5)	3	Блиц-опрос на лекции	5
6	Подготовка к лекционным занятиям (тема 6) Подготовка к лабораторной работе	1 3	Блиц-опрос на лекции. Защита лаб. работы	5, 6
7	Подготовка к лекционным и практическим занятиям (тема 8) Домашнее задание № 1	2 6	Тестирование на лекции Проверка и защита домашнего задания	6, 7
8	Подготовка к лекционным занятиям (тема 9)	4	Блиц-опрос на лекции	7
9	Подготовка к лекционным занятиям (тема 10) Домашнее задание № 2	2 5	Блиц-опрос на лекции Проверка и защита домашнего задания	8
10	Подготовка к лекционным занятиям (тема 11)	1	Блиц-опрос на лекции	9
1	2	3	4	5
11	Подготовка к лекционным и практическим занятиям (тема 12)	2	Блиц-опрос на лекции	9, 10

	ческим занятиям (тема 12)			
12	Подготовка к лекционным занятиям (тема 13)	1	Блиц-опрос на лекции	10
13	Подготовка к лекционным и практическим занятиям (тема 14)	2	Тестирование на лекции	11
	Подготовка к лаборат. работе № 2	3	Защита лаб. работы	
14	Подготовка к лекционным занятиям (тема 15)	2	Тестирование на лекции.	12, 13
	Подготовка к лабор. работам № 3,4,5	8	Защита лаб. работ	
15	Подготовка к лекционным занятиям (тема 16)	1	Тестирование на лекции	13, 14
	Подготовка к лаборат. работе № 6	3	Защита лаб. работы	
16	Подготовка к лекционным занятиям (тема 17)	1	Блиц-опрос на лекции.	14
17	Подготовка к лекционным и практическим занятиям (тема 18)	2	Тестирование на лекции	15
	Подготовка к лаборат. работам № 7,8	4	Защита лаб. работы	
18	Подготовка к лекционным занятиям (тема 19)	4	Блиц-опрос на лекции	16
19	Подготовка к лекционным и практическим занятиям (тема 20)	2	Блиц-опрос на лекции.	17
20	Подготовка к лекционным занятиям (тема 23)	3	Блиц-опрос на лекции	18

Таблица 4

для специальностей

260704 «Технология текстильных изделий», 260901 «Технология швейных изделий», 260902 «Конструирование швейных изделий»

№	Содержание	Объем в часах	Формы контроля	Сроки (недели)
1	2	3	4	5
1	Подготовка к лекционным занятиям (тема 1)	3	Блиц-опрос на лекции	1
2	Подготовка к лекционным занятиям (тема 2)	1	Тестирование на лекции	2, 3
3	Подготовка к лекционным занятиям (тема 3, 4)	3	Тестирование на лекции	4, 5
4	Подготовка к лекционным занятиям (тема 6)	1	Блиц-опрос на лекции.	6, 7
	Подготовка к лабораторной работе №1	2	Защита лаб. работы	
5	Подготовка к лекционным занятиям (тема 8)	1	Тестирование на лекции	8, 9
6	Подготовка к лекционным занятиям (темы 5, 9, 13)	1	Блиц-опрос на лекции	10, 11
1	2	3	4	5
7	Подготовка к лекционным	1	Тестирование на лекции	12

	занятиям (тема 14) Подготовка к лаборат. работе № 2	2	Защита лаб. работы	
8	Подготовка к лекционным занятиям (тема 15) Подготовка к лаборат. работам № 3,4,5	1 6	Тестирование на лекции Защита лаб. работ	13, 14
9	Подготовка к лекционным занятиям (тема 16) Подготовка к лаборат. работе № 6	1 2	Тестирование на лекции Защита лаб. работы	15, 16
10	Подготовка к лекционным занятиям (тема 18) Подготовка к лаборат. работам № 7,8	1 2	Тестирование на лекции Защита лаб. работ	17
11	Подготовка к лекционным занятиям (тема 23)	3	Блиц-опрос на лекции.	18

### 5.3. Методические указания по выполнению домашних заданий

Домашние задания выполняются на листах формата А4 (каждое задание оформляется отдельно). Задания для расчета и исходные данные приведены ниже. Исходные данные выбираются из таблицы согласно варианту.

При выполнении домашнего задания следует записать краткое условие и произвести перевод исходных данных в систему СИ. Решение задач должно сопровождаться краткими пояснениями и подробными вычислениями. Необходимо привести соответствующую формулу, выразить из уравнения неизвестную величину (в буквенном выражении), затем подставить числовые значения и найти ответ. Для каждой найденной величины нужно указать единицу измерения (в системе СИ). Если при решении задач какая-либо величина является справочной или определяется по диаграмме, следует привести источник, откуда она взята (с указанием автора, названия, года издания и страницы).

### 5.4. Комплекты заданий для домашних расчетных работ

#### Домашнее задание № 1 "Расчет цикла теплового двигателя"

Рабочее тело (1 кг газа) с первоначальными параметрами  $p_1=0,1$  МПа и  $t_1$ , поступает в ДВС (ГТУ), работающий по идеальному циклу.

#### Определить:

- основные параметры состояния рабочего тела в характерных точках;
- количество подведенного и отведенного в цикле тепла;
- полезную работу, совершенную рабочим телом за цикл;
- термический КПД цикла;
- термический КПД цикла Карно, работающего в тех же интервалах температур.

Построить цикл (в масштабе) в  $p, v$  и  $T, s$  диаграммах.

вариант	1	2	3	4	5	6	7	8
$t_1, ^\circ\text{C}$	50	40	20	50	25	40	20	15
двигатель	ДВС	ДВС	ДВС	ДВС	ДВС	ДВС	ГТУ	ГТУ
подвод тепла	$v=\text{const}$	$v=\text{const}$	$p=\text{const}$	$p=\text{const}$	$v, p=\text{const}$	$v, p=\text{const}$	$p=\text{const}$	$p=\text{const}$
характеристики	$\varepsilon = 7$ $\lambda = 2,5$	$\varepsilon = 6$ $q_1=930$ кДж/кг	$\varepsilon = 14$ $\rho = 1,6$	$\varepsilon = 16$ $q_1=800$ кДж/кг	$\varepsilon = 8$ $\lambda = 2,5$ $\rho = 1,3$	$\varepsilon = 5$ $q_v=800$ кДж/кг $q_p=400$ кДж/кг	$\lambda = 5$ $t_1=375$ $^\circ\text{C}$	$\beta = 6$ $q_1=120$ кДж/кг
газ	азот	гелий	кислород	воздух	углекислый	гелий	воздух	водород

## Домашнее задание № 2

### «Процессы водяного пара. Дросселирование водяного пара»

Начальное состояние водяного пара характеризуется давлением  $p_1$  и степенью сухости  $x_1$ . Водяной пар нагревается в пароперегревателе при постоянном давлении  $p_1$  до температуры  $t_2$ . Затем пар дросселируется до давления  $p'_2$  и направляется в турбину, где адиабатно расширяется до давления  $p_3 = 0,003 \text{ МПа}$ .

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$p_1, \text{ МПа}$	3,5	5,5	4,0	5,0	4,5	3,0	5,5	5,0	4,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
$x$	0,8	0,9	0,92	0,86	0,82	0,9	0,84	0,88	0,92	0,88	0,9	0,86	0,82	0,8
$t_2, ^\circ\text{C}$	460	600	520	480	500	560	440	580	610	550	420	460	540	600
$p'_1, \text{ МПа}$	2,8	5,0	3,5	4,6	4,0	2,4	4,4	4,2	3,8	2,2	2,6	3,4	3,6	4,4

#### Определить:

- все параметры пара в точках 1, 2, 3;
- количество теплоты, подведенной к 1 кг пара в пароперегревателе;
- изменение удельной внутренней энергии пара в пароперегревателе и турбине;
- располагаемый теплоперепад при расширении пара в турбине;
- увеличение располагаемого теплоперепада, при условии, что пар направляется в турбину без дросселирования (при давлении  $p_1$ ), а расширению происходит до того же конечного давления  $p_3 = 0,003 \text{ МПа}$ .

**Указание.** Задание выполнить с помощью  $i, s$ -диаграммы водяного пара.

## 6. МАТЕРИАЛЫ ПО КОНТРОЛЮ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ

## 6.1. Методические указания по организации контроля знаний студентов

Важнейшей составляющей изучения дисциплины является контроль знаний студентов, в том числе тестовый контроль качества освоения профессиональной образовательной программы (проверка остаточных знаний). Приведенные ниже комплекты заданий позволяют оценить степень усвоения теоретического материала и практических навыков и умений по теплотехнике в рамках учебных программ для данных специальностей вузов.

Предусмотрены следующие виды контроля знаний студентов:

### *Входной контроль*

Входной контроль по дисциплине представляет собой тестовые задания, позволяющие оценить знание понятий, определений и закономерностей, используемых в данной дисциплине и изучаемых ранее в других курсах (физика, химия, математика), т.е. подготовленность студентов для освоения данной дисциплины.

### *Межсессионный контроль*

Межсессионный контроль включает теоретические задания (тестирование и блиц-опрос) по изучаемым темам, выполнение и защиту лабораторных работ, выполнение домашних расчетных заданий. Текущий контроль осуществляется систематически в течение семестра (см. графики самостоятельной работы п. 5.2), по результатам контроля выставляется промежуточная аттестация (контрольные точки), экзаменационная оценка по дисциплине выставляется с учетом результатов межсессионного контроля.

### *Экзаменационный контроль*

Итоговой формой контроля знаний студентов является: для специальностей 220301 и 280101 – экзамен; для специальностей 260704, 260901 и 260902 – зачет. В ответах студентов на экзамене знания и умения оцениваются по четырехбалльной системе. Опрос студентов осуществляется в письменно-устной форме. Экзаменационный билет включает два теоретических вопроса по изученному курсу и задачу (каждый вопрос и задача – по разным темам дисциплины). Для подготовки ответа на вопросы и решения задачи дается 40 мин.

### *Контроль остаточных знаний*

Проверка качества освоения профессиональной образовательной программы осуществляется после изучения дисциплины в виде тестирования.

## 6.2. Критерии оценки знаний студентов

*Входной контроль, межсессионный (теоретические задания) контроль и контроль остаточных знаний*

Знания оцениваются по четырехбалльной шкале.

*Отлично* – не менее 85% правильно выполненных заданий; *хорошо* – не менее 75% правильно выполненных заданий; *удовлетворительно* – не менее

50% правильно выполненных заданий; *неудовлетворительно* – менее 50% правильно выполненных заданий.

#### *Итоговый контроль*

для специальностей 220301 и 280101

Итоговой формой контроля знаний студентов является экзамен. В ответах студентов на экзамене знания и умения оцениваются по четырехбалльной шкале.

Оценка «отлично» ставится в случае правильных и полных ответов на оба теоретические вопросы билета и правильного решения задачи.

Оценка «хорошо» ставится в случае:

- правильного, но неполного ответа на один из теоретических вопросов билета, требующего уточняющих дополнительных вопросов со стороны преподавателя или ответа, содержащего ошибки не принципиального характера, которые студент исправляет после замечаний (дополнительных вопросов) преподавателя; правильного решения задачи;

- правильных и полных ответа на оба теоретических вопроса билета; затруднений при решении задачи, с которыми студент справляется после помощи преподавателя.

Оценка «удовлетворительно» ставится в случае:

- ответов, содержащего ошибки принципиального характера на теоретические вопросы билета; правильного решения задачи;

- неверного ответа (отсутствия ответа) на один из теоретических вопросов билета; решения задачи после незначительной помощи преподавателя;

- правильных и полных ответов на оба теоретических вопроса билета; неверного решения задачи (не справился с задачей после помощи преподавателя).

Оценка «неудовлетворительно» ставится в случае:

- неверных ответов (отсутствия ответов) на оба теоретических вопроса билета;

- неверного ответа (отсутствия ответов) на один из теоретических вопросов билета и неверного решения задачи.

для специальностей 260704, 260901 и 260902

Итоговой формой контроля знаний студентов является зачет. При сдаче зачета необходимо ответить на два теоретических вопроса по изученному курсу.

Оценка «зачтено» ставится в случае:

- правильных и полных ответов на оба теоретических вопроса.

- правильного, но неполного ответа на один из вопросов, требующего уточняющих дополнительных вопросов со стороны преподавателя или ответа, содержащего ошибки не принципиального характера, которые студент исправляет после замечаний (дополнительных вопросов) преподавателя;

- правильных, но неполных ответов на оба вопроса, требующих уточняющих дополнительных вопросов со стороны преподавателя или ответа, содержащего

ошибки непринципиального характера, которые студент исправляет после замечаний (дополнительных вопросов) преподавателя.

Оценка «не зачтено» ставится в случае:

- неверного ответа (отсутствия ответа) на один теоретический вопрос и неполного ответа на второй вопрос, требующего уточняющих дополнительных вопросов со стороны преподавателя или ответа, содержащего ошибки непринципиального характера, которые студент исправляет после замечаний (дополнительных вопросов) преподавателя;

- неверных ответов (отсутствия ответов) на оба теоретических вопроса.

### 6.3. Фонды тестовых заданий

#### *Входной контроль*

1. Идеальный газ – это ...
2. Термическое уравнение состояние идеального газа записывается ...
3. Первый закон термодинамики устанавливает зависимость между ...
4. Термический КПД цикла определяется ...
5. Второй закон термодинамики устанавливает зависимость между ...
6. Теплота между телами может передаваться следующими способами ...

#### *Межсессионный контроль*

##### Задания для текущей проверки знаний

#### *По теме 1*

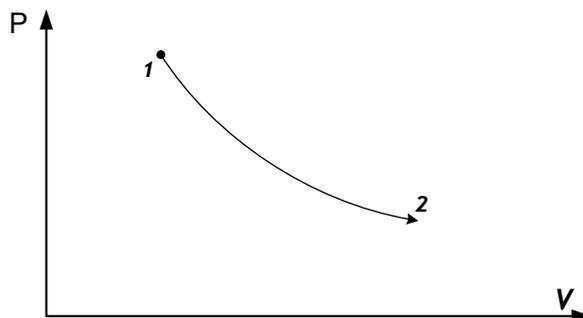
1. Термодинамика изучает ...
2. Закрытая термодинамическая система – такая, ...
3. Основными параметрами состояния являются ..., единицы их измерения следующие ...
4. Если известно  $V$  и  $p_{\text{ВВК}}$ , то  $p_{\text{АБС}}$  можно определить ...
5. Термодинамическое равновесие – ...
6. Экстенсивные параметры состояния – такие ... (приведите пример)
7. Идеальный газ – это ...  
Можно ли считать воздух, азот, водород идеальными газами? При каких условиях?
8. Термическое уравнение состояние идеального газа для 1 кг газа записывается ...

#### *По теме 2*

1. Укажите способы передачи энергии от одного тела к другому.
2. Работа – это...,  
Полная работа обозначается..., единица измерения...

Удельная работа обозначается..., единица измерения...

3. Укажите графически работу расширения, чему она равна?



4. Понятие «внутренняя энергия» включает в себя ...

5. Какое утверждение является верным, что это означает?

а) внутренняя энергия является функцией процесса;

б) внутренняя энергия является функцией состояния.

6. Какое утверждение является верным, что это означает?

а) теплота является аддитивным параметром;

б) теплота является интенсивным параметром.

7. Запишите 1 закон термодинамики для закрытой системы.

8.  $\tilde{c}$  – это...

единица измерения ...

9. В процессе при постоянном давлении и при  $c_p = const$  количество теплоты определяется ...

10. Для любого процесса при  $c = const$  изменение внутренней энергии можно определить...

11. Для идеального газа справедливо следующее соотношение:

а)  $c_p - c_v = R$ ; б)  $R - c_v = c_p$ ; в)  $c_p + c_v = R$ ; г)  $R - c_p = c_v$ .

12. Определить среднюю массовую теплоемкость водорода в процессе с постоянным давлением в интервале температур от  $150^\circ\text{C}$  до  $500^\circ\text{C}$ .

#### По темам 3 и 4

1. Запишите соотношения между параметрами для изобарного процесса.

2. Процесс, в котором изменение внутренней энергии равно нулю:

а) изотермический; б) изохорный; в) адиабатный; г) изобарный.

3. Изобразите изохорный и изобарный процессы в T,s- диаграмме.

4. II закон термодинамики записывается ...

5. Прямым циклом называется такой цикл, ...

6. Термический коэффициент полезного действия показывает:

а) долю теплоты, отведенную от рабочего тела;

б) долю теплоты, полезно превратившуюся в работу;

в) долю теплоты, подведенную к рабочему телу.

7. По прямому циклу Карно работают:

а) газотурбинные установки; б) двигатели внутреннего сгорания;

в) холодильные машины; в) это идеальный цикл.

### По теме 7

- 1.1. Цикл ДВС с подводом тепла при постоянном давлении  $Ts$ -координатах изображается...
- 1.2. Укажите, в каких процессах осуществляется подвод и отвод теплоты.
- 1.3. Процессы 1-2 и 4-1 – это процессы ...
- 1.4. Укажите теплоту, полезно используемую в цикле.
- 1.5. Как определяется термический КПД цикла?
2. Как определяется количество отведенного тепла в цикле Отто?
3. Укажите основные характеристики цикла ДВС со смешанным подводом тепла.

### По теме 12

1. Можно ли электрическую мощность и поток теплоты выражать в одноименных единицах?
2. Теплопроводность характерна для:  
а) твердых тел; б) жидкостей; в) газов.
3. Какое утверждение является справедливыми:  
а)  $\text{grad } t \perp$  изотерме; б)  $\text{grad } t //$  изотерме?
4. Верно ли, что градиент температуры и вектор плотности теплового потока направлены в противоположные стороны?
5. Что такое температурный градиент, в чем он измеряется?
6. Коэффициент теплопроводности зависит:  
а) от температуры; б) от геометрических размеров; в) от материала;  
г) от давления; д) от величины теплового потока,
7. Можно ли коэффициент теплопроводности  $\lambda$  и коэффициент теплоотдачи  $\alpha$  выразить в одинаковых единицах? В каких?
8. Верно ли, что при стационарном режиме теплообмена перепад температур на стенке прямо пропорционален ее термическому сопротивлению?
9. Запишите закон Фурье; укажите величины, входящие в уравнение и единицы их измерения.

### По теме 13

1. Число Рейнольдса является определяющим при:  
а) свободной конвекции; б) вынужденной конвекции.
2. Верно ли, что зависимость коэффициента теплоотдачи  $\alpha$  от температуры представлена в таблицах теплофизических свойств наряду с  $\lambda$ ,  $\nu$  и другими величинами?
3. Конвекция возможна:  
а) в твердых телах; б) в жидкостях; в) в газах.
4. Верно ли, что  $Nu_{ж,х}$  при турбулентном течении вдоль пластины увеличивается с увеличением скорости обтекания?
5. Тепловой пограничный слой – это...

6. При обтекании одиночного цилиндра при изменении угла атаки от  $0^\circ$  до  $90^\circ$  интенсивность теплообмена:  
 а) уменьшается; б) увеличивается.
7. Интенсивность переноса теплоты от поверхности твердого тела к обтекающей его жидкости зависит от:  
 а) физических свойств жидкости; б) физических свойств твердого тела;  
 в) температуры жидкости; г) температуры твердого тела; д) разности температур твердого тела и жидкости; е) скорости движения жидкости;
8. Запишите закон теплоотдачи Ньютона-Рихмана, укажите величины, входящие в уравнение и единицы их измерения.
9. Всегда ли на участке ламинарной свободной конвекции местный коэффициент теплоотдачи уменьшается по мере перемещения жидкости вдоль вертикальной стенки?
10. Возможна ли свободная конвекция вдоль вертикальной стенки без участка с турбулентным движением?
11. Конденсация – это ...
12. Бывают следующие режимы кипения  
 Возникновение того или иного режима зависит от ...

*По темам 14 и 15*

1. Теплообмен между жидкими телами через разделяющую их стенку – это:  
 а) теплоотдача; б) теплопроводность; в) теплопередача.
2. Верно ли, что между стенками, разделенными слоем газа, может существовать как конвективный теплообмен, так и обмен излучением?
3. Является ли перенос теплоты через стекло примером сложного теплообмена?
4. Лучистый теплообмен – это...
5. Какое тело называется абсолютно белым? Существуют ли такие тела в природе?
6. Укажите особенности излучения твердых тел и газов
7. Эффективное излучение тела:  
 а) больше собственного излучения на величину ...  
 б) меньше собственного излучения на величину ...  
 в) равно собственному излучению тела
8. Может ли собственное излучение тела быть меньше отраженного этим телом излучения?
9. Может ли серое тело излучать больше энергии, чем черное тело таких же размеров и в такой же окружающей среде, если температуры серого и черного тел одинаковы?
10. Верно ли, что с помощью экранов можно как уменьшить, так и увеличить лучистый теплообмен?
11. Для защиты тела от излучения в качестве экрана следует использовать материал, у которого:

а) большое значение  $\varepsilon_{\lambda}$ ;

б) малое значение  $\varepsilon_{\lambda}$ .

12. Степень черноты изменяется в интервале ...

Для черного тела она равна...

13. Запишите закон Вина, укажите величины, входящие в это уравнение и единицы их измерения.

14. Закон для черного тела Стефана-Больцмана записывается:

Укажите величины, входящие в это уравнение и единицы их измерения.

### *По теме 16*

1. Контактные теплообменные аппараты – такие, ...

2. Виды теплового расчета теплообменных аппаратов

Результатом расчета является определение...

3. Уравнение теплопередачи

Укажите величины, входящие в уравнение и единицы их измерения

4. Какие преимущества имеет противоточная схема по сравнению с прямоточной?

5. Как изменяются температуры горячего и холодного теплоносителей по длине канала для прямотока и противотока? (зарисовать)

Задания для домашних расчетных заданий приведены в п. 5.4.

### *Экзаменационный контроль*

#### Вопросы к экзамену

1. Предмет и метод термодинамики. Основные понятия и определения: термодинамическая система (открытая, закрытая; адиабатная; замкнутая); термодинамический процесс; окружающая среда, рабочее тело.
2. Идеальный газ, основные параметры состояния. Термическое уравнение состояния идеального газа.
3. Энергия, ее виды. Теплота и работа как способы передачи энергии.
4. Первый закон термодинамики для неподвижного газа. Энтальпия, ее свойства.
5. Теплоемкость газов; массовая, молярная, объемная теплоемкости, связь между ними; изохорная, изобарная; истинная и средняя теплоемкости; способы определения теплоемкости.
6. Смеси идеальных газов. Способы задания смесей. Расчет газовой постоянной и теплоемкости смеси.

7. Термодинамические процессы идеальных газов (изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный, политропный).
8. Второй закон термодинамики. Энтропия, диаграмма T-S. Расчет изменения энтропии.
9. Понятие цикла, прямой, обратный цикл. Порядок исследования циклов тепловых двигателей. Цикл Карно. Понятие термического КПД.
10. Элементы термодинамики движущегося газа. Массовый и объемный расходы. Уравнение неразрывности. Первый закон термодинамики для движущегося газа.
11. Основные закономерности соплового и диффузорного течений. Режимы течения. Критический режим течения, критические параметры. Сверхкритический режим истечения. Сопло Лаваля.
12. Циклы ДВС с подводом тепла при постоянном объеме, при постоянном давлении. Цикл ДВС со смещенным подводом тепла.
13. ГТУ с подводом тепла при постоянном давлении. Цикл ГТУ с регенерацией тепла. Способы повышения эффективности ГТУ.
14. Реальные газы, их свойства. Уравнение состояния Ван-дер-Ваальса.
15. Водяной пар. Основные понятия и определения.
16.  $Pv$ -диаграмма водяного пара. Основные параметры жидкости, насыщенного и перегретого пара.  $Ts$ - и  $is$ - диаграммы водяного пара. Таблицы водяного пара.
17. Термодинамические процессы изменения состояния водяного пара (изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный).
18. Истечение водяного пара. Дросселирование водяного пара.
19. Цикл Карно для водяного пара. Цикл Ренкина, его термический КПД. Влияние основных параметров на КПД цикла Ренкина.
20. Цикл со вторичным перегревом пара.
21. Регенеративный цикл паротурбинной установки.
22. Теплофикационный цикл. Принципиальная схема ТЭЦ.
23. Циклы парогазовых установок.
24. Методы анализа эффективности циклов теплосиловых установок.
25. Основные понятия о работе холодильных установок. Обратный цикл Карно.
26. Цикл воздушной холодильной установки. Цикл паровой компрессорной холодильной установки.
27. Влажный воздух. Основные понятия и определения.  $Id$ - диаграмма влажного воздуха.
28. Теплопроводность. Основной закон теплопроводности.
29. Конвективный теплообмен. Закон Ньютона-Рихмана.
30. Теплоотдача при вынужденном движении жидкости в трубе.
31. Теплоотдача при естественной конвекции.
32. Лучистый теплообмен. Основные понятия и законы.
33. Сложный теплообмен. Интенсификация теплопередачи.
34. Типы теплообменных аппаратов. Основные расчетные уравнения.

35. Виды и характеристики топлив. Основы теории горения.
36. Котельные установки. Охрана окружающей среды от выбросов котельных агрегатов.
37. Типы и принцип действия паровых турбин.
38. Принципиальная тепловая схема паротурбинной конденсационной ТЭС.
39. Охрана окружающей среды от вредных выбросов ТЭС.
40. Общие сведения о теплоснабжении.
41. Энергосберегающие технологии. Использование вторичных теплоэнергетических ресурсов.

### Вопросы к зачету

1. Предмет и метод термодинамики. Основные понятия и определения: термодинамическая система (открытая, закрытая; адиабатная; замкнутая); термодинамический процесс; окружающая среда, рабочее тело.
2. Идеальный газ, основные параметры состояния. Термическое уравнение состояния идеального газа.
3. Энергия, ее виды. Первый закон термодинамики для неподвижного газа.
4. Теплоемкость газов; массовая, молярная, объемная теплоемкости, связь между ними; изохорная, изобарная, истинная и средняя теплоемкости; способы определения теплоемкости.
5. Смеси идеальных газов. Способы задания смесей. Расчет газовой постоянной и теплоемкости смеси.
6. Термодинамические процессы идеальных газов (изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный, политропный).
7. Второй закон термодинамики. Энтропия, диаграмма T-S. Расчет изменения энтропии.
8. Понятие цикла, прямой, обратный цикл. Порядок исследования циклов тепловых двигателей. Цикл Карно. Понятие термического КПД.
9. Фазовые переходы. Правило фаз Гиббса.
10. Элементы термодинамики движущегося газа. Массовый и объемный расходы. Уравнение неразрывности. Первый закон термодинамики для движущегося газа.
11. Основные закономерности соплового и диффузорного течений. Режимы течения. Критический режим течения, критические параметры. Сверхкритический режим истечения. Сопло Лавалья.
12. Циклы ДВС с подводом тепла при постоянном объеме, при постоянном давлении. Цикл ДВС со смешанным подводом тепла.
13. ГТУ с подводом тепла при постоянном давлении. Способы повышения эффективности ГТУ.
14. Реальные газы, их свойства. Уравнение состояния Ван-дер-Ваальса.
15. Тепловой эффект химической реакции. Закон Гесса.
16. Теплопроводность. Основной закон теплопроводности.

17. Конвективный теплообмен. Закон Ньютона-Рихмана.
18. Теплоотдача при вынужденном движении жидкости в трубе.
19. Теплоотдача при естественной конвекции.
20. Лучистый теплообмен. Основные понятия и законы.
21. Сложный теплообмен. Интенсификация теплопередачи.
22. Типы теплообменных аппаратов. Основные расчетные уравнения.
23. Охрана окружающей среды от вредных выбросов.
24. Энергосберегающие технологии. Виды и использование вторичных тепло-энергетических ресурсов.

### Контроль остаточных знаний

Тестовые задания для проверки остаточных знаний  
по дисциплине «Теплотехника»

23 задания

время тестирования 45 минут

Инструкция: При ответе следует выбрать один ответ из предложенных (задания 11, 12, 15 содержат несколько правильных ответов).

### Вариант 1

1. Термодинамическая система, которая не обменивается с окружающей средой ни энергией, ни веществом, называется:
  - а) открытой; б) закрытой; в) замкнутой.
2. Если известны манометрическое и атмосферное давления, то абсолютное давление можно определить:
  - а)  $P_{абс} = P_{атм} - P_{ман}$ ; б)  $P_{абс} = P_{атм} + P_{ман}$ ; в)  $P_{абс} = P_{ман} - P_{атм}$ .
3. Какое утверждение является верным, что это означает?
  - а) работа является функцией процесса; б) работа является функцией состояния.
4. Укажите на рис. 1 процессы, в которых работа:
  - а) отрицательна; б) равна нулю.

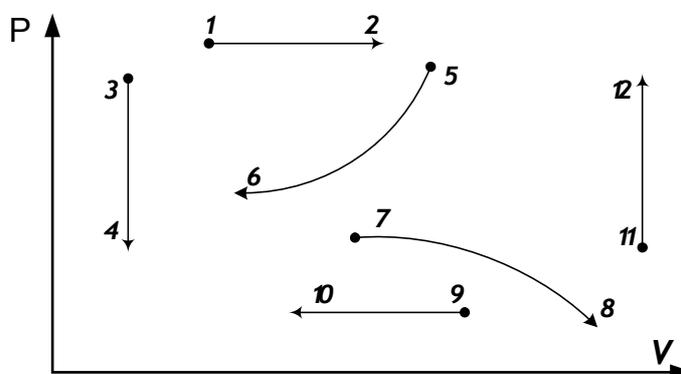


Рис. 1

5. В изобарном процессе и при постоянной теплоемкости количество теплоты определяется:
- а)  $q_V = c_V(t_2 - t_1)$ ; б)  $q_V = c_n(t_2 - t_1)$ ; в)  $q_V = c_p(t_2 - t_1)$ .
6. Первый закон термодинамики для адиабатного процесса записывается:
- а)  $Q = \Delta U + L$ ; б)  $Q = L$ ; в)  $Q = \Delta U$ ; г)  $\Delta U = -L$ .
7. В цикле теплового двигателя к рабочему телу подводится теплота, равная 350 кДж, отводимое тепло 170 кДж. Термический КПД данного цикла равен:
- а) 48,7 %; б) 51,4 %; в) 94,4 %.
8. При сжатии газа в компрессоре при одинаковом начальном и конечном давлениях наименьшая работа затрачивается:
- а) при осуществлении адиабатного процесса;
- б) при осуществлении изотермического процесса;
- в) при осуществлении политропного процесса с  $n > k$ ;
- г) при осуществлении адиабатного процесса  $n < k$ ;
9. На рисунке 2 изображен цикл:
- а) газотурбинной установки с подводом тепла при постоянном давлении;
- б) двигателя внутреннего сгорания с подводом тепла при постоянном давлении;
- в) двигателя внутреннего сгорания с подводом тепла при постоянном объеме;
- г) газотурбинной установки с подводом тепла при постоянном объеме;
- д) двигателя внутреннего сгорания со смешанным подводом тепла.

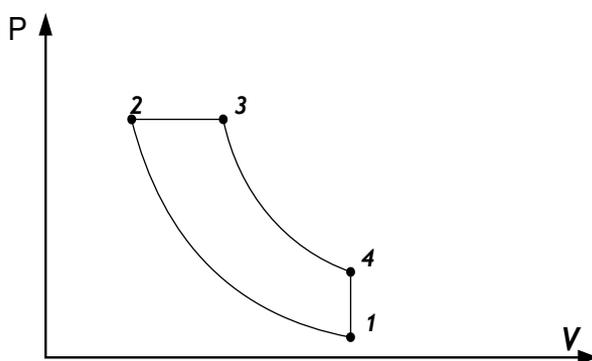


Рис. 2

10. Укажите, в каких процессах (рис. 2) осуществляется адиабатное расширение рабочего тела и отвод тепла.
11. При истечении газа через сужающееся сопло возможны следующие режимы:
- а) дозвуковой; б) звуковой; в) сверхзвуковой.
12. Теплопроводность возможна только:
- а) в твердых телах б) в жидкостях в) в газах
13. Верно ли, что градиент температуры и вектор плотности теплового потока направлены в противоположные стороны?
- а) да; б) нет; в) зависит от величины теплового потока.
14. Теплообмен между твердой поверхностью и жидкостью – это:
- а) теплоотдача; б) теплопроводность; в) теплопередача.

15. Интенсивность переноса теплоты от поверхности твердого тела к обтекающей его жидкости зависит от:
- а) физических свойств жидкости;
  - б) физических свойств твердого тела;
  - в) температуры жидкости;
  - г) температуры твердого тела;
  - д) разности температур твердого тела и жидкости;
  - е) скорости движения жидкости;
16. Динамический пограничный слой – это...
17. Существуют такие режимы движения жидкостей и газов:
18. Число Рейнольдса является определяющим при:
- а) свободной конвекции;
  - б) вынужденной конвекции.
19. Может ли собственное излучение тела быть больше поглощенного этим телом излучения?
- а) да;
  - б) нет;
  - в) при определенных условиях.
20. Может ли серое тело поглощать больше энергии, чем черное тело таких же размеров и в такой же окружающей среде, если температуры серого и черного тел одинаковы?
- а) да;
  - б) нет;
  - в) при определенных условиях.
21. Из закона Кирхгофа следует, что если тело обладает малым коэффициентом поглощения, то оно обладает:
- а) малым коэффициентом излучения;
  - б) большим коэффициентом излучения;
  - в) малым коэффициентом отражения;
  - г) большим коэффициентом отражения.
21. Теплообменные аппараты, в которых одна и та же поверхность попеременно омывается то одним, то другим теплоносителем относятся к:
- а) рекуперативным;
  - б) барботажным;
  - в) рекуперативным;
  - г) смешительным.
22. Задачей поверочного теплового расчета теплообменных аппаратов является:
- а) определение температур теплоносителей на выходе из теплообменника;
  - б) определение коэффициента теплопередачи;
  - в) определение площади поверхности и длины труб;
  - г) определение количества передаваемого тепла.
23. В рекуперативных теплообменных аппаратах при прочих равных условиях средний логарифмический температурный напор больше в том случае, когда теплоносители движутся по схеме:
- а) прямоток;
  - б) противоток;
  - в) перекрестный ток.

## Вариант 2

1. Термодинамическая система, которая не обменивается с окружающей средой веществом, называется:
- а) открытой;
  - б) закрытой;
  - в) замкнутой.
2. Если известны вакуумметрическое и атмосферное давления, то абсолютное давление можно определить:
- а)  $P_{абс} = P_{вак} - P_{атм}$  ;
  - б)  $P_{абс} = P_{атм} - P_{вак}$  ;
  - в)  $P_{абс} = P_{вак} + P_{атм}$  .

3. Какое утверждение является верным, что это означает?

- а) внутренняя энергия является функцией процесса;
- б) внутренняя энергия является функцией состояния.

4. Укажите на рис. 1 процессы, в которых работа:

- а) положительна; б) равна нулю.

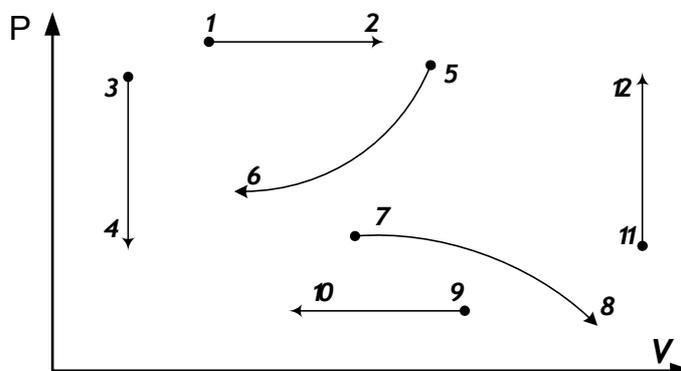


Рис. 1

5. В изохорном процессе и при постоянной теплоемкости количество теплоты определяется:

- а)  $q_V = c_V(t_2 - t_1)$ ;      б)  $q_V = c_n(t_2 - t_1)$ ;      в)  $q_V = c_p(t_2 - t_1)$ .

6. Первый закон термодинамики для изотермического процесса записывается:

- а)  $Q = \Delta U$ ;      б)  $Q = L$ ;      в)  $Q = \Delta U + L$ ;      г)  $\Delta U = -L$ .

7. В цикле теплового двигателя рабочим телом совершается работа, равная 250 кДж, термический КПД – 42 %. Количество теплоты, отведенное в цикле:

- а) 595 кДж;      б) 105 кДж;      в) 345 кДж.

8. Многоступенчатое сжатие в компрессоре осуществляют с целью:

- а) уменьшения общей работы, затрачиваемой на сжатие;
- б) повышения конечной температуры сжатия;
- в) понижения конечной температуры сжатия;
- г) уменьшения габаритов компрессора.

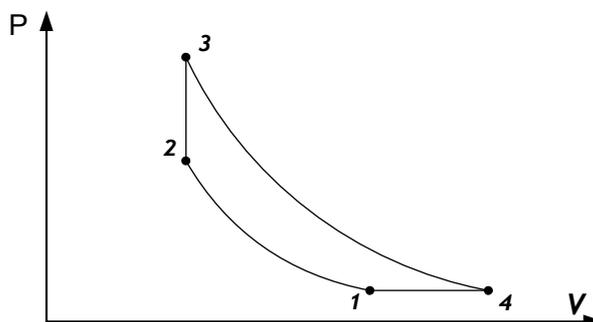


Рис.2

9. На рисунке 2 изображен цикл:

- а) газотурбинной установки с подводом тепла при постоянном давлении;
- б) двигателя внутреннего сгорания с подводом тепла при постоянном давлении;
- в) двигателя внутреннего сгорания с подводом тепла при постоянном объеме;

- г) газотурбинной установки с подводом тепла при постоянном объеме;  
 д) двигателя внутреннего сгорания со смешанным подводом тепла.
10. Укажите, в каких процессах (рис.2) осуществляется адиабатное сжатие рабочего тела и отвод тепла.
11. При истечении газа через сопло режим истечения зависит от:  
 а) формы сопла; б) размеров сопла; в) свойств газа; г) начальных параметров газа; д) скорости истечения; е) атомности газа; ж) конечных параметров; з) конечного давления.
12. Коэффициент теплопроводности зависит:  
 а) от температуры; б) от геометрических размеров; в) от материала; г) от давления; д) от величины теплового потока.
13. Какое утверждение является справедливыми:  
 а)  $\text{grad } t \perp$  изотерме; б)  $\text{grad } t //$  изотерме?
14. Теплообмен между жидкими телами через разделяющую их стенку – это:  
 а) теплоотдача; б) теплопроводность; в) теплопередача.
15. Существуют такие режимы движения жидкостей и газов:
16. Число Грасгофа является определяющим при:  
 а) свободной конвекции; б) вынужденной конвекции.
17. Тепловой пограничный слой – это...
18. При увеличении толщины пограничного слоя коэффициент теплоотдачи:  
 а) увеличивается; б) уменьшается; в) не изменяется;  
 г) изменение коэффициента теплоотдачи зависит от режима движения.
19. Может ли собственное излучение тела быть меньше отраженного этим телом излучения?  
 а) да; б) нет; в) при определенных условиях.
20. Может ли серое тело излучать больше энергии, чем черное тело таких же размеров и в такой же окружающей среде, если температуры серого и черного тел одинаковы?  
 а) да; б) нет; в) при определенных условиях.
21. Из закона Вина следует, что при увеличении температуры тела:  
 а) максимум интенсивности смещается в сторону коротких волн;  
 б) максимум интенсивности смещается в сторону длинных волн;  
 в) излучение носит дискретный характер.
22. Теплообменные аппараты, в которых одна сторона поверхности все время омывается горячим теплоносителем, а другая – холодным, относятся к:  
 а) рекуперативным; б) барботажным; в) регенеративным; г) смешительным.
23. Задачей конструкторского теплового расчета теплообменных аппаратов является:  
 а) определение температур теплоносителей на выходе из теплообменника;  
 б) определение коэффициента теплопередачи;  
 в) определение площади поверхности и длины труб;  
 г) определение количества передаваемого тепла.

## 7. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### 7.1. Основная литература

1. Теплотехника: Учеб. для вузов/В.Н. Луканиан, М.Г. Шатров, Г.М. Камфер и др. ; Под ред В.Н. Луканина. – 4-е изд., испр. – М.: Высш. шк., 2003.
2. Быстрицкий Г.Ф. Общая энергетика. Учебное пособие для студ. высш. уч. зав. – М.: Изд. Центр «Академия», 2005.
3. Техническая термодинамика. Учебное пособие для втузов/ В.А. Кудинов, Э.М. Карташов. – 3-е изд., испр. – М.: Высш. шк., 2003.
4. Гриценко М.В., Гриценко А.В. Теплотехника. Лабораторный практикум. Благовещенск, 2006.
5. Гриценко М.В. Термодинамика: руководство по выполнению курсовой работы. Учебное пособие. Благовещенск, 2007.
6. Сборник задач по технической термодинамике. Андрианова Т.Н. и др. – 4-е изд. – М: Издательство МЭИ, 2000.

### 7.2. Дополнительная литература

7. Александров А.А., Григорьев Б.А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара. – М: Издательство МЭИ, 1999.
8. Нs-диаграмма водяного пара.
9. Краснощеков Е.А., Сукомел А.С. Задачник по теплопередаче: Учеб. пособие для вузов. – 4-е изд. перераб. – М.: Энергия, 1980.
10. Безгрешнов А.Н. и др. Расчет паровых котлов в примерах и задачах: Учеб. пособие для вузов/ Под общ. Ред. Ю.М. Липова. – М.: Энергоатомиздат, 1991.
11. Теплоэнергетика и теплотехника. Кн. 1. Общие вопросы. /Под. общей ред. Клименко А.В. и Зорина В.М. М: Издательство МЭИ, 2000.
12. Теплотехника: Учеб. для вузов/ Под ред. А.П. Баскакова. – 2-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1991.
13. Термодинамика поршневых двигателей внутреннего сгорания: учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. / В.Н. Королев. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2004.
14. Александров А.А. Термодинамические основы циклов теплоэнергетических установок. М: Издательство МЭИ, 2004.
15. Ривкин С.Л. Термодинамические свойства газов. – 4-е изд. – М: Энергоатомиздат, 1987.

## Содержание

Аннотация	3
1. Цели и задачи дисциплины, ее связь с другими курсами специальности	5
2. Краткий конспект лекций	7
3. Практические занятия	
3.1. Методические рекомендации по проведению практических занятий	16
3.2. Перечень тем практических занятий (с указанием объема в часах)	17 17
3.3. Методические указания к практическим занятиям	18
3.4. План проведения практических занятий	
4. Лабораторные работы	
4.1. Методические рекомендации по проведению лабораторных занятий	22
4.2. Перечень тем лабораторных занятий (с указанием объема в часах)	23 23
4.3. Методические указания по выполнению лабораторных работ	
5. Самостоятельная работа студентов	
5.1. Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы	23
5.2. Графики самостоятельной работы студентов	24
5.3. Методические указания по выполнению домашних заданий	27
5.4. Комплекты заданий для домашних расчетных работ	27
6. Материалы по контролю качества образования	
6.1. Методические указания по организации контроля знаний студентов	29
6.2. Критерии оценки знаний студентов	29
6.3. Фонды тестовых заданий	31
7. Список рекомендуемой литературы	43