

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Амурский государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ  
Зав. кафедрой энергетики  
\_\_\_\_\_ Ю.В. Мясоедов

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

ТЕПЛОТЕХНИКА  
УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО ДИСЦИПЛИНЕ

для специальности

260902.65 «Конструирование швейных изделий»

по специализации «Конструирование одежды из ткани»

Составитель: Маркитан В.Ю.

Благовещенск  
2012 г.

## АННОТАЦИЯ

Государственный образовательный стандарт подготовки инженера по специальности 260902 «Конструирование швейных изделий» включает изучение дисциплины «Теплотехника» в разделе ОПД.Ф.02.

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

1. Примерные программы дисциплины «Теплотехника» для указанных специальностей.
2. Рабочие учебные программы по дисциплине «Теплотехника» (для специальности 260902 «Конструирование швейных изделий» – составитель Маркитан В.Ю., 2012 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 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).

## СОДЕРЖАНИЕ

Аннотация	2
1. Рабочая программа дисциплины	4
2. Краткий конспект лекций	13
3. Лабораторные занятия	21
4. Самостоятельная работа студентов	22
5. Материалы по контролю качества образования	24
Заключение	34

# **1 РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

## **1.1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Цели дисциплины:

- 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;

- 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;

- изучение свойств и основных характеристик различных видов топлива, ознакомление с устройством и принципом действия паровых котлов и турбин, технологической схемой тепловой электрической станции.

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.

## **1.2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО**

Дисциплина «Теплотехника» предусмотрена Государственным образовательным стандартом в качестве одной из общепрофессиональных дисциплин – ОПД.Ф.2.5.

Студенты, обучающиеся по данной дисциплине, должны знать и владеть следующими материалами:

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.

## **1.3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

1) 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.

2) 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.

3) Владеть:

- опытом эксплуатации современного теплового и холодильного оборудования при максимальной экономии тепловой энергии, топлива и сырья;
- навыками работы с лабораторными теплоэлектроизмерительными приборами;
- опытом проведения теплотехнических измерений, обработки результатов измерений с применением компьютерной техники.

#### 1.4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕПЛОТЕХНИКА»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 68 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
			Лекции	Лабор. работы	СРС	
1	<b>Модуль 1 «Термодинамика»</b>	5			11	
1.1	Основные понятия термодинамики. Первый закон термодинамики. Смеси идеальных газов. Водяной пар.	5	1			- блиц-опрос;
1.2	Первый закон термодинамики. Теплоемкость газов. Таблицы термодинамических свойств веществ.	5	2			- блиц-опрос;
1.3	Основные процессы идеальных газов. Второй закон термодинамики	5	2			- блиц-опрос;
1.4	Термодинамика потоков. Истечения из сопел. Дросселирование.	5	2	2		- блиц-опрос; - выпол. лаб. раб.;
1.5	Газовые циклы. Циклы паротурбинных установок.	5	2			- блиц-опрос.
1.6	Фазовые переходы. Реальные газы. Основы химической термодинамики.	5	2			- блиц-опрос.
2	<b>Модуль 2 «Теплообмен»</b>	5			11	- блиц-опрос.
2.1	Основы теории теплообмена. Теплопроводность. Способы теплообмена	5	1	4		- блиц-опрос; - выпол. лаб. раб.;
2.2	Конвективный теплообмен.	5	2	2		- блиц-опрос; - выпол. лаб. раб.;
2.3	Лучистый теплообмен. Теплопередача.	5	2	4		- блиц-опрос; - выпол. лаб. раб.;
3	<b>Модуль 3 «Теплообменные аппараты»</b>	5			10	- блиц-опрос;
3.1	Основы массообмена. Тепломассообменные устройства. Основы теплового расчета теплообменных ап-	5	1	4		- блиц-опрос; - выпол. лаб. раб.;

	паратов.					
3.2	Основные направления экономии энергоресурсов.	5	1	2		- блиц-опрос; - выпол. лаб. раб.;

## 1.5. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ И ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.5.1 ЛЕКЦИОННЫЙ КУРС

#### Семестр 5

#### 1. Введение. Основные понятия термодинамики. Смеси идеальных газов. Водяной пар.

Предмет теплотехники. Основные понятия и определения. Связь с другими отраслями знаний. Предмет и метод термодинамики.

Понятие о смесях. Способы задания состава смеси. Расчет термодинамических свойств смеси идеальных газов по свойствам компонентов. Водяной пар.

#### 2. Первый закон термодинамики. Теплоемкость газов. Таблицы термодинамических свойств веществ.

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

Теплоемкость газов. Изохорная и изобарная теплоемкости. Молекулярно-кинетическая теория теплоемкости газов. Истинная и средняя теплоемкости. Таблицы термодинамических свойств веществ.

#### 3. Основные процессы идеальных газов. Второй закон термодинамики.

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

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

#### 4. Термодинамика потоков. Истечения из сопел. Дросселирование.

Уравнение первого закона термодинамики для стационарного потока массы. Основные уравнения процессов течения. Истечение из суживающихся сопел. Максимальный расход и критическая скорость. Переход через скорость звука. Сопло Лавалья.

#### 5. Газовые циклы. Циклы паротурбинных установок.

Циклы паротурбинных установок.

Индикаторная диаграмма и цикл поршневого двигателя внутреннего сгорания. Циклы с подводом тепла при постоянном объеме, при постоянном давлении и смешанным подводом тепла. КПД циклов и их термодинамический анализ.

Принципиальная схема газотурбинной установки. Цикл газотурбинной установки с подводом тепла при постоянном давлении. Способы повышения КПД газотурбинной установки.

#### 6. Фазовые переходы. Реальные газы. Основы химической термодинамики.

Фазовая  $pT$ -диаграмма. Условия фазового равновесия. Правило фаз Гиббса.

Термодинамические свойства реальных газов.  $pV$ -диаграмма. Уравнение Ван-дер-Ваальса и его анализ.

Тепловой эффект химической реакции. Закон Гесса.

### 7. Основы теории теплообмена. Теплопроводность. Способы теплообмена

Основные понятия и определения. Способы теплообмена. Количественные характеристики переноса теплоты. Основной закон теплопроводности. Коэффициент теплопроводности.

### 8. Конвективный теплообмен.

Основной закон конвективного теплообмена. Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена. Пограничный слой. Понятие о методе размерностей и теории подобия. Теплоотдача при вынужденном движении теплоносителя. Теплоотдача при естественной конвекции.

### 9. Лучистый теплообмен. Теплопередача.

Основные определения. Теплообмен излучением системы тел в прозрачной среде. Перенос лучистой энергии в поглощающей и излучающей среде.

Сложный теплообмен. Теплопередача. Интенсификация теплопередачи.

### 10. Основы массообмена. Тепломассообменные устройства. Основы теплового расчета теплообменных аппаратов.

Массообмен: поток массы компонента. Типы теплообменных аппаратов. Основные расчетные уравнения. Виды теплового расчета теплообменных аппаратов.

### 11. Основные направления экономии энергоресурсов.

Применение теплоты в отрасли. Охрана окружающей среды от вредных выбросов. Основные способы организации энергосберегающих технологий. Использование вторичных энергоресурсов.

## 1.5.2 ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### Перечень лабораторных работ:

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

### 1.6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

№ п/п	№ раздела (темы) дисциплины	Форма (вид) самостоятельной работы	Трудоемкость в часах
1	1	- проработка лекционного материала; - подготовка к лабораторным работам; - подготовка к практическим работам; - подготовка к тестированию; - подготовка к блиц-опросам.	11

2	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- проработка лекционного материала;</li> <li>- подготовка к лабораторным работам;</li> <li>- подготовка к практическим работам;</li> <li>- подготовка к тестированию;</li> <li>- подготовка к блиц-опросам.</li> </ul>	11
3	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- проработка лекционного материала;</li> <li>- подготовка к лабораторным работам;</li> <li>- подготовка к практическим работам;</li> <li>- подготовка к блиц-опросам;</li> <li>- подготовка к экзамену.</li> </ul>	10

## 1.7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В соответствии с требованиями ГОС ВПО по дисциплине «Теплотехника» предусмотрено использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

На лекционных занятиях по дисциплине «Теплотехника» возникают следующие дидактические задачи: разрушить неверные стереотипы, заинтересовать, убедить, побудить к самостоятельному поиску и активной мыслительной деятельности, помочь совершить мысленный переход от теоретического уровня к прикладным знаниям и др.

Поэтому, для решения этих задач на занятиях применяются следующие методы активного обучения: лекция-беседа или диалог с аудиторией; лекция-дискуссия; лекция с применением техники обратной связи и др.

## 1.8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

### 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.

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. 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. Цикл Ренкина, его термический КПД. Влияние основных параметров на КПД цикла Ренкина.
18. Методы анализа эффективности циклов теплосиловых установок.
19. Основные понятия о работе холодильных установок. Обратный цикл Карно.
20. Цикл воздушной холодильной установки. Цикл паровой компрессорной холодильной установки.
21. Теплопроводность. Основной закон теплопроводности.
22. Конвективный теплообмен. Закон Ньютона-Рихмана.
23. Теплоотдача при вынужденном движении жидкости в трубе.
24. Теплоотдача при естественной конвекции.
25. Лучистый теплообмен. Основные понятия и законы.
26. Сложный теплообмен. Интенсификация теплопередачи.
27. Типы теплообменных аппаратов. Основные расчетные уравнения.
28. Виды и характеристики топлив. Основы теории горения.
36. Котельные установки. Охрана окружающей среды от выбросов котельных агрегатов.
37. Общие сведения о теплоснабжении.
38. Энергосберегающие технологии. Виды и использование вторичных теплоэнергетических ресурсов.

## **1.9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕПЛОТЕХНИКА»**

а) основная литература:

1. Ерохин В. Г. Основы термодинамики и теплотехники [Текст] : учеб. : рек. Мин. обр. РФ / В.Г. Ерохин, М.Г. Маханько, 2009. - 224 с.
2. Тихомиров К. В. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция [Текст] : учеб. / К. В. Тихомиров, Э. С. Сергеенко, 2009. - 480 с.
3. Михеев М. А. Основы теплопередачи [Текст] / М. А. Михеев, И. М. Михеева, 2010. - 344 с.

б) дополнительная литература:

1. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника [Текст] : справ. / под ред. А. В. Клименко, В. М. Зорина, 2007. - 632 с.
2. Теплоэнергетика и теплотехника. Общие вопросы [Текст] : справ. / под ред. А. В. Клименко, В. М. Зорина, 2007. - 528 с.
3. Кириллин В. А. Техническая термодинамика [Текст] : учеб. : доп. Мин. обр. РФ / В. А. Кириллин, В. В. Сычев, А. Е. Шейндлин, 2008. - 496 с.
4. Теплотехника [Текст] : учеб. : рек. Мин. обр. РФ / под ред. В.Н. Луканина, 2006. - 671 с.

5. Теплотехника [Текст] : учеб. / под ред. А. П. Баскакова, 2010. - 326 с.
6. Кудинов В. А. Техническая термодинамика [Текст] : учеб. пособие : рек. Мин. обр. РФ / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, 2000. - 261 с.
7. Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент [Текст] : справ. / под ред. А. В. Клименко, В. М. Зорина, 2007. - 564 с.
8. Быстрицкий Г. Ф. Общая энергетика: учеб. пособие для студ. высш. уч. завед. / Г. Ф. Быстрицкий. – М. : Изд. Центр «Академия», 2005. - 208 с.

в) периодические издания (профессиональные журналы):

1. «Промышленная теплотехника»;
2. «Теоретические основы теплотехники. Промышленная теплотехника»;
3. «Тепловые процессы в технике».

г) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

В процессе изучения дисциплины «Теплотехника» студент при подготовке к лабораторным занятиям, к лекционным курсам использует программные продукты.

На кафедре имеется программное обеспечение. Оно представляет собой программы необходимые для учебного процесса и которое может каждый студент установить себе, для освоения учебного материала на собственных персональных компьютерах.

*Программное обеспечение для студентов:*

1. MS Visio (2002, 2003, 2007, 2010) – графический редактор;
2. MathCad (2000, 2001, 2003, 14) – система математических расчетов;
3. MatLab – система моделирования.

Интернет – ресурсы:

№	Наименование ресурса	Краткая характеристика
1	<a href="http://www.iglib.ru">http://www.iglib.ru</a>	Интернет-библиотека образовательных изданий, в которой собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия. Удобный поиск по ключевым словам, отдельным темам и отраслям знаний.

## 1.10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В процессе обучения используются электронные презентации лекций с элементами активного обучения, подготовлены электронные слайды и рисунки, с последующим показом их с помощью медиапроектора и ноутбука.

Широко используются различные средства мониторинга при входном контроле, межсессионном контроле и т.д.

Пример мониторинга при входном контроле.

Вопросы блиц-опроса:

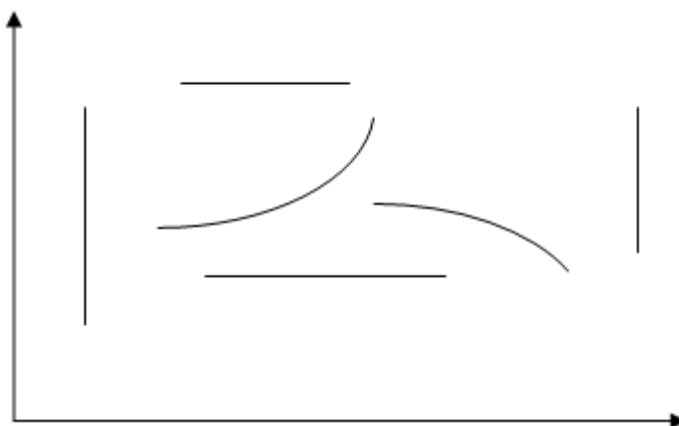
1. Что такое термодинамическая система?
2. Что такое идеальный газ?
3. Какие существуют основные процессы в идеальных газах?
4. Какие вы знаете термодинамические циклы?
5. Назовите термодинамические свойства реальных газов.
6. Что такое цикл Ренкина?
7. Тепловой эффект химической реакции – это ...
8. Какие вы знаете способы передачи теплоты?
9. Какие виды теплообмена вы знаете?

10. Каким образом осуществляется классификация топлив?
11. Назовите основные элементы парового котла.
12. Как осуществляется охрана окружающей среды от вредных выбросов котельных установок?

Пример мониторинга при межсессионном контроле.

*Тема 1. Основные понятия термодинамики. Первый закон термодинамики. Теплоемкость газов*

1. Термодинамика изучает ...
2. Закрытая термодинамическая система – такая, ...
3. Основными параметрами состояния являются ..., единицы их измерения следующие ...
4. Идеальный газ – это ... Можно ли считать воздух, азот, водород идеальными газами? При каких условиях?
5. Термическое уравнение состояние идеального газа для 1 кг газа записывается ...
6. Укажите способы передачи энергии от одного тела к другому.
7. Работа – это...,
8. Полная работа обозначается..., единица измерения...
9. Удельная работа обозначается..., единица измерения...
10. Укажите процесс, в котором работа:
  - отрицательна;
  - равна нулю.



11. Какое утверждение является верным, что это означает?
  - а) внутренняя энергия является функцией процесса;
  - б) внутренняя энергия является функцией состояния.
12. Какое утверждение является верным, что это означает?
  - а) работа является аддитивным параметром;
  - б) работа является интенсивным параметром.

*Тема 3. Основные процессы идеальных газов*

1. Запишите соотношения между параметрами для изобарного процесса.
2. Процесс, в котором изменение внутренней энергии равно нулю – ...
3. Изобразите изохорный процесс в  $PV$ - диаграмме.
4. II закон термодинамики записывается ...
5. Прямым циклом называется такой цикл, ...

*Тема 7. Газовые циклы*

1. Цикл ДВС с подводом тепла при постоянном давлении  $Ts$ -координатах изображается...
2. Укажите, в каких процессах осуществляется подвод и отвод теплоты.
3. Процессы 1-2 и 4-1 – это процессы ...

4. Укажите теплоту, полезно используемую в цикле.
5. Как определяется термический КПД цикла?
6. Как определяется количество отведенного тепла в цикле Отто?
7. Укажите основные характеристики цикла ДВС со смешанным подводом тепла.

*Тема 13. Основы теории теплообмена. Теплопроводность*

1. Теплопроводность характерна для:
  - а) твердых тел;
  - б) жидкостей;
  - в) газов.
2. Какое утверждение является справедливыми:
  - а)  $\text{grad } t \perp$  изотерме;
  - б)  $\text{grad } t //$  изотерме?
3. Верно ли, что градиент температуры и вектор плотности теплового потока направлены в противоположные стороны?
4. Что такое температурный градиент, в чем он измеряется?
5. Коэффициент теплопроводности зависит:
  - а) от температуры;
  - б) от геометрических размеров;
  - в) от материала;
  - г) от давления;
  - д) от величины теплового потока.
6. Запишите закон Фурье; укажите величины, входящие в уравнение и единицы их измерения.

*Тема 14. Конвективный теплообмен*

1. Число Рейнольдса является определяющим при:
  - а) свободной конвекции;
  - б) вынужденной конвекции.
2. Конвекция возможна:
  - а) в твердых телах;
  - б) в жидкостях;
  - в) в газах.
3. Тепловой пограничный слой – это...
4. Теплообмен между твердой поверхностью и жидкостью – это:
  - а) теплопередача;
  - б) теплоотдача;
  - в) теплопроводность.
5. 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;
6. Запишите закон теплоотдачи Ньютона-Рихмана, укажите величины, входящие в уравнение и единицы их измерения.

*Тема 15. Лучистый теплообмен*

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. Особенности излучения твердых тел и газов.
7. Может ли собственное излучение тела быть меньше отраженного этим телом излучения?
8. 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?
9. Степень черноты изменяется в интервале ... Для черного тела она равна...
10. Запишите закон Вина, укажите величины, входящие в это уравнение и единицы их измерения.
11. Из закона Вина следует, что при увеличении температуры ...
12. Закон для черного тела Стефана-Больцмана записывается: ... Укажите величины, входящие в это уравнение и единицы их измерения.
13. Из закона Кирхгофа следует, что если тело обладает малым коэффициентом поглощения, то оно обладает и ...

*Тема 17. Основы массообмена. Теплообменные устройства. Основы теплового расчета теплообменных аппаратов*

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).

## 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 Лавала. 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. Изопроецессы 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 парокомпрессионных?
2. Поясните принцип действия холодильной установки абсорбционного типа.
3. Поясните принцип действия парожетторной 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. ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ**

#### **3.1. 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.

#### **3.2. 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)

#### **3.3. 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.

## 4. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

### 4.1. Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы

Самостоятельная работа предусматривает:

- подготовку студентов к аудиторным лекционным, практическим и лабораторным занятиям;

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.

### 4.2. Графики самостоятельной работы студентов

для специальностей

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

### 4.3 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).

### 4.4. Комплекты заданий для домашних расчетных работ

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

Рабочее тело (1 кг газа) с первоначальными параметрами  $p_1=0,1 \text{ МПа}$  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	$v=\text{const}$	$v=\text{const}$	$p=\text{const}$	$p=\text{const}$	$v, p=\text{const}$ $t$	$v, p=\text{const}$	$p=\text{const}$ $t$	$p=\text{const}$
характеристики	$\mathcal{E} = 7$ $\lambda = 2,5$	$\mathcal{E} = 6$ $q_1=930$ кДж/кг	$\mathcal{E} = 14$ $\rho = 1,6$	$\mathcal{E} = 16$ $q_1=800$ кДж/кг	$\mathcal{E} = 8$ $\lambda = 2,5$ $\rho = 1,3$	$\mathcal{E} = 5$ $q_v=800$ 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
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----

$p_1$ , 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
$t_2$ , °С	460	600	520	480	500	560	440	580	610	550	420	460	540	600
$p'_1$ , 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.

## **5. МАТЕРИАЛЫ ПО КОНТРОЛЮ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ**

### **5.1 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 330101 – 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.

### **5.2 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*

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 не принципиального 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 не принципиального характера, которые студент исправляет после замечаний (дополнительных вопросов) преподавателя;

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

### **5.3 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  $p_{\text{ВАС}}$ , то  $p_{\text{АВС}}$  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 ...

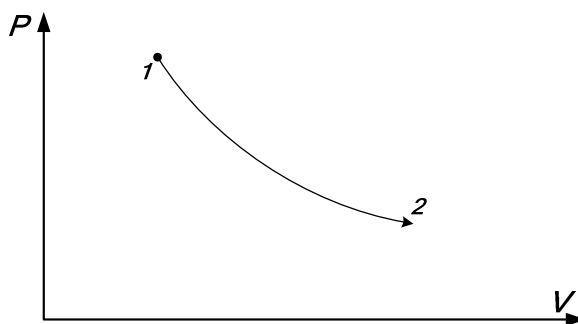
##### *По теме 2*

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  $T,s$ -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  $\lambda$ ,  $a$ ,  $\nu$  и другими величинами?
3. Конвекция возможна:
  - а) в твердых телах; б) в жидкостях; в) в газах.
4. Верно ли, что  $\text{Nu}_{\text{ж},x}$  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  $\varepsilon_d$ ;  
б) малое значение  $\varepsilon_d$ .
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 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 Лаваля.
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 состояние 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 теплоэнергетических 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.

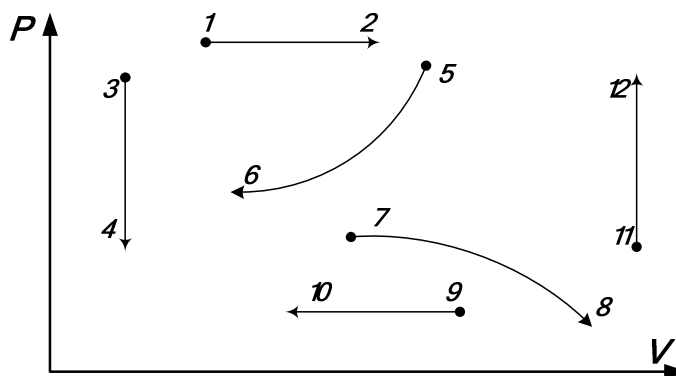


Рис. 1

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.

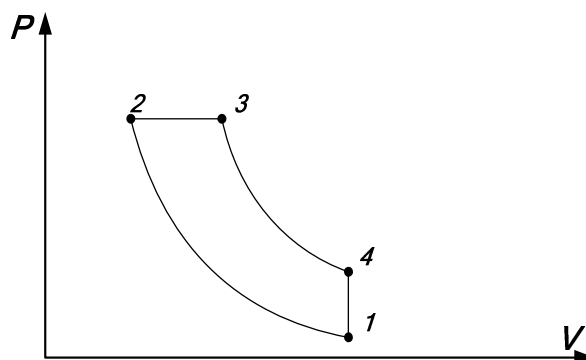


Рис. 2

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 вакууметрическое 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.

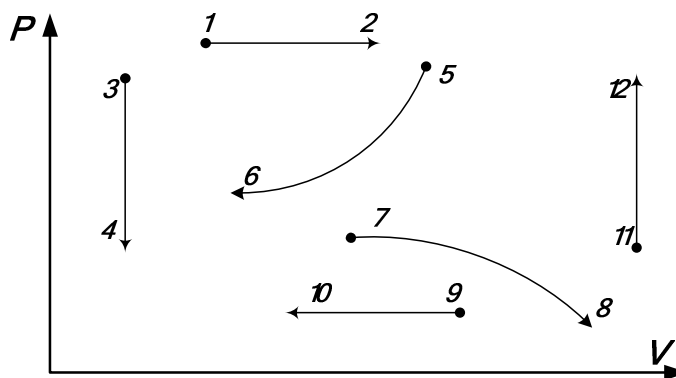


Рис. 1

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.

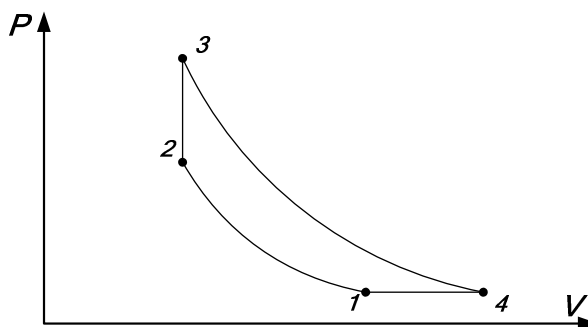


Рис.2

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.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном учебно-методическом комплексе отражены полные вопросы: показана рабочая программа дисциплины; подробно описан график самостоятельной учебной работы студентов по дисциплине на каждый семестр с указанием ее содержания, объема в часах, сроков и форм контроля; расписаны методические указания по проведению самостоятельной работы студентов; представлены методические указания по проведению лабораторных работ, предложен краткий конспект лекций по данному курсу; методические рекомендации по выполнению домашних занятий; комплекты заданий для домашних заданий; фонд тестовых заданий для оценки качества знаний по дисциплине; контрольные вопросы к зачету