



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

**Политехнический институт**  
(Школа)

«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель ОП  
15.04.02 Технологические машины и  
оборудование

Н.Т. Морозова

(подпись)

«24» декабря 2021 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор Департамента компьютерно-  
интегрированных производственных систем

К.В. Змеу

«24» декабря 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Теплотехника

**Направление подготовки 15.04.02 Технологические машины и оборудование**

Магистерская программа «Автоматизированные технологические машины и оборудование в  
судостроении и судоремонте»

**Форма подготовки очная**

курс 1 семестр 2

практические 18 час.

лабораторные работы      час.

в том числе с использованием МАО лек.      - / пр.      - / лаб. 00 час.

всего часов аудиторной нагрузки 18 час.

в том числе с использованием МАО 00 час.

самостоятельная работа 18 час.

в том числе на подготовку к экзамену      - час.

контрольные работы (количество) не предусмотрены

курсовая работа / курсовой проект не предусмотрены

зачет 2 семестр

экзамен не предусмотрен

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 15.04.02 Технологические машины и оборудование, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 14 августа 2021г. № 1026

Рабочая программа обсуждена на заседании Департамента компьютерно-интегрированных производственных систем, протокол № 4 от «24» декабря 2021 г.

Директор департамента Змеу К.В.

Составитель: Глушко Е.В.

Владивосток 2022

**Оборотная сторона титульного листа РПД**

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

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

Директор департамента \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

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

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

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

**III. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:**

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

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

**IV. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:**

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

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

## **Цели и задачи освоения дисциплины:**

### **Цели** изучения дисциплины:

овладение знаниями о наиболее эффективных методах преобразования энергии в механическую работу в тепловых двигателях и рациональному использованию теплотехнического оборудования.

### **Задачи:**

- изучение методов эффективного использования теплоты, принципов действия и областей применения теплоэнергетического оборудования, особенностей конструкции, функционирования и основы расчета общего гидравлического и тепломассообменного оборудования,

- выработка умения производить тепловые расчеты и измерения основных теплотехнических показателей, проводить технико-экономическую оценку эффективности методов генерации, передачи и использования тепловой энергии,

- получение навыков расчета основных термодинамических циклов и процессов переноса тепла и массы в простейших гидравлических и тепломассообменных аппаратах и устройствах.

Планируемые результаты обучения по данной дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы, характеризуют формирование следующих компетенций:

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
	Способен определять сферы применения результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (ПК 5)	ПК-5.1 способен обосновать перспективы проведения исследований в соответствующей области знаний

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК-5.1 способен обосновать перспективы проведения исследований в соответствующей области знаний	Знает методики сбора, обработки справочной, реферативной информации для сравнительного анализа и обоснованного выбора теплотехнического оборудования
	Умеет выполнять расчеты для разработки комплекта конструкторской документации для отдельных разделов теплотехники
	Владеет навыками проектирования теплодинамических процессов в компрессоре

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачётные единицы, 144 часа. Дисциплина относится к «формируемая участниками образовательных отношений» обязательной части учебного плана, изучается на 1 курсе и завершается зачетом.

Учебным планом предусмотрено проведение практических занятий в объеме 18 часов, а также выделены часы на самостоятельную работу студента – 18 часа, онлайн-курс 108 часов.

Язык реализации: русский.

Видами учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине являются:

Обозначение	Виды учебных занятий и работы обучающегося
Лек	
Пр.	Практические занятия
Лаб	
СР	Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения
Контроль	Самостоятельная работа обучающегося и контактная работа обучающегося с преподавателем в период промежуточной аттестации

### Структура дисциплины

Форма обучения – очная.

№	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося						Формы промежуточной аттестации
			Лек	Лаб	Пр	ОК	СР	Контроль	
1	Раздел I Техническая	1			2	-	18		

	термодинамика								
2	Раздел 2. Анализ циклических процессов								УО-1; УО-3; ПР-6; ПР-12;
	Итого:				18	-	18	36	

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

### **Практические занятия (18час.)**

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

Учебным планом предусмотрены практические занятия в 3 семестре в объеме 18 часов.

### **Практические занятия (18час.)**

#### **Занятие 1. (2 час.)**

Параметры состояния термодинамической системы. Уравнение состояния рабочего тела.

#### **Занятие 2. (2час.)**

Теплоемкость, внутренняя энергия и энтальпия рабочего тела, смеси рабочих тел.

#### **Занятие 3. (2 час.)**

Первый закон термодинамики. Второй закон термодинамики.

**Занятие 4. (2 час.)** Дифференциальные уравнения термодинамики. Фазовые переходы.

**Занятие 5. (2 час.)** Термодинамические процессы в рабочих телах. Расчет термодинамических процессов реальных газов с помощью диаграмм.

**Занятие 6. (2 час.)** Влажный воздух. Истечение и дросселирование рабочих тел.

**Занятие 7. (2 час.)** Циклы в тепловых двигателях. Процессы в компрессорах.

**Занятие 8. (2 час.)** Циклы холодильных машин. Теплопроводность при стационарном и нестационарном режимах

**Занятие 9. (2 час.)** Теплообмен при изменении агрегатного состояния вещества. Теплообмен излучением. Теплообменные аппараты.

### **III. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

Темы по самостоятельной работе:

#### **Раздел I.**

Первый закон термодинамики. Термодинамические процессы и циклы. Термодинамические процессы в реальных газах. Второй закон термодинамики. Термодинамический анализ процессов в компрессоре.

#### **Раздел II.**

Анализ циклических процессов. Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Циклы паросиловых установок. Цикл холодильных установок и трансформаторов тепла. Теплопроводность. Конвективный теплообмен. Теплообмен излучением. Теплопередача. Теплопередача начало отсчета. Топливо и основы теории горения. Котельные установки. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Теплоснабжение предприятий отрасли.

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

#### **Задания для самостоятельной работы**

#### **План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине**

<b>№ п/п</b>	<b>Дата/сроки выполнения</b>	<b>Вид самостоятельной работы</b>	<b>Примерные нормы времени на выполнение</b>	<b>Форма контроля</b>
1	В течение семестра	Изучение литературы	2 часов	УО-1 (собеседование/устный)

				опрос)
2	1-3 неделя семестра	Выполнение самостоятельной работы	2 часов	УО-1 (собеседование/устный опрос)
3	4-6 неделя семестра	Выполнение самостоятельной работы	2 часов	УО-1 (собеседование/устный опрос)
4	7-9 неделя семестра	Выполнение самостоятельной работы	3 часов	УО-3
5	10-12 неделя семестра	Выполнение самостоятельной работы	3 часов	УО-3 (презентация/сообщение)
6	13-15 неделя семестра	Выполнение самостоятельной работы	3 часов	УО 1
7	16-18 неделя семестра	Подготовка к зачету	3 часов	зачет
Итого:			18 часа	

### **Рекомендации по самостоятельной работе студентов**

#### *Работа с литературой.*

При выполнении ряда заданий требуется работать с литературой. Рекомендуется использовать различные возможности работы с литературой: фонды научной библиотеки ДВФУ (<http://www.dvfu.ru/library/>) и других ведущих вузов страны, а также доступных для использования научно-библиотечных систем.

В процессе выполнения самостоятельной работы рекомендуется работать со следующими видами изданий:

а) Научные издания, предназначенные для научной работы и содержащие теоретические, экспериментальные сведения об исследованиях. Они могут публиковаться в форме: монографий, научных статей в журналах или в научных сборниках;

б) Учебная литература подразделяется на:

- учебные издания (учебники, учебные пособия, тексты лекций), в которых содержится наиболее полное системное изложение дисциплины или какого-то ее раздела;

- справочники, словари и энциклопедии – издания, содержащие краткие

сведения научного или прикладного характера, не предназначенные для сплошного чтения. Их цель – возможность быстрого получения самых общих представлений о предмете.

Существуют два метода работы над источниками:

– сплошное чтение обязательно при изучении учебника, глав монографии или статьи, то есть того, что имеет учебное значение. Как правило, здесь требуется повторное чтение, для того чтобы понять написанное. Старайтесь при сплошном чтении не пропускать комментарии, сноски, справочные материалы, так как они предназначены для пояснений и помощи. Анализируйте рисунки (карты, диаграммы, графики), старайтесь понять, какие тенденции и закономерности они отражают;

– метод выборочного чтения дополняет сплошное чтение; он применяется для поисков дополнительных, уточняющих необходимых сведений в словарях, энциклопедиях, иных справочных изданиях. Этот метод крайне важен для повторения изученного и его закрепления, особенно при подготовке к зачету.

Для того чтобы каждый метод принес наибольший эффект, необходимо фиксировать все важные моменты, связанные с интересующей Вас темой.

Тезисы – это основные положения научного труда, статьи или другого произведения, а возможно, и устного выступления; они несут в себе большой объем информации, нежели план. Простые тезисы лаконичны по форме; сложные – помимо главной авторской мысли содержат краткое ее обоснование и доказательства, придающие тезисам более весомый и убедительный характер. Тезисы прочитанного позволяют глубже раскрыть его содержание; обучаясь излагать суть прочитанного в тезисной форме, вы сумеете выделять из множества мыслей авторов самые главные и ценные и делать обобщения.

Конспект – это способ самостоятельно изложить содержание книги или статьи в логической последовательности. Конспектируя какой-либо источник, надо стремиться к тому, чтобы немногими словами сказать о многом. В тексте конспекта желательно поместить не только выводы или положения, но и их



аргументированные доказательства (факты, цифры, цитаты).

Писать конспект можно и по мере изучения произведения, например, если прорабатывается монография или несколько журнальных статей.

Составляя тезисы или конспект, всегда делайте ссылки на страницы, с которых вы взяли конспектируемое положение или факт, – это поможет вам сократить время на поиск нужного места в книге, если возникает потребность глубже разобраться с излагаемым вопросом или что-то уточнить при написании письменных работ.

### **Методические рекомендации по выполнению заданий для самостоятельной работы и критерии оценки.**

*Самостоятельная работа №1.* От обучающегося требуется:

1. Свободно ориентироваться в Технической термодинамике
2. Знать и уметь производить Анализ циклических процессов

Собеседование (устный опрос) позволяет оценить знания и кругозор студента, умение логически построить ответ, владение монологической речью и иные коммуникативные навыки.

Опрос – важнейшее средство развития мышления и речи. Обучающая функция опроса состоит в выявлении деталей, которые по каким-то причинам оказались недостаточно осмысленными в ходе учебных занятий и при подготовке задания по самостоятельной работе.

Критерии оценки. Используется зачетная система. Во время опроса допускается не более 1-й ошибки или неточности по названию периода, его времени и длительности.

Критерии оценки. Критериями оценки результатов самостоятельной работы обучающихся являются:

- уровень освоения учебного материала;
- уровень умения использовать теоретические знания при выполнении практических задач;

обоснованность и четкость изложения материала;

устный опрос при сдаче выполненных индивидуальных заданий;

## V. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые модули /разделы /темы дисциплины	Коды и этапы формирования элементов компетенций		Оценочные средства-наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел 1,2	ПК-5	<i>Знает</i> методики сбора, обработки справочной, реферативной информации для сравнительного анализа и обоснованного выбора теплотехнического оборудования	Собеседование УО-1, УО-3	<b>зачет</b> вопросы: 1-13 Задание №1
			<i>Умеет</i> выполнять расчеты для разработки комплекта конструкторской документации для отдельных разделов термодинамики	Собеседование УО-1, УО-3,	<b>зачет</b> вопросы: 1 Задание №1
			<i>Владеет</i> навыками проектирования теплодинамических процессов в компрессоре	УО_3	<b>зачет</b> вопросы: 40-42 Задание №2

## VI. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основная литература

(печатные и электронные издания)

1) Мирам А.О., Павленко В.А. Техническая термодинамика. Теплообмен. Учебник. - М.: АСВ, 2018 г.

2) Мирам А.О., Павленко В.А. Теплообменные аппараты. Учебное пособие.- М.: МГСУ, 2015 г.

3) Апальков, А. Ф. Теплотехника : учеб.пособие / А. Ф. Апальков. - Ростов н/Д : Феникс, 2008. - 186 с. - (Высшее образование).

4) Теплотехника : учебник для вузов / [В. Н. Луканин, М. Г. Шатров, Г. М. Камфер и др.] ; под ред. В. Н. Луканина. - 4-е изд., испр. - М. :Высш. шк., 2012. – 671 с.

## Дополнительная литература

(печатные и электронные издания)

1. Кушнырев В.И., Лебедев В.И., Павленко В.А., Техническая термодинамика и теплопередача . М.:Стройиздат, 2011.
2. Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача. 3-е изд. М.: Высш.шк.,2010.
3. Теплотехника/ Под ред. А.П.Баскакова. М.: Энергоиздат,1982.
4. Исаченко В.П., Осипов В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. М.: Энергоиздат,12008
5. Кирилин В.А., Сычев В.В.,Щейндлин А.Е. Техническая термодинамика. М.: Наука,2010
6. Юдаев Б.Н. Техническая термодинамика. Теплопередача. М.: Высш. шк., 1988.
7. Мирам А.О. ,Павленко В.А. Термодинамические процессы идеального газа. Варианты дом. задания .- М.: МГСУ,2008.
8. Мирам А.О., Павленко В.А. Термодинамические процессы водяного пара. Варианты дом. задания. – М.: МГСУ, 2008.
9. Мирам А.О., Павленко В.А. Теплопередача через многослойную плоскую стенку. Варианты дом. задания. – М.: МГСУ, 2008.
10. Теплопередача через многослойную цилиндрическую стенку. Варианты дом. задания. – М.: МГСУ, 2007.
11. 11. Мирам А.О., Павленко В.А. Процессы изменения состояния идеального газа. Расчет газового цикла. Методические указания. - М.: МГСУ, 2006 г.
12. Мирам А.О., Павленко В.А. Расчет цикла водяного пара. Расчет процесса истечения водяного пара через сопло Лавалья и конструирование этого сопла. Методические указания. - М.: МГСУ, 2006 г.
13. Мирам А.О., Павленко В.А. Лабораторные работы по «Технической термодинамике и Тепломассообмену». Методические указания -М.: МГСУ, 2009.

14. Мирам А.О., Павленко В.А., Белов В.М. Расчет рекуперативного теплообменного аппарата. Методические указания.- М.: МГСУ, 2012 (в типографии).

### **Компьютерное программное обеспечение**

Стандартные приложения Microsoft Office (MS Word, MS Excel),

Интернет-ресурсы [www.abok.ru](http://www.abok.ru), [www.veza.ru](http://www.veza.ru).

### **Средства обеспечения освоения дисциплины**

Учебно-методическое пособие по поверочному тепловому расчету парового котла.

Методические указания к практическим занятиям по курсу «Теплотехника».

Нормативная и справочная литература.

Компьютерный тренажер энергоблок 200 МВт.

Компьютерный класс

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

**Планирование и организация времени, отведенного на изучение дисциплины.**

Приступить к освоению дисциплины следует незамедлительно в самом начале учебного семестра. Рекомендуется изучить структуру и основные положения Рабочей программы дисциплины планируется самостоятельная работа, итоги которой влияют на окончательную оценку по итогам освоения учебной дисциплины. Все задания (аудиторные и самостоятельные) необходимо выполнять и предоставлять на оценку в соответствии с графиком.

В процессе изучения материалов учебного курса предлагаются следующие формы работ: чтение лекций, лабораторные занятия, задания для самостоятельной работы.

*Практические занятия* акцентированы на наиболее принципиальных и проблемных вопросах курса и призваны стимулировать выработку практических умений.

Особо значимой для профессиональной подготовки студентов является *самостоятельная работа* по курсу. В ходе этой работы студенты отбирают необходимый материал по изучаемому вопросу и анализируют его. Студентам необходимо ознакомиться с основными источниками, без которых невозможно полноценное понимание проблематики курса.

Освоение курса способствует развитию навыков обоснованных и самостоятельных оценок фактов и концепций. Поэтому во всех формах контроля знаний, особенно при сдаче зачета, внимание обращается на понимание проблематики курса, на умение практически применять знания и делать выводы.

**Работа с литературой.** Рекомендуется использовать различные возможности работы с литературой: фонды научной библиотеки ДВФУ и электронные библиотеки (<http://www.dvfu.ru/library/>), а также доступные для использования другие научно-библиотечные системы.

**Подготовка к зачету.** К сдаче зачета допускаются обучающиеся, выполнившие все задания (практические, самостоятельные), предусмотренные учебной программой дисциплины, посетившие не менее 85% аудиторных занятий.

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

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпусЕ, ауд 312. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и	Помещение укомплектовано специализированной учебной мебелью (посадочных мест – 30)  Доска аудиторная.  Читальные залы Научной библиотеки ДВФУ с	ПЕРЕЧЕНЬ ПО Microsoft Windows 7 Pro MAGic 12.0 Pro, Jaws for Windows 15.0 Pro, Open book 9.0, Duxbury BrailleTranslator, Dolphin Guide (контракт № А238-14/2); Неисключительные права на использование ПО Microsoft рабочих станций пользователей (контракт ЭА-261-18 от 02.08.2018):

<p>A1042 аудитория для самостоятельной работы студентов</p>	<p>открытым доступом к фонду. Моноблок Lenovo C360G-i34164G500UDK – 115 шт.; Интегрированный сенсорный дисплей Polymedia FlipBox; Копир-принтер-цветной сканер в e-mail с 4 лотками Xerox WorkCentre 5330 (WC5330C; Полноцветный копир-принтер-сканер Xerox WorkCentre 7530 (WC7530CPS) Оборудование для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья: Дисплей Брайля Focus-40 Blue – 3 шт.; Дисплей Брайля Focus-80 Blue; Рабочая станция Lenovo ThinkCentre E73z – 3 шт.; Видео увеличитель ONYX Swing-Arm PC edition; Маркер-диктофон Touch Мемо цифровой; Устройство портативное для чтения плоскочечатных текстов PEarl; Сканирующая и читающая машина для незрячих и слабовидящих пользователей SARA; Принтер Брайля Emprint SpotDot - 2 шт.; Принтер Брайля Everest - D V4; Видео увеличитель ONYX Swing-Arm PC edition; Видео увеличитель Topaz 24" XL стационарный электронный; Обучающая система для детей тактильно-речевая, либо для людей с ограниченными возможностями здоровья; Увеличитель ручной видео RUBY портативный – 2 шт.; Экран Samsung S23C200B; Маркер-диктофон Touch</p>	<p>- лицензия на клиентскую операционную систему; - лицензия на пакет офисных продуктов для работы с документами включая формат.docx , .xlsx , .vsd , .ptt.; - лицензия на право подключения пользователя к сервернооперационным системам , используемым в ДВФУ : Microsoft Windows Server 2008/2012; - лицензия на право подключения к серверу Microsoft Exchange Server Enterprise; - лицензия на право подключения к внутренней информационной системе документооборота и порталу с возможностью поиска информации во множестве удаленных и локальных хранилищах, ресурсах, библиотеках информации, включая порталные хранилища, используемой в ДВФУ: Microsoft SharePoint; - лицензия на право подключения к системе централизованного управления рабочими станциями, используемой в ДВФУ: Microsoft System Center.</p>
---	---	---

Для проведения учебных занятий по дисциплине, а также для организации самостоятельной работы студентам доступно следующее лабораторное оборудование и специализированные кабинеты, соответствующие действующим

санитарным и противопожарным нормам, а также требованиям техники безопасности при проведении учебных и научно-производственных работ.

В целях обеспечения специальных условий обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в ДВФУ все здания оборудованы пандусами, лифтами, подъемниками, специализированными местами, оснащенными туалетными комнатами, табличками информационно-навигационной поддержки.

## 10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

**Перечень форм оценивания, применяемых на различных этапах формирования компетенций в ходе освоения дисциплины**

№ п/п	Контролируемые модули /разделы /темы дисциплины	Коды и этапы формирования элементов компетенций		Оценочные средства-наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Модуль 1	ПК-5 ПК-5.1	<i>Знает</i> методики сбора, обработки справочной, реферативной информации для сравнительного анализа и обоснованного выбора теплотехнического оборудования	Собеседование УО-1, УО 3	<b>зачет</b> вопросы: 1-13 Задание №1
			<i>Умеет</i> выполнять расчеты для разработки комплекта конструкторской документации для отдельных разделов термодинамики	Собеседование УО-1, УО-3	<b>зачет</b> вопросы: 1 Задание №1
			<i>Владеет</i> навыками проектирования теплодинамических процессов в компрессоре	УО-1, УО-3	<b>зачет</b> вопросы: 40-42 Задание №2

Для дисциплины «Теплотехника» используются следующие оценочные средства:

Устный опрос:

1. Собеседование (УО-1)
2. Презентация / сообщение (УО-3)

### 3. Практическая работа

#### **Устный опрос**

Устный опрос позволяет оценить знания и кругозор студента, умение логически построить ответ, владение монологической речью и иные коммуникативные навыки.

Обучающая функция состоит в выявлении деталей, которые по каким-то причинам оказались недостаточно осмысленными в ходе учебных занятий и при подготовке к зачёту.

**Собеседование (УО-1)** – средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.

**Презентация / сообщение (УО-3)** – продукт самостоятельной работы обучающегося, представляющий собой публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной темы.

#### **Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины**

#### **Оценочные средства для промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Теплотехника» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной. Форма отчётности по дисциплине – зачет (1-й, осенний семестр). Зачет по дисциплине включает ответы на 2 вопроса. Один из вопросов носит общий характер. Он направлен на раскрытие студентом знаний по «сквозным» вопросам и проблемам теплотехники. Второй вопрос касается процессов формирования технической термодинамики.

#### **Методические указания по сдаче зачета**



Зачет принимается ведущим преподавателем. При большом количестве групп у одного преподавателя или при большой численности потока по распоряжению заведующего кафедрой (заместителя директора по учебной и воспитательной работе) допускается привлечение в помощь ведущему преподавателю других преподавателей. В первую очередь привлекаются преподаватели, которые проводили лабораторные занятия по дисциплине в группах.

В исключительных случаях, по согласованию с заместителем директора Школы по учебной и воспитательной работе, заведующий кафедрой имеет право принять зачет в отсутствие ведущего преподавателя.

Форма проведения зачета (устная, письменная и др.) утверждается на заседании кафедры по согласованию с руководителем в соответствии с рабочей программой дисциплины.

Во время проведения зачета студенты могут пользоваться рабочей программой дисциплины, а также с разрешения преподавателя, проводящего зачет, справочной литературой и другими пособиями (учебниками, учебными пособиями, рекомендованной литературой и т.п.).

Время, предоставляемое студенту на подготовку к ответу на зачете, должно составлять не более 20 минут. По истечении данного времени студент должен быть готов к ответу.

Присутствие на зачете посторонних лиц (кроме лиц, осуществляющих проверку) без разрешения соответствующих лиц (ректора либо проректора по учебной и воспитательной работе, директора Школы, руководителя ОПОП или заведующего кафедрой), не допускается. Инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, не имеющие возможности самостоятельного передвижения, допускаются зачет с сопровождающими.

При промежуточной аттестации обучающимся устанавливается оценка «зачтено» или «не зачтено».

В зачетную книжку студента вносится только запись «зачтено», запись «не зачтено» вносится только в экзаменационную ведомость. При неявке студента на

зачет в ведомости делается запись «не явился».

**Вопросы к зачету**  
***по дисциплине «Теплотехника»***

1. Какие основные разделы входят в дисциплину «Теплотехника»?
2. Назовите разновидности термодинамической системы.
3. Какие виды энергии взаимодействуют в термодинамической системе?
4. Как учесть «не идеальность» газа при записи уравнения состояния?
5. Приведите примеры теплотехнических аппаратов и устройств.
6. Дайте характеристику термодинамического процесса.
7. Запишите уравнение Первого закона термодинамики.
8. Как произвести расчет теплоты с использованием теплоемкости?
9. Как определяется теплоемкость для любого вещества?
10. Как определить работу изменения объема в термодинамической P-V диаграмме?
11. Как определить техническую работу в термодинамической P-V диаграмме?
12. Как определить работу по Первому закону термодинамики?
13. От чего зависит внутренняя энергия «идеального газа»?
14. Как установить направление передачи теплоты в термодинамическом процессе?
15. Как определить количество теплоты в термодинамической T-S диаграмме?
16. Какие уравнения описывают все термодинамические процессы?
17. Дайте характеристику политропного процесса.
18. Запишите уравнение политропного процесса.
19. Какие значения может принимать показатель политропного процесса?
20. Какие процессы называются изотропными?
21. Дайте характеристику изобарному процессу.
22. Дайте характеристику изохорному процессу.
23. Дайте характеристику изотермическому процессу.
24. Дайте характеристику адиабатному процессу.

25. Чем отличается адиабатный процесс от других изотропных процессов?
26. Изобразите изотропные процессы в P-V диаграмме.
27. Изобразите изотропные процессы в T-S диаграмме.
28. Какой вид имеет Первый закон термодинамики для каждого изотропного процесса?
29. Какие термодинамические процессы называются обратимыми?
30. Какие термодинамические процессы относят к необратимым?
31. Перечислите основные термодинамические процессы.
32. Какой процесс называется процессом фазового перехода?
33. При каких условиях осуществляется процесс фазового перехода?
34. Какие процессы фазового перехода наиболее часто применяются на практике?
35. Назовите основные виды фазовых диаграмм, изобразите эти диаграммы.
36. Изобразите процесс испарения (конденсации) в P-V и T-S фазовых диаграммах.
37. Как определяются параметры в процессах фазового перехода?
38. Что такое теплота фазового перехода?
39. Приведите примеры использования газовых смесей.
40. Запишите закон Дальтона для газовой смеси.
41. Какие виды компрессоров применяются для сжатия газов или паров?
42. Назовите основные технические характеристики компрессоров.
43. Приведите примеры использования сжатых газов и паров в технике.
44. Какие термодинамические процессы можно использовать в качестве процессов сжатия?
45. Как определить работу сжатия в P-V диаграмме?
46. Докажите, что работа сжатия является технической работой.
47. В каком идеальном процессе сжатия работа компрессора минимальна?
48. В каком процессе сжатия работа на привод компрессора имеет максимальную величину?
49. От чего зависит объемный КПД компрессора?

50. Каким способом можно снизить затраты работы на привод компрессора?
51. Изобразите основные процессы сжатия в P-V и T-S диаграммах?
52. Как рассчитать мощность, затраченную на привод компрессора?
53. Изобразите действительную диаграмму процессов в поршневом компрессоре.
54. В каких случаях используются многоступенчатые компрессоры?
55. Как зависит работа, необходимая на привод компрессора от количества ступеней сжатия?
56. Назовите КПД, используемые для оценки эффективности работы компрессора?
57. Какие преимущества имеют многоступенчатые компрессора?
58. Какие виды компрессоров позволяют получить газ или пар высокого давления?
59. Объясните принцип действия компрессора объемного сжатия.
60. Объясните принцип действия компрессора кинетического сжатия.
61. Дайте формулировку Второго закона термодинамики.
62. Какие термодинамические процессы называют циклами?
63. Какой циклический процесс совершается при работе теплового двигателя?
64. Какой циклический процесс совершается при работе трансформатора тепла?
65. В какой диаграмме можно определить работу цикла?
66. В какой диаграмме можно определить полезную теплоту цикла?
67. Запишите уравнения, используемые для расчета термического КПД прямого цикла.
68. Запишите уравнения, используемые для расчета холодильного коэффициента.
69. Запишите уравнения, используемые для расчета коэффициента преобразования тепла.
70. Изобразите цикл Карно в P-V и T-S диаграммах.
71. Почему цикл Карно считается идеальным циклом?

72. В чем сущность теоремы Карно, как рассчитать КПД этого цикла?
73. Как определить максимальную величину термического КПД любого прямого цикла?
74. Для чего применяют регенерацию теплоты в циклических процессах?
75. Изобразите цикл с регенерацией теплоты в P-V и T-S диаграммах.
76. Как изменяется энтропия в обратимых и необратимых циклах?
77. Чем отличаются циклические процессы для тепловых двигателей и холодильных установок?
78. Дайте классификацию ДВС по термодинамическим признакам.
79. Приведите примеры использования различных видов ДВС в технике.
80. Изобразите действительную (индикаторную) диаграмму карбюраторного ДВС.
81. Изобразите схему ДВС, назовите ее основные элементы.
82. Объясните последовательность основных процессов цикла ДВС в P-V и T-S диаграммах.
83. Назовите основные термодинамические характеристики ДВС.
84. Запишите уравнение для расчета КПД карбюраторного ДВС.
85. Запишите уравнение для расчета КПД дизельного ДВС.
86. Как влияет степень сжатия на КПД ДВС?
87. Чем отличаются дизельные и карбюраторные ДВС?
88. В каком типе ДВС можно получить большее значение термического КПД?
89. Почему в карб.ДВС нельзя увеличить степень сжатия до значений, получаемых в дизельных ДВС?
90. Как зависит КПД дизельного ДВС от степени предварительного расширения?
91. Как работают ДВС со смешанным подводом тепла?
92. В чем заключаются преимущества и недостатки карбюраторных ДВС?
93. В чем заключаются преимущества и недостатки дизельных ДВС?
94. Какими способами можно повысить термический КПД цикла ДВС?
95. Приведите примеры использования паросиловых установок.

96. Какое рабочее тело используется обычно в ПСУ?
97. Изобразите схему ПСУ, работающей по циклу Карно.
98. Изобразите схему ПСУ, работающей по циклу Ренкина.
99. В чем отличие цикла ПСУ Ренкина от цикла Карно?
100. Изобразите цикл ПСУ Ренкина на влажном паре в P-V и T-S диаграммах водяного пара.
101. Опишите последовательность термодинамических процессов в цикле ПСУ.
102. Назовите основные характеристики цикла ПСУ.
103. Как рассчитать термический КПД цикла ПСУ?
104. Как определить работу, получаемую в турбине для цикла ПСУ Ренкина?
105. Как определить количество теплоты, подведенной к рабочему телу в котле?
106. Объясните на примере процесса расширения пара в турбине необратимость процессов в ПСУ.
107. В чем заключается необратимость процессов в ПСУ?
108. Каким показателем оцениваются необратимые потери энергии в цикле ПСУ?
109. Как осуществляется регенерация теплоты в цикле ПСУ?
110. Объясните принцип использования энергии пара для теплофикации.
- 111.
112. Назовите основные виды холодильных машин.
113. Какие рабочие тела применяются в холодильных машинах?
114. Изобразите цикл Карно холодильной машины в P-V и T-S диаграммах.
115. Какими характеристиками оценивается эффективность работы холодильной машины?
116. Как определяется холодильный коэффициент?
117. Изобразите схему воздушной холодильной машины.
118. Изобразите цикл парокомпрессионной холодильной машины в P-V и T-S диаграммах.
119. Запишите значение холодильного коэффициента ПКХМ.

120. Что такое «холодильный агент» в холодильной машине?
121. Дайте характеристику обратного циклического процесса.
122. Назовите достоинства и недостатки воздушной холодильной машины.
123. Назовите достоинства и недостатки парокомпрессионной холодильной машины.
124. Изобразите схему воздушной холодильной машины.
125. Приведите примеры использования холодильных машин в технике.
126. Дайте характеристику трем основным способам передачи тепловой энергии.
127. От чего зависит теплопроводность вещества?
128. Какие вещества являются хорошими проводниками теплоты?
129. Какие вещества плохо проводят тепловую энергию?
130. Как распространяется тепловая энергия в телах с различной структурой?
131. В каких единицах измеряется тепловой поток и плотность теплового потока?
132. Дайте определение температурному полю в теле.
133. Дайте определение градиенту температуры в теле.
134. Запишите уравнение закона Фурье.
135. Как определить коэффициент теплопроводности для любого вещества?
136. От чего зависит коэффициент теплопроводности вещества?
137. Изобразите температурное поле в цилиндрической однородной стенке.
138. Запишите закон Фурье для цилиндрической однородной стенки.
139. Как рассчитать плотность теплового потока по длине трубы?
140. Приведите примеры использования закона Фурье для практических расчетов
141. Дайте характеристику процессу конвективного теплообмена (теплоотдачи).
142. Назовите виды конвекции, объясните разницу между ними.
143. Как обеспечить вынужденную конвекцию жидкости (газа)?
144. Запишите уравнение закона Ньютона-Рихмана.

145. Дайте характеристику коэффициенту теплоотдачи.
146. В каких единицах измеряется коэффициент теплоотдачи?
147. От каких величин зависит коэффициент теплоотдачи?
148. Почему коэффициент теплоотдачи невозможно найти в таблицах справочников?
149. Объясните основные положения теории подобия для процесса теплообмена.
150. Для чего используются числа подобия, назовите основные из них.
151. Запишите уравнения подобия для свободной конвекции в общем виде.
152. Запишите уравнения подобия для вынужденной конвекции в общем виде.
153. Дайте характеристику числу подобия Нуссельта.
154. Дайте характеристику числу подобия Прандтля.
155. Дайте характеристику числу подобия Грасгоффа.
156. Дайте характеристику числу подобия Рейнольдса, назовите режимы течения среды.
157. Назовите наиболее распространенные случаи теплообмена.
158. Как использовать уравнения подобия для расчета процесса теплоотдачи?
159. Какая конвекция – свободная или вынужденная - обеспечивает больший перенос теплоты?
160. В какой форме передается поток теплового излучения с поверхности тела.
161. В чем отличия между интегральной и спектральной плотностью излучения?
162. Как взаимодействует тело с падающим на него потоком излучения?
163. Как связаны коэффициенты поглощения и отражения для непрозрачного серого тела?
164. Как найти эффективное излучение тела?
165. Как найти результирующее излучение тела?
166. Что устанавливает закон теплового излучения Планка?
167. Что устанавливает закон теплового излучения Вина?
168. Что устанавливает закон теплового излучения Киргоффа?



169. Запишите закон теплового излучения Стефана-Больцмана.
170. Запишите уравнение для определения собственного излучения тела.
171. Как влияет на излучение с поверхности тела степень его черноты?
172. Как можно определить степень черноты поверхности непрозрачного серого тела?
173. Почему тепловое излучение интенсивно при высоких температурах поверхности тела?
174. Какие законы теплового излучения используются в теплотехнических расчетах?
175. Как связаны между собой степень черноты тела и коэффициент поглощения излучения?
176. Приведите примеры практического использования теплового излучения.
177. Какие тепловые процессы называются нестационарными?
178. Изобразите график изменения температуры тела при его нагреве.
179. Что принято называть тепловой аккумуляцией?
180. Запишите уравнение для определения коэффициента температуропроводности.
181. Какой теплофизический коэффициент влияет на скорость нагрева тела?
182. Запишите уравнение температурного поля для нестационарного режима.
183. Какой закон передачи теплоты используется для расчетов нестационарных процессов?
184. Что характеризует число подобия Био?
185. Что характеризует число подобия Фурье?
186. Дайте определение понятиям избыточная и безразмерная температура.
187. Дайте определение регулярного режима нагрева (охлаждения) тела.
188. Дайте определение коэффициенту температуропроводности
189. Изобразите график изменения температуры тела при его охлаждении.
190. Дайте определение процессу теплопередачи.
191. Какие тепловые процессы одновременно происходят при теплопередаче?
192. Запишите обобщающее уравнение теплопередачи.

193. Как найти коэффициент теплопередачи для случая плоской стенки?
194. Как определить конвективную составляющую теплового потока?
195. Как рассчитать тепловой поток от стенки к холодному теплоносителю?
196. Дайте определение тепловой изоляции.
197. В каких случаях необходимо применять тепловую изоляцию?
198. Объясните порядок расчета тепловой изоляции.
199. Как выбрать материал для изоляции трубопровода?
200. Для чего предназначены теплообменные аппараты?
201. Рассмотрите классификацию теплообменных аппаратов.
202. Какие теплоносители используются в теплообменных аппаратах?
203. Какими качествами должны обладать теплоносители?
204. В каких случаях применяются высокотемпературные теплоносители?
205. В каких случаях применяют низкотемпературные теплоносители?
206. В чем особенность конструкторского расчета теплообменного аппарата?
207. Дайте характеристику тепловой нагрузке теплообменного аппарата?
208. Как рассчитать коэффициент потерь теплоты в теплообменнике?
209. Какие величины можно определить при расчете поверхностного теплообменника?
210. Какие данные необходимы для конструкторского расчета теплообменника?
211. Запишите уравнения теплового баланса рекуперативного теплообменника.
212. Запишите уравнение теплопередачи рекуперативного теплообменника.
213. Как определить средний температурный напор в поверхностном теплообменнике?
214. Как рассчитать коэффициент теплопередачи в поверхностном теплообменнике?
215. Объясните принцип действия контактного смешивающего теплообменника.
216. Приведите примеры использования теплообменных аппаратов на практике.

## Критерии выставления оценки студенту на зачете

К зачету допускаются обучающиеся, выполнившие программу обучения по дисциплине, прошедшие все этапы текущей аттестации.

Оценка	Требования к сформированным компетенциям
«зачтено»	Студент показал развернутый ответ, представляющий собой связное, логическое, последовательное раскрытие поставленного вопроса, широкое знание литературы. Студент обнаружил понимание материала, обоснованность суждений, способность применить полученные знания на практике. Допускаются некоторые неточности в ответе, которые студент исправляет самостоятельно.
«не зачтено»	Студент обнаруживает незнание большей части проблем, связанных с изучением вопроса, допускает ошибки в ответе, искажает смысл текста, беспорядочно и неуверенно излагает материал. Данная оценка характеризует недостатки в подготовке студента, которые являются серьезным препятствием к успешной профессиональной и научной деятельности.

## Оценочные средства для текущей аттестации

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

Текущая аттестация проводится в форме контрольных мероприятий (собеседования) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

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

Составляется календарный план контрольных мероприятий по дисциплине. Оценка посещаемости, активности обучающихся на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий ведётся на основе журнала, который ведёт преподаватель в течение учебного семестра.

## Вопросы для устного опроса

### Раздел 1.

1. Что изучает дисциплина «Теплотехника»
2. Что изучается в разделе «Техническая термодинамика»?
3. Разновидности термодинамической системы.

### Раздел 2.

1. Запишите уравнение для расчета КПД дизельного ДВС.
2. Как влияет степень сжатия на КПД ДВС?
3. Чем отличаются дизельные и карбюраторные ДВС?

### Критерии оценивания

Оценка	Требования
«зачтено»	Студент показал развернутый ответ на вопрос, знание технической литературы, обнаружил понимание материала, обоснованность суждений, неточности в ответе исправляет самостоятельно.
«не зачтено»	Аспирант обнаруживает незнание вопроса, неуверенно излагает ответ.

### Типовые задания к практическим работам:

**Задание 1. (2 час.)** Теплоемкость, внутренняя энергия и энтальпия рабочего тела, смеси рабочих тел.

1. Манометр парового котла показывает давление  $12 \text{ кг / см}^2$ . Определите абсолютное давление пара в котле, если показание барометра равно  $700 \text{ мм}$  ртутного столба. Выразить абсолютное давление в барах.

2. Разрежение в газоходе парового котла измеряется тягомером с наклонной трубкой. Угол наклона трубки тягомера  $\alpha=30^\circ$ , длина столбика воды в трубке, отсчитанная по шкале,  $l=150 \text{ мм}$  (см. рис. 1).

Определить абсолютное давление газов в дымоходе, если барометр показывает  $P_{\text{бар}} = 745 \text{ мм.рт.ст.}$

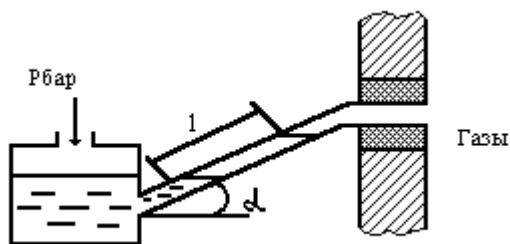


Рис. 1.

3. Плотность дымовых газов, выходящих из трубы парового котла  $\rho = 0,775$  кг/м<sup>3</sup>. Найти объем 12 кг дымовых газов.

4 На рисунке 2 показана схема измерения расхода жидкостей и газов при помощи дроссельных диафрагм. Вследствие дросселирования жидкости при прохождении через диафрагму 1 давление ее снижается. По разности давлений перед и за диафрагмой, измеряемой дифференциальным U-образным манометром 2, можно определить массовый расход жидкости по формуле  $m = \alpha f \sqrt{2 \cdot (P_1 - P_2) \cdot \rho}$ , кг/с

$\alpha$ - коэффициент расхода;

$f$  - площадь входного отверстия диафрагмы в м<sup>2</sup>;

$\rho$  - плотность жидкости в кг/м<sup>3</sup>.

Определить массовый расход воды, если измеренный при помощи дроссельного устройства, если  $\alpha = 0,8$ ;  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>; показания дифманометра  $h = 84$  мм.рт.ст.;  $d = 10$  мм.

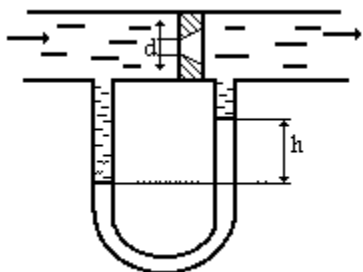


Рис. 2.

### Задание 2. (4 час.)

Теплоемкость, внутренняя энергия и энтальпия рабочего тела, смеси рабочих тел.

5. Определить при помощи молекулярно-кинетической теории объемную теплоемкость при постоянном объеме  $C_V$  (кДж / м<sup>3</sup> К) и массовую теплоемкость при постоянном давлении  $C_P$  (кДж/кг К) для азота и сероводорода H<sub>2</sub>S.

6. Вычислить среднюю массовую и среднюю объемную теплоемкость окиси углерода при постоянном объеме для интервала температур  $0 \div 1200^\circ\text{C}$ , если известно, что  $C_P \Big|_0^{1200} = 32,192$  кДж/кмоль К.

7. Вычислить среднюю теплоемкость  $C_P$  (кДж/кг К) для воздуха при постоянном давлении в интервале температур от 200 до 800<sup>0</sup>С.

31. Воздух в количестве 6м<sup>3</sup> при давлении P=3бар и температуре  $t_1=25^\circ\text{C}$  нагревается при постоянном давлении до  $t_2=130^\circ\text{C}$ . Определить количество подведенного к воздуху тепла, считая  $C_P = \text{const}$ .

8. Газовая смесь имеет следующий состав по объему: CO<sub>2</sub>=0,12; O<sub>2</sub> = 0,07; N<sub>2</sub> = 0,75; H<sub>2</sub>O=0,06. Определить среднюю массовую теплоемкость  $C_P$  (кДж/кг К) смеси в интервале температур от 100 до 300<sup>0</sup>С.

### **Задание 3. (2 час.)**

Первый закон термодинамики.

9. При сливе мазута из железнодорожной цистерны (рис. 3) для разогрева мазута использовался водяной пар. После завершения слива мазута водяной пар также сконденсировался и был удален. Воздух в цистерне имел температуру  $t = 100^\circ\text{C}$ . Люки цистерны были закрыты и цистерна в таком состоянии находилась до тех пор, пока не охладилась до температуры окружающей среды  $t_{\text{окр}} = -10^\circ\text{C}$ . Давление окружающей среды  $P_{\text{бар}}=760$  мм.рт.ст. Определить силу  $F$  (в тоннах) которая будет действовать на стенки цистерны после охлаждения.

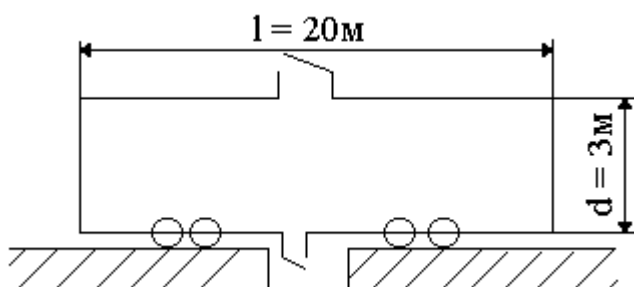


Рис. 3.

10. Определить величину перемещения капли ртути  $\ell$  в горизонтальном стеклянном капилляре диаметром  $d = 0,2; 1$  и  $3$  мм, если объем сосуда  $V = 0,5$ л, давление окружающей среды  $P_{\text{бар}} = 760$  мм.рт.ст. Изменение температуры воздуха в сосуде от  $t_1 = 0$  °С до  $t_2 = 100$  °С.

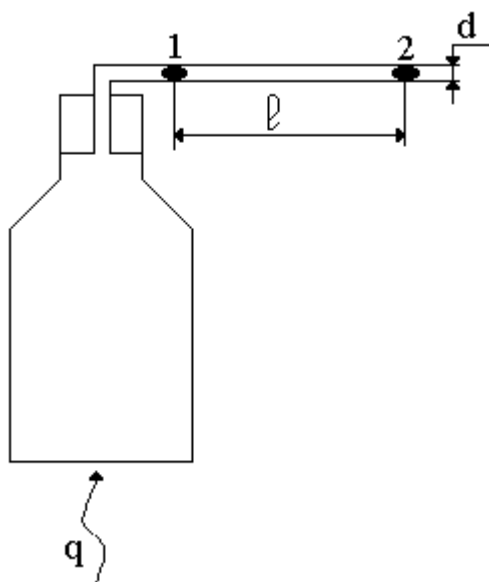


Рис. 4.

11 Манометрический термометр, предназначенный для измерения температуры (Рис. 5) заполнен воздухом с первоначальным давлением, равным давлению окружающей среды  $P_1 = 760$  мм.рт.ст. Баллон термометра был нагрет от температуры  $t_1 = 0$  °С до максимальной  $t_2 = 300$  °С. Определить на какое давление должен быть рассчитан подключенный вторичный прибор, если в качестве него использовать манометр.

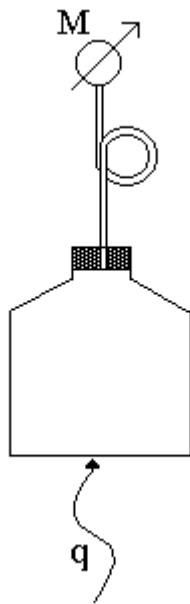


Рис. 5.

12. Какое количество воздуха (кг) необходимо подавать в секунду в калорифер, предназначенный для обогрева производственного помещения, если температуры воздуха до и после калорифера, соответственно,  $t_1 = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $t_2 = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В качестве греющего теплоносителя используется вода с температурой на входе в калорифер  $t_{B1} = 90\text{ }^{\circ}\text{C}$  и на выходе  $t_{B2} = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Расход воды  $G = 5\text{ т/час}$ . Процесс нагрева воздуха полагать изобарным.

#### Занятие 4. (2 час.)

Второй закон термодинамики.

13. В баллоне объемом 40л находится кислород при  $P_1 = 140\text{ кг/см}^2$  и температуре среды. После быстрого открытия выпускного вентиля кислород вытекает в атмосферу; затем вентиль снова закрывается. Теплообмен между содержимым баллона и средой за время выпуска практически не успевает совершиться. Давление в баллоне после выпуска равно  $P_2 = 70\text{ кг/см}^2$ . Через некоторое время температура кислорода снова становится равной температуре среды  $t_1 = 20^{\circ}\text{C}$ .

Какова температура кислорода в баллоне сразу после выпуска ?

Какое количество кислорода вытекло из баллона ?

Чему равно давление после восстановления первоначальной температуры ?



Какое количество кислорода вытекло бы, если бы выпуск производился весьма медленно, температура газа при этом не менялась бы, а конечное давление  $P_2=70\text{кг/см}^2$ .

14. Определить показатель политропы и теплоемкость процесса. Представить ход процесса в P-V диаграмме.

15. На рис. 6. показан политропный процесс 1-2-3. Определить показатель политропы этого процесса.

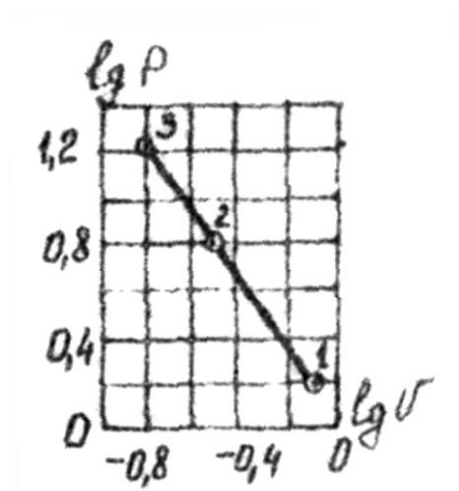


Рис. 6.

16. В 1кг. воды при  $0^{\circ}\text{C}$  опущен кусок железа 0,5кг при  $t= 100^{\circ}\text{C}$ . Как изменилась энтальпия этих тел ?

Для воды  $C_p= 4,19$  кДж/кг К, для железа  $C_p = 0,461$  кДж/кг К.

### Занятие 5. (2 час.)

Дифференциальные уравнения термодинамики. Фазовые переходы.

17. Политропный процесс изменение состояния воздуха задан параметрами трех точек;  $P_1 = 10\text{ата}$ ;  $\nu_1 = 0,226$  м<sup>3</sup>/кг;  $P_2 = 8\text{ата}$ ;  $\nu_2 = 0,226$  м<sup>3</sup>/кг;  $P_3 = 6\text{ата}$ ;  $\nu_3 = 0,325$  м<sup>3</sup>/кг. Вычислить значения S и T в этих точках, определить вид процесса и представить его в T- S диаграмме.

18 При проведении касательной к кривой политропного процесса для воздуха в T-S диаграмме длина касательной в масштабе энтропии оказалось равной 0,5 ккал/кг К. Определить показатель политропы процесса.

19. Построить в T-S координатах изобары воздуха в пределах от 0° до 1500°С, соответствующие 0,1; 1,0 и 10 кг/см<sup>2</sup> приняв значение энтропии воздуха равным нулю при t = 0°С и P = 1кг/см<sup>2</sup>. Построение произвести по точкам, отстоящим на 300°С друг от друга.

20. Построить в диаграмме T-S для 1кг воздуха в пределах от 0 до 200°С изохоры:  $\nu_1 = 0,2 \text{ м}^3/\text{кг}$ ;  $\nu_2 = 0,4 \text{ м}^3/\text{кг}$ ;  $\nu_3 = 0,6 \text{ м}^3/\text{кг}$ .

### **Занятие 6. (4 час.)**

Термодинамические процессы в рабочих телах. Расчет термодинамических процессов реальных газов с помощью диаграмм.

21. Определить мощность компрессора с изотермическим сжатием и часовое количество тепла, передаваемого охлаждающей воде, если  $P_1 = 760 \text{ мм.рт.ст.}$ , а давление сжатого воздуха  $P_2 = 4\text{бар}$ . Расход всасываемого воздуха 500 м<sup>3</sup>/час.

22. Компрессор всасывает в минуту 100м<sup>3</sup> водорода при температуре 20°С и давлении 1бар и сжимает его до 8бар. Определить потребную мощность привода компрессора при адиабатном сжатии, если внутренний относительный КПД компрессора  $\eta_{о\text{ж}}^к = 0,7$

23. В результате уменьшения расхода воды, охлаждающей цилиндр компрессора, температура сжатого воздуха на выходе из компрессора возрастает от 100 до 150°С. Начальная температура воздуха остается равной 17°С. Давление сжатого воздуха  $P_2 = 4,5\text{бар}$ , начальное давление  $P_1 = 1\text{бар}$ . Как изменится затрачиваемая мощность ?

24. Определить объемную часовую производительность по сжатому воздуху компрессора, сжимающего воздух от  $P_1 = 0,98 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2$  и  $t_1 = 15^\circ\text{С}$  до  $P_2 = 7,84 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2$  Сжатие изотермическое, мощность  $N = 40\text{кВт}$ .

25 Компрессор всасывает  $100 \text{ м}^3/\text{час}$  воздуха при  $P_1 = 1 \text{ бар}$  и  $t_1 = 27^\circ\text{C}$ . Конечное давление воздуха составляет  $8 \text{ бар}$ . Определить мощность привода компрессора, считая: а) изотермическим; б) адиабатным; в) политропным с  $n = 1,2$ .

### Занятие 7. (2 час.)

Влажный воздух.

26. Рабочее тело поршневого двигателя внутреннего сгорания со смешанным подводом тепла - воздух - имеет начальные параметры:  $P_1 = 1 \text{ бар}$ ;  $t_1 = 30^\circ\text{C}$ ; характеристики цикла:  $\varepsilon = 7$ ,  $\lambda = 2,0$  и  $\rho = 1,2$ . Определить параметры в характерных точках, количество подведенного тепла, полезную работу и термический КПД цикла.

27. Для цикла поршневого ДВС со смешанным подводом тепла заданы температуры точек:  $t_1 = 90^\circ\text{C}$ ;  $t_2 = 400^\circ\text{C}$ ;  $t_3 = 590^\circ\text{C}$ ;  $t_4 = 300^\circ\text{C}$ . Определить термический КПД этого цикла и сравнить его с термическим КПД соответствующего цикла Карно. Рабочее тело - азот.

28. Определить параметры  $P, V$  и  $T$  во всех точках цикла 12345. Указать участки подвода и отвода тепла. Исследовав цикл в координатах  $T-S$ , показать, от каких безразмерных величин и как зависит  $\eta_t$ . Вычислить  $\eta_t$ , если известно, что рабочее тело - воздух и  $P_1 = 10 \text{ кг/см}^2$ ;  $V_3 = 0,2 \text{ м}^3/\text{кг}$ ;  $P_4 = 6 \text{ кг/см}^2$ ;  $t_1 = 250^\circ\text{C}$ ;  $t_2 = 300^\circ\text{C}$ .

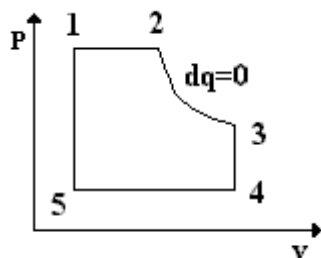


Рис. 7.

29 Газотурбинная установка работает по циклу с подводом тепла  $P = \text{const}$ . Степень повышения давления  $\beta = 12$ . Рассчитать термический КПД ГТУ: а) рабочим веществом является гелий; б) рабочим веществом является воздух.

30. Рассчитать термический КПД простейшей газотурбинной установки с подводом тепла при  $P = \text{const}$  при следующих степенях повышения давления:

1)  $\beta_1 = 5$ ; 2)  $\beta_2 = 10$  и 3)  $\beta_3 = 20$ .

Рабочее тело - воздух. Представить в координатах T-S и P-V.

$N = 40$  МВт.

### **Занятие 8. (2 час.)**

Истечение и дросселирование рабочих тел.

31. Начальные параметры воздуха, поступающего в компрессор ГТУ со сжиганием топлива при  $P = \text{const}$ ;  $P_1 = 1$  кг/см<sup>2</sup>,  $t_1 = 20^\circ \text{C}$ . Степень повышения давления в компрессоре  $\beta = 6$ . Температура газов перед соплами турбины  $t_3 = 700^\circ \text{C}$ . Компрессор засасывает  $2 \cdot 10^5$  кг/ч воздуха. Определить:

- 1) параметры всех точек идеального цикла ГТУ;
- 2) параметры всех точек действительного цикла, приняв внутренние относительные КПД турбины и компрессора  $\eta_{\text{oj}}^{\text{r}} = 0,87$  и  $\eta_{\text{oj}}^{\text{k}} = 0,85$ ;
- 3) абсолютный КПД ГТУ, мощность турбины, компрессора и всей ГТУ.

Представить оба цикла в диаграмме T-S.

32. Как будет изменяться термический КПД ГТУ с ростом степени сжатия  $\beta$  при неизменной температуре перед турбиной, если ГТУ с подводом тепла при  $P = \text{const}$  работает с предельной регенерацией. Задачу решить с помощью T-S диаграммы.

33. Определить термический КПД цикла ГТУ с подводом тепла при  $P = \text{const}$  и предельной регенерацией тепла, если  $t_1 = 30^\circ \text{C}$ ,  $t_4 = 500^\circ \text{C}$ ,  $\beta = 4$ ,  $K = 1,35$ . Представить цикл в диаграмме P-V.

34. Газотурбинная установка работает с подводом тепла при  $U = \text{const}$  и с полной регенерацией. Известны параметры:  $t_1 = 30^\circ \text{C}$ ,  $\beta = 4$ ,  $t_4 = 400^\circ \text{C}$ . Рабочее тело воздух. Определить термический КПД этого цикла и представить его в диаграмме T-S.

### **Занятие 9. (2 час.)**

Процессы в компрессорах.

35. Пользуясь данными предыдущей задачи, рассчитать термический КПД цикла турбокомпрессорного реактивного двигателя, теоретические мощности турбины, компрессора и всего двигателя, приняв расход воздуха, проходящего через двигатель, равным  $m = 50 \text{ т/ч}$ .

36. Найти выражение критических параметров, исходя из уравнений Дитеричи  $P(V-b) = RTb - \frac{\alpha}{RTv}$ .

Вычислить критический коэффициент  $S = \frac{RT_{кр}}{P_{кр} \cdot v_{кр}}$  для этого уравнения и сравнить его со значением  $S$ , полученным из уравнения Ван-дер-Ваальса.

37. Вычислить значения констант в уравнении Ван-дер-Ваальса с помощью параметров критического состояния двуокиси углерода, которые равны  $P_{кр} = 73,8 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2$ ;  $t_{кр} = 31,04^\circ\text{C}$ ;  $V_{кр} = 0,00214 \text{ м}^3/\text{кг}$ .

38. В баллоне объемом  $V = 40 \text{ дм}^3$  находится двуокись углерода при давлении  $P = 39,23 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2$ . Определить массу газа в баллоне, если температура газа равна  $t = 20^\circ\text{C}$ . Расчет производить при помощи уравнений а) Клапейрона, б) Ван-дер-Ваальса. В случае б) использовать величины констант  $\alpha$  и  $b$ , подсчитанные в задаче 3.2 по  $P_{кр}$  и  $T_{кр}$ . Определить соответствующие погрешности по сравнению с массой, вычисленной по табличному значению удельного объема, равному  $V_{\text{табл}} = 0,01063 \text{ м}^3/\text{кг}$ .

39. Определить работу расширения 1 кг газа, если принять, что газ подчиняется уравнению состояния Ван-дер-Ваальса. Сравнить результат с работой, которая получается, если полагать газ идеальным. Температура в процессе расширения постоянна и равна  $50^\circ\text{C}$ . Удельный объем увеличивается от  $V_1 = 1 \text{ м}^3/\text{кг}$  до  $V_2 = 5 \text{ м}^3/\text{кг}$ .

### **Занятие 10. (2 час.)**

Циклы в тепловых двигателях.

40 Построить в координатах T-S в масштабе по нескольким точкам нижнюю и верхнюю пограничные кривые, а также две изобары в области влажного пара:  $P_1=10$  бар и  $P_2 = 40$  бар.

41 Определить, пользуясь диаграммой i-S, значения параметров  $i_x$ ,  $S_x$ , и  $V_x$  для водяного пара при  $P = 8$  бар и  $x = 0,96$ . Сравнить полученные данные со значениями этих величин, полученных при помощи таблиц и формул.

42 Воспользовавшись диаграммой i-s водяного пара, определить скрытую теплоту парообразования для  $P = 1$  МПа. Сравнить полученное значение с данными таблицы.

43 Определить количество тепла, которое нужно сообщить 6 кг водяного пара, занимающего объём  $0,6 \text{ м}^3$  при давлении 0,6 МПа, чтобы при  $V = \text{const}$  повысить его давление до 1 МПа; найти также конечную степень сухости пара .

### **Занятие 11. (2 час.)**

Циклы холодильных машин.

44 Паросиловая установка работает по циклу Ренкина. Определить удельную работу , удельный расход пара и термический КПД установки, если начальные параметры пара  $P_1 = 1,6$  МПа при  $X_1 = 0,97$ , а давление в конденсаторе  $P_2 = 0,02$  МПа.

45. Определить термический КПД и мощность паросиловой установки, работающей по циклу Ренкина , при следующих условиях :  $P_1 = 2$  МПа,  $t_1 = 350^\circ \text{С}$  и  $P_2 = 0,02$  МПа. Часовой расход пара  $D = 930$  кг/час.

46 Какая работа может быть теоретически произведена 1кг пара, имеющего начальные параметры  $P_1 = 10$  МПа,  $t_1 = 550^\circ\text{С}$ , давление в конденсаторе  $P_2 = 0,004$  МПа. Определить удельный расход пара  $d$  кг/квт-час и часовой  $D$  т/час, если мощность установки  $N = 100000$  кВт. Определить количество тепла, отводимое за час в конденсаторе. Какое количество охлаждающей воды необходимо подавать в конденсатор, если температура повышается там на  $18^\circ\text{С}$ .

Определить термический КПД цикла и сравнить его с термическим КПД соответствующего цикла Карно.

47. Паровая турбина расходует 0,0011 кг пара на получение 1кДж электроэнергии. На производство 1 кг пара необходимых параметров затрачивается 3300кДж. Найти КПД паротурбинной установки.

### **Занятие 12. (2 час.)**

Теплопроводность при стационарном и нестационарном режимах.

48. Определить термический КПД установки с промежуточным перегревом пара при 25 ата до 400°C, если пар имеет параметры:  $P_1 = 13$  МПа,  $t_1 = 500^\circ\text{C}$ ,  $P_2 = 0,004$  МПа. Внутренний относительный КПД  $\eta_{oi} = 0,83$ .

49. Сравнить удельные расходы пара  $d_t$  [кг/кВт·ч] для двух паросиловых установок, одна из которых использует пар с начальным давлением  $P_1 = 3$  МПа и температурой  $t_1 = 450^\circ\text{C}$ , другая работает на паре высокого давления:  $P_1' = 18$  МПа и  $t_1' = 550^\circ\text{C}$ . Давление в конденсаторе  $P_2 = 0,004$  МПа одинаково для всех установок. Внутренний относительный КПД турбины в обоих случаях равен  $\eta_{oi} = 0,78$ . Представить циклы обеих установок в диаграмме T-S и i-s.

50 В паросиловой установке начальные параметры пара:  $P_1 = 10$  МПа;  $t_1 = 450^\circ\text{C}$ ; давление в конденсаторе  $P_2 = 0,004$  МПа. Внутренний относительный КПД  $\eta_{oi} = 0,8$ . Вторично пар перегревается при давлении  $P_{пп} = 1,8$  МПа до первоначальной температуры. Определить уменьшение влажности пара на выходе его из турбины вследствие введения вторичного перегрева, удельные расходы тепла при вторичном перегреве и без него и достигнутую экономию тепла. Представить цикл в диаграммах T-S и i-s.

### **Занятие 13. (2 час.)**

Конвективный теплообмен.

51. Определить термический КПД ртутно-водяного бинарного цикла, если известны параметры водяного пара  $P_1 = 1,6$  МПа,  $t_1 = 500^\circ\text{C}$ ,  $P_2 = 0,004$  МПа и параметры ртутного пара  $P_{1P} = 0,8$  МПа,  $P_{2P} = 0,004$  МПа. Определить также количество ртутного пара, поступающего в ртутную турбину на 1 кг водяного пара, поступающего в турбину водяного пара. Представить цикл ртутно-водяной установки в диаграмме T-S.

Примечание:  $i_{2P} = 59$  ккал/кг,  $i_{2P}' = 7,16$  ккал/кг,  $i_{1P}'' = 86,2$  ккал/кг.

52. Воздушная холодильная машина должна обеспечить температуру в охлаждаемом помещении  $t_{охл} = -5^\circ\text{C}$  при температуре охлаждающей среды  $t_0 = 20^\circ\text{C}$ . Холодопроизводительность машины 200000 ккал/час. Давление воздуха на выходе из компрессора  $P_2 = 5$  кг/см<sup>2</sup>, в холодильной камере  $P_1 = 1$  кг/см<sup>2</sup>. Определить мощность двигателя для привода машины, расход воздуха, холодильный коэффициент и количество тепла, отдаваемого окружающей среде. Определить холодильный коэффициент машины, работающей по соответствующему циклу Карно. Представить циклы в T-S диаграмме.

53 Воздушная холодильная машина производит лёд при температуре  $-3^\circ\text{C}$  из воды с температурой  $10^\circ\text{C}$ . Всасываемый в компрессор воздух имеет температуру  $t_1 = -10^\circ\text{C}$ , давление  $P_1 = 0,98 \cdot 10^5$  н/м<sup>2</sup> и сжимается до давления  $P_2 = 3,92 \cdot 10^5$  н/м<sup>2</sup>. В холодильнике воздух охлаждается до  $t = 20^\circ\text{C}$ . Расход воздуха равен 1000 м<sup>3</sup>/ч. Определить холодильный коэффициент, мощность, потребную для привода компрессора, и количество полученного в час льда.

Примечание: теплота на плавление льда  $r_{пл} = 79$  ккал/кг. Теплоёмкость льда  $C_{рл} = 0,5$  ккал/кг·К.

#### **Занятие 14. (2 час.)**

Теплообмен при изменении агрегатного состояния вещества.

54. Вычислить плотность теплового потока через плоскую однородную стенку, толщина которой значительно меньше ширины и высоты, если стенка выполнена: а) из стали,  $\lambda = 40$  Вт/(м °С); б) из бетона,  $\lambda = 1,1$  Вт/(м °С); в) из



диатомитового кирпича,  $\lambda=0,11\text{Вт}/(\text{м}^{\circ}\text{С})$ . Во всех трёх случаях толщина стенки  $\delta=50\text{мм}$ . Температуры на поверхностях стенки поддерживаются постоянными:  $t_{c1}=100^{\circ}\text{С}$  и  $t_{c2}=90^{\circ}\text{С}$ .

55. Определить потерю теплоты  $Q$ , Вт, через стенку из красного кирпича длиной  $l=5\text{м}$ , высотой  $h=4\text{м}$  и толщиной  $\delta=0,250\text{м}$ , если температуры на поверхностях стенки поддерживаются  $t_{c1}=110^{\circ}\text{С}$  и  $t_{c2}=40^{\circ}\text{С}$ . Коэффициент теплопроводности красного кирпича  $\lambda=0,70\text{Вт}/(\text{м}^{\circ}\text{С})$ .

56. Определить коэффициент теплопроводности материала стенки, если при толщине ее  $\delta=40\text{мм}$  и разности температур на поверхностях  $\Delta t=20^{\circ}\text{С}$ ; плотность теплового потока  $q=145\text{Вт}/\text{м}^2$ .

### **Занятие 15. (2 час.)**

Теплообмен излучением.

57 По стальному трубопроводу с внутренним диаметром  $60\text{мм}$  и толщиной стенки  $3\text{мм}$  протекает рассол с температурой  $-22^{\circ}\text{С}$ . Коэффициент теплоотдачи от рассола к трубе  $1750\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{С})$  и от трубы к воздуху  $17\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{С})$ . Определить температуру в помещении и потерю холода через поверхность  $1\text{м}$  трубопровода, если температура его наружной поверхности  $t_{ст 2} = -21,5^{\circ}\text{С}$ . Коэффициент теплопроводности стали  $48\text{Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{С})$ .

58. Вычислить время нагрева пластины толщиной  $2\delta=14\text{мм}$ , которая имела температуру  $t_0=30^{\circ}\text{С}$ , а затем была помещена в печь с температурой  $t=140^{\circ}\text{С}$ . Нагрев закончен после того, как температура центра пластины достигла величины  $t_{ц} = 130^{\circ}\text{С}$ .  $\lambda=0,15\text{Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{С})$ ,  $a = 30\cdot 10^{-6}\text{ м}^2/\text{ч}$ ,  $\alpha=5000\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{С})$ .

59 Неограниченные пластины толщиной  $2\delta_1=20\text{мм}$  и  $2\delta_2=200\text{мм}$  имеют одинаковую начальную температуру. Пластина нагревается в среде с температурой  $20^{\circ}\text{С}$ . Первая пластина выполнена из резины ( $\lambda_1=0,16\text{Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{С})$ ,  $c_1=1,4\text{кДж}/(\text{кг}^{\circ}\text{С})$ ,  $\rho_1 = 1200\text{ кг}/\text{м}^3$ ); вторая из мрамора ( $\lambda_2=3,2\text{Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{С})$ ,  $c_2=1\text{кДж}/(\text{кг}^{\circ}\text{С})$ ,  $\rho_2=2600\text{ кг}/\text{м}^3$ ). В первом случае коэффициент теплоотдачи

равен  $\alpha_1 = 10 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$ , во втором  $\alpha_2 = 20 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$ . Определить время, по истечении которого, температура в центре пластин будет равна  $60^\circ\text{С}$ .

### **Занятие 16. (2 час.)**

Теплообменные аппараты.

60. Определить коэффициент теплоотдачи при пленочной конденсации сухого насыщенного водяного пара на горизонтальной трубе  $d = 28 \text{ мм}$ , длиной  $l = 2,5 \text{ м}$ . Давление пара  $p = 1,43 \cdot 10^{-5} \text{ Па}$ , температура трубы  $t_c = 103^\circ\text{С}$ . Определить также количество конденсата сконденсировавшегося пара за 1 час.

61. Определить поверхность нагрева котла, необходимую для получения из кипящей воды  $300 \text{ кг/ч}$  сухого насыщенного пара при абсолютном давлении  $0,3 \text{ МПа}$ , если температура поверхности нагрева  $141^\circ\text{С}$ .

62. Кипящая вода в большом объеме находится под давлением  $35 \text{ бар}$ . Разность между температурой степени и температурой насыщения составляет  $3^\circ\text{С}$ . Как изменится коэффициент теплоотдачи и плотность теплового потока, если температурный напор увеличить в 5 раз, а давление оставить прежним?