

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Б1.В.ДВ.01.01  
(индекс дисциплины)

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Техническая термодинамика  
(наименование дисциплины)

по направлению подготовки (специальности)  
13.03.03 Энергетическое машиностроение

(код и наименование направления подготовки, специальности в соответствии с ФГОС ВПО/ФГОС ВО)

Альтернативные источники энергии транспортных средств  
(направленность (профиль)/специализация)

Форма обучения: очная

Год набора: 2018

### Распределение часов дисциплины по семестрам и видам занятий (по учебному плану)

Количество ЗЕТ	5											
Часов по РУП	180											
Виды контроля в семестрах:	Экзамены			Зачеты			Курсовые проекты		Курсовые работы		Контрольные работы (для заочной формы обучения)	
				7								
	№№ семестров											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Итого
ЗЕТ по семестрам							5					5
Лекции							34					34
Лабораторные												
Практические							18					18
Контактная работа							52					52
Сам. работа							128					128
Контроль												
Итого							180					180

Тольятти, 2018

Рабочая программа составлена на основании ФГОС ВО и учебного плана направления подготовки (специальности) 13.03.03 «Энергетическое машиностроение», «Альтернативные источники энергии транспортных средств»

(код и наименование направления подготовки, специальности в соответствии с ФГОС ВПО/ ФГОС ВО)

**Рецензирование рабочей программы дисциплины:**

☐

Отсутствует

☐

Учебная (рабочая) программа одобрена на заседании кафедры ЭМиСУ (протокол заседания № \_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.).

☐

Рецензент

Доцент, к.т.н.

(должность, ученое звание, степень)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

\_\_\_\_\_

(подпись)

\_\_\_\_\_

(И.О. Фамилия)

**Срок действия рабочей программы дисциплины до «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.**

**Информация об актуализации рабочей программы дисциплины:**

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

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

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

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

**СОГЛАСОВАНО**

Заведующий кафедрой «Энергетические машины и системы управления»

(выпускающей направление (специальность))

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

\_\_\_\_\_

(подпись)

Д.А. Павлов

(И.О. Фамилия)

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой «Энергетические машины и системы управления»

(разработавшей РПД)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

\_\_\_\_\_

(подпись)

Д.А. Павлов

(И.О. Фамилия)

**АННОТАЦИЯ**  
**дисциплины (учебного курса)**  
**Б1.В.ДВ.01.01 Техническая термодинамика**

---

(шифр и наименование дисциплины (учебного курса))

**1. Цель и задачи изучения дисциплины (учебного курса)**

Цель – формирование у студентов знаний основ преобразования энергии, законов термодинамики, термодинамических процессов и циклов, усвоение студентами основных методов термодинамического анализа физических процессов, представление о физической природе процессов тепло- и массообмена, используемых при изучении этих процессов теоретических, экспериментальных и расчетных методах, способах обобщения получаемых результатов.

Задачи:

1. Обучить навыкам экспериментального исследования термодинамических процессов.
2. Обучить теоретическим знаниям по эффективному использованию теплосиловых и холодильных установок.
3. Обучить методам преобразования энергии для интенсификации технологических процессов и использования вторичных энергоресурсов.
4. Подготовить студентов к изучению дисциплин специальности.
5. Научить оперировать свойствами теплоносителей и теплоизоляционных материалов в теплотехнических установках, использовать законы передачи тепловой энергии, методики оценки и анализа эффективности использования теплоты.
6. Сформировать знания и навыки, позволяющие оценить и использовать основные физико-математические модели переноса теплоты и массы применительно к теплотехническим и теплотехнологическим установкам и системам.

**2. Место дисциплины (учебного курса) в структуре ОПОП ВО**

Данная дисциплина (учебный курс) относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)» (вариативная часть, дисциплины по выбору).

Дисциплины, учебные курсы, на освоении которых базируется данная дисциплина (учебный курс) – «Химия», «Физика», «Высшая математика».

Дисциплины, учебные курсы, для которых необходимы знания, умения, навыки, приобретаемые в результате изучения данной дисциплины (учебного курса) – «Системы ДВС», «Теория рабочего процесса», «Испытания ДВС».

**3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (учебному курсу), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Формируемые и контролируемые компетенции	Планируемые результаты обучения
-Способностью к конструкторской деятельности (ПК-1)	Знать: основные законы и основные физико-математические модели переноса теплоты и массы для профессиональной деятельности
	Уметь: использовать методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования в термодинамике и тепло-массообмене
	Владеть: методами математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования в термодинамике и тепло-массообмене
- готовностью разрабатывать и применять энергоэффективные машины, установки, двигатели и аппараты по производству, преобразованию и потреблению различных форм энергии (ПК-9)	Знать: методические основы анализа эффективности термодинамических циклов и пути их совершенствования, расчет состояния рабочих тел, способы повышения эффективности теплообменных аппаратов
	Уметь: проводить термодинамические расчеты в процессах в теплосиловых установках, двигателях и аппаратах, находить резервы энергосбережения, использовать физико-математический аппарат для решения проблем термодинамики и тепло-массообмена, возникающих в ходе профессиональной деятельности
	Владеть: навыками определения величин, характеризующих теплофизические свойства термодинамического рабочего тела и эффективность энергоустановок, двигателей, аппаратов в целом; исследования процессов и циклов энергоэффективных машин, установок, двигателей; расчетов рабочих процессов в установках; работы с лабораторно-испытательными теплоэлектроизмерительными приборами.

### Тематическое содержание дисциплины (учебного курса)

Раздел, модуль	Подраздел, тема
Модуль 1 «Техническая термодинамика»	Цели и задачи курса. Глоссарий. Техническая термодинамика как теоретическая основа теплоэнергетики.
	Законы технической термодинамики. Уравнение состояния идеального газа. Физический смысл газовой постоянной.
	Теплоемкость газов, их зависимость от характера процесса и состояния газа.
	Смеси идеальных газов. Закон Дальтона. Способы задания газовой смеси. Парциальное давление газов.
	Влажность воздуха. Глоссарий. Влагосодержание. Средства и методы контроля влажного воздуха.
	Газовые процессы. Исследования процессов, их основные законы в диаграммах $p-v$ и $T-S$ , определение величины работы и теплоты в процессах.
	Свойства реальных рабочих тел. Глоссарий. Термодинамические таблицы воды и водяного пара. Расчет термодинамических процессов водяного пара с помощью таблиц и диаграмм. Влажный воздух.

Раздел, модуль	Подраздел, тема
	Второй закон термодинамики. Прямой и обратный цикл Карно. Принципы эксергического анализа.
	Термодинамика потоков. Расчет скорости истечения и секундного массового расхода для критического режима. Сопла и диффузоры. Понятие об эффекте Джоуля-Томсона.
	Компрессия газов и паров. Работа затрачиваемая на привод одноступенчатого поршневого компрессора. Многоступенчатое сжатие.
	Циклы паросиловых установок. Цикл Ренкина. Схема и изображение цикла в координатах. Работа турбины. Вторичный перегрев пара. Регенеративные циклы.
	Циклы холодильных установок. Их классификация. Холодильный коэффициент и холодопроизводительность.

**Общая трудоемкость дисциплины (учебного курса) – 5 ЗЕТ.**

#### 4. Структура и содержание дисциплины (учебного курса) Техническая термодинамика

(наименование дисциплины (учебного курса))

##### Семестр изучения 7

Раздел, модуль	Подраздел, тема	Виды учебной работы						Необходимые материально- технические ресурсы	Формы текущего контроля (наименование оценочного сред- ства)	Рекомендуемая литература (№)	
		Контактная работа (в часах)					Самостоятельная работа				
		всего			в т.ч. в интерак- тивной форме	Формы проведения лек- ций, лабораторных, практических занятий, методы обучения, реали- зующие применяемую образовательную техно- логию	в часах				формы организации самостоятельной работы
		лекций	лабораторных	практических							
Лекция №1	Тема 1.1. Цели и задачи курса. Техническая термодинамика и теплопередача - снова теплоэнергетики. Связь с другими отраслями знаний. Основы понятия и определения. Термодинамическая система. Основные параметры рабочего тела и единицы их измерения. Термическое уравнение состояния, термодинамический процесс, равновесные процессы и их графическое изображение.	2			1	Традиционная с применении -ем мультимедиа Ауд. С-307		Поиск дополни- тельной инфор- мации	Мультимедийный проектор, ноут- бук	контроль за хо- дом выполнения лаб.работ, раз- ноуровневые задачи	№1-№10 осн. №1-№7 доп.
Лекция №2	Тема2.1. 1 Закон термодинамики. Тепло и работа как формы передачи энергии. Внутренняя энергия, энтропия и энтальпия как Функции состояния. 1 Начало термодинамики закон сохранения превращение энергии. Аналитическое выражение 1 закона в двух формах. Уравнение состояния идеального газа (Менделеева - Клайперона). Фи-	2			1	Традиционная с применением мультимедиа			Мультимедийный проектор, ноут- бук	Текущий опрос	№1-№10 осн. №1-№7 доп.

Раздел, модуль	Подраздел, тема	Виды учебной работы						Необходимые материально- технические ресурсы	Формы текущего контроля (наименование оценочного сред- ства)	Рекомендуемая литература (№)	
		Контактная работа (в часах)					Самостоятельная работа				
		всего			в т.ч. в интерак- тивной форме	Формы проведения лек- ций, лабораторных, практических занятий, методы обучения, реали- зующие применяемую образовательную техно- логию	в часах				формы организации самостоятельной работы
		лекций	лабораторных	практических							
	зический смысл газовой постоянной. Теплоёмкость газов.										
Лекция №3	Тема 3.1. Зависимость теплоёмкости от характера процесса и состояния газа. Истинная и средняя теплоёмкость. Массовая, мольная, объёмная теплоёмкости связь между изобарной и изохорной теплоёмкостью.	2			1	Традиционная с применением мультимедиа			Мультимедийный проектор, ноутбук	Текущий опрос	№1-№10 осн. №1-№7 доп.
Лекция №4	Тема 4.1. Определение понятие газовой смеси, закон Дальтона. Способы задания газовой смеси. Газовая постоянная и средняя молекулярная масса смеси. Парциальное давление газов. Теплоёмкость смеси. Тема 4.2. Влажность воздуха. Глоссарий. Закон Дальтона. Влагосодержание. Плотность влажного воздуха. Энтальпия влажного воздуха. Id- диаграмма влажного воздуха. Адиабатное увлажнение воздуха. Средства и методы контроля влажного воздуха.	4			1	Традиционная с применением мультимедиа			Мультимедийный проектор, ноутбук	Текущий опрос	№1-№10 осн. №1-№7 доп.
Лекция №5	Тема 5.1. Исследование процессов. Изохорный, изо-	2			1	Традиционная с применением мультимедиа			Мультимедийный проектор, ноутбук	Текущий опрос	№1-№10 осн.

Раздел, модуль	Подраздел, тема	Виды учебной работы						Необходимые материально- технические ресурсы	Формы текущего контроля (наименование оценочного сред- ства)	Рекомендуемая литература (№)	
		Контактная работа (в часах)					Самостоятельная работа				
		всего			в т.ч. в интерак- тивной форме	Формы проведения лек- ций, лабораторных, практических занятий, методы обучения, реали- зующие применяемую образовательную техно- логию	в часах				формы организации самостоятельной работы
		лекций	лабораторных	практических							
	барный, изотермический, адиабатный, политропные процессы. Основные законы процессов, зависимость параметров, определение величины работы и теплоты в процессах.					тимедиа			бук		№1-№7 доп.
Лекция №6	Тема 6.1. Свойства реальных газов. Пары. Основные определения. Процессы парообразования в PV и TS координатах. Водяной пар. Понятие об уравнении Ву-каловича - Новикова. Уравнение Боголюбова - Майера.	3			1	Традиционная с применением мультимедиа			Мультимедийный проектор, ноутбук	Текущий опрос	№1-№10 осн. №1-№7 доп.
Лекция №7	Тема 7.1. Основные положения 2 начала термодинамики. Прямой и обратный цикл Карно, регенеративный цикл Карно. Аналитическое выражение 2 закона, энтропия как мера необратимости процесса. Принципы эксергического анализа	3			1	Традиционная с применением мультимедиа			Мультимедийный проектор, ноутбук	Текущий опрос	№1-№10 осн. №1-№7 доп.
Лекция №8	Тема 8.1. I закон термодинамики для движущихся газов. Располагаемая работа и скорость истечения. Расчет скорости истечения и	4			1	Традиционная с применением мультимедиа			Мультимедийный проектор, ноутбук	Текущий опрос	№1-№10 осн. №1-№7 доп.



Раздел, модуль	Подраздел, тема	Виды учебной работы						Необходимые материально-технические ресурсы	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)	Рекомендуемая литература (№)	
		Контактная работа (в часах)					Самостоятельная работа				
		всего			в т.ч. в интерактивной форме	Формы проведения лекций, лабораторных, практических занятий, методы обучения, реализующие применяемую образовательную технологию	в часах				формы организации самостоятельной работы
		лекций	лабораторных	практических							
	секундного массового расхода для критического режима. Условия перехода через критическую скорость. Сопла и диффузоры. Сопло Лаваля. Дросселирование газов и паров. Изменение параметров в процессе дросселирования. Понятие об эффекте Джоуля - Томпсона.										
Лекция №9	Тема 9.1.Калориферы.Виды и назначение компрессоров. Работа, затрачиваемая на привод одноступенчатого поршневого компрессора. Изотермическое, адиабатное и политропное сжатие. Вредное пространство. Преимущество одноступенчатого компрессора. Отводимая теплота. Многоступенчатое сжатие. Изображение в PV и TS диаграммах термодинамических процессов, протекающих в компрессорах. Необратимое сжатие.	4			1	Традиционная с применением мультимедиа			Мультимедийный проектор, ноутбук	Текущий опрос  КР  №1-№10 осн. №1-№7 доп.	
Лекция №10	Тема 10.1. Цикл Ренкина, схема цикла и изображение в координатах pv, ts и is. Работа турбины. Термиче-	4			1	Традиционная с применением мультимедиа			Мультимедийный проектор, ноутбук	Текущий опрос  №1-№10 осн. №1-№7 доп.	

Раздел, модуль	Подраздел, тема	Виды учебной работы						Необходимые материально- технические ресурсы	Формы текущего контроля (наименование оценочного сред- ства)	Рекомендуемая литература (№)	
		Контактная работа (в часах)					Самостоятельная работа				
		всего			в т.ч. в интерак- тивной форме	Формы проведения лек- ций, лабораторных, практических занятий, методы обучения, реали- зующие применяемую образовательную техно- логию	в часах				формы организации самостоятельной работы
		лекций	лабораторных	практических							
	ское К.П.Д., цикла ПТУ. Применение пара Высоких параметров. Вторичный перегрев пара. Регенератив- ные циклы.										
Лекция №11	Тема 11.1. Классифи- кация холодильных устано- вок. Рабочие тела. Холо- дильный коэффициент и хо- лодопроизводительность. Цикл воздушной холодиль- ной установки. Циклы паро- вых компрессорных холо- дильных установок. Поня- тие об абсорбционных и пароэжекторных холодиль- ных установках. Получение сжиженных газов. Общие принципы и способы до- стижения сверхнизких тем- ператур.	4			1	Традиционная с применением мультимедиа			Мультимедийный проектор, ноут- бук	Текущий опрос	№1-№10 осн. №1-№7 доп.
Практическое занятие №1	Газовые законы, смеси иде- альных газов			2		Специализированная лаборатория аудитория С-302		Поиск дополни- тельной литерату- ры	Наглядные стен- ды	Текущий опрос	№1-№10 осн. №1-№7 доп.
Практическое занятие №2	Сравнение различных про- цессов			2		Специализированная лаборатория аудитория С-302		Поиск дополни- тельной литерату- ры	Наглядные стен- ды	Текущий опрос	№1-№10 осн. №1-№7 доп.
Практическое занятие №3	Определение теплоемкости воздуха			2		Специализированная лаборатория		Поиск дополни- тельной литерату-	Наглядные стен- ды	Текущий опрос	№1-№10 осн.

Раздел, модуль	Подраздел, тема	Виды учебной работы						Необходимые материально- технические ресурсы	Формы текущего контроля (наименование оценочного сред- ства)	Рекомендуемая литература (№)	
		Контактная работа (в часах)					Самостоятельная работа				
		всего			в т.ч. в интерак- тивной форме	Формы проведения лек- ций, лабораторных, практических занятий, методы обучения, реали- зующие применяемую образовательную техно- логию	в часах				формы организации самостоятельной работы
		лекций	лабораторных	практических							
						аудитория С-302		ры		№1-№7 доп.	
Практическое занятие №4	Кривая насыщения водяно- го пара			2		Специализированная лаборатория аудитория С-302		Поиск дополни- тельной литерату- ры	Наглядные стен- ды	Текущий опрос  №1-№10 осн. №1-№7 доп.	
Практическое занятие №5	Истечение воздуха из сужи- вающегося сопла			2		Специализированная лаборатория аудитория С-302		Поиск дополни- тельной литерату- ры	Наглядные стен- ды	Текущий опрос  №1-№10 осн. №1-№7 доп.	
Практическое занятие №6	Расчет КПД теплового дви- гателя, компрессоры-КР			2		Специализированная лаборатория аудитория С-302		Поиск дополни- тельной литерату- ры	Наглядные стен- ды	Текущий опрос  №1-№10 осн. №1-№7 доп.	
Практическое занятие №7	Расчет изменения энтропии			2		Специализированная лаборатория аудитория С-302		Поиск дополни- тельной литерату- ры	Наглядные стен- ды	Текущий опрос  №1-№10 осн. №1-№7 доп.	
Практическое занятие №8	Исследования процессов идеальных газов			2		Специализированная лаборатория аудитория С-302		Поиск дополни- тельной литерату- ры	Наглядные стен- ды	Текущий опрос  №1-№10 осн. №1-№7 доп.	
Практическое занятие №9	Первый и второй законы термодинамики			2		Специализированная лаборатория аудитория С-302		Поиск дополни- тельной литерату- ры	Наглядные стен- ды	Текущий опрос  №1-№10 осн. №1-№7 доп.	
Итого:	50	32		18	11						

## 5. Критерии и нормы текущего контроля и промежуточной аттестации

Формы текущего контроля	Условия допуска	Критерии и нормы оценки
Текущий опрос	Наличие текущих оценок	По итогам работы в семестре 7

Форма проведения промежуточной аттестации	Условия допуска	Критерии и нормы оценки	
Преподавание дисциплины «Техническая термодинамика» непрерывно сопровождается текущим контролем знаний студентов, способствующим активизации их работы по усвоению знаний и приобретению умений и навыкам, который завершается аттестацией в виде зачета 7 семестра устно.	Контрольная работа «Тепловой расчёт воздухоохладителя компрессора», осуществляется самостоятельно, наличие выполненных 9 практических работ. Зачет проводится устно.	«зачтено»	Теоретическое содержание курса освоено полностью, необходимые практические компетенции в основном сформированы. Обучающийся твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос .
		«не зачтено»	Обучающийся не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, не может увязать теорию с практикой.

## 6. Критерии и нормы оценки курсовых работ (проектов)

По учебному курсу данный подраздел не предусмотрен

## 7. Примерная тематика письменных работ (курсовых, рефератов, контрольных, расчетно-графических и др.)

По учебному курсу данный подраздел не предусмотрен

## 8. Вопросы к зачету

№ п/п	Вопросы
1	Теплотехника и ее роль в народном хозяйстве. Техническая термодинамика и их глоссарий.
2	Основные термодинамические параметры состояния рабочего тела. Термическое уравнение состояния.
3	Термодинамический процесс. Обратимые и необратимые процессы. Термодинамическая система.
4	Теплота и работа как формы передачи энергии. Аналитическое выражение и графическое изображение.
5	Аналитические выражения I начала термодинамики.
6	Второе начало термодинамики, второй закон термодинамики. Циклы прямые и обратные.
7	Идеальные газы, их свойства и уравнение состояния.
8	Внутренняя энергия, энтальпия и энтропия идеального газа, их вычисление, их физический смысл
9	Теплоемкость идеального газа. Ее виды и взаимосвязь теплоемкостей.
10	Исследование изобарного процесса.
11	Исследование изохорного процесса.
12	Исследование изотермического процесса.
13	Исследование адиабатного процесса.
14	Зависимость между параметрами газа в политропном процессе. Работа внутренней энергии и теплота политропного процесса
15	Политропные процессы. Их графическое изображение в I-d; и T-S диаграммах.
16	Соотношение параметров в политропных процессах.
17	Работа тепла в политропных процессах.
18	Смеси идеальных газов. Способы задания смеси. Молекулярная масса и газовая постоянная смеси.
19	Основные уравнения газового потока. Располагаемая работа газа в потоке.
20	Скорость истечения и расход газа.
21	Дросселирование газа
22	Работа и мощность на привод компрессора. Многоступенчатый компрессор. Детандеры
23	Основные законы идеальных газов.
24	Реальные газы и пары, их свойства и уравнение состояния.
25	Сопла, процессы преобразования энергии в них.
26	Диффузоры, процессы преобразования энергии в них.
27	Исследование процесса дросселирование. Эффект Джоуля-Томсона.
28	Прямые и обратные циклы, их назначение.
29	Идеальный цикл Карно, его КПД, теорема Карно
30	Цикл ДВС с подводом теплоты при $V=\text{const}$
31	Цикл ДВС с подводом теплоты при $P=\text{const}$
32	Цикл ДВС с подводом теплоты при $V=\text{const}$ и $P=\text{const}$
33	Цикл ГТУ

34	Цикл компрессорного ТРД
35	Схема и цикл паротурбинной установки, ее КПД.
36	Схема и цикл воздушной холодильной установки.
37	Схема и цикл паро-компрессорной холодильной установки.
38	Исследование процесса сжатия в компрессорах. Индикаторная диаграмма компрессора.
39	Понятие о технической работоспособности (эксергии).
40	Принцип возрастания энтропии и ее связь с потерей работоспособности.
41	Парообразования при $P=\text{const}$

## 9. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### 9.1. Паспорт фонда оценочных средств

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируе- мой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1 1	Смеси идеальных газов. Закон Дальтона. Газовые процессы, их изображения в диаграммах $pV$ и $Ts$ . Лекция-пресс-конференция.	ПК-1, 9	Тесты, решения задач
2 2	Влажный воздух. Расчет термодинамических процессов водяного пара с помощью таблиц и диаграмм. Лекция-пресс-конференция.	ПК-1, 9	Тесты, решения задач
3 3	Многоступенчатый компрессор. Работа и мощность на привод компрессора.	ПК-1, 9	Тепловой расчет Воздухоохладителя, компрессора

### 9.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

#### 9.2.1. Комплект заданий для индивидуального домашнего задания «Тепловой расчет воздухоохладителя компрессора»

##### Исходные данные

№ Вари- анта	Производи- тельность установки $G$ , кг/с	Давление на всас. $P_1$ , МПа	Давление нагнет. $p_2$ , МПа	Темпер. всасыв. $t_1$ °C	Показатель политропы сжатия $n$	Допустимое повыш. т-ры $\Delta t$ , °C
1	0.1	0.1	6	30	1.25	180
2	0.2	0.1	7	25	1.26	181
3	0.3	0.1	8	30	1.27	182
4	0.4	0.1	9	25	1.28	183
5	0.5	0.1	10	30	1.29	184
6	0.6	0.1	11	25	1.30	185
7	0.7	0.1	12	30	1.31	186

8	0.8	0.1	13	25	1.32	187
9	0.9	0.1	14	30	1.33	188
10	1.0	0.1	15	25	1.34	189
11	1.1	0.1	16	30	1.35	190
12	1.2	0.1	17	25	1.36	191
13	1.3	0.1	18	30	1.37	192
14	1.4	0.1	6	25	1.38	193
15	1.5	0.1	7	30	1.25	180
16	1.6	0.1	8	25	1.26	181
17	1.7	0.1	9	30	1.27	182
18	1.8	0.1	10	25	1.28	183
19	1.9	0.1	11	30	1.29	184
20	2.0	0.1	12	25	1.30	185
21	2.1	0.1	13	30	1.31	186
22	2.2	0.1	14	25	1.32	187
23	2.3	0.1	15	30	1.33	188
24	2.4	0.1	16	25	1.34	189
25	2.5	0.1	17	30	1.35	190

### Процедура оценивания

Оценка выполнения индивидуального домашнего задания осуществляется в порядке устного собеседования по материалам и в объеме представленного отчета о выполненной работе.

#### Критерии оценки:

- оценка «зачтено» ставится студенту, если он представил отчет в виде соответствующем требованиям к оформлению и ответил на большую часть вопросов при собеседовании с преподавателем;
- оценка «не зачтено» ставится студенту, если представленная работа не соответствует предъявляемым требованиям по оформлению или не получены удовлетворительные ответы по существу выполненной работы.

### 9.2.2. Перечень задач по темам дисциплины для практических занятиях

#### Задачи для самостоятельного решения.

**Задача 1.** Разрежение в вакуум-аппарате составляет 120 мм. рт. ст. Определить абсолютное давление в кгс/см<sup>2</sup>.  $B = 770$  мм рт. ст.

**Задача 2.** Во сколько раз давление 5 гс/мм<sup>2</sup> меньше, чем 1 кгс/см<sup>2</sup>.

**Задача 3.** Разрежение в конденсаторе паровой турбины  $A = 70$  см. рт. ст. Показание барометра 740 мм. рт. ст. Определить абсолютное давление в конденсаторе, выразив его в атмосферах.

**Задача 4.** Манометр показывает давление газа в сосуде  $p = 0,7$  ат; при неизменной температуре объем газа уменьшили в 1,7 раза. Как изменилось показание манометра?  $B = 740$  мм. рт. ст.

**Задача 5.** Цилиндр двигателя заполнен сжатым воздухом с избыточным давлением  $p = 0,5$  кгс/см<sup>2</sup>. Определить давление по манометру в цилиндре, если при постоянной температуре объем газа уменьшен в 2 раза. Атмосферное давление  $B = 770$  мм рт. ст.

**Задача 6.** Через трубопровод протекает  $V = 8$  м<sup>3</sup>/мин газа; N<sub>2</sub> при  $p_{изб} = 2$  ат и  $t = 40^\circ$  С. Определить массовый минутный расход газа. Принять  $B = 1$  ат.



**Задача 7.** В воздушный экономайзер котла подводится в 1 ч  $V=2\,000\text{ м}^3$  воздуха при температуре  $t_1 = 20^\circ\text{С}$ . Определить часовой объем воздуха по выходе из экономайзера, если нагрев производится до  $t_2=300^\circ\text{С}$  и происходит при  $p = \text{const}$ .

**Задача 8.** Определить массу кислорода в баллоне емкостью  $V=50\text{ л}$ . Показание манометра  $p=0,5\text{ ат}$ , барометра  $B = 770\text{ мм рт. ст.}$ , температура газа  $t= 120^\circ\text{С}$ .

**Задача 9.** Из баллона вместимостью  $V=0,5\text{ м}^3$ , содержащего азот при давлении по манометру  $p_1=25\text{ ат}$  и  $t_1 = 35^\circ\text{С}$ , выпущена часть газа; показание манометра стало  $p_2=12\text{ ат}$ ; температура при этом снизилась до  $t_2= 10^\circ\text{С}$ . Определить количество выпущенного газа.

**Задача 10.** В резервуар объемом  $3\text{ м}^3$  компрессором нагнетается углекислый газ. Начальное показание манометра  $p_1 = 0,3\text{ ат}$ , конечное  $p_2=3\text{ ат}$ . Температура поднимается от  $t_1=45^\circ\text{С}$  до  $t_2=70^\circ\text{С}$ . Определить количество подкачанного углекислого газа;  $B=700\text{ мм. рт. ст.}$

**Задача. 11.** Газовый двигатель мощностью  $N=125\text{ л. с.}$  расходует на сило-час (единица энергии) 550 л светильного газа при  $t=20^\circ\text{С}$  и давлении 700 мм. рт. ст. Привести объемный расход газа к нормальным условиям.

**Задача 12.** Поршневой компрессор всасывает в минуту  $V_1=0,2\text{ м}^3$  некоторого газа при  $t=17^\circ\text{С}$  и  $p_{\text{абс}} = 720\text{ мм рт. ст.}$  и нагнетает его в резервуар, объем которого  $V_2 = 9,5\text{ м}^3$ . Во сколько минут компрессор накачает газ в резервуар, если давление его в резервуаре должно быть  $p_2=7\text{ ат}$ , температура  $t_2=50^\circ\text{С}$ ; при этом перед накачиванием показания приборов были  $p_{\text{изб}} = 0,5\text{ ат}$  и  $t_1 = 17^\circ\text{С}$  при  $B = 750\text{ мм рт. ст.}$ ?

**Задача 13.** Определить подъемную силу шара, наполненного водородом, если емкость его  $V=2\text{ м}^3$ ; снаружи  $B = 750\text{ мм. рт. ст.}$  Температура водорода в шаре и окружающего воздуха  $t=15^\circ\text{С}$ ; давление внутри шара 250 мм рт. ст. (избыточное);  $g = 9,81\text{ м/сек}^2$ ; плотность воздуха  $\rho_{\text{в}} = 1,22\text{ кг/м}^3$ .

**Задача 14.** Через некоторое сечение трубопровода протекает  $M=8\text{ кг/сек}$  газа  $\text{O}_2$  при  $p = 3\text{ ат}$  и  $t=120^\circ\text{С}$ . Определить секундный расход газа по объему.

**Задача 15.** Процентный массовый состав дымового газа следующий:  $g_{\text{CO}_2}=15\%$ ;  $g_{\text{O}_2}=6\%$ ;  $g_{\text{N}_2}=79\%$ . Найти молекулярный вес газа, газовую постоянную, плотность и удельный объем при нормальных условиях. Найти парциальное давление каждого газа, входящего в смесь, считая давление смеси  $p=740\text{ мм рт. ст.}$

**Задача 16.** Найти давление смеси по манометру, если масса ее  $M=20\text{ кг}$ ;  $V= 4\text{ м}^3$ ;  $t=100^\circ\text{С}$ , причем состав смеси по объему  $g_{\text{O}_2}=0,4$ ;  $g_{\text{CO}_2}=0,6$ .

**Задача 17.** Анализом определен объемный состав газовой смеси:  $g_{\text{CO}_2}=0,12$ ;  $g_{\text{O}_2}=0,05$ ;  $g_{\text{H}_2\text{O}}=0,03$ ;  $g_{\text{N}_2}=0,80$ . Определить плотность и удельный объем смеси при нормальных условиях, молекулярный вес, газовую постоянную и относительный массовый состав ее.

**Задача 18.** Смесь состоит из 50 кг дымовых газов, массовый состав которых:  $\text{CO}_2=14\%$ ;  $\text{O}_2=6\%$ ;  $\text{H}_2\text{O}=5\%$ ;  $\text{N}_2=75\%$  и 75 кг воздуха. Определить массовый и объемный составы смеси, если массовый состав воздуха:  $\text{O}_2=23,2\%$ ;  $\text{N}_2=76,8\%$ .

**Задача 19.** Состав горючего газа по массе:  $\text{H}_2=1,5\%$ ;  $\text{CO} = 28\%$ ;  $\text{CO}_2=10,0\%$ ;  $\text{N}_2=60,5\%$ . Определить объемный состав, плотность и удельный объем при  $p=2\text{ ат}$  и  $t=100^\circ\text{С}$ , а также количество киломолей в 1 т такой смеси.

**Задача 20.** До какого давления по манометру нужно довести смесь газов, состоящую из  $g_{\text{O}_2}=0,14$ ;  $g_{\text{N}_2}=0,25$  и  $g_{\text{CO}}=0,61$ , чтобы парциальное давление  $\text{N}_2$  в ней составляло  $p_{\text{N}_2} = 1,2\text{ ат}$ ? Какое давление при этом будет иметь  $\text{CO}$ ? Принять  $B = 780\text{ мм рт. ст.}$

**Задача 21.** Двигатель потребляет горючую смесь, состоящую по объему из 1 части светильного газа и 9 частей воздуха. Определить состав горючей смеси, газовую постоянную и массу  $10\text{ м}^3$  ее при давлении  $p=1,2\text{ ат}$  и  $t=100^\circ\text{С}$ . Состав светильного газа и воздуха принять:  $g_{\text{CO}}=7\%$ ;  $g_{\text{N}_2}=5\%$ ;  $g_{\text{H}_2}=48\%$ ;  $g_{\text{CH}_4}=40\%$ .

**Задача 22.** Определить объем 3 кг смеси, относительный массовый состав которой следующий:  $g_{\text{O}_2} = 0,4$ ;  $g_{\text{N}_2} = 0,2$ ;  $g_{\text{CO}_2} = 0,4$ . Температура смеси  $t = 50^\circ\text{С}$  давление по манометру  $p = 600\text{ мм. рт. ст.}$  Давление атмосферы нормальное.

**Задача 23.** Определить массу  $4 \text{ м}^3$  смеси, относительный объемный состав которой следующий:  $r_{\text{O}} = 0,4$ ;  $r_{\text{N}_2} = 0,2$ ;  $r_{\text{CO}_2} = 0,4$ . Температура смеси  $t = 50^\circ \text{C}$ , давление по манометру  $p = 0,4 \text{ ат}$ .  $B = 700 \text{ мм рт. ст.}$

**Задача 24.** В баллоне находится сжатый воздух под избыточным давлением  $p^1 = 2,94 \text{ МПа}$ , Определить отношение абсолютных давлений, если давление окружающей среды  $742 \text{ мм рт. ст}$  при температуре  $293^\circ \text{K}$

**Задача 25.** Разряжение в конденсаторе паровой турбины составляет  $P_{\text{вак}} = 0,95 \text{ бар}$  при атмосферном давлении  $B^o = 745 \text{ мм рт. ст.}$  Определить абсолютное давление в конденсаторе.

**Задача 26.** Давление по манометру в паровом котле составляет  $9 \text{ атм.}$  Какого абсолютное давление в котле?

*Примечание.* При больших значениях избыточного давления (выше  $3\text{-}5 \text{ атм.}$ ) барометрическое давление, если оно не задано, можно принять ( так обычно поступают) равным  $1 \text{ атм.}$

**Задача 27.** Найти плотность  $\rho^n$  и удельный объем  $\nu^n$  углекислого газа  $\text{CO}_2$  при нормальных физических условиях ( $p = 760 \text{ мм рт. ст.}, t = 0^\circ \text{C}$ ).

**Задача 28.** Идеальный газ объемом  $273 \text{ м}^3$  нагревают при постоянном давлении от  $546$  до  $547^\circ \text{K}$ . Определить приращение объема.

**Задача 29.** Для обеспечения процесса горения в топку котла вентилятором подается воздух в объеме  $5 \text{ м}^3/\text{с}$  при нормальных физических условиях. Атмосферный воздух имеет температуру  $298^\circ \text{K}$  и абсолютное давление  $0,0958 \text{ МПа}$ . На какой объем засасываемого воздуха должен быть рассчитан вентилятор, чтобы он мог обеспечить работу котла?

**Задача 30.** Смесь состоит из  $5 \text{ кг}$  газа  $\text{CO}_2$  и  $3 \text{ кг}$  газа  $\text{O}_2$ . Определить относительный массовый состав, процентный массовый состав смеси и молекулярную массу смеси по объемному составу.

**Задача 31.** Атмосферный воздух по объемному составу имеет:  $r^{\text{N}_2} = 0,79$  и  $r^{\text{O}_2} = 0,21$ . Определить для воздуха, как для смеси, кажущуюся молекулярную массу, газовую постоянную, плотность и удельный объем при нормальных физических условиях, а также массовые доли составляющих газов.

**Задача 32.** Газовая смесь, состоящая из двух компонентов (кислорода и углекислого газа), имеет относительный объемный состав:  $r^{\text{CO}_2} = 0,6$ ,

$r^{\text{O}_2} = 0,4$ . Смесь находится в емкости объемом  $V = 6 \text{ м}^3$  и избыточным давлением  $p^{\text{изб}} = 4 \text{ бар}$  и температуре  $t = 300^\circ \text{C}$ . Определить массу газовой смеси.

**Задача 33.** Определить массовую теплоемкость азота ( $\text{N}_2$ ) при  $p = \text{const}$  объемную теплоемкость удельного газа ( $\text{CO}_2$ ) при  $\nu = \text{const}$ , считая теплоемкость величиной постоянной.

**Задача 34.** Определить среднюю массовую теплоемкость углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ) при постоянно давлении в интервале температур от  $0$  до  $1000^\circ \text{C}$  (нелинейная зависимость теплоемкости от температуры).

**Задача 35.** Воздух объемом  $30 \text{ м}^3$ , взятый при нормальных физических условиях, охлаждается от  $500$  до  $100^\circ \text{С}$ . Найти отнятое количество тепла, если процесс охлаждения приходит при постоянном объеме. Принять для объема теплоемкости нелинейную зависимость  $c^v = f(t)$ .

**Задача 36.** На сжатие  $3 \text{ кг}$  метана затрачено  $800 \text{ кДж}$  работы, при этом внутренняя энергия газа увеличилась на  $595 \text{ кДж}$ . Определить количество тепла и указать, подводится или отводится; определите изменение температуры и энтальпии, если мольная теплоемкость метана при постоянном объеме равна  $26,48 \text{ кДж/(кмоль град)}$ .

**Задача 37.** двигатель внутреннего сгорания потребляет в час  $6 \text{ кг}$  топлива, имеющего топливную способность  $42300 \text{ кДж/кг}$ , и приводит в движение генератор, который отдает в сеть ток силой  $225 \text{ а}$  при напряжении  $110 \text{ в}$ . К.п.д. генератора  $\eta^s = 0,95$ . Определить к.п.д. двигателя.

**Задача 38.** Двигатель внутреннего сгорания приводит в движение генератор, который отдает в сеть ток силой  $225 \text{ а}$  при напряжении  $110 \text{ в}$ . К.п.д. генератора  $\eta^s = 0,95$ . Определить к.п.д. двигателя, если он потребляет в час  $7 \text{ кг}$  топлива, имеющего теплотворную способность  $42300 \text{ кДж/кг}$ .

**Задача 39.** В калориметрической бомбе емкостью  $300 \text{ см}^3$ , заполненной кислородом при давлении  $2,5 \text{ МПа}$  и температуре  $293^\circ \text{К}$ , сгорает  $0,3 \text{ г}$  топлива, имеющего теплопроводную способность  $25100 \text{ кДж/кг}$ . Определить повышение давления и температуру в конце сгорания, пренебрегая теплоотдачей к стенкам бомбы.

**Задача 40.** Определить количество тепла, полученное водородом в баллоне емкостью  $40 \text{ л}$ , изменением его температуры, внутренней энергии и энтальпии, если избыточное давление в результате нагревания баллона повысилась с  $12 \text{ МПа}$  до  $13,2 \text{ МПа}$ . Барометрическое давление  $745 \text{ мм рт. ст.}$ , начальная температура  $T^1 = 273^\circ \text{К}$ , теплоемкость водорода  $c^p = 14,33 \text{ кДж/(кг град)}$ .

**Задача 41.** Сравнить работу адиабатного расширения различных газов под поршнем (воздух, гелий и углекислота), если их начальные параметры одинаковы (давление  $1,6 \text{ МПа}$ , температура  $973^\circ \text{К}$ ), а температура их после расширения равна  $323^\circ \text{К}$ . Расходы газов считать одинаковыми, а теплоемкости – постоянными. Определить также давление газов в конце процесса их расширения.

**Задача 42.** Осевой компрессор газовой турбины, всасывая воздух при давлении  $0,1013 \text{ МПа}$  и температуре  $303^\circ \text{К}$ , подает его в камеру сгорания при давлении  $0,73 \text{ МПа}$  и температуре  $640^\circ \text{К}$ . Определить показатель политропы процесса сжатия, его теплоемкость, количество тепла, изменение энтальпии, внутренней энергии и работу сжатия  $1 \text{ кг}$  воздуха в компрессоре.

**Задача 43.** Тепло горячей воды, движущейся внутри круга горизонтальной трубы, передается воздуху, омывающему трубу по наружной поверхности свободным потоком.

Требуется определить коэффициенты теплоотдачи водой внутренней поверхности трубы и наружной ее поверхностью воздуха, а также коэффициент теплопередачи от воды к воздуху, отнесенный к  $1 \text{ м}$  длины трубы.

Для расчета принять:

1. внутренний диаметр трубы
2. толщину стенки трубы
3. длину трубы
4. материал трубы

$$\begin{aligned} d^1 &= \dots \text{мм}; \\ \delta &= \dots \text{мм}; \\ l &= \dots \text{м}; \\ \lambda &= \dots \text{Вт/м} \cdot \text{К}; \end{aligned}$$

5. среднюю скорость воды  $w = \dots \text{м/сек};$
6. среднюю температуру воды  $t_{ж1} = \dots ^\circ \text{C};$
7. температуру воздуха окружающего трубу  $t_{ж2} = 20 ^\circ \text{C}.$

**Задача 44.** Тепло дымовых газов передается через стенку котла кипящей воде. Принимая температуру газов  $t^1 = \dots ^\circ \text{C}$ , воды  $t^2 = \dots ^\circ \text{C}$ , коэффициент теплоотдачи газами стенке  $\alpha^1 = \dots \text{Вт/м}^2 \cdot \text{К}$ , и от стенки воде  $\alpha^2 = \dots \text{Вт/м}^2 \cdot \text{К}$ , считая стенку плоской, требуется:

1. посчитать термическое сопротивление  $R$ , коэффициенты теплопередачи, эквивалентные коэффициенты теплопроводности и количество передаваемого тепла от газов к воде через  $1 \text{ м}^2$  стенки за 1 сек для следующих случаев:

а) стенка стальная, совершенно чистая, толщиной  $\delta^2 = \dots \text{мм}$

$$(\lambda^2 = 50 \text{ Вт/м} \cdot \text{К});$$

б) стенка медная, совершенно чистая, толщиной  $\delta^2 = \dots \text{мм}$

$$(\lambda^2 = 350 \text{ Вт/м} \cdot \text{К});$$

в) стенка стальная, со стороны воды покрыта слоем накипи толщиной  $\delta^3 = \dots \text{мм}$

$$(\lambda^3 = 2 \text{ Вт/м} \cdot \text{К});$$

г) случай «в», но поверх накипи имеется слой масла толщиной  $\delta^4 = 1 \text{ мм}$

$$(\lambda^4 = 0,1 \text{ Вт/м} \cdot \text{К});$$

д) случай «г», но со стороны газов стенка покрыта слоем сажи толщиной  $\delta^1 = \dots \text{мм}$

$$(\lambda^1 = 0,2 \text{ Вт/м} \cdot \text{К});$$

2. приняв количество тепла для случая «а» за 100%, посчитать проценты тепло для всех остальных случаев;
3. определить аналитически температуры всех слоев стенки случая «д».

**Задача 45.** В цилиндре ДВС на одном из участков цикла продукты сгорания расширяются при постоянном давлении  $6,4 \text{ МПа}$  от объема  $39 \text{ см}^3$  до объема  $66 \text{ см}^3$ . Температура в конце этого процесса  $2220 ^\circ \text{К}$ . Считая, что физические свойства продуктов сгорания такие же, как у воздуха, определить температуру в начале процесса расширения, работу, совершенную на этом участке цикла, и количество сгоревшего топлива, если его теплопроводная способность  $42200 \text{ кДж/кг}$ . Определить также изменение удельной внутренней энергии и энтальпии продуктов сгорания.

**Задача 46.** В цилиндре под поршнем может расширяться воздух, углекислота или гелий. Начальные параметры газа одинаковы: давление  $0,7 \text{ МПа}$ , температура  $973 ^\circ \text{К}$ . Расширение происходит до давления  $0,12 \text{ МПа}$ . Сравнить работу при адиабатном расширении газов, считая, что расход их одинаков, а теплоемкость постоянна.

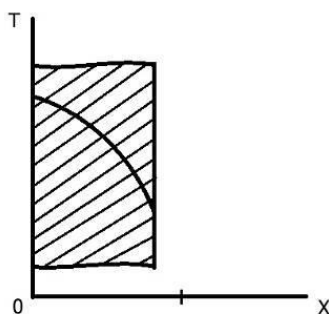
**Задача 47.** Две металлические проволоки одинаковой длины и сечения обладают разным электрическим сопротивлением. У какого из материалов есть коэффициент теплопроводности: с большим или меньшим сопротивлением?

**Задача 48.** Почему металлические предметы, находящиеся при комнатной температуре, на ощупь кажутся холоднее, чем деревянные

**Задача 49.** Как влияет бесконечно большая теплопроводность тела (например, стержня) на распределение температурного поля в нем?

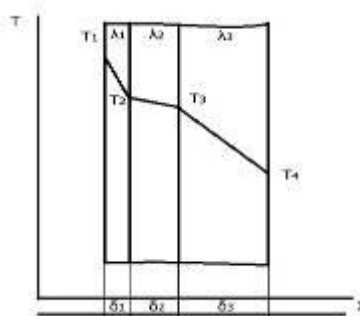
**Задача 50.** После наложения теплоизоляции на паропровод потери тепла возросли. Объясните, почему.

**Задача 51.** На рисунке показано стационарное распределение температур в плоской стенке. Возрастает или снижается, или остается постоянным коэффициент теплопроводности материала при увеличении температуры. Обоснуйте свой ответ.



**Задача 52.** Тело охлаждается в условиях бесконечной теплоотдачи ( $\alpha \rightarrow \infty$ ). Почему даже в этих условиях скорость охлаждения внутри тела конечная величина.

**Задача 53.** Поле температур в многослойной плоской стенке имеет вид, изображённый на рисунке.



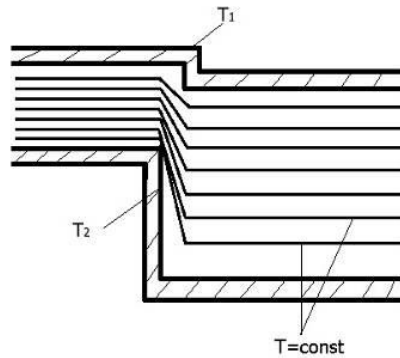
Какой из слоёв обладает наивысшим коэффициентом теплопроводности?

**Задача 54.** Возможно, ли по изображению температурного поля в виде изотерм найти:

- направление теплового потока в точках тела;
- величину теплового потока.

**Задача 55.** Чем объясняется тот факт, что в расчетных формулах для определения теплового потока и температурного поля в процессе стационарной теплопроводности не участвует теплоемкость?

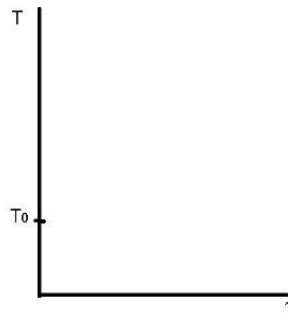
**Задача 56.** На рисунке изображено стационарное температурное поле некоторого объекта с помощью изотермических линий ( $T = \text{const}$ ). Изобразить направление тепловых потоков при  $T_1 > T_2$  и указать зоны, где они наибольшие и наименьшие.



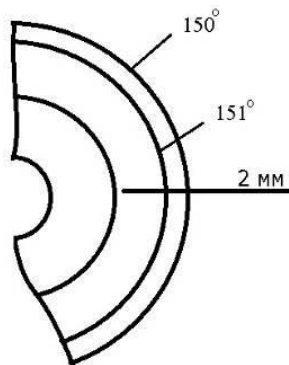
**Задача 57.** Считая распределение температуры в объекте равномерным, изобразить графически, как будет изменяться его температура  $T$  во времени  $\tau$  при :

- а) постоянном тепловом потоке  $q = \text{const}$ ;
- б) уменьшающемся тепловом потоке  $dq / d\tau < 0$ ;
- в) увеличивающемся тепловом потоке  $dq / d\tau > 0$ .

$T_0$  - начальная температура объекта.

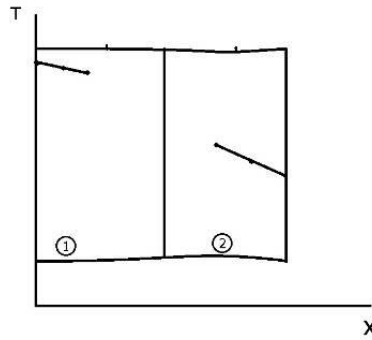


**Задача 57.** Температурное Поле в цилиндрическом стержне представлено концентрическими окружностями (см. рисунок) Расстояние между соседними изотермами у поверхности стержня равно 2 мм. Найти плотность потока тепла через поверхность цилиндра, если его коэффициент теплопроводности  $\lambda = 30 \text{ Вт/М град}$ .



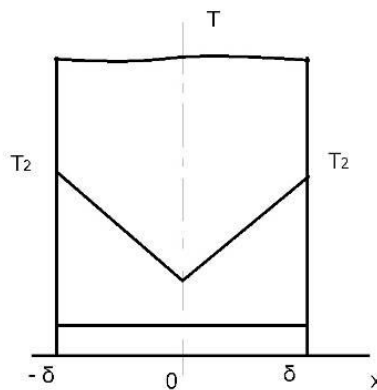
**Задача 58.** По замерам температуры в двухслойной плоской стенке в стационарных условиях получены частично поля температур в слоях ( см. рисунок). Требуется решить:

- а) возможно ли восстановить полностью температурное поле в слоях стенки (ответ обосновать);
- б) в каком из слоёв  $\lambda$  имеет большую величину;
- в) установить: реальное ли контактирование поверхностей стенок или идеальное.



**Задача 59.** Температура в плоской стенке распределена по закону  $T=T_1+(T_2-T_1)x/\delta$ . Температурное поле симметрично относительно середины пластины. Пластина помещается в теплоизолирующую оболочку.

Пояснить последующие процессы в пластине и найти температуру в ней при  $\tau \rightarrow \infty$ .



**Задача 60.** Для заготовки (пластина  $\delta=0,2$  м) при двухстороннем нагреве определить время наступления регулярного режима, если температуропроводность  $\alpha=6 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с.

**Задача 61.** Стальные шарикоподшипники ( $\lambda=50$  Вт/(м К),  $\alpha=1,3 \cdot 10^{-5}$  м<sup>2</sup>/с) диаметром  $d=20$  мм, подвергаются термической обработке, для чего они нагреваются в печи до температуры  $T_0=600$  °С, а затем резко охлаждаются в масляной ванне с температурой масла  $T_f=60$  °С. Коэффициент теплоотдачи от шарикоподшипников к маслу  $\alpha=200$  Вт/(м<sup>2</sup>К). Найти время, необходимое для того, что бы температура шарикоподшипников снизилась до  $T=190$  °С.

**Задача 62.** Шарик льда диаметром 50 мм, имеющий температуру - 10 °С, помещён в камеру с нормальным давлением и температурой  $T_{жс}=5$  °С.

Теплофизические характеристики льда:  $\lambda=2,25$  Вт/(м К);

$a=1,08 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с.

Через какое время шарик начнёт таять, если коэффициент теплоотдачи к поверхности шарика  $\alpha=9,2$  Вт/(м<sup>2</sup>К)

**Задача 63.** На электрическую плиту поставили кастрюли из нержавеющей стали диаметром 30 см, толщиной стенки 2 мм. В кастрюле кипит вода при нормальном атмосферном давлении, расстояние между водой и верхним обрезом кастрюли 15 см. Коэффициент теплоотдачи от кастрюли в воздухе 300 Вт/(м<sup>2</sup> К).

Средняя температура воздуха над поверхностью воды и снаружи кастрюли 59 °С. Рассчитайте температуру верхнего обреза (края) кастрюли, пренебрегая изменением температуры по толщине её стенки.

Примечание.  $chx=(ex+e^{-x})/2$ ,  $\lambda=16$  Вт/(м К)

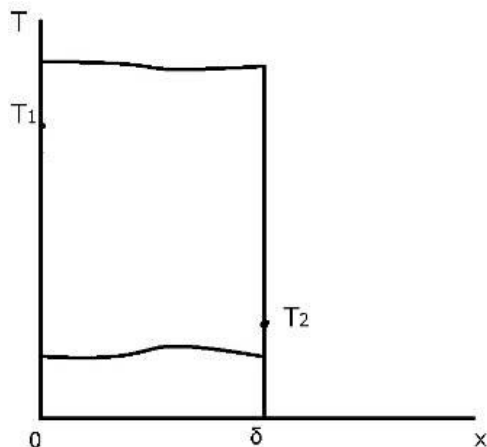
**Задача 64.** Теплопроводность материала плоской пластины зависит от  $X$ :

$\lambda=\lambda_0(1+kx)$

Определить температурное поле в пластине  $T=T(x)$  и тепловой поток через неё для стационарной задачи, если граничные условия (ГУ) заданы в двух вариантах:

а)  $X=0, T=T_1; X=\delta, T=T_2$ ;

б)  $X=0, T=T_2; X=\delta, T=T_1$



**Задача 65.** Шар и куб из одинакового материала равных объёмов остывают в потоке воздуха. Обнаружено, что процессы их охлаждения одинаковы. Установить, одинаковы или различны коэффициенты теплоотдачи на поверхности шара и куба; если они различны, установить соотношение  $\alpha_{ш} / \alpha_{к}$ .

**Задача 66.** В термостате в смеси льда и воды ( $T=0^\circ\text{C}$ ) охлаждается сферический калориметр, имеющий  $d=50$  мм. За 7 минут опыта шар остыл от  $T_1=30^\circ\text{C}$  до  $T_2=22^\circ\text{C}$ .

Определить температуропроводность материала шара.

**Задача 67.** В изолированном химическом реакторе периодического действия происходит реакция при температуре  $T_{ж} = 1000^\circ\text{C}$  с коэффициентом теплоотдачи  $\alpha=165$  Вт/м<sup>2</sup> к стенке реактора толщиной  $\delta = 30$  мм. Определить предельное время протекания процесса в реакторе, при котором температура стенки от начальной, перед процессом,  $T_n=300^\circ\text{C}$  достигнет предельно допустимой по термостойким условиям работы аппарата равной  $T_c \leq T_{доп} = 850^\circ\text{C}$ . Материал стенки - нержавеющая сталь:  $\lambda=16,3$  Вт/(м К)

$c = 0,494$  кДж/(кг·К),  $\rho = 7860$  кг/м<sup>3</sup>

**Задача 68.** Будет ли гореть свеча в условиях невесомости?

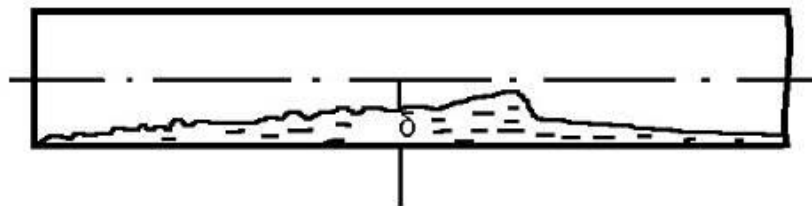
**Задача 69.** В чем заключается разница между понятиями “коэффициент теплоотдачи” и “коэффициент теплопередачи”?

**Задача 70.** Как влияет теплозащитное покрытие на температуру стенки при ее наружном охлаждении? Как изменится температура стенки, если защитное покрытие сделать со стороны горячего газа (жидкости)?

**Задача 71.** От чего при ветре холоднее?

**Задача 72.** Докажите, что критерии  $Re$ ;  $Pr$ ;  $Nu$  безразмерны.

**Задача 73.** При движении жидкости в трубах пограничный слой от входа в трубу развивается так, как показано на рисунке ( $\delta_t$  – толщина гидродинамического пограничного слоя). В каком сечении трубы коэффициент теплоотдачи  $\alpha$  имеет минимальное значение и почему?



**Задача 74.** В противоточном водяном теплообменнике типа “труба в трубе” определить площадь поверхности нагрева (то же самое затем сделать для случая прямотока), если



греющая вода поступает с температурой  $t'_1=97^\circ\text{C}$  и ее расход равен  $m_1=1\text{ кг/с}$ . Грееющая вода движется по внутренней стальной трубе с диаметрами  $d_2/d_1 = 40/37\text{ мм}$ . Теплопроводность трубы  $\lambda=50\text{ Вт/(м К)}$ . Нагреваемая жидкость движется по кольцевому каналу между трубами и нагревается от температуры  $t'_2 = 17^\circ\text{C}$  до  $t''_2 = 47^\circ\text{C}$ . Внутренний диаметр внешней трубы 54 мм. Расход нагреваемой жидкости  $m_2=1,14\text{ кг/с}$ . Потерями теплообменника в окружающую среду пренебречь.

**Задача 75.** Имеется по 1 кг водорода и пропана. Какой из газов совершит большую работу, если нагреть их на  $1^\circ\text{C}$ ?

**Задача 76.** Температура внутренней поверхности кирпичной стенки помещения равна  $18^\circ\text{C}$ . Тепловой поток на единицу поверхности, вычисленный по количеству тепла, подводимого батареями отопления, равен  $21,85\text{ Вт/м}^2$ . Определить температуру внешней, более холодной поверхности, если толщина стенки 0,4 м, средний коэффициент теплопроводности равен  $0,23\text{ Вт/м град}$ .

**Задача 77.** Для охлаждения управляемого полупроводникового диода предполагается использовать естественное охлаждение (за счет свободной конвекции воздуха). С этой целью теплоотдающая поверхность увеличена до  $1,2\text{ м}^2$  при сохранении ее высоты  $l = 0,4\text{ м}$ . Достаточно ли естественного охлаждения, если температура поверхности не должна превышать  $t_c = 60^\circ\text{C}$ , а тепловыделение диода составляет  $Q=500\text{ Вт}$ ? Температуру окружающего воздуха принять равной  $20^\circ\text{C}$ .

**Задача 78.** Во сколько раз изменится значение коэффициента теплоотдачи при турбулентном режиме течения воздуха в трубе, если при неизменных средних температурах воздуха и стенки диаметр трубы увеличить в два раза, сохранив расход воздуха постоянным? Соответствующее условиям задачи критериальное уравнение имеет вид  $Nu = 0,018 Re^{0,8}$ .

**Задача 79.** По каналу квадратного сечения, сторона которого  $a = 10\text{ мм}$  и длина  $l = 1600\text{ мм}$ , протекает вода со скоростью  $W=4\text{ м/с}$ . Средняя по длине температура воды  $t_c=90^\circ\text{C}$ . Найти коэффициент теплоотдачи от стенки к воде.

**Задача 80.** Снег тает весной в первую очередь около стволов деревьев. Какова причина этого явления?

**Задача 81.** Проводник с током на одной части длины отполирован по наружной поверхности, а на другой части длины имеет шероховатую поверхность. Будут ли одинаковыми или различными температуры этих участков?

**Задача 82.** Будет ли меньше воздействие теплоты на обслуживающий персонал у термической печи инфракрасного излучения, если он наденет белые халаты? Ответ обоснуйте.

**Задача 83.** Известно, что при попадании в племя газовой горелки капелек воды оно вспыхивает яркими красно-оранжевыми "язычками". Как это объяснить, если сгорание полное?

**Задача 84.** В атмосфере на высоте порядка 600 км температура газа по современным представлениям оценивается в  $1000^\circ\text{C}$ . Покажет ли эту температуру термометр, помещенный на эту высоту? Если нет, то почему и какую температуру он покажет?

**Задача 85.** На чем основано действие тонированных (дымчатых) стекол, применяемых для окон некоторых современных зданий, автомобилей и т.п., ослабляющее поток теплового излучения через них?

**Задача 86.** В какой спектральной области находится максимум излучения абсолютно черного тела, при  $0^\circ\text{C}$ ?

**Задача 87.** Максимум интенсивности теплового излучения абсолютно черного тела имеет место при  $\lambda_m=6\text{ мкм}$ . На какой длине волны будет иметь место максимум излучения для "серого" тела со степенью черноты  $\varepsilon = 0,75$  при той же температуре?

**Задача 88.** Продукты сгорания в камере двигателя внутреннего сгорания (объемом менее  $1000\text{ см}^3$ ) и топке парогенератора (объемом более  $1000\text{ м}^3$ ) один и тот же состав и температуру. Одинакова ли в обоих случаях лучистая составляющая плотности теплового потока на стенки камеры сгорания и топки? Топливо предполагается одинаковым, а сгорание - полным (без сажистых частиц).

**Задача 89.** Как изменится излучаемая углекислым газом  $\text{CO}_2$  энергия, если его температура увеличится в три раза? Объясните количественную связь между изменением излучаемой энергии и температурой газа.

**Задача 90.** Абсолютно черное тело имеет температуру 1000 К. Извне на его поверхность падает лучистый поток с интенсивностью  $q=75000 \text{ Вт/м}^2$ . Найти  $q_{\text{эф}}$   $q_{\text{рез}}$  ( $q_{\text{эф}}$  – эффективное и  $q_{\text{рез}}$  – результирующее)

**Задача 91.** Между двумя плоскими стенками установлен тепловой экран. Все поверхности имеют одинаковую степень черноты. Какова температура экрана в стационарном режиме, если температуры поверхности стенок равны  $527^\circ\text{C}$  и  $127^\circ\text{C}$ ?

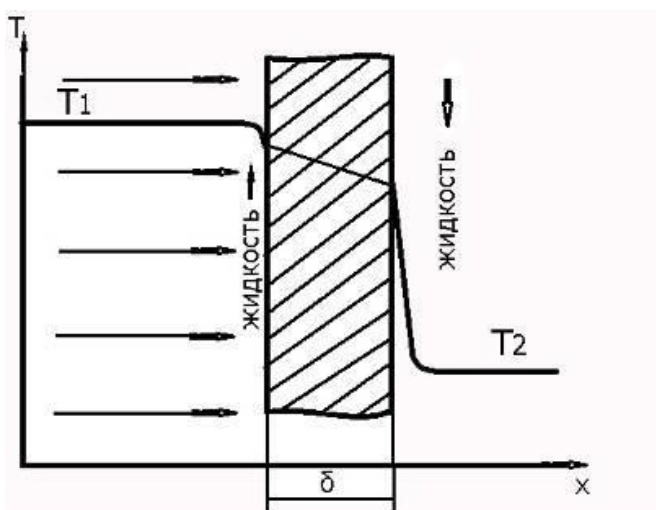
**Задача 92.** Определить, сколько экранов с  $\varepsilon=0,8$  эквивалентны одному экрану с  $\varepsilon=0,1$ , если степень черноты стен равна  $\varepsilon_{\text{ст}} = 0,8$ .

**Задача 93.** В космическом пространстве находится объект, имеющий вид параллелепипеда со сторонами:  $a \times a \times b = 1 \times 1 \times 0,1 \text{ м}$ . Указать положения объекта относительно Солнца, при которых его стационарная температура максимальная и минимальная. Найти эти температуры, приняв  $\varepsilon=0,9$ ;  $E_{\text{с}} = 1400 \text{ Вт/м}^2$ ;  $A_{\text{с}} = 0,7$ .  $A_{\text{с}}$  - доля поглощаемой солнечной энергии, т.н. "альбедо")

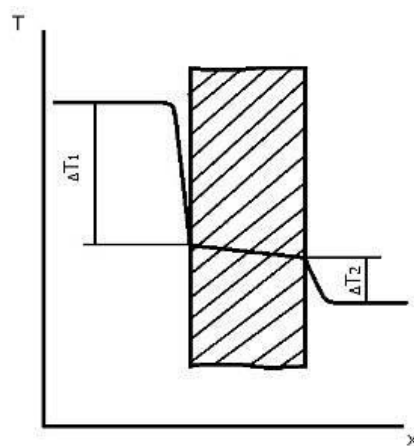
**Задача 94.** Можно ли одним литром горячей воды нагреть в теплообменнике 1 литр холодной воды так, чтобы окончательная температура нагреваемой воды стала выше окончательной температуры горячей воды?

**Задача 95.** Как влияет оребрение теплообменной поверхности на температуру стенки и на теплопередачу через нее?

**Задача 96.** В теплообменнике с плоской поверхностью теплообмена температура по направлению теплового потока изменяется так, как показано на рисунке. Какой из трех процессов, составляющий теплопередачу, следует интенсифицировать в первую очередь, чтобы улучшить теплопередачу в целом.



**Задача 97.** Температурное поле в сечении плоской стенки, через которую осуществляется передача тепла, имеет вид, показанный на рисунке. С какой стороны следует установить оребрение?

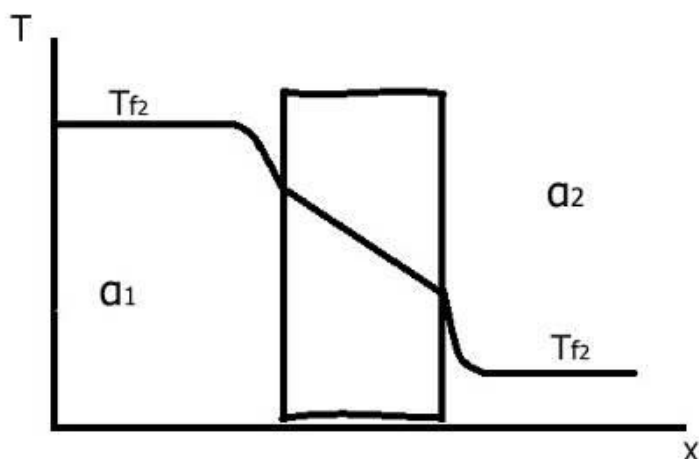


**Задача 98.** Для интенсификации теплопередачи на одной стороне плоской пластины предлагается установить оребрение. Найти выражение для коэффициента оребрения, при котором достигается увеличение интенсивности теплопередачи на 50%.

**Задача 99.** Через стенку пластинчатого рекуперативного теплообменника передается тепловой поток плотностью  $q$ , температуры горячего и холодного теплоносителей заданы, соответственно  $T_{f1}$  и  $T_{f2}$ , коэффициенты теплоотдачи –  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ . Нарисуйте температурное поле в стенке и теплоносителях

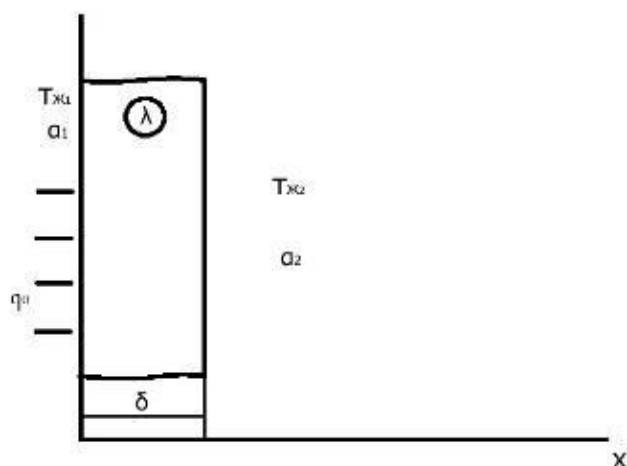
а) при заданных условия;

б) при условиях, когда возросла толщина стенки.

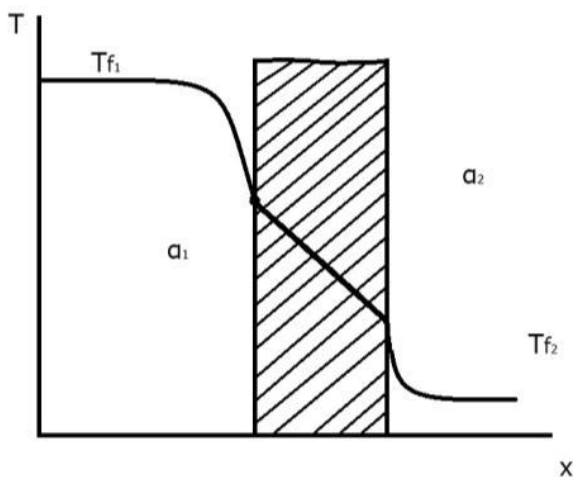


**Задача 100.** На реке слой льда при  $T_{возд} -20^\circ\text{C}$  имеет толщину  $\delta=200$  мм. Коэффициент теплоотдачи к воздуху  $\alpha=10$  Вт/м<sup>2</sup> °C. Вычислить тепловой поток от подледной воды к воздуху. Как изменится тепловой поток, если выпадет слой снега толщиной  $\delta$  500 мм? В расчетах принять  $\lambda_{снега} = 0,40$  Вт/м°C;  $\lambda_{льда} = 2,25$  Вт/м°C.

**Задача 101.** Плоская стенка омывается с двух сторон теплоносителями с температурами  $T_{ж1}$  и  $T_{ж2}$ . Соответственно коэффициенты теплоотдачи  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ . На левую поверхность поступает еще лучистый поток  $q_0$  Вт/м<sup>2</sup>. Найти температуры стенки  $T_{c1}$  и  $T_{c2}$  и тепловой поток, проходящий через стенку.



**Задача 102.** На рисунке показано распределение температуры в стенке того recuperative теплообменника. Нарисуйте здесь же, как изменится температурное поле, если: а) увеличится  $\alpha_2$ , а прочие параметры останутся неизменными; б) увеличится  $\alpha_1$  прочие параметры останутся неизменными. Примечание. Постарайтесь соблюсти все отличия в температурных полях.



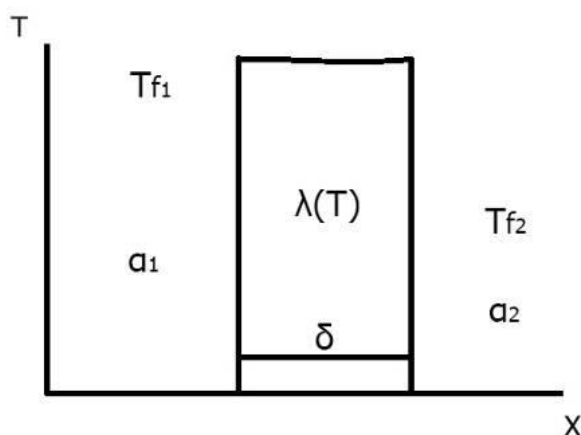
**Задача 103.** Пластина recuperative теплообменника, выполненная из латуни ( $\lambda=104$  Вт/мК), имеет толщину  $\delta=1$  мм, площадь  $F_n=1\text{ м}^2$  и коэффициенты теплоотдачи на ее поверхностях  $\alpha_1=8\cdot 10^2$  Вт/м<sup>2</sup>К и  $\alpha_2=5\cdot 10^3$  Вт/м<sup>2</sup>К. Во сколько раз изменится тепловой поток через пластину, если за счет оребрения площадь пластины со стороны  $\alpha_1$  увеличится в 10 раз, при неизменных прочих условиях? Коэффициент эффективности ребер принять равным 1,0, а температуру среды  $T_{f1}$  и коэффициент теплоотдачи  $\alpha_1$  - неизменными для всей оребренной поверхности.

**Задача 104.** Плоская стальная стенка толщиной  $\delta_c = 25$  мм омывает с одной стороны дымовыми газами с температурой  $T_1=1000^\circ\text{C}$ , а с другой - кипящей водой с температурой  $T_2=190^\circ\text{C}$ . Стенка покрыта слоем накипи  $\delta_n=1,5$  мм. определить коэффициент теплопередачи от газов к воде, удельный тепловой поток температуру стенки и накипи, если известно, что коэффициент теплоотдачи от газов к стенке  $d_1=35$  Вт/м<sup>2</sup> град, и от стенки к воде  $d_2=5235$  Вт/м<sup>2</sup> град. Коэффициенты теплопроводности принять для стали  $\lambda_c = 46$  Вт/м град. и для накипи  $\lambda_n = 1,16$  Вт/м град.

**Задача 105.** Труба, имеющая наружный и внутренний диаметры соответственно  $\alpha_2 = 0,025$  м и  $\alpha_1 = 0,02$  м, обдувается снаружи газом, температура которого  $T_2= 1500$  К. Коэффициент теплоотдачи от газа к трубе  $\alpha_2=500$  Вт/м<sup>2</sup> К. Определить потребный расход охлаждающего воздуха текущего по трубе, если температура стенки трубы не должна превышать  $T_{c2} = 1000$  К. Температуру воздуха считать постоянной по длине трубы и равной  $T_1$

= 500 К. Коэффициент теплопроводности стенки трубы  $\lambda_c = 20$  Вт/м К; воздуха  $\lambda_v = 0,05$  Вт/м К динамическая вязкость воздуха  $\mu_v = 2,5 \cdot 10^{-5}$  Н·с/м. Коэффициент теплообмена для внутренней поверхности вычисляется по зависимости  $Nu = 0,018 \cdot Re^{0,8}$ .

**Задача 106.** Определить величину стационарного теплового потока через плоскую пластину толщиной  $\delta$ , если коэффициент теплопроводности ее - линейная функция температуры:  $\lambda = \lambda_0(1 + \epsilon T)$  слева и справа от пластины находятся теплоносители, температуры которых  $T_{f1}$ ,  $T_{f2}$  коэффициент теплоотдачи  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  соответственно. Найти  $q$ , если задано  $\lambda_0 = 10$  Вт/(м К);  $\epsilon = 0,01$  К<sup>-1</sup>;  $T_{f1} = 500$  К;  $T_{f2} = 300$  К;  $\alpha_1 = 50$  Вт/(м<sup>2</sup> К);  $\alpha_2 = 25$  Вт/(м<sup>2</sup> К).



**Задача 107.** Определить поверхность  $F$  трубчатого металлического воздухоподогревателя доменной печи, обогреваемого дымовыми газами: а) в случае выполнения его по прямоточной схеме; б) в случае выполнения его противоточной схеме. Задано: расход воздуха  $G_v$  5 кг/с; температура его на входе в теплообменник  $T'_в = 30^\circ\text{C}$ , а на выходе  $T_в = 180^\circ\text{C}$ ; температура дымовых газов на входе в теплообменник  $T'_г = 450^\circ\text{C}$ ; а на выходе  $T_г = 250^\circ\text{C}$ ;  $C_p(\text{воздуха}) = 1000$  Дж/кг·К; коэффициент теплопередачи от газов к воздуху  $K = 15$  Вт/м<sup>2</sup> · К

### Процедура оценивания

Оценка выполнения решения задач осуществляется в порядке устного собеседования по материалам и в объёме представленного отчета о решенной задаче.

### Критерии оценки:

- оценка «зачтено» ставится студенту, если он представил решение задачи и ответил на большую часть вопросов при собеседовании с преподавателем;
- оценка «не зачтено» ставится студенту, если решение задачи не соответствует предъявляемым требованиям или не получены удовлетворительные ответы по существу выполненной работы.

## 10. Образовательные технологии и методические указания по освоению дисциплины (учебного курса)

В процессе изучения дисциплины используется технология традиционного обучения ( лекции, контрольная работа «Тепловой расчет воздухоохладителя компрессора», решение задач, тесты)

## **11. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (учебного курса)**

### **11.1. Обязательная литература**

№ п/п	Библиографическое описание	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Количество в библиотеке
1	Теплотехника [Электронный ресурс] : практ. курс : учеб. пособие / Г. А. Круглов [и др.]. - Санкт-Петербург : Лань, 2017. - 192 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-2575-4.	Учебное пособие	ЭБС "Лань"
2	Замалеев З. Х. Основы гидравлики и теплотехники [Электронный ресурс] : учеб. пособие / З. Х. Замалеев, В. Н. Посохин, В. М. Чефанов. - Изд. 2-е, стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2018. - 352 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-1531-1.	Учебное пособие	ЭБС "Лань"
3	Журавец И. Б. Конспект лекций по теплотехнике [Электронный ресурс] : учеб. пособие / И. Б. Журавец, С. З. Манойлина ; Воронеж. гос. аграр. ун-т им. Императора Петра I. - Воронеж : ВГАУ им. Петра I, 2016. - 286 с. - ISBN 978-5-7267-0899-7.	Учебное пособие	ЭБС "IPRbooks"

### **11.2. Дополнительная литература и учебные материалы (аудио-, видеопособия и др.)**

- фонд научной библиотеки ТГУ:

№ п/п	Библиографическое описание	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, аудио-, видеопособия и др.)	Количество в библиотеке
1	Деветерикова М. И. Теплотехника : лаб. практикум / М. И. Деветерикова, Л. Н. Козина ; ТГУ ; каф. "Водоснабжение и водоотведение". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2008. - 130 с. : ил. - Библиогр.: с. 124. - 23-84.	лаб. практикум	237
2	Козина Л. Н. Теплотехника; Гидравлика [Электронный ресурс] : для студентов всех факультетов техн. блока ТГУ / Л. Н. Козина, И. А. Лушкин. - Тольятти : ТГУ, 2006. - 100-00	Учебное пособие	1
3	Круглов Г. А. Теплотехника : учеб. пособие	Учебное пособие	1

№ п/п	Библиографическое описание	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, аудио-, видеопособия и др.)	Количество в библиотеке
	для студ. вузов, обуч. по направлению "Агроинженерия" / Г. А. Круглов, Р. И. Булгакова, Е. С. Круглова. - Гриф УМО. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2010. - 207 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 204-207. - ISBN 978-5-8114-1017-0: 449-00		
4	Теплотехника : конспект лекций / А. В. Гдалев [и др.]. - Москва : Эксмо, 2008. - 286, [1] с. : ил. - (Экзамен в кармане). - ISBN 978-5-699-25481-1: 66-00	Конспект лекций	1
5	Техническая термодинамика и теплотехника [Электронный ресурс] : учеб. пособие для вузов / Т. Н. Бахшиева [и др.]; под ред. А. А. Захаровой. - 2-е изд., испр. - Москва : Академия, 2008. - (Высшее профессиональное образование). - ISBN 978-5-7695-4999-1: 6600-00	Учебное пособие	1
6	Теплотехника : учеб. для вузов техн. специальностей / В. Н. Луканин [и др.]; под ред. В. Н. Луканина. - Изд. 7-е, испр. ; Гриф МО. - Москва : Высш. шк., 2009. - 671 с. : ил. - Библиогр.: с. 670-671. - Прил.: с. 661-669. - ISBN 978-5-06-006119-2: 686-00	Учебник	1

- другие фонды:

по учебному курсу данный подраздел не предусмотрен

СОГЛАСОВАНО

Директор научной библиотеки

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
МП

\_\_\_\_\_  
(подпись) А.М. Асаева  
(И.О. Фамилия)

### 11.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

- WebofScience[Электронный ресурс] : мультидисциплинарная реферативная база данных. – Philadelphia: ClarivateAnalytics, 2016– . – Режим доступа : apps.webofknowledge.com. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
- Scopus[Электронный ресурс] : реферативная база данных. – Netherlands: Elsevier, 2004– . – Режим доступа : scopus.com. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
- Elibrary[Электронный ресурс] : научная электронная библиотека. – Москва : НЭБ, 2000– . – Режим доступа : elibrary.ru. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
- SpringerLink[Электронный ресурс] : [база данных]. – Switzerland: SpringerNature, 1842– . – Режим доступа : link.springer.com. – Загл. с экрана. – Яз. англ.

### 11.4. Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование ПО	Количество лицензий	Реквизиты договора (дата, номер, срок действия)
1	Windows	1398	№619935341, 2013 г. бессрочный
2	Office Standart	1398	№61935138 от 28.05.2012 бессрочный

### 11.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий	Перечень основного оборудования	Фактический адрес учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др.	Площадь, м <sup>2</sup>	Количество посадочных мест
1	Лаборатория "Термодинамика и теплопередача". Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). <b>С-302</b>	Столы преподавательские, Столы ученические двухместные, шкаф, доска аудиторная, эл. щит, стулья, стенды к лабораторным работам, пожарный ящик.	445020 Самарская обл. г.Тольятти, ул. Ушаков 59, ауд. С-302	70,5	44
2	Лаборатория "Санитарно-техническое оборудование зданий и сооружений". Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). <b>С-307</b>	Доска аудиторная, стол преподавательский, столы ученические двухместные (моноблоки), проектор переносной.	445020 Самарская обл. г.Тольятти, ул. Ушаков 59, ауд. С-307	72	28
3	Компьютерный класс. По-	Столы ученические, стулья	445020 Самар-	84,8	16



№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий	Перечень основного оборудования	Фактический адрес учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др.	Площадь, м <sup>2</sup>	Количество посадочных мест
	мещение для самостоятельной работы. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. Г-401	ученические, ПК с выходом в сеть Интернет	ская обл. г.Тольятти, ул. Белорусская, 14, ауд. Г-401		