



КГУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КГУ»)

9 28.04.2026

УТВЕРЖДАЮ

Директор

института теплоэнергетики

С.О. Гапоненко

«30» мая 2023 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.22.02 Теоретические основы расчета технологического оборудования

(Код и наименование дисциплины в соответствии с РУП)

Направление подготовки

15.03.04 Автоматизация технологических

процессов и производств

(Код и наименование направления подготовки)

Квалификация

Бакалавр

(Бакалавр / Магистр)

г. Казань, 2023

Программу разработал(и):

Наименование кафедры	Должность, уч.степень, уч.звание	ФИО разработчика
Теоретические основы теплотехники	Доцент, к.т.н., доцент	Попкова Оксана Сергеевна

Согласование	Наименование подразделения	Дата	№ протокола	Подпись
Одобрена	Теоретические основы теплотехники	05.05.2023	257	_____ Зав. кафедрой ТОТ, д.т.н., доцент Дмитриев Андрей Владимирович
Согласована	Теоретические основы теплотехники	05.05.2023	257	_____ Зав. кафедрой ТОТ, д.т.н., доцент Дмитриев Андрей Владимирович
Согласована	Автоматизация технологических процессов и производств	25.05.2023	5	_____ И.о. зав. кафедрой АТПП, к.т.н., доцент Плотников В.В.
Согласована	Учебно-методический совет ИТЭ	30.05.2023	9	_____ Директор ИТЭ, к.т.н., доцент Гапоненко С.О.
Одобрена	Ученый совет ИТЭ	30.05.2023	9	_____ Директор ИТЭ, к.т.н., доцент Гапоненко С.О.

## 1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

*(Цель и задачи освоения дисциплины, соответствующие цели ОП)*

Целью освоения дисциплины Теоретические основы расчета технологического оборудования является изучение теоретических методов расчета движения жидкости и газа в элементах энергетического и теплотехнологического оборудования, процессов преобразования энергии в турбомашинах, термодинамических свойств рабочих тел и теплоносителей, используемых в теплоэнергетике, фундаментальных законов термодинамики, термодинамических процессов и циклов преобразования энергии, протекающих в теплотехнических установках, основных физических моделей переноса теплоты и массы в неподвижных и движущихся средах, методов расчета потоков теплоты и массы, полей температуры и концентрации компонентов смесей, базирующихся на этих моделях.

Задачами дисциплины являются: приобретение навыков использования основных уравнений гидрогазодинамики для расчета течений, выработка умений экспериментального исследования и анализа характеристик теплоэнергетического оборудования и турбомашин, овладение основными понятиями технической термодинамики, терминологией, законами, основными процессами, протекающими в тепловых машинах, методами расчета и экспериментального определения свойств рабочих тел и теплоносителей, ознакомление со способами переноса теплоты (массы), развитие способности обучаемых к физическому и математическому моделированию процессов переноса теплоты (массы), протекающих в реальных физических объектах, в частности, в установках энергетики и промышленности.

### Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
ОПК-7 Способен применять современные экологичные и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении	ОПК-7.1 Демонстрирует знание современных энергоресурсосберегающих технологий в области охраны окружающей среды в машиностроении
ОПК-8 Способен проводить анализ затрат на обеспечение деятельности производственных подразделений	ОПК-8.1 Понимает структуру затрат на обеспечение деятельности производственных подразделений ОПК-8.2 Оценивает затраты на обеспечение деятельности производственных подразделений
ОПК-9 Способен внедрять и осваивать новое технологическое оборудование	ОПК-9.1 Демонстрирует знание основных направлений нового технологического оборудования ОПК-9.2 Объясняет правила внедрения и освоения нового технологического оборудования
ОПК-10 Способен контролировать и обеспечивать производственную и экологическую безопасность на	ОПК-10.1 Способен определять опасные факторы при производстве энергии и разрабатывать мероприятия по снижению их

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
рабочих местах	влияния
ОПК-12 Способен оформлять, представлять и докладывать результаты выполненной работы	ОПК-12.1 Демонстрирует навыки разработки и выполнения текстовых докладов с применением визуализации информации ОПК-12.2 Способен использовать современные методы оформления и представления результатов работы ОПК-12.3 Демонстрирует навыки владения различными методами представления информации

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Предшествующие дисциплины (модули), практики, НИР, др. Физика, Химия, Высшая математика.

Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др. учебная и производственная практики.

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1. Структура дисциплины

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр(ы)		
			4		
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	4	144	144		
КОНТАКТНАЯ РАБОТА*	-	73,8	73,8		
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	1,67	60	60		
Лекции	0,83	30	30		
Практические (семинарские) занятия	0,83	30	30		
Лабораторные работы	0	0	0		
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	2,3	84	84		
Проработка учебного материала	1,3	48	48		
Курсовой проект	0	0	0		
Курсовая работа	0	0	0		
Подготовка к промежуточной аттестации	1	36	36		
Промежуточная аттестация:			Э		
			-		

Для заочной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр(ы)		
			3		
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	3	108	108		
КОНТАКТНАЯ РАБОТА	-	40,5	40,5		
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	0,67	24	24		

Лекции	0,33	12	12		
Практические (семинарские) занятия	0,33	12	12		
Лабораторные работы	0	0	0		
<b>САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ</b>	<b>3,08</b>	<b>111</b>	<b>111</b>		
Проработка учебного материала	2,08	75	75		
Курсовой проект	0	0	0		
Курсовая работа	0	0	0		
Подготовка к промежуточной аттестации	0,25	9	9		
Промежуточная аттестация:				Э	
				-	

### 3.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и видам занятий

Разделы дисциплины	Всего часов	Распределение трудоемкости по видам учебной работы				Формы и вид контроля	Индексы индикаторов формируемых компетенций
		лекции	лаб. раб.	пр. зан.	сам. раб.		
Раздел 1 Гидрогазодинамика	20	10		10	16	ТК1	ОПК-7.1, ОПК-8.1, ОПК-8.2, ОПК-9.1, ОПК-9.2, ОПК-10.1, ОПК-12.1, ОПК-12.2, ОПК-12.3
Раздел 2 Термодинамика	20	10		10	16	ТК2	ОПК-7.1, ОПК-8.1, ОПК-8.2, ОПК-9.1, ОПК-9.2, ОПК-10.1, ОПК-12.1, ОПК-12.2, ОПК-12.3
Раздел 3 Основы теплообмена	20	10		10	16	ТК3	ОПК-7.1, ОПК-8.1, ОПК-8.2, ОПК-9.1, ОПК-9.2, ОПК-10.1, ОПК-12.1, ОПК-12.2, ОПК-12.3
Экзамен	36				36	<b>ОМ 1</b>	ОПК-7.1, ОПК-8.1, ОПК-8.2, ОПК-9.1, ОПК-9.2, ОПК-10.1, ОПК-12.1, ОПК-12.2, ОПК-12.3
<b>Итого за 4 семестр</b>	<b>144</b>	<b>34</b>		<b>30</b>	<b>84</b>		

### 3.3. Содержание дисциплины

Раздел 1. Гидрогазодинамика.

Тема 1.1. Динамика идеальной жидкости

Тема 1.2. Уравнение Бернулли для несжимаемой жидкости

Тема 1.3. Уравнение движения жидкости

Тема 1.4. Гидравлические сопротивления

Раздел 2. Термодинамика.

Тема 2.1. Первый закон термодинамики

Тема 2.2. Газовые смеси

Тема 2.3. Основные термодинамические процессы

Тема 2.4. Энтропия

Тема 2.5. Параметры адиабатного дросселирования и индикаторная диаграмма компрессора

Тема 2.6. Циклы ДВС и ГТУ

Тема 2.7. Циклы ПТУ

Тема 2.8. Холодильные установки

Раздел 3. Основы теплообмена

Тема 3.1. Основные положения учения о теплопроводности

Тема 3.2. Теплопроводность через плоские и цилиндрические стенки

Тема 3.3. Теплопередача через плоские, цилиндрические и оребренные стенки

Тема 3.4. Конвекция. Общие сведения.

Тема 3.5. Свободная и вынужденная конвекция

### **3.4. Тематический план практических занятий**

Занятие 1 Гидродинамика жидкости

Занятие 2. Расчет гидравлического сопротивления.

Занятие 3. Термодинамические процессы.

Занятие 4. Первый закон термодинамики

Занятие 5. Расчет параметров смеси идеальных газов.

Занятие 6. Циклы компрессоров, ДВС, ГТУ, ПТУ и холодильной установки.

Занятие 7. Теплопроводность через плоскую и цилиндрическую стенки

Занятие 8. Теплопередача через плоскую и цилиндрическую стенки

Занятие 9. Нестационарные процессы теплопроводности

Занятие 10. Теплоотдача при обтекании пластины

Занятие 11. Теплоотдача при течении в трубах

Занятие 12. Теплоотдача при обтекании пучка труб

### **3.5. Тематический план лабораторных работ**

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом

### **3.6. Курсовой проект /курсовая работа**

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом

## **4. Оценивание результатов обучения**

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
Шкала оценивания						

			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно	
ОПК-7	ОПК-7.1	знать:					
		знать современные энергоресурсосберегающие технологии в области охраны окружающей среды в машиностроении	знает современные энергоресурсосберегающие технологии в области охраны окружающей среды в машиностроении без ошибок	знает современные энергоресурсосберегающие технологии в области охраны окружающей среды в машиностроении, при ответе может допустить несколько негрубых ошибок	плохо знает современные энергоресурсосберегающие технологии в области охраны окружающей среды в машиностроении	уровень знаний ниже минимального требования, допускает грубые ошибки.	
ОПК-8	ОПК -8.1	знать:					
		знать структуру затрат на обеспечение деятельности производственных подразделений	знает структуру затрат на обеспечение деятельности производственных подразделений без ошибок	знает структуру затрат на обеспечение деятельности производственных подразделений, при ответе может допустить несколько негрубых ошибок	плохо знает структуру затрат на обеспечение деятельности производственных подразделений	уровень знаний ниже минимального требования, допускает грубые ошибки	
ОПК-8	ОПК-8.2	Уметь::					
		уметь оценивать затраты на обеспечение деятельности производственных	Демонстрирует умение оценивать затраты на обеспечен	демонстрирует умение оценивать затраты на обеспечен	в целом демонстрирует умение оценивать затраты на	при решении задач не демонстрирует умение оцениват	

		подразделений	ие деятельно сти производс твенных подраздел ений; не допускает ошибок	ие деятельно сти производс твенных подраздел ений, допускает при этом ряд небольши х ошибок	обеспечен ие деятельно сти производс твенных подраздел ений. задания выполнен ы не в полном объеме	ь затраты на обеспече ние деятельн ости производ ственных подразде лений; допускае т грубые ошибки	
ОПК-9	ОПК-9.1	Знать:					
		знать основные направлений нового технологического оборудования	знает основные направлений нового технологического оборудования без ошибок	знает основные направлений нового технологического оборудования, при ответе может допустить несколько негрубых ошибок	плохо знает основные направлений нового технологического оборудования	уровень знаний ниже минимального требования, допускает грубые ошибки	
ОПК-9	ОПК-9.2	Уметь:					
		уметь объяснять правила внедрения и освоения нового технологического оборудования	Демонстрирует умение объяснять правила внедрения и освоения нового технологического оборудования; не допускает ошибок	демонстрирует умение объяснять правила внедрения и освоения нового технологического оборудования, допускает при этом ряд небольших ошибок	в целом демонстрирует умение объяснять правила внедрения и освоения нового технологического оборудования. задания выполнены не в полном объеме	при решении задач не демонстрирует умение объяснить правила внедрения и освоения нового технологического оборудования; допускает грубые ошибки	
ОПК-10	ОПК-10.1	Уметь:					
		Умеет определять опасные	Демонстрирует умение	демонстрирует умение	в целом демонстрирует	при решении задач не	

		факторы при производстве энергии и разрабатывать мероприятия по снижению их влияния	определять опасные факторы при производстве энергии и разрабатывать мероприятия по снижению их влияния; не допускает ошибок	определять опасные факторы при производстве энергии и разрабатывать мероприятия по снижению их влияния, допускает при этом ряд небольших ошибок	умение определять опасные факторы при производстве энергии и разрабатывать мероприятия по снижению их влияния. задания выполнены не в полном объеме	демонстрирует умение определять опасные факторы при производстве энергии и разрабатывать мероприятия по снижению их влияния; допускает грубые ошибки
ОПК-12	ОПК-12.1	Владеть:				
		Владеет навыками разработки и выполнения текстовых докладов с применением визуализации информации	продемонстрированы навыки навыками разработок и и выполнения текстовых докладов с применением визуализации информации, без ошибок и недочетов	продемонстрированы базовые навыки навыками разработок и и выполнения текстовых докладов с применением визуализации информации, допущен ряд мелких ошибок	имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач, много ошибок	не продемонстрированы базовые навыки, допущены грубые ошибки
	ОПК-12.2	Уметь:				
		Умеет использовать современные методы оформления и представления	Демонстрирует умение использовать современ	демонстрирует умение использовать современ	в целом демонстрирует умение использовать	при решении задач не демонстрирует умение

		результатов работы	ные методы оформления и представления результатов работы; не допускает ошибок	ные методы оформления и представления результатов работы, допускает при этом ряд небольших ошибок	современные методы оформления и представления результатов работы. задания выполнены не в полном объеме	использовать современные методы оформления и представления результатов работы; допускает грубые ошибки
	ОПК-12.3	Владеть:				
		владеет различными методами представления информации	продемонстрированы навыки различными методами представления информации, без ошибок и недочетов	продемонстрированы базовые навыки различными методами представления информации, допущен ряд мелких ошибок	имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач, много ошибок	не продемонстрированы базовые навыки, допущены грубые ошибки

Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации приведены в Приложении к рабочей программе дисциплины.

Полный комплект заданий и материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине, хранится на кафедре разработчика.

## **5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **5.1. Учебно-методическое обеспечение**

#### **5.1.1. Основная литература**

1. Техническая термодинамика : учебник / В. А. Кириллин, В. В. Сычев, А. Е. Шейндлин. - М. : Издательский дом МЭИ, 2019. - 496 с. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011560.html>. - ISBN 978-5-383-01156-0. - Текст : электронный.

2. Техническая термодинамика : учебное пособие для вузов / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов. - 2-е изд., испр. - М. : Высш. шк., 2001. - 261 с. : ил. - ISBN 5-06-003712-6. - Текст : непосредственный.

3. Цирельман, Н. М. Техническая термодинамика : учебное пособие для вузов / Н. М. Цирельман. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 352 с. — ISBN 978-5-8114-8522-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/176665>.

4. Петров, А. И. Техническая термодинамика и теплопередача / А. И. Петров. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 428 с. — ISBN 978-5-507-46444-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/310178>.

5. Тепломассообмен : учебник / Ф. Ф. Цветков, Б. А. Григорьев. - М. : Издательский дом МЭИ, 2017. - 562 с. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011720.html>. - ISBN 978-5-383-01172-0. - Текст : электронный.

### 5.1.2.Дополнительная литература

1. Газотурбинные энергетические установки : учебное пособие / С. В. Цанев [и др.] ; под ред. С. В. Цанева. - М. : Издательский дом МЭИ, 2017. - 428 с. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383010884.html>. - ISBN 978-5-383-01088-4. - Текст : электронный.

2. Термодинамические основы циклов теплоэнергетических установок : учебное пособие / А. А. Александров. - М. : Издательский дом МЭИ, 2017. - 159 с. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011102.html>. - ISBN 978-5-383-01110-2. - Текст : электронный.

3. Газодинамика : учебное пособие / С. И. Краснов. - Казань : КГЭУ, 2010. - 100 с. - 3770. - Текст : непосредственный

4. Термодинамика : учебное пособие / О. С. Попкова, В. И. Круглов, А. Е. Кондратьев. - Казань : КГЭУ, 2009. - 231 с. - 3345. - Текст : непосредственный.

5. Сборник задач по газодинамике : учебно-метод. пособие / С. И. Краснов. - Казань : КГЭУ, 2010. - 39 с. - 3749. - Текст : непосредственный.

6. Теоретические основы теплотехники : практикум для студентов очной формы обучения по образовательным программам направлений подготовки 13.03.01 "Теплоэнергетика и теплотехника", 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника", 13.03.03 "Энергетическое машиностроение", 16.03.01 "Техническая физика" / сост.: О. С. Попкова, И. И. Шарипов, О. В. Соловьева. - Казань : КГЭУ, 2019. - 120 с., 2971 Кб. - URL: [https://lib.kgeu.ru/irbis64r\\_plus/index.html](https://lib.kgeu.ru/irbis64r_plus/index.html). - Б. ц. - Текст : электронный.

7. Теплотехника : учебник для вузов / под ред. А. М. Архарова, В. Н. Афанасьева. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. - 712 с. : ил. - ISBN 5-7038-2439-7. - Текст : непосредственный.

8. Теплотехника : учебник для вузов / В.Л.Ерофеев, П.Д.Семенов, А.С.Пряхин. - М. : Академкнига, 2008. - 488 с. : ил. - ISBN 978-5-94628-331-1. - Текст : непосредственный.

9. Круглов, Г. А. Теплотехника / Г. А. Круглов, Р. И. Булгакова, Е. С. Круглова. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 208 с. — ISBN 978-5-507-45269-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/263066>.

## 5.2. Информационное обеспечение

### 5.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

<https://lms.kgeu.ru/course/view.php?id=2592>

### 5.2.2. Профессиональные базы данных / Информационно-справочные системы

1. Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы доступны по ссылке: <https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb>

2. Справочно-правовая система КонсультантПлюс – <http://www.consultant.ru/>

3. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU – <https://elibrary.ru>

4. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» <http://www.studentlibrary.ru/>

5. Электронно-библиотечная система «Лань» - <https://e.lanbook.com/>

6. Электронно-библиотечная система «ZNANIUM.COM» - <https://new.znanium.com/>

7. Электронная библиотека Grebennikon - <http://www.lib.tsu.ru/ru/news/elektronnayabiblioteka-grebennikon-0>

### 5.2.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение дисциплины

1. Adobe Acrobat Reader DC; Adobe Flash Player;
2. Google Chrome; Mozilla Firefox ESR;
3. Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic;
4. Microsoft Office 2013 Standard Russian Academic.

## 6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лекции	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), демонстрационное оборудование, учебно-наглядные пособия
Практические занятия	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран) и др.
Самостоятельная работа	Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а	Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультиме-

		дигитальный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение
	Читальный зал библиотеки	Специализированная мебель, компьютерная техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС, экран, мультимедийный проектор, программное обеспечение

## **7. Особенности организации образовательной деятельности для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Лица с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалиды имеют возможность беспрепятственно перемещаться из одного учебно-лабораторного корпуса в другой, подняться на все этажи учебно-лабораторных корпусов, заниматься в учебных и иных помещениях с учетом особенностей психофизического развития и состояния здоровья.

Для обучения лиц с ОВЗ и инвалидов, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, обеспечены условия беспрепятственного доступа во все учебные помещения. Информация о специальных условиях, созданных для обучающихся с ОВЗ и инвалидов, размещена на сайте университета [www//kgeu.ru](http://www//kgeu.ru). Имеется возможность оказания технической помощи ассистентом, а также услуг сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушенным слухом справочного, учебного материала по дисциплине обеспечиваются следующие условия:

- для лучшей ориентации в аудитории, применяются сигналы оповещения о начале и конце занятия (слово «звонок» пишется на доске);
- внимание слабослышащего обучающегося привлекается педагогом жестом (на плечо кладется рука, осуществляется нерезкое похлопывание);
- разговаривая с обучающимся, педагогический работник смотрит на него, говорит ясно, короткими предложениями, обеспечивая возможность чтения по губам.

Компенсация затруднений речевого и интеллектуального развития слабослышащих обучающихся проводится путем:

- использования схем, диаграмм, рисунков, компьютерных презентаций с гиперссылками, комментирующими отдельные компоненты изображения;
- регулярного применения упражнений на графическое выделение существенных признаков предметов и явлений;
- обеспечения возможности для обучающегося получить адресную консультацию по электронной почте по мере необходимости.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушениями зрения справочного, учебного, просветительского материала, предусмотренного образовательной программой по выбранному направлению подготовки, обеспечиваются следующие условия:

- ведется адаптация официального сайта в сети Интернет с учетом особых

потребностей инвалидов по зрению, обеспечивается наличие крупношрифтовой справочной информации о расписании учебных занятий;

- педагогический работник, его собеседник (при необходимости), присутствующие на занятии, представляются обучающимся, при этом каждый раз называется тот, к кому педагогический работник обращается;

- действия, жесты, перемещения педагогического работника коротко и ясно комментируются;

- печатная информация предоставляется крупным шрифтом (от 18 пунктов), тотально озвучивается;

- обеспечивается необходимый уровень освещенности помещений;

- предоставляется возможность использовать компьютеры во время занятий и право записи объяснений на диктофон (по желанию обучающихся).

Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для обучающихся с ОВЗ и инвалидов определяется педагогическим работником в соответствии с учебным планом. При необходимости обучающемуся с ОВЗ, инвалиду с учетом их индивидуальных психофизических особенностей дается возможность пройти промежуточную аттестацию устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п., либо предоставляется дополнительное время для подготовки ответа.

## **8. Методические рекомендации для преподавателей по организации воспитательной работы с обучающимися.**

Методическое обеспечение процесса воспитания обучающихся выступает одним из определяющих факторов высокого качества образования. Преподаватель вуза, демонстрируя высокий профессионализм, эрудицию, четкую гражданскую позицию, самодисциплину, творческий подход в решении профессиональных задач, в ходе образовательного процесса способствует формированию гармоничной личности.

При реализации дисциплины преподаватель может использовать следующие методы воспитательной работы:

- методы формирования сознания личности (беседа, диспут, внушение, инструктаж, контроль, объяснение, пример, самоконтроль, рассказ, совет, убеждение и др.);

- методы организации деятельности и формирования опыта поведения (задание, общественное мнение, педагогическое требование, поручение, приучение, создание воспитывающих ситуаций, тренинг, упражнение, и др.);

- методы мотивации деятельности и поведения (одобрение, поощрение социальной активности, порицание, создание ситуаций успеха, создание ситуаций для эмоционально-нравственных переживаний, соревнование и др.)

При реализации дисциплины преподаватель должен учитывать следующие направления воспитательной деятельности:

*Гражданское и патриотическое воспитание:*

- формирование у обучающихся целостного мировоззрения, российской идентичности, уважения к своей семье, обществу, государству, принятым в семье и обществе духовно-нравственным и социокультурным ценностям, к национальному,

культурному и историческому наследию, формирование стремления к его сохранению и развитию;

- формирование у обучающихся активной гражданской позиции, основанной на традиционных культурных, духовных и нравственных ценностях российского общества, для повышения способности ответственно реализовывать свои конституционные права и обязанности;

- развитие правовой и политической культуры обучающихся, расширение конструктивного участия в принятии решений, затрагивающих их права и интересы, в том числе в различных формах самоорганизации, самоуправления, общественно-значимой деятельности;

- формирование мотивов, нравственных и смысловых установок личности, позволяющих противостоять экстремизму, ксенофобии, дискриминации по социальным, религиозным, расовым, национальным признакам, межэтнической и межконфессиональной нетерпимости, другим негативным социальным явлениям.

#### *Духовно-нравственное воспитание:*

- воспитание чувства достоинства, чести и честности, совестливости, уважения к родителям, учителям, людям старшего поколения;

- формирование принципов коллективизма и солидарности, духа милосердия и сострадания, привычки заботиться о людях, находящихся в трудной жизненной ситуации;

- формирование солидарности и чувства социальной ответственности по отношению к людям с ограниченными возможностями здоровья, преодоление психологических барьеров по отношению к людям с ограниченными возможностями;

- формирование эмоционально насыщенного и духовно возвышенного отношения к миру, способности и умения передавать другим свой эстетический опыт.

#### *Культурно-просветительское воспитание:*

- формирование эстетической картины мира;

- формирование уважения к культурным ценностям родного города, края, страны;

- повышение познавательной активности обучающихся.

#### *Научно-образовательное воспитание:*

- формирование у обучающихся научного мировоззрения;

- формирование умения получать знания;

- формирование навыков анализа и синтеза информации, в том числе в профессиональной области.

**Вносимые изменения и утверждения на новый учебный год**

№ П/П	№ раздела внесения изменений	Дата внесения изменений	Содержание изменений	«Согласовано» Зав. каф. реализующей дисциплину	«Согласовано» председатель УМК института (факультета), в состав которого входит выпускающая
1	2	3	4	5	6
1					
2					
3					

*Приложение к рабочей  
программе дисциплины*



**КГУ**

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КГУ»)**

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
по дисциплине**

**Б1.О.22.02 Теоретические основы расчета технологического оборудования**  
*(Наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)*

---

Направление подготовки \_\_\_\_\_ 15.03.04 Автоматизация технологических  
процессов и производств \_\_\_\_\_  
*(Код и наименование направления подготовки)*

Квалификация \_\_\_\_\_ Бакалавр \_\_\_\_\_  
*(Бакалавр / Магистр)*

г. Казань, 2023

Оценочные материалы по дисциплине, предназначены для оценивания результатов обучения на соответствие индикаторам достижения компетенций.

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля (ТК) и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

### 1. Технологическая карта

Наименование раздела	Формы и вид контроля	Рейтинговые показатели							
		I текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК1	II текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК2	III текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК3	Итого	Промежуточная аттестация
<b>Раздел 1. «Гидрогазодинамика»</b>	<b>ТК1</b>	<b>15</b>	<b>0-15</b>					<b>15-30</b>	<b>15-30</b>
Тест или письменный опрос		7							
Отчет по самостоятельной работе		8							
<b>Раздел 2. «Термодинамика»</b>	<b>ТК2</b>			<b>15</b>	<b>0-15</b>			<b>15-30</b>	<b>15-30</b>
Тест или письменный опрос				7					
Расчетно-графическая работа (РГР)				8					
<b>Раздел 3. «Основы теплообмена»</b>	<b>ТК3</b>					<b>25</b>	<b>0-15</b>	<b>25-40</b>	<b>25-40</b>
Тест или письменный опрос						7			
Отчет по самостоятельной работе						18			
<b>Промежуточная аттестация (экзамен)</b>	<b>ОМ</b>								<b>0-45</b>
Задание промежуточной аттестации									0-15
В письменной форме по билетам									0-30

### 2. Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
Шкала оценивания						

			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно	
			зачтено			не зачтено	
ОПК-7	ОПК-7.1	знать:					
		знать современные энергоресурсосберегающие технологии в области охраны окружающей среды в машиностроении	знает современные энергоресурсосберегающие технологии в области охраны окружающей среды в машиностроении без ошибок	знает современные энергоресурсосберегающие технологии в области охраны окружающей среды в машиностроении, при ответе может допустить несколько негрубых ошибок	плохо знает современные энергоресурсосберегающие технологии в области охраны окружающей среды в машиностроении	уровень знаний ниже минимального требования, допускает грубые ошибки.	
ОПК-8	ОПК -8.1	знать:					
		знать структуру затрат на обеспечение деятельности производственных подразделений	знает структуру затрат на обеспечение деятельности производственных подразделений без ошибок	знает структуру затрат на обеспечение деятельности производственных подразделений, при ответе может допустить несколько негрубых ошибок	плохо знает структуру затрат на обеспечение деятельности производственных подразделений	уровень знаний ниже минимального требования, допускает грубые ошибки	
ОПК-8	ОПК-8.2	Уметь::					
		уметь оценивать затраты на обеспечение деятельности производствен	Демонстрирует умение оценивать затраты на	демонстрирует умение оценивать затраты на	в целом демонстрирует умение оценивать затраты	при решении задач не демонстрирует умение	

		ных подразделений	обеспечение деятельности производственных подразделений; не допускает ошибок	обеспечение деятельности производственных подразделений, допускает при этом ряд небольших ошибок	на обеспечение деятельности производственных подразделений. задания выполнены не в полном объеме	оценивать затраты на обеспечение деятельности производственных подразделений; допускает грубые ошибки
ОПК-9	ОПК-9.1	Знать:				
		знать основные направлений нового технологического оборудования	знает основные направлений нового технологического оборудования без ошибок	знает основные направлений нового технологического оборудования, при ответе может допустить несколько негрубых ошибок	плохо знает основные направлений нового технологического оборудования	уровень знаний ниже минимального требования, допускает грубые ошибки
ОПК-9	ОПК-9.2	Уметь:				
		уметь объяснять правила внедрения и освоения нового технологического оборудования	Демонстрирует умение объяснять правила внедрения и освоения нового технологического оборудования; не допускает ошибок	демонстрирует умение объяснять правила внедрения и освоения нового технологического оборудования, допускает при этом ряд небольших ошибок	в целом демонстрирует умение объяснять правила внедрения и освоения нового технологического оборудования. задания выполнены не в полном объеме	при решении задач не демонстрирует умение объяснить правила внедрения и освоения нового технологического оборудования; допускает грубые ошибки
ОПК-10	ОПК-10.1	Уметь:				
		Умеет определять	Демонстрирует	демонстрирует	в целом демонстрирует	при решении

		опасные факторы при производстве энергии и разрабатывать мероприятия по снижению их влияния	умение определять опасные факторы при производстве энергии и разрабатывать мероприятия по снижению их влияния; не допускает ошибок	умение определять опасные факторы при производстве энергии и разрабатывать мероприятия по снижению их влияния, допускает при этом ряд небольших ошибок	ирует умение определять опасные факторы при производстве энергии и разрабатывать мероприятия по снижению их влияния. задания выполнены не в полном объеме	задач не демонстрирует умение определять опасные факторы при производстве энергии и разрабатывать мероприятия по снижению их влияния; допускает грубые ошибки
ОПК-12	ОПК-12.1	Владеть:				
		Владеет навыками разработки и выполнения текстовых докладов с применением визуализации информации	продемонстрированы навыки разработки и выполнения текстовых докладов с применением визуализации информации, без ошибок и недочетов	продемонстрированы базовые навыки разработки и выполнения текстовых докладов с применением визуализации информации, допущен ряд мелких ошибок	имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач, много ошибок	не продемонстрированы базовые навыки, допущены грубые ошибки
	ОПК-12.2	Уметь:				
		Умеет использовать современные методы оформления и	Демонстрирует умение использовать	демонстрирует умение использовать	в целом демонстрирует умение использовать	при решении задач не демонстрирует

		представления результатов работы	современные методы оформления и представления результатов работы; не допускает ошибок	современные методы оформления и представления результатов работы, допускает при этом ряд небольших ошибок	ать современные методы оформления и представления результатов работы. задания выполнены не в полном объеме	умение использовать современные методы оформления и представления результатов работы; допускает грубые ошибки
	ОПК-12.3	Владеть:				
		владеет различными методами представления информации	продемонстрированы навыки различными методами представления информации, без ошибок и недочетов	продемонстрированы базовые навыки различными методами представления информации, допущен ряд мелких ошибок	имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач, много ошибок	не продемонстрированы базовые навыки, допущены грубые ошибки

Оценка **«отлично»** выставляется за выполнение расчетных работ в семестре; тестовых заданий; глубокое понимание процессов, протекающих в технологических установках, полные и содержательные ответы на вопросы билета (теоретическое и практическое задание);

Оценка **«хорошо»** выставляется за выполнение расчетных работ в семестре; тестовых заданий; понимание процессов, протекающих в технологических установках, ответы на вопросы билета (теоретическое или практическое задание);

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется за выполнение расчетных работ в семестре и тестовых заданий;

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется за слабое и неполное выполнение расчетных работ в семестре и тестовых заданий.

### 3. Перечень оценочных средств

Краткая характеристика оценочных средств, используемых при текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося по дисциплине:

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Описание оценочного средства
Тест (Тест)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося	Комплект тестовых заданий
Расчетно-графическая работа (РГР)	Средство проверки умений применять полученные знания по заранее определенной методике для решения задач или выполнения заданий по разделу или дисциплине в целом	Комплект индивидуальных заданий для выполнения РГР

**4. Перечень контрольных заданий или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины**

Тест

**Для текущего контроля ТК1:**

1. Скачки плотности могут возникать в
  - трубке Пито
  - насадке Борда
  - сопле Лавалья
  - горелке сварщика
2. Расположить в порядке возрастания следующие значения давлений
  - 1: 1 Па
  - 2: 1 мм. вод. ст.
  - 3: 1 мм. рт. ст.
  - 4: 1 техническая атмосфера
3. Критическая скорость в газе - это:
  - Скорость в той точке потока, в которой она совпадает со скоростью звука.
  - Скорость на выходе на сопла Лавалья
  - максимальная возможная скорость
  - скорость, в 5 раз больше скорости звука
4. Наиболее существенное отличие газа от жидкости в динамике проявляется в его
  - меньшей вязкости
  - меньшей плотности
  - сжимаемости
  - свойстве занимать весь предоставленный объем
5. Основной размерностью газовой постоянной в уравнении состояния  $pV=RT$  в системе СИ является
  - Дж/(мольК)

кДж/(мольК)

кДж/(кгК)

Дж/(кгК)

6. В покоящейся жидкости

касательные и нормальные напряжения отсутствуют

отсутствуют нормальные напряжения

отсутствуют касательные напряжения

отсутствует поверхностное натяжение

7. Мазут с вязкостью 0,001 кв.м/с течет по турбопроводу диаметром 0,1 м со средней скоростью 1 м/с. Число Рейнольдса равно

10

100

1000

10000

8. ГГД изучает ... движения жидкости и газов

Правильные варианты ответа: законы;

9. Значение ГГД в теплоэнергетике состоит в том, чтобы изучить и рассчитать

химические превращения теплоносителей

парогазотурбинные установки

прочность корпуса турбины

движение теплоносителей (воды, пара и т.п.) в системах отопления и охлаждения

структура и компоновку здания ТЭС

10. ГГД изучает законы ... жидкости и газа

Правильные варианты ответа: движения;

11. ГГД изучает силовое взаимодействие ... и ... с обтекаемыми твердыми телами

Правильные варианты ответа: жидкостей и газов; жидкости и газа;

12. ГГД изучает силовое взаимодействие жидкости и газа с обтекаемыми ...

Правильные варианты ответа: телами;

13. ГГД изучает:

функции действительных переменных

превращения веществ

законы движения жидкостей

функции комплексного переменного

законы движения газов

силовое взаимодействие жидкости и газов с обтекаемыми твердыми телами

14. ГГД изучает законы движения

жидкости

газа

твердого тела

кристаллической решетки

15. При уменьшении диаметра цилиндрической трубы в 3 раза средняя скорость течения жидкости в ней увеличивается в ... раз:

2

- 3
- 4
- 6
- 9

16. Вязкость в жидкости означает

- наличие силы сопротивления деформации сдвига
- способность жидкой частицы изменять свой объем
- внутреннее трение между слоями движущейся жидкости
- свойства неограниченно деформироваться под действием малых сил

17. Закон вязкого трения Ньютона имеет вид

- $F_y = \rho V_\infty \Gamma$
- $F_x = C_x \frac{\rho V_\infty^2}{2} S$
- $\tau = \mu \frac{\partial U}{\partial n}$
- $\alpha = \frac{1}{v} \frac{\partial v}{\partial T} / p$
- $\Delta p = \xi \frac{\rho V^2}{2}$

18. Вязкость означает наличие внутреннего ... между слоями движущейся жидкости

Правильные варианты ответа: трения;

19. Коэффициент  $\mu$  в формуле для напряжения вязкого трения

$$\tau = \mu \frac{\partial U}{\partial n} \text{ называется динамической...}$$

Правильные варианты ответа: вязкости;

20. Коэффициент теплового объемного расширения определяется соотношением

- $\tau = \mu \frac{\partial U}{\partial n}$
- $F_x = c_x \frac{\rho V^2}{2} S$
- $P = F_n / S$
- $\alpha = \frac{1}{v} \frac{\partial v}{\partial T} \Big|_p$
- $F_y = \rho V \Gamma$

21. Изотермический коэффициент сжимаемости определяется соотношением

- $\Delta p = \zeta \frac{\rho V^2}{2}$
- $\tau = \mu \frac{\partial U}{\partial n}$
- $\lambda = - \frac{1}{v} \frac{\partial v}{\partial p} \Big|_T$

$F = m \cdot a$

$m = \rho VS$

22. Наиболее существенное различие между жидкостью и газом связано с их

легкоподвижностью

плотностью

вязкостью

текучестью

сжимаемостью

23. Сжимаемость жидкости означает

способность неограниченно деформироваться под действием малых сил сдвига

наличие силы сопротивления деформации сдвига

способность жидкости изменять свою плотность

внутреннее трение в жидкости

способность жидкой частицы изменять свой объем

24. Вязкость несжимаемой жидкости с ростом температуры...

Правильные варианты ответа: падает; убывает; уменьшается;

25. Вязкость газов с ростом температуры

Правильные варианты ответа: растет; увеличивается; повышается;

Для текущего контроля ТК2:

Проверяемая компетенция: ОПК-4.2, ОПК-4.3

1. К термодинамическим характеристикам состояния идеального газа относятся

объем, давление и молярная масса

давление и масса

температура, объем, давление

температура, объем, масса

2. Плотность - это отношение

массы к объему

объема к массе

давления к температуре

температуры к массе

3. Величина равная отношению массы к плотности называется

Правильные варианты ответа: объем; объемом;

4. Величина равная отношению силы, действующей по нормали, к площади называется

Правильные варианты ответа: давление; давлением;

5. Величина равная отношению массы к плотности называется

Правильные варианты ответа: объем; объемом;

6. Величина равная отношению силы, действующей по нормали, к площади называется

Правильные варианты ответа: давление; давлением;

7. Один моль идеального газа в сосуде объемом 249 литров при температуре 600 К создает давление

20000 Па

10900 Па

20 Па

10,9 Па

8. В комнате площадью  $50\text{ м}^2$  и высотой 4м находится воздух при температуре  $25^\circ\text{С}$  и давлении 800гПа. Масса воздуха в комнате

187,28 кг

6457,93 кг

2232,38 кг

0,0187 кг

9. Плотность азота при давлении 2МПа и температуре  $350^\circ\text{С}$  равна

$10,81\text{ кг/ м}^3$

$19,24\text{ кг/ м}^3$

$386,13\text{ кг/ м}^3$

$216,93\text{ кг/ м}^3$

10. Плотность азота при давлении 5МПа и температуре  $350^\circ\text{С}$  равна

$27,0289\text{ кг/ м}^3$

$48,11\text{ кг/ м}^3$

$965,32\text{ кг/ м}^3$

$1718,27\text{ кг/ м}^3$

11. Плотность воздуха при давлении 2МПа и температуре  $25^\circ\text{С}$  равна

$23\text{ кг/ м}^3$

$274,16\text{ кг/ м}^3$

$793,1\text{ кг/ м}^3$

$9622,32\text{ кг/ м}^3$

12. Удельный объем кислорода при давлении 2,3МПа и температуре  $280^\circ\text{С}$  равен

$0,062\text{ м}^3/\text{кг}$

$0,002 \text{ м}^3 / \text{кг}$

$0,031 \text{ м}^3 / \text{кг}$

$0,001 \text{ м}^3 / \text{кг}$

13. Удельная газовая постоянная для кислорода равна

$259,8125 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$

$259,8125 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$

$0,259 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$

$259,8125 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$

14. Удельная газовая постоянная для водорода равна

$8,314 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$

$8,314 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$

$4157 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$

$4157 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$

15. Удельная газовая постоянная для метана

$519,625 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$

$519,625 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$

$8,314 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$

$8,314 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$

16. 11 кг воздуха при давлении 0,44 МПа и температуре 18°C занимает объем (Ответ выразите в м<sup>3</sup> и округлите до целого числа)  
Правильные варианты ответа: 2;
17. Масса 5 м<sup>3</sup> водорода при давлении 0,6 МПа и температуре 100°C равна (Ответ округлите до целого числа)  
Правильные варианты ответа: 19;
18. Масса 5 м<sup>3</sup> кислорода при давлении 0,6 МПа и температуре 100°C равна (Ответ округлите до целого числа)  
Правильные варианты ответа: 32;
19. Масса 5 м<sup>3</sup> углекислого газа при давлении 0,6 МПа и температуре 100°C равна (Ответ округлите до целого числа)  
Правильные варианты ответа: 43;
20. Плотность водяного пара при нормальных условиях (принимая условно, что в этом состоянии пар будет являться идеальным газом) равна (Ответ округлите до целого числа)  
Правильные варианты ответа: 1;
21. Удельный объем водяного пара при нормальных условиях (принимая условно, что в этом состоянии пар будет являться идеальным газом) равен (Ответ округлите до целого числа)  
Правильные варианты ответа: 1;
22. 10 кмоль азота при нормальных условиях занимают объем (Ответ округлите до целого числа)  
Правильные варианты ответа: 227;
23. 1 кмоль газа при давлении 2 МПа и температуре 200°C занимает объем (Ответ округлите до целого числа)  
Правильные варианты ответа: 2;
24. 1 кмоль газа занимает объем 4 м<sup>3</sup>, если давление газа 1 кПа и температура (Ответ выразите в К)  
Правильные варианты ответа: 0,48; 0.48;
25. Символ  $R$  в уравнении состояния  $pV = RT$  идеальных газов означает
- давление
  - температуру
  - объем
  - удельный объем
  - универсальную газовую постоянную
  - удельную газовую постоянную
26. Теплоемкость при постоянном объеме называется
- изохорной
  - молярной
  - изобарной
27. Количество вещества необходимое для нагревания тела на один градус называется
- Правильные варианты ответа: теплоемкостью; теплоемкость;

28. Теплоемкость, отнесенная к одному молю вещества

- мольная
- объемная
- изобарная
- изохорная

29. Теплоемкость, отнесенная к единице объема вещества

- мольная
- объемная
- изобарная
- изохорная

30. Теплоемкость изобарного процесса

- мольная
- объемная
- изохорная
- изобарная

31. Теплоемкость изохорного процесса

- мольная
- изобарная
- изохорная
- объемная

32. Величина суммы внутренней энергии системы и произведения давления системы на величину объема системы называется

Правильные варианты ответа: энтальпией; энтальпия;

33. Единица измерения массовой теплоемкости

$\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$

$\frac{\text{Дж}}{\text{м}^3 \cdot \text{К}}$

$\frac{\text{Дж} \cdot \text{кг}}{\text{К}}$

$\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$

34. Единица измерения объемной теплоемкости

$\frac{\text{Дж}}{\text{м}^3}$

$\frac{\text{Дж}}{\text{м}^3 \cdot \text{К}}$

$\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$

$\text{Дж} \cdot \text{м}^3$

35. Единица измерения мольной теплоемкости

$\frac{\text{Дж}}{\text{м}^3 \cdot \text{К}}$

$\frac{\text{Дж}}{\text{Моль} \cdot \text{К}}$

$\frac{\text{Дж}}{\text{Моль}}$

$\text{Дж} \cdot \text{Моль}$

36. Разность мольных теплоемкостей  $\tilde{c}_p - \tilde{c}_v$  для идеального газа равна

- удельной газовой постоянной R
- показателю политропы
- универсальной газовой постоянной
- коэффициенту сжимаемости

37. Разность удельных теплоемкостей  $c_p - c_v$  для идеального газа равна

- коэффициенту сжимаемости
- универсальной газовой постоянной
- удельной газовой постоянной
- показателю адиабаты

38. Единицей объемной теплоемкости  $c'_p$  является

$[\text{Па/кг}]$

$[\text{м}^3/\text{КК}]$

- $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$
- $\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3 \cdot \text{К}}$

39. Отношение полной теплоемкости к количеству вещества называется

- мольной теплоемкостью
- средней теплоемкостью
- удельной теплоемкостью

40. Теплоемкость при постоянном давлении называется

Правильные варианты ответа: изобарной; изобарической;

41. Количество вещества необходимое для изменения температуры единицы массы вещества на 1 градус, называется

Правильные варианты ответа: массовой теплоемкостью; теплоемкостью;

42. Энтальпия  $h$  равна

- $U-pV$
- $U+pV$
- $p-UV$
- $V-pU$

43. Формула Майера записывается в виде

- $c_v - c_p = R$
- $c_p - c_v = R$
- $c_v = \frac{R}{c_p}$
- $c_p = \frac{R}{c_v}$

44. Три твердых тела равной массы с удельными теплоемкостями  $c$ ,  $2c$ ,  $3c$  получают одинаковое количество теплоты в единицу времени. Сильнее нагревается ... тело

- одинаково
- первое
- второе
- третье

Для текущего контроля ТКЗ:

Проверяемая компетенция: ОПК-4.2, ОПК-4.3

1. В условиях однозначности взаимодействие тела с окружающей средой на его границах характеризуют

- геометрические условия
- начальные условия
- граничные условия

физические условия

2. В случае теплоизолированной поверхности тела имеют место граничные условия

I рода

II рода

III рода

3. Понятие субстанциальной производной используется в уравнениях

для твердого тела

для покоящейся жидкости

для движущейся жидкости

для вакуума

4. Понятие субстанциальной производной используется в уравнениях для ... жидкости

5. В случае теплоизолированной поверхности тела имеют место граничные условия ... рода

6. Единицей измерения мощности  $q_v$  внутренних распределенных источников теплоты является

$\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$

$\frac{\text{Дж}}{\text{м} \cdot \text{К}}$

$\frac{\text{Вт}}{\text{м}^3}$

$\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$

$\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$

7. Уравнение стационарной теплопроводности в твердом теле имеет вид

$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \cdot \nabla^2 t$

$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \cdot \nabla^2 t$

$\nabla^2 t = 0$

8. Уравнение стационарной теплопроводности для двумерных задач

- $\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \cdot \left( \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} \right)$
- $\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} = 0$
- $\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \cdot \left( \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right)$
- $\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \cdot \frac{\partial^2 t}{\partial x^2}$

9. Уравнения нестационарной теплопроводности в твердом теле

- $\frac{Dt}{d\tau} = a \cdot \nabla^2 t$
- $\nabla^2 t = 0$
- $\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \cdot \left( \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} \right)$
- $\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \cdot \nabla^2 t$
- $\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} = 0$

10. В уравнении нестационарной теплопроводности  $\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \cdot \nabla^2 t$  символ  $\nabla^2 t$  обозначает

- $\left( \frac{\partial t}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial t}{\partial y} \right)^2 + \left( \frac{\partial t}{\partial z} \right)^2$
- $\left( \frac{\partial t}{\partial x} + \frac{\partial t}{\partial y} + \frac{\partial t}{\partial z} \right)^2$
- $\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2}$
- $(\text{grad } t)^2$

11. В уравнении теплопроводности  $\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \cdot \nabla^2 t$  символ  $a$  обозначает

- ускорение
- коэффициент теплопроводности
- коэффициент температуропроводности

- коэффициент теплоотдачи
- коэффициент теплопередачи

12. Процесс теплопроводности является нестационарным, если температуры постоянны

- постоянны
- различны в разных частях тела
- изменяются со временем
- не меняются со временем

13. Единица измерения коэффициента температуропроводности

- $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$
- $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$
- $\frac{\text{м}^2}{\text{с}}$
- $\frac{\text{м}}{\text{с}}$
- $\frac{\text{Дж}}{\text{К}}$

14. Процесс охлаждения тела является

- стационарным
- нестационарным
- установившимся

15. Процесс нагревания тела является

- стационарным
- нестационарным
- установившимся

16. В уравнении нестационарной теплопроводности  $\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \cdot \nabla^2 t$  символ  $\nabla^2$

обозначает

- оператор Лапласа
- оператор Пуассона
- производную
- квадрат градиента
- интеграл

17. В уравнении нестационарной теплопроводности  $\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \cdot \nabla^2 t$  символ  $a$

обозначает

- коэффициент теплопроводности
- коэффициент теплоемкости
- коэффициент температуропроводности

- удельную теплоемкость
- плотность

18. В уравнении нестационарной теплопроводности  $\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \cdot \nabla^2 t$  символ  $\nabla^2$  обозначает ... Лапласа

19. Изменение во времени температуры охлаждающегося тела в регулярном режиме описывается

- экспонентой
- косинусоидой
- гиперболой
- функцией Бесселя
- параболой
- цепной линией

20. На стадии неупорядоченного охлаждения распределение избыточной температуры внутри произвольного тела представляется в виде

$\vartheta(x, y, z, \tau) = \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cdot U_n(x, y, z) \cdot e^{-m_n \cdot \tau}$

$\vartheta(x, y, z, \tau) = A \cdot U(x, y, z) \cdot e^{-m\tau}$

$\vartheta = \vartheta_0$

$\vartheta = 0$

21. В регулярном режиме охлаждения во всех точках тела и во все моменты времени одинаковы

- температура
- скорость охлаждения
- избыточная температура
- относительная скорость охлаждения
- плотность теплового потока

22. В регулярном режиме относительная скорость охлаждения  $\frac{1}{\vartheta} \frac{\partial \vartheta}{\partial \tau}$

- постоянна во времени, но различна в разных точках тела
- одна и та же во всех точках тела и не меняется во времени
- одинакова во всех точках тела, но меняется во времени
- различным образом изменяется во времени в разных точках тела

23. В законе регулярного режима охлаждения  $\vartheta(x, y, z) = A \cdot U(x, y, z) \cdot e^{-m\tau}$  величина  $m$  обозначает

- массу тела
- плотность тела
- массовую теплоемкость
- темп охлаждения

24. Единицей темпа охлаждения  $m$  в законе регулярного режима

$\vartheta(x, y, z) = A \cdot U(x, y, z) \cdot e^{-m\tau}$  является

$\frac{\text{м}^2}{\text{с}}$

КГ

$\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

$\frac{1}{\text{с}}$

$\frac{\text{Вт}}{\text{м}}$

$\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$

25. Темп охлаждения  $m$  в законе регулярного режима не зависит от

формы тела

размеров тела

начальной температуры

коэффициента теплоотдачи

коэффициента теплопроводности

26. При регулярном режиме охлаждения на величину темпа охлаждения неравномерность начального прогрева

влияет

не влияет

27. Рассматривается внутренняя задача охлаждения тела заданной формы и размеров. Темп охлаждения  $m$  в регулярном режиме охлаждения при высокой интенсивности теплоотдачи связан с коэффициентом теплопроводности  $a$  и коэффициентом формы  $K$  зависимостью

$m = \frac{a}{K}$

$m = \frac{\sqrt{a}}{K}$

$m = e^{-aK}$

$m = e^{-\sqrt{aK}}$

не зависит

28. Если увеличить толщину ребра, то его коэффициент эффективности  $E$  при прочих равных условиях

останется прежним

уменьшится

возрастет

- может возрасти или уменьшиться в зависимости от условий
29. Если увеличить высоту ребра, то его коэффициент эффективности  $E$
- возрастет  
 уменьшится  
 может возрасти и уменьшиться в зависимости от условий
30. Значение коэффициента эффективности ребра  $E$
- не больше 100  
 не больше 1000  
 может быть любым положительным числом  
 может быть как положительным, так и отрицательным  
 не больше единицы
31. При увеличении ширины ребра в два раза отводимый им тепловой поток возрастает
- ровно в два раза  
 больше чем в два раза  
 равно в четыре раза  
 заметно возрастает, но не более, чем 2 раза
32. Коэффициенты теплоотдачи плоской стенки равны с одной стороны  $\alpha = 5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ , с другой стороны –  $\alpha = 200 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ . Для интенсификации теплопередачи целесообразно сделать поверхность стенки ребристой
- с обеих сторон  
 с первой стороны (где  $\alpha = 5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ )  
 со второй стороны (где  $\alpha = 200 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ )
33. Начальное условие в задаче охлаждения пластины толщиной  $2\delta$  имеет вид
- $t = f(x)$  при  $\tau = 0$   
  $t = f(\tau)$  при  $x = \pm\delta$   
  $t = f(x, \tau)$  при  $x = \pm\delta$   
  $\frac{\partial t}{\partial x} = -\frac{\alpha}{\lambda}(t_w - t_f)$  при  $\tau = 0$
34. Метод разделения переменных в задаче охлаждения пластины предполагает представление искомого решения  $\vartheta(x, \tau)$  в виде
- $\vartheta(x, \tau) = \varphi(\tau) \cdot \psi(x)$   
  $\vartheta(x, \tau) = A \cdot \varphi(\tau) + B \cdot \psi(x)$   
  $\vartheta(x, \tau) = \varphi(\tau) + \psi(x)$   
  $\vartheta(x, \tau) = C \cdot \varphi(\tau) \psi(x)$
35. Основной характеристикой процесса охлаждения пластины является число

- Рейнольдса  $Re$
- Био  $Bi$
- Нуссельта  $Nu$
- Прандтля  $Pr$

36. В записи числа  $Bi = \frac{\alpha \cdot \delta}{\lambda}$  для процесса охлаждения пластины параметр  $\lambda$  обозначает

- коэффициент теплоотдачи к окружающей среде
- коэффициент теплопроводности пластины
- коэффициент температуропроводности пластины
- коэффициент теплопроводности окружающей среды

37. В записи числа  $Bi = \frac{\alpha \cdot \delta}{\lambda}$  для процесса охлаждения пластины параметр  $\alpha$  обозначает

- коэффициент температуропроводности пластины
- коэффициент теплопроводности окружающей среды
- коэффициент теплоотдачи к окружающей среде
- коэффициент теплопроводности пластины

38. В записи числа  $Bi = \frac{\alpha \cdot \delta}{\lambda}$  для процесса охлаждения пластины параметр  $\delta$  обозначает

- разность температур пластины и жидкости
- изменение температуры за время процесса
- размер (полутолщину) пластины
- скорость изменения температуры

39. Характеристическое уравнение для задачи охлаждения пластины имеет вид

- $\text{ctg } \mu = \frac{\mu}{Bi}$
- $\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \nabla^2 t$
- $\frac{\partial \vartheta}{\partial \tau} \Big|_{x=\delta} = \frac{\alpha}{\lambda} \vartheta \Big|_{x=\delta}$
- $X = \frac{x}{\delta}$
- $\Theta = \frac{\vartheta}{\vartheta_0}$

40. Характеристическое уравнение для задачи охлаждения пластины имеет

- два решения
- три решения
- бесконечное число решений

одно решение

41. Все корни  $\mu_i$  характеристического уравнения  $\operatorname{ctg} \mu = \frac{\mu}{\operatorname{Bi}}$  имеют значения в диапазоне

- $0 \leq c \leq \frac{\pi}{2}$
- $0 \leq \mu_i \leq \pi$
- $\pi \leq \mu_i \leq 2\pi$
- $0 \leq \mu_i \leq 1$
- $0 \leq \mu_i < \infty$
- $-\pi \leq \mu_i \leq \pi$
- $-\infty \leq \mu_i \leq 0$

42. Первый корень  $\mu_1$  характеристического уравнения  $\operatorname{ctg} \mu = \frac{\mu}{\operatorname{Bi}}$  может иметь значения в интервале

- $0 < \mu_1 < \pi$
- $0 < \mu_1 < 1$
- $0 < \mu_1 < \frac{\pi}{2}$
- $\frac{1}{2} < \mu_1 < 1$
- $-\frac{\pi}{2} < \mu_1 < \frac{\pi}{2}$
- $\frac{\pi}{2} < \mu_1 < \pi$

43. Общее решение задачи охлаждения пластины строится методом разделения переменных в форме

- бесконечного ряда
- интеграла от явного выражения
- производной от явного выражения
- двойного интеграла от явного выражения

44. В безразмерной постановке задачи охлаждения пластины фигурирует число

- Рейнольдса  $Re$
- Нуссельта  $Nu$
- Прандтля  $Pr$
- Фурье  $Fo$
- Грасгофа  $Gr$

45. Число Фурье обозначается

- $Fu$

- Fe
- Fo
- Fr
- Fp

46. Число Фурье Fo в задаче охлаждения пластины представляет

- безразмерную теплоотдачу
- безразмерную температуру
- безразмерные времена
- безразмерную теплопроводность
- безразмерную толщину

47. Число Фурье Fo в задаче охлаждения пластины представляется выражением

- $\frac{\alpha \tau}{\delta^2}$
- $\frac{\alpha \cdot \delta}{\lambda}$
- $\frac{\alpha \tau}{\delta}$
- $\frac{\delta}{\lambda}$

48. Процесс охлаждения пластины является

- стационарным
- нестационарным
- установившимся

49. Считается, что задачу охлаждения пластины можно считать внутренней при

значения числа  $Bi = \frac{\alpha \cdot \delta}{\lambda}$

- $Bi \leq 0,1$
- $Bi \geq 1$
- $Bi \leq 100$
- $Bi \leq 1$
- $Bi \geq 100$

50. Считается, что задачу охлаждения пластины можно считать внешней при

значения числа  $Bi = \frac{\alpha \cdot \delta}{\lambda}$

- $Bi \leq 0,1$
- $Bi \geq 1$
- $Bi \leq 100$
- $Bi \leq 1$
- $Bi \geq 100$

51. В случае внутренней задачи охлаждения пластины безразмерное распределение температуры при больших Fo описывается выражением

$\Theta = e^{-Bi \cdot Fo}$

$\Theta = \frac{4}{\pi} \cos\left(\frac{\pi}{2} X\right) e^{-\frac{\pi^2}{4} \cdot Fo}$

$\Theta = \Theta_0$

$\Theta = \sum_{n=1}^{\infty} D_n \cos\left(\frac{\pi}{4} \cdot X\right) \cdot e^{-\left(\frac{\pi}{4}\right)^2 \cdot Fo}$

$\Theta = 0$

$\Theta = 1$

52. В случае внешней задачи охлаждения пластины безразмерное распределение температуры описывается выражением

$\Theta = 1$

$\Theta = 0$

$\Theta = \frac{4}{\pi} \cos\left(\frac{\pi}{2} X\right) e^{-\frac{\pi^2}{4} \cdot Fo}$

$\Theta = e^{-Bi \cdot Fo}$

$\Theta = \Theta_0$

$\Theta = \sum_{n=1}^{\infty} D_n \cos\left(\frac{\pi}{4} \cdot X\right) \cdot e^{-\left(\frac{\pi}{4}\right)^2 \cdot Fo}$

53. В регулярном режиме охлаждения распределение избыточной температуры внутри произвольного тела представляется в виде

$\vartheta(x, y, z, \tau) = \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cdot U_n(x, y, z) \cdot e^{-m_n \cdot \tau}$

$\vartheta(x, y, z, \tau) = A \cdot U(x, y, z) \cdot e^{-m\tau}$

$\vartheta = \vartheta_0$

$\vartheta = 0$

54. Число Био  $Bi$  в задаче охлаждения пластины принимает значения из диапазона

$-1 \leq Bi \leq 1$

$Bi \geq 0$

$0 \leq Bi \leq 1$

$0 \leq Bi \leq \pi$

55. Число Фурье  $Fo$  в задаче охлаждения пластины может принимать значения в диапазоне

$0 \leq Fo \leq 1$

$0 \leq Fo \leq 2$

$0 \leq Fo \leq \infty$

$0 \leq Fo \leq \pi$

56. Рассматривается охлаждение пластины в воздухе с постоянной температурой. Если увеличить коэффициент теплоотдачи в два раза, то общее количество теплоты, отданное пластиной в процессе охлаждения

- возрастет менее, чем в 2 раза
- уменьшится менее, чем в 2 раза
- не изменится
- возрастет в 2 раза
- уменьшится в 2 раза

57. Температурным напором теплопередачи через стенку называется

- разность температур поверхностей стенки
- величина градиента температуры
- средняя температура в стенке
- разность температур омывающих поверхности стенки жидкостей (газов)

58. Единицей измерения полного термического сопротивления теплопередачи через плоскую стенку является

- $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$
- $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$
- $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$
- $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$

59. Формула для полного термического сопротивления  $R$  теплопередачи через плоскую стенку имеет вид

- $R = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}$
- $R = \alpha_1 + \frac{\lambda}{\delta} + \alpha_2$
- $R = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$
- $R_l = \frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}$

60. Коэффициент теплопередачи через однородную плоскую стенку определяется по формуле

$k = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}$

$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$

$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{\lambda} \ln \delta + \frac{1}{\alpha_2 d_2}}$

$k = \frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{\lambda} \ln \delta + \frac{1}{\alpha_2 d_2}$

61. Формула теплопередачи через однослойную плоскую стенку имеет вид

$q = \frac{\lambda}{\delta} \cdot (t_{w1} - t_{w2})$

$q = \frac{t_{f1} - t_{f2}}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$

$q = \frac{t_{w1} - t_{w(n+1)}}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}}$

$q_l = \frac{\pi \cdot (t_{f1} - t_{f2})}{\frac{1}{\alpha_1 \cdot d_1} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot d_2}}$

62. Единицей измерения линейного коэффициента теплопередачи  $k_l$  через цилиндрическую стенку является

$\frac{\text{Вт}}{\text{м}}$

$\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$

$\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$

$\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$

$\frac{\text{Дж}}{\text{м} \cdot \text{К}}$

63. Линейный коэффициент теплопередачи  $k_l$  через цилиндрическую стенку определяется формулой

$R_l = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 \cdot d_1} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot d_2}}$

$R_l = \frac{1}{\alpha_1 \cdot d_1} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot d_2}$

$R_l = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$

$R_l = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}$

$R_l = \alpha_1 \cdot d_1 + 2\lambda \ln \frac{d_2}{d_1} + \alpha_2 \cdot d_2$

64. Единицей измерения линейного термического сопротивления теплопередачи  $R_l$  цилиндрической стенки является

$\frac{\text{Вт}}{\text{м}}$

$\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$

$\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$

$\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$

$\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$

$\frac{\text{м} \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$

65. Температурным напором теплопередачи через цилиндрическую стенку

разность температур поверхностей стенки

величина градиента температуры

средняя температура в стенке

разность температур омывающих поверхности стенки жидкостей (газов)

66. Полное линейное термическое сопротивление  $R_l$  теплопередачи цилиндрической стенки определяется формулой

$R_l = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 \cdot d_1} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot d_2}}$

$R_l = \frac{1}{\alpha_1 \cdot d_1} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot d_2}$

$R_l = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$

$R_l = \alpha_1 \cdot d_1 + 2\lambda \ln \frac{d_2}{d_1} + \alpha_2 \cdot d_2$

$R_l = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}$

67. Формула теплопередачи через цилиндрическую стенку имеет вид

$q_l = \frac{\pi(t_{f1} - t_{f2})}{\frac{1}{\alpha_1 \cdot d_1} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}}$

$q = \frac{t_{f1} - t_{f2}}{\frac{1}{d_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$

$q_l = \frac{\frac{1}{\alpha_1 \cdot d_1} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}}{\pi(t_{f1} - t_{f2})}$

$q_l = \frac{\pi(t_{w1} - t_{w2})}{\frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1}}$

68. Значение критического диаметра теплоизоляции трубы (на наружной поверхности) зависит от

- температуры жидкости снаружи трубы
- температуры жидкости внутри трубы
- коэффициента теплопроводности изоляции
- коэффициента теплопроводности материала трубы
- коэффициента теплоотдачи снаружи трубы
- коэффициента теплоотдачи внутри трубы

69. Значение критического диаметра  $d_{кр}$  для некоторой теплоизоляции и

коэффициента теплоотдачи снаружи трубы  $d_{кр} = \frac{2 \cdot \lambda_{из}}{\alpha}$ . Эта изоляция

заведомо не подходит для труб, диаметр которых

- больше  $d_{кр}$
- меньше  $d_{кр}$

70. Плоская стенка имеет постоянный коэффициент теплопроводности  $\lambda$ . При увеличении толщины стенки  $\delta$  в 2 раза (с сохранением температур поверхностей  $t_{w1}$  и  $t_{w2}$ ) плотность теплового потока  $q$  через нее

- увеличится в 2 раза
- уменьшится в 2 раза
- увеличится более, чем в 2 раза
- увеличится менее, чем в 2 раза
- уменьшится более, чем в 2 раза
- уменьшится менее, чем в 2 раза

71. Температура поверхностей стенки  $t_{w1}$  и  $t_{w2}$ ,  $t_{w1} > t_{w2}$ . Температура  $t_{w2}$  уменьшилась (при сохранении других условий). При этом плотность теплового потока  $q$

- увеличится
- уменьшится
- не изменится
- может увеличиться или уменьшиться в зависимости от условий

72. Плоская стенка имеет толщину  $\delta$  и постоянный коэффициент теплопроводности  $\lambda$ . При увеличении  $\lambda$  в 2 раза (с сохранением температур поверхностей  $t_{w1}$  и  $t_{w2}$ ) плотность теплового потока  $q$  через стенку

- увеличится в 2 раза
- уменьшится в 2 раза
- увеличится более, чем в 2 раза
- увеличится менее, чем в 2 раза
- уменьшится более, чем в 2 раза
- уменьшится менее, чем в 2 раза

73. Плоская стенка имеет толщину  $\delta$  и постоянный коэффициент теплопроводности  $\lambda$ . При увеличении  $\lambda$  в 2 раза (с сохранением температур поверхностей  $t_{w1}$  и  $t_{w2}$ ) температура посередине толщины стенки

- увеличится
- уменьшится
- не изменится
- может увеличиться или уменьшиться в зависимости от условий

74. Плоская стенка имеет толщину  $\delta = 0,5$  м, коэффициент теплопроводности

$\lambda = 2 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ , температуры поверхностей  $t_{w1} = 20^0 \text{C}$ , Плотность теплового

потока через стенку  $q = \dots \left( \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \right)$

Правильные варианты ответа: 80; восемьдесят; 80,0; 80.0;

75. Поверхность плоской стенки имеет размеры  $h = 2\text{ м}$ ,  $L = 3\text{ м}$ , плотность теплового потока  $q = 10\text{ Вт/м}^2$ . Количество теплоты, прошедшей через стенку за 1 мин составляет  $Q_\tau = \dots$  (Дж)

Правильные варианты ответа: 3600;

76. Формула для плотности теплового потока  $q$  через плоскую стенку толщиной  $\delta$  с коэффициентом теплопроводности  $\lambda$  и температурами поверхностей  $t_{w1}$  и  $t_{w2}$  имеет вид

$q = \frac{\lambda}{\delta} \cdot (t_{w1} - t_{w2})$

$q = \frac{\delta}{\lambda} \cdot (t_{w1} - t_{w2})$

$q = \lambda \cdot \delta \cdot (t_{w1} - t_{w2})$

$q = \frac{\delta}{\lambda \cdot (t_{w1} - t_{w2})}$

77. Коэффициент теплопроводности плоской стенки  $\lambda$  зависит от температуры  $\lambda = \lambda(t)$ . В этом случае в формуле для плотности теплового потока

$q = \frac{\bar{\lambda}}{\delta} (t_{w1} - t_{w2})$  следует использовать в качестве  $\bar{\lambda}$  значение

среднеарифметическое  $\bar{\lambda} = \frac{\lambda_{w1} + \lambda_{w2}}{2}$

среднелогарифмическое  $\bar{\lambda} = \frac{\lambda_{w1} - \lambda_{w2}}{\ln \frac{\lambda_{w1}}{\lambda_{w2}}}$

среднегеометрическое  $\bar{\lambda} = \sqrt{\lambda_{w1} \cdot \lambda_{w2}}$

среднеинтегральное по толщине стенки  $\bar{\lambda} = \frac{1}{\delta} \cdot \int_0^\delta \lambda(t(x)) dx$

78. Плоская стенка является многослойной, причем коэффициенты теплопроводности слоев не зависят от температуры.. График распределения температур поперек стенки представляется

параболой

гиперболой

прямой

ломаной

79. Формула для плотности теплового потока через многослойную плоскую стенку имеет вид

$$\square q = \pi \cdot (t_{w1} - t_{w(n+1)}) \cdot \frac{\sum_{i=1}^n \delta_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i}$$

$$\square q = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i}{\sum_{i=1}^n \delta_i} \cdot (t_{w1} - t_{w(n+1)})$$

$$\square q = \frac{t_{w1} - t_{w(n+1)}}{\sum_{i=1}^n \frac{\lambda_i}{\delta_i}}$$

$$\checkmark q = \frac{t_{w1} - t_{w(n+1)}}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}}$$

$$\square q = \frac{t_{w1} - t_{w(n+1)}}{\frac{\sum_{i=1}^n \delta_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i}}$$

80. Круглый длинный стержень диаметра  $D$  с внутренними распределенными источниками теплоты мощностью  $q_v$  отдает теплоту окружающему воздуху.

Интенсивность теплоотдачи  $\alpha$  увеличили в 2 раза (при сохранении температуры воздуха  $t_f$  и других условий). Разность температур  $t_w - t_f$  поверхности  $t_w$  и окружающего воздуха  $t_f$

- возрастет менее чем 2 раза
- возрастет более в 2 раза
- уменьшится в 2 раза
- уменьшится менее чем 2 раза
- не изменится
- возрастет в 2 раза

81. Круглый длинный стержень диаметра  $D$  с внутренними распределенными источниками теплоты мощностью  $q_v$  отдает теплоту окружающему воздуху.

Интенсивность теплоотдачи  $\alpha$  увеличили в 2 раза (при сохранении температуры воздуха  $t_f$  и других условий). Как изменится разность температур  $t_0 - t_f$ , если  $t_0$  - температура на оси стержня?

- уменьшится в 2 раза
- уменьшится менее чем 2 раза
- не изменится
- возрастет менее чем 2 раза
- возрастет более чем в 2 раза
- возрастет в 2 раза

82. Круглый длинный стержень диаметра  $D$  с внутренними распределенными источниками теплоты мощностью  $q_v$  отдает теплоту окружающему воздуху. Интенсивность теплоотдачи  $\alpha$  увеличили в 2 раза (при сохранении температуры воздуха  $t_f$  и других условий). Как изменится разность температур  $t_0 - t_w$ , если  $t_0$  температура на оси стержня,  $t_w$  на его поверхности?

- уменьшится в 2 раза
- уменьшится менее чем 2 раза
- не изменится
- возрастет в 2 раза
- возрастет менее чем 2 раза
- возрастет более в 2 раза

83. Круглый длинный стержень диаметра  $D$  с внутренними распределенными источниками теплоты мощностью  $q_v$  отдает теплоту окружающему воздуху. Диаметр стержня  $D$  увеличили (при сохранении  $q_v$  и других условий).

Температура на поверхности стержня

- увеличится
- не изменится
- уменьшится
- может увеличиться или уменьшиться в зависимости от теплопроводности стержня

84. К задачам теплопроводности с внутренними распределенными источниками теплоты относятся случаи теплового расчета следующих тел

- вода в чайнике с внутренним нагревательным элементом
- котлета внутри микроволновой печи
- труба, внутри которой течет горячее масло
- тепловыделяющий элемент атомного реактора
- нихромовый провод, по которому течет электрический ток
- воздух в помещении, внутри которого стоит электронагреватель

85. Дифференциальное уравнение стационарной теплопроводности при наличии внутренних источников теплоты имеет вид

- $\nabla^2 t + \frac{q_v}{\lambda} = 0$
- $\nabla^2 t = 0$
- $\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} = 0$

$$\square \frac{\partial t}{\partial \tau} = a \nabla^2 t$$

$$\square \frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda \cdot \frac{\partial t}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \lambda \cdot \frac{\partial t}{\partial y} \right) = 0$$

86. Плоская пластина с внутренними распределенными источниками теплоты мощностью  $q_v = 200 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3}$  имеет толщину  $2\delta = 100\text{мм}$ , длину  $h = 1\text{м}$  и ширину =

2 м, коэффициент теплопроводности  $\lambda = 20 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ . Общий тепловой поток,

отводимый от обеих поверхностей пластины в окружающую среду, равен  $Q = \dots \text{Вт}$ ?

Правильные варианты ответа: 40; сорок;

87. Плоская пластина с внутренними распределенными источниками теплоты

мощностью  $q_v = 1000 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3}$  имеет толщину  $2\delta = 200\text{мм}$  и отдает теплоту

окружающей среде с температурой  $t_f = 20^\circ\text{C}$  при коэффициенте теплоотдачи

$\alpha = 10 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$  с обеих сторон. Температура поверхности пластины равна

$30^\circ\text{C}$

$21^\circ\text{C}$

$50^\circ\text{C}$

$100^\circ\text{C}$

$10^\circ\text{C}$

$19^\circ\text{C}$

89. Плоская пластина с внутренними источниками теплоты мощностью  $q_v$

имеет толщину  $2\delta = 200\text{мм}$  и отдает теплоту окружающему воздуху при

коэффициенте теплоотдачи  $\alpha = 10 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$  с обеих сторон. При этом температура

воздуха  $t_f$  равна  $20^\circ\text{C}$ , а температура поверхности пластины  $t_w = 30^\circ\text{C}$ . Тогда

мощность источников  $q_v$  равна

$1000 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3}$

$10 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3}$

$10000 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3}$

$2000 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3}$

90. Круглый длинный стержень диаметра  $D$  с внутренними распределенными источниками теплоты мощностью  $q_v$  отдает теплоту окружающему воздуху.

Диаметр стержня  $D$  увеличили (при сохранении  $q_v$  и других условий).

Температура на оси стержня

увеличится

не изменится

уменьшится

может увеличиться или уменьшиться в зависимости от теплопроводности стержня

91. Круглый длинный стержень диаметра  $D$  с внутренними распределенными источниками теплоты мощностью  $q_v$  отдает теплоту окружающему воздуху.

Мощность источников  $q_v$  увеличили в 2 раза (при сохранении коэффициента теплоотдачи  $\alpha$  и других условий). Разность температур  $t_w - t_f$  поверхности  $t_w$  и окружающего воздуха  $t_f$

уменьшится в 2 раза

не изменится

возрастет в 2 раза

возрастет менее чем 2 раза

возрастет более в 2 раза

93. Дифференциальное уравнение теплопроводности в цилиндрической стенке имеет вид

$\frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda(x) \cdot \frac{\partial t}{\partial x} \right) = 0$

$\frac{\partial^2 t}{\partial r^2} = 0$

$\frac{d^2 t}{d r^2} = 0$

$\frac{d^2 t}{d x^2} = 0$

$\frac{d^2 t}{d r^2} + \frac{1}{r} \frac{d t}{d r} = 0$

94. Единицей линейной плотности теплового потока  $q_l$  является

$\frac{\text{Вт}}{\text{м}}$

$\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$

$\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$

$\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$

$\frac{\text{Дж}}{\text{м}^3}$

95. Труба с протекающей по ней горячей водой имеет внутренний диаметр  $d_1 = 20\text{мм}$  и длину  $l = 5\text{м}$ . Общий тепловой поток, отдаваемый в окружающую среду, равен  $Q = 200\text{Вт}$ . Линейная плотность теплового потока  $q_l$  равна

$10 \frac{\text{Вт}}{\text{м}}$

$8 \frac{\text{Вт}}{\text{м}}$

$10000 \frac{\text{Вт}}{\text{м}}$

$8000 \frac{\text{Вт}}{\text{м}}$

$40 \frac{\text{Вт}}{\text{м}}$

$4000 \frac{\text{Вт}}{\text{м}}$

96. Формула для линейной плотности теплового потока через цилиндрическую стенку имеет вид

$q_l = \frac{\pi(t_{w1} - t_{w2})}{\frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1}}$

$q_l = \frac{\pi \cdot \ln \frac{d_2}{d_1}}{2\lambda \cdot (t_{w1} - t_{w2})}$

$q_l = \frac{\lambda}{\delta} (t_{w1} - t_{w2})$

$q_l = \frac{t_{w1} - t_{w2}}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$

97. Коэффициент теплопроводности  $\lambda$  цилиндрической стенки зависит от температуры  $\lambda = \lambda(t)$ . При этом в формуле для линейной плотности теплового

потока  $q_l = \frac{\pi(t_{w1} - t_{w2})}{\frac{1}{2\lambda} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1}}$  значение  $\bar{\lambda}$  это

среднеарифметическое  $\bar{\lambda} = \frac{\lambda_{w1} + \lambda_{w2}}{2}$

среднелогарифмическое  $\bar{\lambda} = \frac{\lambda_{w1} - \lambda_{w2}}{\ln \frac{\lambda_{w1}}{\lambda_{w2}}}$

среднегеометрическое  $\bar{\lambda} = \sqrt{\lambda_{w1} \cdot \lambda_{w2}}$

среднеинтегральное по толщине стенки  $\bar{\lambda} = \frac{1}{\delta} \cdot \int_0^{\delta} \lambda(t(x)) dx$

98. Вид условий однозначности, отсутствующий в случае стационарных процессов, это

- геометрические условия
- физические условия
- начальные условия
- граничные условия

99. К условиям однозначности в краевых задачах теплопроводности относятся

- уравнение теплопроводности
- условие баланса теплоты
- геометрические условия
- физические условия
- начальные условия
- граничные условия
- уравнения движения

100. В условиях однозначности форму и размеры тела характеризуют

- геометрические условия
- физические условия
- начальные условия
- граничные условия

101. В условиях однозначности для задач нестационарной теплопроводности исходное распределение температур задают

- геометрические условия
- начальные условия
- физические условия
- граничные условия

102. Основной закон теплопроводности – закон ...

103. Коэффициент в законе Фурье называется коэффициентом ...

104. Единица плотности теплового потока

- $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$
- $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^3}$
- $\frac{\text{Дж}}{\text{м} \cdot \text{К}}$
- $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$

105. Единица коэффициента теплопроводности

- $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$
- $\frac{\text{Дж}}{\text{м} \cdot \text{К}}$
- $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^3}$
- $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$
- $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$

106. Поверхность, образованная точками тела с одинаковой температурой, называется ... ((изотермической поверхностью)

107. Изотерма – это ... пересечения изотермической поверхности с плоскостью

107. Вектор градиента температуры направлен в сторону ... температуры

108. Совокупность мгновенных значений температуры во всех точках изучаемого пространства называется...

### Расчетно-графическая работа (РГР)

Цикл образован 4-мя политропными процессами. Параметры процессов приведены в таблице вариантов заданий для РГР

Выполнить:

1. Расчёт параметров в характерных точках цикла.
  2. Расчёт показателя политропы и теплоёмкости процесса 4-1.
  3. Расчёт подведенной (или отведенной) теплоты, изменения внутренней энергии и энтальпии, механической и располагаемой работы, изменения энтропии для процессов цикла.
  4. Расчёт подведенной и отведенной теплоты в цикле, полезной работы и КПД термодинамического цикла.
- Изобразить цикл в  $p$ - $v$ -координатах с соблюдением масштаба на формате А4.

### Пример задания для промежуточной аттестации:

1. Плоская стенка коэффициент теплопроводности  $11,6 \text{ Вт/м}\times\text{град}$ , толщина  $0,005 \text{ м}$  омывается с одной стороны горячими газами с температурой  $2000^\circ\text{C}$ , а с другой стороны охлаждается водой с  $27^\circ\text{C}$ . Коэффициенты теплоотдачи от газа к стенке  $467 \text{ Вт/м}^2\times\text{град}$ , от стенки к воде  $3500 \text{ Вт/м}^2\times\text{град}$ . Определить удельный тепловой поток и температуры стенки  $t_{w1}$ ,  $t_{w2}$ .
2. Змеевики пароперегревателя выполнены из труб жаропрочной стали диаметром  $d_1/d_2=32/42 \text{ мм}$  с коэффициентом теплопроводности  $\text{Вт/м}\times\text{град}$ . Температура внешней поверхности трубы  $580^\circ\text{C}$ , внутренней  $450^\circ\text{C}$ . Вычислить удельный тепловой поток через стенку на единицу длины трубы.
3. По неизолированному трубопроводу диаметром  $170/185 \text{ мм}$ , проложенному на открытом воздухе, протекает вода со средней температурой  $95^\circ\text{C}$ , температура окружающего воздуха  $-18^\circ\text{C}$ . Определить потерю теплоты с  $1 \text{ м}$  длины трубопровода и температуры на внутренней и внешней поверхностях этого трубопровода, если коэффициент теплопроводности материала трубы  $58,15 \text{ Вт/м}\times\text{град}$ , коэффициент теплоотдачи от воды к стенке трубы  $1395 \text{ Вт/м}\times\text{град}$  и от трубы к окружающему воздуху  $13,95 \text{ Вт/м}\times\text{град}$ .
4. По неизолированному трубопроводу диаметром  $170/185 \text{ мм}$ , проложенному на открытом воздухе, протекает вода со средней температурой  $95^\circ\text{C}$ , температура окружающего воздуха  $-18^\circ\text{C}$ . Определить потерю теплоты с  $1 \text{ м}$  длины трубопровода и температуры на внутренней и внешней поверхностях этого трубопровода, если коэффициент теплопроводности материала трубы  $58,15 \text{ Вт/м}\times\text{град}$ , коэффициент теплоотдачи от воды к стенке трубы  $1395 \text{ Вт/м}\times\text{град}$ . Определить тепловые потери на  $1 \text{ м}$  длины трубопровода, а также температуры на внутренней и внешней поверхностях при условии, что трубопровод, покрыт слоем изоляции толщиной  $70 \text{ мм}$  с коэффициентом теплопроводности  $0,116 \text{ Вт/м}\times\text{град}$ , а коэффициент теплоотдачи поверхности изоляции к окружающей среде  $9,3 \text{ Вт/м}^2\times\text{град}$ .
5. Определить тепловой поток через кирпичную стенку толщиной  $250 \text{ мм}$ , покрытую слоем штукатурки толщиной  $50 \text{ мм}$ . Теплопроводность кирпича  $0,93 \text{ Вт/ м}\times\text{K}$ , а штукатурки  $0,093 \text{ Вт/ м}\times\text{K}$ . Температура воздуха внутри помещения  $18^\circ\text{C}$ , снаружи -  $25^\circ\text{C}$ . Коэффициенты теплоотдачи равны соответственно  $8 \text{ Вт/ м}^2\times\text{K}$  и  $17,5 \text{ Вт/ м}^2\times\text{K}$ . Определить также температуру стенки с внутренней стороны
6. Определить потерю теплоты с поверхности  $1 \text{ м}$  неизолированного трубопровода горячего водоснабжения, если его внутренний диаметр  $76 \text{ мм}$ , толщина стенки  $3 \text{ мм}$  и коэффициент ее теплопроводности  $50 \text{ Вт/ м}\times\text{K}$ . Температура воды  $95^\circ\text{C}$ , наружная температура  $15^\circ\text{C}$ . Коэффициент теплоотдачи от воды к стенке трубы  $5000 \text{ Вт/(м}^2\times\text{K)}$  и от трубы к воздуху  $15 \text{ Вт/(м}^2\times\text{K)}$ .

7. Паропровод диаметром 150/160 мм покрыт слоем тепловой изоляции толщиной 100мм. Коэффициенты теплопроводности стенок трубы 50 Вт/м×град и изоляции 0,08 Вт/м×град. Температура на внутренней поверхности паропровода 400°C и на наружной поверхности изоляции 50°C. Найти тепловые потери с 1 м паропровода и температуру на границе соприкосновения паропровода и изоляции  $t_{w2}$ .
8. Определить температуры на поверхности соприкосновения слоев стенки  $t_{w2}$  камеры сгорания жидкостного ракетного двигателя и на внешней поверхности  $t_{w3}$ , если диаметр камеры  $d_1=190$  мм, толщина защитного покрытия  $d_n=1$  мм и его коэффициент теплопроводности 1,15 Вт/м×град, а толщина основной стенки  $d_w=2$  мм и ее коэффициент теплопроводности 372 Вт/м×град. Удельный тепловой поток 407500 Вт/м<sup>2</sup>, температура на поверхности покрытия со стороны камеры 1200°C.
9. Определить температуру на внутренней поверхности паропровода 200 мм, изолированного слоем изоляции толщиной 100 мм с коэффициентом теплопроводности 0,11 Вт/м\*К. Толщина стенки паропровода 16 мм. Температура пара 250 °С и наружного воздуха 30 °С. Принять коэффициенты со стороны пара 100 Вт/ м<sup>2</sup>\*К и со стороны воздуха 9,5 Вт/ м<sup>2</sup>\*К. Определить также линейную плотность теплового потока. Термическим сопротивлением стенки трубы пренебречь.
10. Стальной трубопровод с внутренним диаметром  $d_1$  и наружным  $d_2$  с коэффициентом теплопроводности 50 Вт/(м·К) покрыт слоем тепловой изоляции. Температура стенки внутри трубы равна  $t_{c1}$ , а температура наружной поверхности слоя изоляции  $t_{c3}$  должна составлять по санитарным нормам 50 °С.
- Определить необходимую толщину слоя тепловой изоляции из материала, указанного в табл. при условии, что потеря тепла с 1 м трубы не должны превышать  $q_1$ . Определить также температуру  $t_{c2}$  поверхности трубы, соприкасающейся со слоем изоляции. Коэффициент теплопроводности материала изоляции принять 0,016 Вт/(м·К).

$d_1$ , мм	$d_2$ , мм	$q_1$ , Вт/м	$t_{c1}$ , °С	Материал изоляции
106	114	680	610	асботермит

11. Стенка неэкранированной топочной камеры парового котла выполнена из пеношамота толщиной  $\delta_1$  мм, изоляционной прослойки из шлака толщиной  $\delta_2$  мм и слоя красного кирпича толщиной  $\delta_3$  мм. Температура на внутренней поверхности топочной камеры  $t_1$ , °С, а на наружной поверхности  $t_4$ , °С. Коэффициент теплопроводности пеношамота 1,25 Вт/(м·°К), изоляционной прослойки  $\lambda_2$ , Вт/(м·°К), а красного кирпича 0,3 Вт/(м·°К). Вычислить тепловые потери через 1 м<sup>2</sup> стенки топочной камеры и температуры  $t_2$  и  $t_3$  в плоскости соприкосновения слоев.

$\delta_1$ , м	$\delta_2$ , м	$t_1$ , °С	$\delta_3$ , м	$t_4$ , °С	$\lambda_2$ , Вт/(м·°К)
----------------	----------------	------------	----------------	------------	-------------------------

м	м		м		
210	110	900	290	47	0,18

12. Газовая турбина работает по циклу с подводом теплоты при  $p = \text{const}$ . Известны параметры:  $p_1 = 100 \text{ кПа}$ ,  $t_1 = 40 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $t_4 = 400 \text{ }^\circ\text{C}$ , а также степень повышения давления  $\lambda = 8$ . Рабочее тело воздух. Определить параметры в характерных точках, термический КПД, количество подведенной и отведенной теплоты, работу цикла. Теплоемкость считать постоянной.

13. Для идеального цикла газовой турбины с подводом теплоты при  $v = \text{const}$  найти параметры в характерных точках, полезную работу, количество подведенной и отведенной теплоты и термический КПД, если дано:  $p_1 = 98 \text{ кПа}$ ,  $t_1 = 37 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $t_3 = 600 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\beta = 10$ ,  $k = 1,4$ . Рабочее тело-воздух. Теплоёмкость принять постоянной.

14. Газовая турбина работает по циклу с подводом теплоты при  $v = \text{const}$ . Известны параметры:  $p_1 = 0,2 \text{ МПа}$ ,  $t_1 = 27 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $t_4 = 350 \text{ }^\circ\text{C}$ , а также степень повышения давления  $\lambda = 4$ . Рабочее тело воздух. Определить параметры в характерных точках, термический КПД, количество подведенной и отведенной теплоты, работу цикла. Теплоемкость считать постоянной.

15. Рабочее тело поршневого двигателя внутреннего сгорания со смешанным подводом теплоты обладает свойствами воздуха. Известны начальные параметры  $p_1 = 0,1 \text{ МПа}$ ,  $t_1 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$  и следующие характеристики цикла:  $\varepsilon = 7$ ,  $\lambda = 2$ ,  $\rho = 1,2$ . Определите параметры в характерных для цикла точках, количество подведенной теплоты, полезную работу и термический КПД цикла. Рабочее тело – воздух. Теплоемкость считать постоянной.