

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Сыров Игорь Анатольевич  
Должность: Директор  
Дата подписания: 19.08.2018  
Уникальный программный ключ:  
b683afe664d7e9f64175886cf9626a198149ad76

СТЕРЛИТАМАКСКИЙ ФИЛИАЛ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет Естественнонаучный  
Кафедра Технологии и общетехнических дисциплин

Утверждено  
на заседании кафедры  
протокол № 1 от 29.08.2018  
Зав. кафедрой  
Ш Широкова С.Ю.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

дисциплина Теплопередача

Блок Б1, вариативная часть, Б1.В.ДВ.08.02  
цикл дисциплины и его часть (базовая, вариативная, дисциплина по выбору)

Направление  
44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)  
код наименование направления или специальности

Программа  
Машиностроение и материалобработка

Разработчик (составитель)  
к.т.н., доцент  
Т.Г. Белобородова  
ученая степень, ученое звание, ФИО

Ш  
подпись

29.08.18  
дата

## Оглавление

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).....	3
1.1. Перечень планируемых результатов освоения образовательной программы.....	3
1.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	3
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.....	3
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся.....	3
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.....	4
4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах) ...	4
4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам).....	5
5. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю).....	7
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю).....	9
6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования и описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания.....	9
6.2. 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.....	11
6.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.....	26
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля).....	28
7.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля).....	28
7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.....	28
7.3. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости).....	29
8. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля).....	29
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	30

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

### 1.1. Перечень планируемых результатов освоения образовательной программы

Выпускник, освоивший программу высшего образования, в рамках изучаемой дисциплины, должен обладать компетенциями, соответствующими виду (видам) профессиональной деятельности, на который (которые) ориентирована программа:

1). *Готовность к формированию профессиональной компетентности рабочего (специалиста) соответствующего квалификационного уровня (ПК-34).*

### 1.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Планируемые результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Этапы формирования компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
<i>Готовность к формированию профессиональной компетентности рабочего (специалиста) соответствующего квалификационного уровня (ПК-34).</i>	1 этап: Знания	Обучающийся должен знать: основные законы переноса теплоты теплопроводностью, конвекцией и излучением; математические модели процессов теплообмена; теорию подобия применительно к изучению процессов конвективного теплообмена; принципы расчета теплообменных аппаратов.
	2 этап: Умения	Обучающийся должен уметь: выполнять расчеты, включающие в себя определение тепловых потоков, промежуточных температур, поверхностей теплообмена, определять экспериментальным путем коэффициенты теплопроводности, теплоотдачи, теплопередачи, объяснять явления и процессы переноса тепла.
	3 этап: Владения (навыки / опыт деятельности)	Обучающийся должен владеть: навыками расчета теплообменных аппаратов; методами решения задач стационарной теплопроводности для тел правильной формы (цилиндр, шар), конвективной теплоотдачи, излучения.

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина реализуется в рамках вариативной части. Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: математика, физика, химия, материаловедение, техническая механика, детали машин, гидравлика.

Дисциплина изучается на 4 курсе в 7 семестре очной формы обучения и на 5 курсе заочной формы обучения.

### 3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 4 зачетных единиц (з.е.), 144 академических часов.

Объем дисциплины	Всего часов	
	Очная форма обучения	Заочная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины	144	144
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	49,2	13,2
лекций	16	8
практических		
лабораторных	32	8
контроль самостоятельной работы (КСР)		
формы контактной работы (консультации перед экзаменом, прием экзаменов и зачетов, выполнение курсовых, контрольных работ)	1,2	1,2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СРС)	60	119
Учебных часов на контроль:		
экзамен	34,8	7,8

#### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

##### 4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

Очная форма

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			
		Контактная работа с преподавателем			СРС
		Лек	Сем/Пр	Лаб	
<b>1.</b>	<b>Раздел 1. Основные понятия и определения теплопередачи. Теплопроводность.</b>	<b>4</b>		<b>12</b>	<b>20</b>
1.1.	Виды переноса тепла.	1			6
1.2.	Теплопроводность. Дифференциальное уравнение теплопроводности.	1			7
1.3.	Теплопроводность через плоскую, цилиндрическую и шаровую стенку	2		12	7
<b>2.</b>	<b>Раздел 2. Конвективный теплообмен.</b>	<b>4</b>		<b>6</b>	<b>12</b>
2.1.	Конвективная теплоотдача. Основы теории подобия.	1			4
2.2.	Теплоотдача при свободной конвекции.	1		6	4
2.3.	Теплоотдача при вынужденной конвекции.	2			4
<b>3.</b>	<b>Раздел 3. Теплообмен излучением.</b>	<b>2</b>		<b>4</b>	<b>10</b>
3.1.	Законы теплового излучения.	1			5
3.2.	Расчет теплообмена излучением.	1		4	5
<b>4.</b>	<b>Раздел 4. Сложный теплообмен. Расчет теплообменных аппаратов.</b>	<b>6</b>		<b>10</b>	<b>18</b>
4.1.	Теплопередача через плоские и цилиндрические стенки.	2		6	6
4.2.	Классификация теплообменных аппаратов.	2		-	4
4.3.	Основы теплового расчета.	2		4	8

	<b>Всего по дисциплине</b>	<b>16</b>		<b>32</b>	<b>60</b>
--	----------------------------	-----------	--	-----------	-----------

Заочная форма

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			
		Контактная работа с преподавателем			СРС
		Лек	Сем/Пр	Лаб	
<b>1.</b>	<b>Раздел 1. Основные понятия и определения теплопередачи. Теплопроводность.</b>	<b>2</b>		<b>2</b>	<b>34</b>
1.1.	Виды переноса тепла.	0,5		-	11
1.2.	Теплопроводность. Дифференциальное уравнение теплопроводности.	0,5		-	11
1.3.	Теплопроводность через плоскую, цилиндрическую и шаровую стенку	1		2	12
<b>2.</b>	<b>Раздел 2. Конвективный теплообмен.</b>	<b>4</b>		<b>2</b>	<b>29</b>
2.1.	Конвективная теплоотдача. Основы теории подобия.	1		-	9
2.2.	Теплоотдача при свободной конвекции.	1		2	10
2.3.	Теплоотдача при вынужденной конвекции.	2		-	10
<b>3.</b>	<b>Раздел 3. Теплообмен излучением.</b>	<b>1</b>		<b>2</b>	<b>24</b>
3.1.	Законы теплового излучения.	0,5		-	12
3.2.	Расчет теплообмена излучением.	0,5		2	12
<b>4.</b>	<b>Раздел 4. Сложный теплообмен. Расчет теплообменных аппаратов.</b>	<b>1</b>		<b>2</b>	<b>33</b>
4.1.	Теплопередача через плоские и цилиндрические стенки.	0,5		2	11
4.2.	Классификация теплообменных аппаратов.	0,5		-	11
4.3.	Основы теплового расчета.	0			11
	<b>Всего по дисциплине</b>	<b>8</b>		<b>8</b>	<b>119</b>

#### 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

##### Лекционный курс

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
<b>1.</b>	<b>Раздел 1. Основные понятия и определения теплопередачи. Теплопроводность.</b>	
1.1.	Виды переноса тепла.	Предмет теплообмена. Область применения и значение тепломассообмена. Количество теплоты. Тепловой поток. Удельные тепловые потоки: поверхностная плотность теплового потока, линейная плотность теплового потока, объемная плотность тепловыделений. Виды теплообмена и их характеристики. Теплоотдача и теплопередача. Температурное поле. Изотермическая поверхность. Градиент температуры.
1.2.	Теплопроводность. Дифференциальное уравнение теплопроводности.	Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Механизмы передачи теплоты и коэффициент теплопроводности в металлах, диэлектриках, строительных материалах, жидкостях и газах. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности. Теп-

		лопроводность при стационарном режиме.
1.3.	Теплопроводность через плоскую, цилиндрическую и шаровую стенку	Теплопроводность плоской однослойной стенки при стационарном режиме. Теплопроводность плоской многослойной стенки при стационарном режиме. Теплопроводность цилиндрической стенки при стационарном режиме. Теплопроводность многослойной цилиндрической стенки при стационарном режиме.
<b>2.</b>	<b>Раздел 2. Конвективный теплообмен.</b>	
2.1.	Конвективная теплоотдача. Основы теории подобия.	Основные понятия и определения. Теплоотдача. Уравнение теплоотдачи Ньютона. Коэффициент теплоотдачи. Режимы движения жидкости, динамический и тепловой пограничные слои. Дифференциальное уравнение теплоотдачи. Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена. Основные положения теории подобия и её применение для описания теплоотдачи. Теоремы подобия. Критериальные уравнения. Определяемый и определяющие критерии подобия. Метод приведения для получения критериев подобия. Физический смысл основных критериев подобия. Общий вид критериального уравнения для определения коэффициента теплоотдачи при конвективном теплообмене.
2.2.	Теплоотдача при свободной конвекции	Конвективная теплоотдача при свободном движении жидкости и газа. Критерии подобия. Критериальное уравнение. Расчет свободной конвекции.
2.2.	Теплоотдача при вынужденной конвекции.	Теплоотдача при вынужденном движении жидкости. Ламинарный и турбулентный режимы движения жидкости. Критерий Рейнольдса. Теплообмен при движении жидкости вдоль плоской поверхности; теплоотдача при ламинарном и турбулентном пограничном слое. Критериальные уравнения.
<b>3.</b>	<b>Раздел 3. Теплообмен излучением.</b>	
3.1.	Законы теплового излучения.	Оптические свойства тел. Коэффициенты поглощения, пропускания и отражения. Степень черноты. Основные законы теплового излучения. Закон Стефана-Больцмана. Закон Кирхгофа. Закон Вина. Абсолютно черное тело. Серое тело.
3.2.	Расчет теплообмена излучением.	Теплообмен излучением между телами, разделенными прозрачной средой; коэффициент облученности; теплообмен между телами, произвольно расположенными в пространстве. Использование экранов для защиты от излучения. Угловые коэффициенты излучения.
<b>4.</b>	<b>Раздел 4. Сложный теплообмен. Расчет теплообменных аппаратов.</b>	
4.1.	Теплопередача через плоские и цилиндрические стенки.	Теплопередача через плоскую и цилиндрическую стенки. Коэффициент теплопередачи. Критический диаметр теплоизоляции цилиндрической стенки. Тепловая изоляция. Выбор материала теплоизоляции.
4.2.	Классификация теплообменных аппаратов.	Классификация теплообменных аппаратов: рекуператоры, регенераторы, смесители. Назначение, схемы теплообменных аппаратов. Схемы движения теплоносителей в теплообменных аппаратах.
	Основы теплового расчета.	Тепловой расчёт рекуперативного теплообменника. Распределение температур на входе и выходе из рекуператора, определяющие параметры. Среднегарифмический температурный напор. Способы интенсификации теплообмена в теплообменном аппарате.

### Курс лабораторных занятий

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
<b>1.</b>	<b>Раздел 1. Основные понятия и определения теплопередачи. Теплопроводность.</b>	
1.2.	Теплопроводность через плоскую, цилиндрическую и шаровую стенку.	Лабораторная работа № 1. Определение коэффициента теплопроводности материала стенки трубы. Лабораторная работа №2. Определение коэффициента теплопроводности материала теплоизоляции исследуемой трубы. Лабораторная работа № 3. Определение коэффициента теплопро-

		водности сыпучих материалов методом шара.
<b>2.</b>	<b>Раздел 2. Конвективный теплообмен.</b>	
2.1.	Теплоотдача про свободной конвекции.	Лабораторная работа № 4. Определение коэффициента теплоотдачи горизонтальной трубы при свободном движении воздуха.
<b>3.</b>	<b>Раздел 3. Теплообмен излучением.</b>	
3.1.	Расчет теплообмена излучением.	Лабораторная работа № 5. Определение степени черноты поверхности исследуемой трубы методом сравнения.
<b>4.</b>	<b>Раздел 4. Сложный теплообмен. Расчет теплообменных аппаратов.</b>	
4.1.	Основы теплового расчета.	Лабораторная работа № 6. . Изучение теплопередачи в водоводяном теплообменнике типа «Труба в трубе».

### 5. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

#### Очная форма

№ п п	Раздел дисциплины	Вопросы для самостоятельного рассмотрения	Трудоемкость в часах	Форма контроля
1	2	3	4	5
1	<b>Раздел 1. Основные понятия и определения теплопередачи. Теплопроводность.</b>	Изучить вклад российских ученых в развитие данной дисциплины. Проработать конспект лекции; ответить на вопросы для самопроверки. Самостоятельно изучить теплопроводность через шаровую стенку. Проработать конспект лекции; ответить на вопросы для самопроверки Выработать навыки теплотехнических расчетов с использованием справочной литературы, наглядно изучить законы переноса теплоты теплопроводностью на лабораторной установке.	20	Проверка знаний во время контрольных срезов, защиты лабораторных работ, защиты СКР.
2	<b>Раздел 2. Конвективный теплообмен.</b>	Самостоятельно изучить теплоотдачу при вынужденной движении в трубах и каналах, при поперечном омывании труб и трубных пучков. Конвективный теплообмен в каналах, конвективный теплообмен при изменении агрегатного состояния. Проработать конспект лекции; ответить на вопросы для самопроверки. Выработать навыки теплотехнических расчетов с использованием справочной литературы, наглядно изучить законы переноса теплоты конвекцией на лабораторной установке.	12	Проверка знаний во время контрольных срезов, защиты лабораторных работ.
3	<b>Раздел 3. Теплообмен излучением.</b>	Самостоятельно изучить собственное излучение газа, теплообмен излучением между газом и окружающей его замкнутой серой оболочкой. Проработать конспект лекции; ответить на вопросы для самопроверки. Наглядно изучить законы переноса теплоты излучением на лабораторной установке.	10	Проверка знаний во время контрольных срезов, защиты лабораторных работ, защиты СКР.
4	<b>Раздел 4. Сложный теплообмен. Расчет теплообменных аппаратов.</b>	Самостоятельно изучить современные конструкции трубчатых и пластинчатых теплообменных аппаратов. Проработать конспект лекции; ответить на вопросы для самопроверки. Выработать навыки теплотехнических расчетов с использованием справочной литературы, наглядно изучить сложный теплообмен – теплопередачу на лабораторной установке.	18	Проверка знаний во время контрольных срезов, защиты лабораторных работ, защиты СКР.

#### Заочная форма

№ п п	Раздел дисциплины	Вопросы для самостоятельного рассмотрения	Трудоемкость в часах	Форма контроля
1	2	3	4	5
1	<b>Раздел 1. Основные понятия и определения теплопередачи. Теплопроводность.</b>	Изучить вклад российских ученых в развитие данной дисциплины. Проработать конспект лекции; ответить на вопросы для самопроверки. Самостоятельно изучить теплопроводность через шаровую стенку. Проработать конспект лекции; ответить на вопросы для самопроверки Выработать навыки теплотехнических расчетов с использованием справочной литературы, наглядно изучить законы переноса теплоты теплопроводностью на лабораторной установке.	34	Проверка знаний во время контрольных срезов, защиты лабораторных работ, защиты СКР.
2	<b>Раздел 2. Конвективный теплообмен.</b>	Самостоятельно изучить теплоотдачу при вынужденной движении в трубах и каналах, при поперечном омывании труб и трубных пучков. Конвективный теплообмен в каналах, конвективный теплообмен при изменении агрегатного состояния. Проработать конспект лекции; ответить на вопросы для самопроверки. Выработать навыки теплотехнических расчетов с использованием справочной литературы, наглядно изучить законы переноса теплоты конвекцией на лабораторной установке.	29	Проверка знаний во время контрольных срезов, защиты лабораторных работ.
3	<b>Раздел 3. Теплообмен излучением.</b>	Самостоятельно изучить собственное излучение газа, теплообмен излучением между газом и окружающей его замкнутой серой оболочкой. Проработать конспект лекции; ответить на вопросы для самопроверки. Наглядно изучить законы переноса теплоты излучением на лабораторной установке.	24	Проверка знаний во время контрольных срезов, защиты лабораторных работ, защиты СКР.
4	<b>Раздел 4. Сложный теплообмен. Расчет теплообменных аппаратов.</b>	Самостоятельно изучить современные конструкции трубчатых и пластинчатых теплообменных аппаратов. Проработать конспект лекции; ответить на вопросы для самопроверки. Выработать навыки теплотехнических расчетов с использованием справочной литературы, наглядно изучить сложный теплообмен – теплопередачу на лабораторной установке.	33	Проверка знаний во время контрольных срезов, защиты лабораторных работ, защиты СКР.

Список учебно-методических материалов для самостоятельного изучения:

1. Техническая термодинамика и теплопередача: учебник для академического бакалавриата. / В.А. Кудинов, Э.М. Карташев, Е.В. Стефанюк. 3-е изд. испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2015. – 566с.
2. Круглов Г. А. Теплотехника [Электронный ресурс]: учеб. пособие для студ. вузов, обучающихся по направлению «Агроинженерия» / Г.А. Круглов, Р.И. Булгакова, Е.С. Круглова; Издательство "Лань" (ЭБС). – Изд. 2-е, стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2012. – 208 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература). – URL: [https://e.lanbook.com/book/3900#book\\_name/](https://e.lanbook.com/book/3900#book_name/) (20.08.18)

## 6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

### 6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования и описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания.

Планируемые результаты освоения образовательной программы	Этап	Показатели и критерии оценивания результатов обучения				Вид оценочного средства
1.	2.	3.				4
		неуд.	удовл.	хорошо	отлично	

Готовность к формированию профессиональной компетентности рабочего (специалиста) соответствующего квалификационного уровня (ПК-34)	1 этап: Знания	Фрагментарные представления о основных законах переноса теплоты теплопроводностью, конвекцией и излучением; математических моделях процессов теплообмена; теории подобия применительно к изучению процессов конвективного теплообмена; принципах расчета теплообменных аппаратов.	В целом сформированные, но неполные знания о основных законах переноса теплоты теплопроводностью, конвекцией и излучением; математических моделях процессов теплообмена; теории подобия применительно к изучению процессов конвективного теплообмена; принципах расчета теплообменных аппаратов..	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания о основных законах переноса теплоты теплопроводностью, конвекцией и излучением; математических моделях процессов теплообмена; теории подобия применительно к изучению процессов конвективного теплообмена; принципах расчета теплообменных аппаратов.	Сформированные систематические знания о основных законах переноса теплоты теплопроводностью, конвекцией и излучением; математических моделях процессов теплообмена; теории подобия применительно к изучению процессов конвективного теплообмена; принципах расчета теплообменных аппаратов.	Тест
	2 этап: Умения	Фрагментарное умение выполнять расчеты, включающие в себя определение тепловых потоков, промежуточных температур, поверхностей теплообмена, определять экспе-	В целом успешное, но не систематическое умение выполнять расчеты, включающие в себя определение тепловых потоков, промежуточных температур, поверхностей теплооб-	Успешное, но содержащее отдельные пробелы умение выполнять расчеты, включающие в себя определение тепловых потоков, промежуточных температур, поверхностей	Сформированное умение выполнять расчеты, включающие в себя определение тепловых потоков, промежуточных температур, поверхностей теплообмена, определять	Защита лабораторных работ

		риментальным путем коэффициенты теплопроводности, теплоотдачи, теплопередачи, объяснять явления и процессы переноса тепла.	мена, определять экспериментальным путем коэффициенты теплопроводности, теплоотдачи, теплопередачи, объяснять явления и процессы переноса тепла.	теплообмена, определять экспериментальным путем коэффициенты теплопроводности, теплоотдачи, теплопередачи, объяснять явления и процессы переноса тепла.	экспериментальным путем коэффициенты теплопроводности, теплоотдачи, теплопередачи, объяснять явления и процессы переноса тепла..	
	3 этап: Владения (навыки / опыт деятельности)	Фрагментарное владение навыками расчета теплообменных аппаратов; методами решения задач стационарной теплопроводности для тел правильной формы (цилиндр, шар), конвективной теплоотдачи, излучения.	В целом успешное, но не полное владение навыками расчета теплообменных аппаратов; методами решения задач стационарной теплопроводности для тел правильной формы (цилиндр, шар), конвективной теплоотдачи, излучения.	Успешное, но содержащее отдельные пробелы владение навыками расчета теплообменных аппаратов; методами решения задач стационарной теплопроводности для тел правильной формы (цилиндр, шар), конвективной теплоотдачи, излучения.	Сформированное владение навыкам расчета теплообменных аппаратов; методами решения задач стационарной теплопроводности для тел правильной формы (цилиндр, шар), конвективной теплоотдачи, излучения.	Самостоятельная контрольная работа

## 6.2. 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

### Тестовые задания

Тестовые задания для оценки уровня сформированности компетенции ПК-34 на этапе «Знания»

#### 1.1 Основные определения, понятие теплового потока, плотности теплового потока

Задание 1: Теплопроводность – это

Ответ: 1) Передача тепла молекулярной диффузией;

2) Перенос теплоты, осуществляемый при перемешивании и перемещении всей массы неравномерно нагретой жидкости или газа

3) Передача тепла между двумя телами, разделенными полностью или частично пропускающей излучение средой.

4) Все перечисленное.

Задание 2: Конвекция – это

Ответ: 1) Молекулярный процесс передачи тепла

2) Перенос теплоты, осуществляемый при перемешивании и перемещении всей массы неравномерно нагретой жидкости или газа

3) Передача тепла между двумя телами, разделенными полностью или частично пропускающей излучение средой.

4) Иной вариант ответа

5) Все перечисленное

Задание 3: Излучение – это

Ответ: 1) Молекулярный процесс передачи тепла

2) Перенос теплоты, осуществляемый при перемешивании и перемещении всей массы неравномерно нагретой жидкости или газа

3) Передача тепла между двумя телами, разделенными полностью или частично пропускающей излучение средой.

4) Иной вариант ответа

Задание 4: Дайте определение плотности теплового потока,  $q$ ,  $\frac{\dot{A} \delta}{i^2}$

Ответ: 1) Количество тепла, которое передается от горячей среды к холодной через стенку, площадью  $1 \text{ м}^2$ , в единицу времени при разности температур сред в  $1^\circ\text{C}$

2) Количество тепла, проходящее через  $1 \text{ м}$  длины цилиндрической стенки в единицу времени

3) Количество тепла, проходящее через  $1 \text{ м}^2$  поверхности в единицу времени

4) Количество тепла, которое передается от горячей среды к холодной через  $1 \text{ м}$  длины цилиндрической трубы в единицу времени при разности температур сред в  $1^\circ\text{C}$

5) Иной вариант ответа

Задание 5: Коэффициент теплопроводности зависит от:

Ответ: 1) Природы рабочего тела; температуры; поверхности соприкосновения; влажности;

2) Природы рабочего тела; температуры; влажности; пористости;

3) Природы рабочего тела; поверхности соприкосновения; влажности; пористости;

4) Поверхности соприкосновения; температуры; влажности; пористости;

5) Природы рабочего тела; поверхности соприкосновения; температуры; влажности; пористости.

### 1.2 Теплопроводность в плоских одно- и многослойных стенках

Задание 6: Уравнение теплопроводности через плоскую двухслойную стенку имеет вид

Ответ: 1).  $q = \alpha(t_{\text{вн}} - t_{\text{вд}})$       2).  $q = K(t_{\text{в}_1} - t_{\text{в}_2})$       3).  $q = \frac{\lambda(t_{c_1} - t_{c_2})}{\delta}$

4).  $q_l = \frac{\pi(t_{c_1} - t_{c_2})}{\frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1}}$       5).  $q = \frac{t_{c_1} - t_{c_2}}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2}}$

Задание 7: Коэффициент теплопроводности имеет следующие единицы измерения

Ответ: 1).  $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$       2).  $\frac{м \cdot К}{м^2}$       3).  $\frac{Вт}{м}$       4).  $\frac{Вт}{м \cdot К}$       5).  $\frac{Вт}{К}$

Задание 8: Термическое сопротивление теплопроводности плоской стенки имеет следующие единицы измерения

Ответ: 1).  $\frac{м^2 \cdot К}{Вт}$       2).  $\frac{м \cdot К}{Вт}$       3).  $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$       4).  $\frac{Вт}{м \cdot К}$       5).  $\frac{Вт}{м^2}$

Задание 9: формула основного закона теплопроводности – закона Фурье имеет вид

Ответ: 1).  $Q = F \cdot \alpha(t_{\text{жс}} - t_{\text{см}})$       2).  $Q = F \cdot K(t_{\text{ж}_1} - t_{\text{ж}_2})$       3).  $Q = F \cdot \lambda \cdot \tau \cdot \frac{t_{c_1} - t_{c_2}}{\delta}$

4).  $Q = F \cdot \frac{t_{\text{в}_1} - t_{\text{в}_2}}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$       5). Иной вариант ответа

### 1.3 Теплопроводность в цилиндрических одно- и многослойных стенках

Задание 10: Уравнение теплопроводности через цилиндрическую двухслойную стенку имеет вид

Ответ: 1).  $q = \alpha(t_{\text{жс}} - t_{\text{см}})$       2).  $q = K(t_{\text{ж}_1} - t_{\text{ж}_2})$       3).  $q_l = \frac{\pi(t_{c_1} - t_{c_2})}{\frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1}}$       4).  $q = \frac{t_{c_1} - t_{c_2}}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2}}$

5).  $q_l = \frac{\pi(t_{c_1} - t_{c_2})}{\frac{1}{2\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{2\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2}}$

Задание 11: Уравнение термического сопротивления теплопроводности цилиндрической стенки, имеет вид:

1)  $\frac{1}{\lambda} \ln \frac{d_1}{d_2}$       2)  $\frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1}$       3)  $\frac{2}{\lambda} \ln \frac{d_1}{d_2}$       4)  $\frac{1}{\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1}$       5)  $\frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_1}{d_2}$

Задание 12: Уравнение теплопроводности через многослойную цилиндрическую стенку, имеет вид:

$$1) q_l = \frac{\pi(t_{c2} - t_{c1})}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{2\lambda_i} \ln \frac{d_i}{d_{i+1}}} \quad 2) q_l = \frac{\pi(t_{c1} - t_{c2})}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{2\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i}} \quad 3) q_l = \frac{\pi(t_{c1} - t_{c2})}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i}} \quad 4) q_l = \frac{\pi(t_{c2} - t_{c1})}{\sum_{i=1}^n \frac{2}{\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i}}$$

$$5) q_l = \frac{2\pi(t_{c1} - t_{c2})}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{2\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i}}$$

Задание 13: Величина эквивалентного коэффициента теплопроводности для цилиндрической стенки имеет вид:

$$1) \lambda_{\text{эк}} = \frac{2 \sum \ln d_{i+1}/d_i}{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{1}{\lambda_i} \ln d_{i+1}/d_i} \quad 2) \lambda_{\text{эк}} = \frac{\sum \ln d_{i+1} \cdot d_i}{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{1}{\lambda_i} \ln d_{i+1} \cdot d_i} \quad 3) \lambda_{\text{эк}} = \frac{\sum \ln d_{i+1}/d_i}{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{2}{\lambda_i} \ln d_{i+1}/d_i} \quad 4)$$

$$\lambda_{\text{эк}} = \frac{\sum \ln d_{i+1}/d_i}{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{1}{2\lambda_i} \ln d_{i+1}/d_i} \quad 5) \lambda_{\text{эк}} = \frac{\sum \ln d_{i+1}/d_i}{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{1}{\lambda_i} \ln d_{i+1}/d_i}$$

#### 1.4 Уравнение теплоотдачи

Задание 14: Уравнение теплоотдачи имеет вид

Ответ: 1).  $q = K(t_{\text{ж1}} - t_{\text{ж2}})$     2).  $q = \frac{\lambda(t_{c1} - t_{c2})}{\delta}$     3).  $q_l = \frac{\pi(t_{c1} - t_{c2})}{\frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1}}$

4).  $q = \frac{t_{c1} - t_{c2}}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}}$     5).  $q = \alpha(t_{\text{ж}} - t_{\text{cm}})$

Задание 15: В уравнении Ньютона  $q = \alpha(t_{\text{ж}} - t_{\text{cm}})$  коэффициент  $\alpha$  является

Ответ: 1). Коэффициентом теплопередачи; 2). Коэффициентом теплоотдачи;  
3). Коэффициентом теплопроводности; 4). Термическим сопротивлением теплоотдачи; 5). Иной вариант ответа

Задание 16: Коэффициент теплоотдачи, показывает:

- 1) какое количество тепла отдает или принимает  $1\text{ м}^2$  поверхности, в единицу времени при разности температур жидкости и стенки в  $1^\circ$
- 2) какое количество тепла отдает  $1\text{ м}^2$  поверхности, в единицу времени при разности температур жидкости и стенки в  $1^\circ$
- 3) какое количество тепла принимает  $1\text{ м}^2$  поверхности, в единицу времени при разности температур жидкости и стенки в  $1^\circ$
- 4) какое количество тепла отдает или принимает  $1\text{ м}^2$  поверхности, в единицу времени.
- 5) какое количество тепла отдает или принимает вся поверхность, в единицу времени при разности температур жидкости и стенки в  $1^\circ$

Задание 17: Термическое сопротивление теплоотдачи имеет следующие единицы измерения

Ответ: 1).  $\frac{\text{и}^2 \cdot \hat{E}}{\hat{A} \delta}$     2).  $\frac{Bm}{\text{м}^2 \cdot K}$     3).  $\frac{\hat{A} \delta}{\text{и} \cdot \hat{E}}$     4).  $\frac{\hat{A} \delta}{\text{и}^2}$     5).  $\frac{\text{и} \cdot \hat{E}}{\hat{A} \delta}$

Задание 18: Коэффициент теплоотдачи это функция зависящая от параметров:

- 1)  $\alpha = f(\omega, \lambda, \mu, \rho, c, X, \Phi, l_1, l_2, l_3 \dots)$ ; 2)  $\alpha = f(\omega, \lambda, \rho, X, t_{жс}, t_{см}, \Delta t, \Phi, l_1, l_2, l_3 \dots)$   
 3)  $\alpha = f(\lambda, \mu, \rho, c, X, t_{жс}, t_{см}, \Delta t, l_1, l_2, l_3 \dots)$ ; 4)  $\alpha = f(\omega, \lambda, \mu, \rho, c, X, t_{жс}, t_{см}, \Delta t, \Phi, l_1, l_2, l_3 \dots)$   
 5)  $\alpha = f(\omega, \lambda, P, S, X, t_{жс}, t_{см}, \Delta t, \Phi, l_1, l_2, l_3 \dots)$

Задание 19: Формула для вычисления критерия Нуссельта имеет вид

Ответ: 1).  $\frac{\lambda}{\alpha \cdot l}$     2).  $\frac{\nu}{a}$     3).  $\frac{\alpha \cdot l}{\lambda}$     4).  $\frac{q \cdot \beta \cdot \Delta t \cdot l^3}{\nu^2}$     5).  $\frac{\omega \cdot l}{\nu}$

Задание 20: Формула для вычисления критерия Грасгофа имеет вид

Ответ: 1).  $\frac{\lambda}{\alpha \cdot l}$     2).  $\frac{\nu}{a}$     3).  $\frac{\alpha \cdot l}{\lambda}$     4).  $\frac{q \cdot \beta \cdot \Delta t \cdot l^3}{\nu^2}$     5).  $\frac{\omega \cdot l}{\nu}$

Задание 21: Формула для вычисления критерия Прандтля имеет вид

Ответ: 1).  $\frac{\lambda}{\alpha \cdot l}$     2).  $\frac{\nu}{a}$     3).  $\frac{\alpha \cdot l}{\lambda}$     4).  $\frac{q \cdot \beta \cdot \Delta t \cdot l^3}{\nu^2}$     5).  $\frac{\omega \cdot l}{\nu}$

Задание 22: Формула для вычисления критерия Рейнольдса имеет вид

Ответ: 1).  $\frac{\lambda}{\alpha \cdot l}$     2).  $\frac{\nu}{a}$     3).  $\frac{\alpha \cdot l}{\lambda}$     4).  $\frac{q \cdot \beta \cdot \Delta t \cdot l^3}{\nu^2}$     5).  $\frac{\omega \cdot l}{\nu}$

Задание 23: В критериях подобия под определяющим размером понимается следующий размер

Ответ: 1). Диаметр трубы; 2). Длина трубы; 3). Высота стенки; 4). Основной размер в направлении развития теплового потока; 5). Ширина стенки.

Задание 24: В критериальных уравнениях симплекс  $\left(\frac{\text{Pr}_{жс}}{\text{Pr}_{см}}\right)^{0,25}$  учитывает следующее

Ответ: 1). Влияние характера движения среды; 2). Влияние давления среды;  
 3). Влияние направления движения теплового потока; 4). Влияние компоновки пучков труб; 5). Иной вариант ответа.

Задание 25: Индикатор подобия имеет вид:

Ответ: 1)  $\frac{C_\omega \cdot C_\tau}{C_l}$     2)  $\frac{1}{2} \cdot \frac{C_\omega \cdot C_\tau}{C_l}$     3)  $\frac{C_l \cdot C_\tau}{C_\omega}$     4)  $\frac{1}{2} \cdot \frac{C_l \cdot C_\tau}{C_\omega}$     5)  $\frac{C_l \cdot C_\omega}{C_\tau}$

### 1.5 Теплообмен при свободной конвекции среды. Теплообмен при вынужденном движении среды в трубах.

Задание 26: Теплоотдача при свободном движении среды описывается следующим критериальным уравнением

Ответ: 1).  $Nu_{t_{жс},d} = 0,15 \cdot Re_{t_{жс},d}^{0,33} \cdot Pr_{t_{жс}}^{0,43} \cdot Cr_{t_{жс},d}^{0,1} \cdot \left(\frac{\text{Pr}_{жс}}{\text{Pr}_{см}}\right)^{0,25} \cdot \varepsilon_e$

2).  $Nu_{t_{ср},l} = c(Cr \cdot Pr)_{t_{ср},l}^n$

3).  $Nu_{t_{жс},d} = 0,021 \cdot Re_{t_{жс},d}^{0,8} \cdot Pr_{t_{жс}}^{0,43} \cdot \left(\frac{\text{Pr}_{жс}}{\text{Pr}_{см}}\right)^{0,25} \cdot \varepsilon_e'$

$$4). Nu_{t_{жс},d} = c \cdot Re_{t_{жс},d}^n \cdot Pr_{t_{жс}}^{0,38} \cdot \left(\frac{Pr_{жс}}{Pr_{см}}\right)^{0,25}$$

$$5). Nu_{t_{жс},d} = K_0 \cdot Pr_{t_{жс}}^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_{жс}}{Pr_{см}}\right)^{0,25}$$

Задание 27: В критериальном уравнении М.А.Михеева, описывающим теплоотдачу при свободной конвекции среды, коэффициенты с и n зависят от следующего фактора

Ответ: 1). От критерия Прандтля

2). От величины произведения критерия Грасгофа на критерий Прандтля

3). От критерия Грасгофа

4). От площади нагретой поверхности

5). От линейных размеров нагретой поверхности

Задание 28: При свободной конвекции воздуха вдоль вертикальной нагретой стенки коэффициент теплоотдачи и температура стенки соотносятся следующим образом

Ответ: 1). Температура стенки не зависит от изменения коэффициента теплоотдачи

2). С ростом величины коэффициента теплоотдачи температура стенки повышается

3). С ростом величины коэффициента теплоотдачи температура стенки понижается

4). Температура стенки с ростом величины коэффициента теплоотдачи вначале возрастает, а затем резко уменьшается

5). Иной вариант ответа

Задание 29: Теплоотдача при вынужденном ламинарном движении среды в трубе описывается следующим критериальным уравнением

$$\text{Ответ: 1). } Nu_{t_{жс},d} = 0,15 \cdot Re_{t_{жс},d}^{0,33} \cdot Pr_{t_{жс}}^{0,43} \cdot Cr_{t_{жс},d}^{0,1} \cdot \left(\frac{Pr_{жс}}{Pr_{см}}\right)^{0,25} \cdot \varepsilon_e$$

$$2). Nu_{t_{ср},l} = c(Cr \cdot Pr)_{t_{ср},l}^n \quad 3). Nu_{t_{жс},d} = 0,021 \cdot Re_{t_{жс},d}^{0,8} \cdot Pr_{t_{жс}}^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_{жс}}{Pr_{см}}\right)^{0,25} \cdot \varepsilon_e'$$

$$4). Nu_{t_{жс},d} = c \cdot Re_{t_{жс},d}^n \cdot Pr_{t_{жс}}^{0,38} \cdot \left(\frac{Pr_{жс}}{Pr_{см}}\right)^{0,25}$$

$$5). Nu_{t_{жс},d} = K_0 \cdot Pr_{t_{жс}}^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_{жс}}{Pr_{см}}\right)^{0,25}$$

Задание 30: Теплоотдача при вынужденном турбулентном движении среды в трубе описывается следующим критериальным уравнением

$$\text{Ответ: 1). } Nu_{t_{жс},d} = 0,15 \cdot Re_{t_{жс},d}^{0,33} \cdot Pr_{t_{жс}}^{0,43} \cdot Cr_{t_{жс},d}^{0,1} \cdot \left(\frac{Pr_{жс}}{Pr_{см}}\right)^{0,25} \cdot \varepsilon_e$$

$$2). Nu_{t_{ср},l} = c(Cr \cdot Pr)_{t_{ср},l}^n$$

$$3). Nu_{t_{жс},d} = 0,021 \cdot Re_{t_{жс},d}^{0,8} \cdot Pr_{t_{жс}}^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_{жс}}{Pr_{см}}\right)^{0,25} \cdot \varepsilon_e'$$

$$4). Nu_{t_{жс},d} = c \cdot Re_{t_{жс},d}^n \cdot Pr_{t_{жс}}^{0,38} \cdot \left(\frac{Pr_{жс}}{Pr_{см}}\right)^{0,25} \quad 5). Nu_{t_{жс},d} = K_0 \cdot Pr_{t_{жс}}^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_{жс}}{Pr_{нò}}\right)^{0,25}$$

Задание 31: Теплоотдача при переходном режиме движения среды в трубе описывается следующим критериальным уравнением

$$\text{Ответ: 1). } Nu_{t_{ж},d} = 0,15 \cdot Re_{t_{ж},d}^{0,33} \cdot Pr_{t_{ж}}^{0,43} \cdot Cr_{t_{ж},d}^{0,1} \cdot \left(\frac{Pr_{жс}}{Pr_{см}}\right)^{0,25} \cdot \varepsilon_e$$

$$2). Nu_{t_{ж},d} = c(Cr \cdot Pr)_{t_{ж},d}^n$$

$$3). Nu_{t_{ж},d} = 0,021 \cdot Re_{t_{ж},d}^{0,8} \cdot Pr_{t_{ж}}^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_{жс}}{Pr_{см}}\right)^{0,25} \cdot \varepsilon_e'$$

$$4). Nu_{t_{ж},d} = c \cdot Re_{t_{ж},d}^n \cdot Pr_{t_{ж}}^{0,38} \cdot \left(\frac{Pr_{жс}}{Pr_{см}}\right)^{0,25}$$

$$5). Nu_{t_{ж},d} = K_0 \cdot Pr_{t_{ж}}^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_{жс}}{Pr_{см}}\right)^{0,25}$$

### 1.6. Теплопередача через плоские одно- и многослойные стенки.

Задание 32: Уравнение теплопередачи через плоскую двухслойную стенку имеет вид

$$\text{Ответ: 1). } q = \frac{\lambda(t_{c_1} - t_{c_2})}{\delta} \quad 2). q = \alpha(t_{жс} - t_{см}) \quad 3). q = \frac{t_{ж_1} - t_{ж_2}}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

$$4). q = \frac{t_{c_1} - t_{c_2}}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2}} \quad 5). q_l = \frac{\pi(t_{c_1} - t_{c_2})}{\frac{1}{2\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{2\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2}}$$

Задание 33: коэффициент теплоотдачи через плоскую стенку, показывает:

1) какое количество тепла передается от горячей к холодной среде в единицу времени, при разности температур горячей и холодной среды в  $1^\circ\text{C}$ .

2) какое количество тепла передается от холодной к горячей среде в единицу времени, при разности температур горячей и холодной среды в  $1^\circ\text{C}$ .

3) какое количество тепла передается от горячей к холодной среде, через  $1\text{m}^2$ , при разности температур горячей и холодной среды в  $1^\circ\text{C}$ .

4) какое количество тепла передается от холодной к горячей среде, через  $1\text{m}^2$ , в единицу времени.

5) какое количество тепла передается от горячей к холодной среде в единицу времени, через 1 погонный метр длины трубы, при разности температур горячей и холодной среды в  $1^\circ\text{C}$ .

Задание 34: Коэффициент теплопередачи через плоскую стенку имеет следующие единицы измерения

$$\text{Ответ: 1). } \frac{\text{м} \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \quad 2). \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}} \quad 3). \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \quad 4). \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \quad 5). \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Задание 35: Из предлагаемых вариантов выбрать формулу для расчета коэффициента теплопередачи через плоскую двухслойную стенку

$$\text{Ответ: 1). } K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2}} \quad 2). K = \frac{1}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad 3). K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

$$4). K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\lambda_1}{\delta_1} + \frac{\lambda_2}{\delta_2} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad 5). K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

Задание 36: Из предлагаемых вариантов выбрать формулу для расчета коэффициента теплопередачи через плоскую многослойную стенку

$$\text{Ответ: 1) } K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} + \dots + \frac{1}{\alpha_n}} \quad 2) K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

$$3) K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad 4) K = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{\alpha_i} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}} \quad 5) K = \frac{1}{2} \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

### 1.7. Теплопередача через цилиндрические стенки.

Задание 37: Коэффициент теплопередачи через цилиндрическую стенку имеет следующие единицы измерения

$$\text{Ответ: 1). } \frac{m \cdot K}{Bm} \quad 2). \frac{Bm}{m \cdot K} \quad 3). \frac{Bm}{m^2} \quad 4). \frac{m^2 \cdot K}{Bm} \quad 5). \frac{Bm}{m^2 \cdot K}$$

Задание 38: коэффициент теплоотдачи через цилиндрическую стенку, показывает:

1) какое количество тепла передается от горячей к холодной среде в единицу времени, при разности температур горячей и холодной среды в  $1^\circ\text{C}$ .

2) какое количество тепла передается от холодной к горячей среде в единицу времени, при разности температур горячей и холодной среды в  $1^\circ\text{C}$ .

3) какое количество тепла передается от горячей к холодной среде, через  $1\text{m}^2$ , при разности температур горячей и холодной среды в  $1^\circ\text{C}$ .

4) какое количество тепла передается от холодной к горячей среде, через  $1\text{m}^2$ , в единицу времени.

5) какое количество тепла передается от горячей к холодной среде в единицу времени, через 1 погонный метр длины трубы, при разности температур горячей и холодной среды в  $1^\circ\text{C}$ .

Задание 39: Из предлагаемых вариантов выбрать формулу для расчета коэффициента теплопередачи через цилиндрическую двухслойную стенку

$$\text{Ответ: 1). } K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{2\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2}} \quad 2). K = \frac{1}{\frac{1}{2\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{2\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2}}$$

$$3). K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2} + \frac{1}{\alpha_2 d_3}} \quad 4). K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{2\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}}$$

$$5). K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{2\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2} + \frac{1}{\alpha_2 d_3}}$$

Задание 40: Из предлагаемых вариантов выбрать формулу для расчета коэффициента теплопередачи через цилиндрическую многослойную стенку

$$1) K^u = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}} \quad 2) K^u = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{\alpha_i d_i} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i}}$$

$$3) K^u = \frac{1}{2 \sum_{i=1}^n \frac{1}{\alpha_i d_i} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i}} \quad 4) K^u = \frac{1}{2 \left( \frac{1}{\alpha_1 d_1} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} + \frac{1}{\alpha_2 d_2} \right)}$$

$$5) K^u = 1 - \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}}$$

Задание 41: Закон теплопроводности для цилиндрической стенки записывается:

$$1) Q = \pi K^u (t_{жс1} - t_{жс2}) \quad 2) Q = \pi e K^u (t_{жс1} - t_{жс2})$$

$$3) Q = e K^u (t_{жс1} - t_{жс2}) \quad 4) Q = 2\pi e K^u (t_{жс1} - t_{жс2})$$

$$5) Q = \pi e K^u (t_{жс2} - t_{жс1})$$

### 1.8. Назначение и классификация теплообменных аппаратов по способу передачи тепла

Задание 42: Из предложенных вариантов выбрать схему теплообменника-регенератора

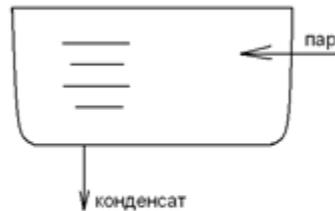


Рисунок 1

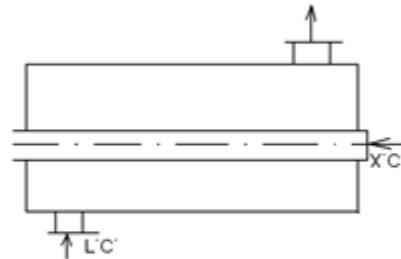


Рисунок 2

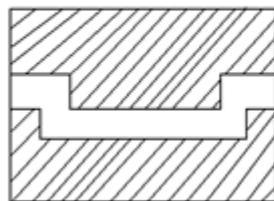


Рисунок 3

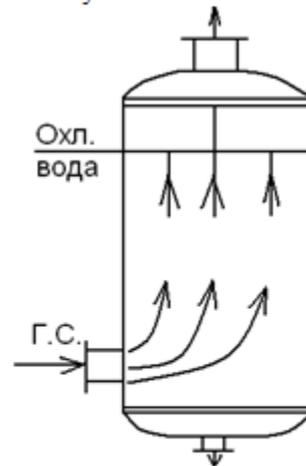


Рисунок 4

Ответ: 1). Рисунок 1      2). Рисунок 2      3). Рисунок 3  
4). Рисунок 4      5). Иной вариант ответа

Задание 43: Из предложенных вариантов выбрать схему теплообменника-рекуператора



Задание 44: Уравнение теплового баланса для теплообменных аппаратов имеет вид

Ответ: 1).  $M_1 C_{P_1} (t_2'' - t_2') = M_2 C_{P_2} (t_1' - t_1'')$  2).  $M_1 C_{P_2} (t_2'' - t_2') = M_2 C_{P_1} (t_1' - t_1'')$

3).  $M_1 C_{P_2} (t_1' - t_1'') = M_2 C_{P_1} (t_2'' - t_2')$  4).  $M_1 C_{P_1} (t_1' - t_2'') = M_2 C_{P_2} (t_2'' - t_1')$

5).  $M_1 C_{P_1} (t_1' - t_1'') = M_2 C_{P_2} (t_2'' - t_2')$

Задание 45: Водяной эквивалент, имеет вид:

1)  $M \cdot C_p^2$  2)  $M^2 \cdot C_p$  3)  $2 \cdot M \cdot C_p$  4)  $2 \cdot M^2 \cdot C_p$  5)  $M \cdot C_p$

Задание 46: Как определяется теплоемкость  $C_p$  в уравнении теплового баланса:

1)  $\alpha \cdot M$ ;

2) выбирается по справочной таблице, в зависимости от  $t_{ж}$ ;

3) постоянна и равна  $1,15 \cdot 10^{-4}$ ;

4)  $t_{ж} \cdot K$ ;

5) иной вариант ответа.

Задание 47: Средний логарифмический температурный напор при прямоточном движении горячей и холодной сред вычисляется по формуле

Ответ: 1).  $\Delta t_{cp} = \frac{(t_1' - t_2'') - (t_1'' - t_2')}{\ln \frac{t_1' - t_2''}{t_1'' - t_2'}}$  2).  $\Delta t_{cp} = \frac{(t_1' + t_1'') - (t_2' + t_2'')}{\ln \frac{t_1' + t_1''}{t_2' + t_2''}}$

3).  $\Delta t_{cp} = \frac{(t_1' - t_2') - (t_1'' - t_2'')}{\ln \frac{t_1' - t_2'}{t_1'' - t_2''}}$  4).  $\Delta t_{cp} = \frac{(t_1' - t_2'') - (t_1'' - t_2')}{\ln \frac{t_1' - t_2''}{t_1'' - t_2'}}$

5).  $\Delta t_{cp} = \varepsilon \cdot \frac{(t_1' - t_2'') - (t_1'' - t_2')}{\ln \frac{t_1' - t_2''}{t_1'' - t_2'}}$

Задание 48: Из предложенных вариантов выбрать формулу для определения среднего логарифмического температурного напора при противоточном движении теплоносителей

Ответ: 1).  $\Delta t_{cp} = \frac{(t_1' - t_2'') - (t_1'' - t_2')}{\ln \frac{t_1' - t_2''}{t_1'' - t_2'}}$  2).  $\Delta t_{cp} = \frac{(t_1' + t_1'') - (t_2' + t_2'')}{\ln \frac{t_1' + t_1''}{t_2' + t_2''}}$

3).  $\Delta t_{cp} = \frac{(t_1' - t_2') - (t_1'' - t_2'')}{\ln \frac{t_1' - t_2'}{t_1'' - t_2''}}$  4).  $\Delta t_{cp} = \frac{(t_1' - t_2'') - (t_1'' - t_2')}{\ln \frac{t_1' - t_2''}{t_1'' - t_2'}}$

5).  $\Delta t_{cp} = \varepsilon \cdot \frac{(t_1' - t_2'') - (t_1'' - t_2')}{\ln \frac{t_1' - t_2''}{t_1'' - t_2'}}$

Задание 49: Средний логарифмический температурный напор при перекрестном движении теплоносителей вычисляется по формуле

Ответ: 1).  $\Delta t_{cp} = \frac{(t_1' - t_2'') - (t_1'' - t_2')}{\ln \frac{t_1' - t_2''}{t_1'' - t_2'}}$  2).  $\Delta t_{cp} = \frac{(t_1' + t_1'') - (t_2' + t_2'')}{\ln \frac{t_1' + t_1''}{t_2' + t_2''}}$

$$3). \Delta t_{cp} = \frac{(t_1' - t_2') - (t_1'' - t_2'')}{\ln \frac{t_1'' - t_2''}{t_1' - t_2'}} \quad 4). \Delta t_{cp} = \frac{(t_1' - t_2') - (t_1'' - t_2'')}{\ln \frac{t_1' - t_2'}{t_1'' - t_2''}}$$

$$5). \Delta t_{cp} = \varepsilon \cdot \frac{(t_1' - t_2') - (t_1'' - t_2'')}{\ln \frac{t_1' - t_2'}{t_1'' - t_2''}}$$

Задание 50: Количество переданной теплоты при прямотоке равно:

$$1) Q = W_1(t_1' - t_2')\psi_{прям} \left( \frac{W_1}{W_2}, \frac{kF}{W_1} \right) \quad 2) Q = 2W_1(t_2' - t_1')\psi_{прям} \left( \frac{W_1}{W_2}, \frac{kF}{W_1} \right)$$

$$3) Q = W_1(t_2' - t_1')\psi_{прям} \left( \frac{W_1}{W_2}, \frac{kF}{W_1} \right) \quad 4) Q = W_1(t_1' - t_2')\psi_{прям} \left( \frac{W_2}{W_1}, \frac{W_1}{kF} \right)$$

$$5) Q = \frac{1}{2} W_1(t_1' - t_2')\psi_{прям} \left( \frac{W_1}{W_2}, \frac{kF}{W_1} \right)$$

Задание 51: Количество переданной теплоты при противотоке равно:

$$1) Q = W_1(t_1' - t_2')\psi_{против} \left( \frac{W_1}{W_2}, \frac{kF}{W_1} \right) \quad 2) Q = 2W_1(t_2' - t_1')\psi_{против} \left( \frac{W_1}{W_2}, \frac{kF}{W_1} \right)$$

$$3) Q = W_1(t_2' - t_1')\psi_{против} \left( \frac{W_1}{W_2}, \frac{kF}{W_1} \right) \quad 4) Q = W_1(t_1' - t_2')\psi_{против} \left( \frac{W_2}{W_1}, \frac{W_1}{kF} \right)$$

$$5) Q = \frac{1}{2} W_1(t_1' - t_2')\psi_{против} \left( \frac{W_1}{W_2}, \frac{kF}{W_1} \right)$$

Задание 52: Количество переданной теплоты при перекрестном токе равно:

$$1) Q = \frac{(t_2' - t_1')}{1/kF + 1/W_1 + 1/W_2} \quad 2) Q = \frac{(t_1' - t_2')}{1/kF + 1/W_1 + 1/W_2}$$

$$3) Q = K \frac{(t_1' - t_2')}{1/kF + 1/2W_1 + 1/2W_2} \quad 4) Q = \frac{(t_2' - t_1')}{1/kF + 1/2W_1 + 1/2W_2}$$

$$5) Q = \frac{(t_1' - t_2')}{1/kF + 1/2W_1 + 1/2W_2}$$

### Вопросы к защите лабораторных работ

Вопросы к защите лабораторных работ для оценки уровня сформированности компетенции ПК-34 на этапе «Умения»:

#### Лабораторная работа №1. Определение коэффициента теплопроводности материала стенки трубы.

1. От каких величин зависит количество передаваемого теплопроводностью тепла?
2. Запишите уравнение Фурье и решите его для однослойной цилиндрической стенки.
3. В чем заключается физический смысл коэффициента теплопроводности  $\lambda$ ?
4. От каких факторов зависит теплопроводность различных веществ: твёрдых, жидких, газообразных?
5. Опишите порядок выполнения работы по определению коэффициента теплопроводности материала трубы?

**Лабораторная работа №2. Определение коэффициента теплопроводности материала теплоизоляции исследуемой трубы.**

1. Какие стенки называют многослойными?
2. Назовите физический смысл термического сопротивления слоя.
3. Как определяется термическое сопротивление многослойной стенки?
4. Для чего необходимо увеличивать термическое сопротивление стенки?
5. Напишите формулу для расчета количества тепла передаваемого через многослойную цилиндрическую стенку.

**Лабораторная работа №3. Определение коэффициента теплопроводности сыпучих материалов методом шара.**

1. Что называется температурным полем, установившимся и неуставившимся тепловым режимом?
2. Что называется изотермической поверхностью, температурным градиентом и тепловым потоком?
3. Какова зависимость коэффициента теплопроводности от физических характеристик материалов?
4. Какова закономерность изменения температуры по толщине плоской, цилиндрической и шаровой стенок?
5. Какие факторы влияют на величину коэффициента теплопроводности теплоизоляционных материалов?
6. Напишите формулы для определения термических сопротивлений однослойной и многослойной шаровой стенки.

**Лабораторная работа №4. Определение коэффициента теплоотдачи горизонтальной трубы при свободном движении воздуха.**

1. Приведите примеры случаев свободной и вынужденной конвекции в природе и производственных процессах.
2. От чего зависит количество передаваемого тепла при конвективном теплообмене?
3. Чем отличается вынужденная конвекция от свободной конвекции?
4. Какие параметры процесса теплообмена характеризуют критерии Прандтля и Грасгофа?
5. Запишите уравнение Ньютона-Рихмана для конвективного теплообмена.
6. Запишите критериальное уравнение для свободной конвекции.

**Лабораторная работа №5. Определение степени черноты поверхности исследуемой трубы методом сравнения.**

1. Опишите механизм переноса тепла излучением.
2. Запишите закон Стефана-Больцмана для абсолютно черного и для серого тела.
3. Что такое степень черноты, в каких пределах она может изменяться?
4. Во сколько раз увеличится количество излучаемой энергии абсолютно черного тела, если повысить его температуру в два раза?

**Лабораторная работа №6. Изучение теплопередачи в водоводяном теплообменнике типа «Труба в трубе».**

1. Дайте определение теплопередачи.
2. В каких единицах измеряется коэффициент теплопередачи, каков его физический смысл?
3. Запишите основное уравнение теплопередачи.

4. Опишите механизм переноса тепла теплопередачей.
5. Изобразите схему теплообменного аппарата типа «труба в трубе».
6. Запишите уравнение теплового баланса для теплообменного аппарата.
7. Изобразите схему распределения температур при прямотоке и противотоке.

### Задания к самостоятельной контрольной работе

Задания к самостоятельной контрольной работе для оценки уровня сформированности компетенции ПК-34 на этапе «Владения»:

Самостоятельная контрольная работа включает в себя 5 задач, которые охватывают основные разделы: техническую термодинамику, теорию теплообмена. Варианты выбираются по последней и предпоследней цифре зачетной книжки студента. Исходные данные выбираются по таблицам, приведенным к каждой задаче.

Контрольная работа оформляется на стандартных листах формата А4 (297х210 мм). В отчете по контрольной работе должны быть изложены условие каждой задачи, исходные данные и ход решения задачи с пояснением каждого действия. Расчеты должны выполняться в системе единиц измерений СИ.

#### Задача №1

Плоская стальная стенка толщиной  $\delta_{ст}$  омывается с одной стороны горячими газами с температурой  $t_1$ , а с другой водой с температурой  $t_2$ . Коэффициент теплопроводности стали  $\lambda_{ст} = 50$  Вт/(м·К). Определить коэффициент теплопередачи от газов к воде, плотность теплового потока и температуру обеих поверхностей стенок при условии отсутствия и наличия слоя накипи на стенке со стороны воды  $\delta_{н}=3$  мм. Коэффициент теплопроводности накипи  $\lambda_{н}=2$  Вт/(м·К). Коэффициент теплоотдачи от газов к стенке  $\alpha_1$  и от стенке к воде  $\alpha_2$ .

Таблица 1

По последней цифре шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\delta_{ст}, \text{ мм}$	30	25	12	22	14	10	18	24	16	12
$\alpha_1, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	110	85	48	92	34	522	49	71	63	100
$\alpha_2, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	2600	3200	1800	2000	2400	3000	1900	2200	2500	2700

Таблица 2

По предпоследней цифре шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$t_1, \text{ }^\circ\text{C}$	1500	1300	1100	1250	1430	1000	1170	1350	1480	1200
$t_2, \text{ }^\circ\text{C}$	180	160	140	100	120	150	130	170	110	90

#### Задача №2

В кожухотрубчатом рекуперативном теплообменном аппарате дымовые газы охлаждаются от температуры  $t_1$  до температуры  $t_1''$ , а воздух, движущийся противоточно, нагревается от  $25$   $^\circ\text{C}$  до  $t_2''$ . Количество подогреваемого воздуха  $V$ , коэффициент теплопередачи от дымовых газов к воздуху  $k$ . Определить поверхность нагрева теплообменного аппарата.

Таблица 3

По последней цифре шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
--------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

$V \cdot 10^3, \text{ м}^3/\text{ч}$	10	15	18	12	13	17	20	11	14	16
$k, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	22	18	23	21	17	19	16	20	24	22

Таблица 4

По предпоследней цифре шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$t_1', \text{ }^\circ\text{C}$	450	510	475	430	500	520	420	400	460	550
$t_1'', \text{ }^\circ\text{C}$	160	180	140	150	190	200	130	130	150	200
$t_2'', \text{ }^\circ\text{C}$	170	190	150	160	200	210	160	140	150	210

**Задача № 3**

Камера сгорания выполнена из шамотного кирпича ( $\lambda_k = 0,9 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ) толщиной  $\delta_k = 250 \text{ мм}$ . Снаружи стенки камеры изолированы двойным слоем изоляции. Первый слой изоляции ( $\lambda_{из1} = 0,08 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ) толщиной  $\delta_{из1}, \text{ мм}$ , второй наружный слой изоляции ( $\lambda_{из2} = 0,15 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ) толщиной  $\delta_{из2}, \text{ мм}$ . Температура газов в камере сгорания  $t_{ж1}, \text{ }^\circ\text{C}$ , температура воздуха в помещении  $t_{ж2}, \text{ }^\circ\text{C}$ . Коэффициент теплоотдачи от дымовых газов к кирпичной стенке  $\alpha_1, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ , а от наружной поверхности изоляции к воздуху помещения  $\alpha_2 = 10 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

Определить коэффициент теплопередачи, плотность теплового потока (если она не задана), температуры теплоносителей и температуры на границе слоев обмуровки, считая контакт между слоями идеальным.

Определить также термические сопротивления теплоотдачи и теплопроводности для каждого слоя ( $Rt$ ) и соответствующие им перепады температур ( $\Delta t$ ).

Изобразить графически изменение температуры по толщине слоев и в пограничных слоях. Масштаб по толщине слоев и по температуре выбрать самостоятельно.

Исходные данные принять по табл. 3. в соответствии с вариантом задания (выбирается по последней цифре зачетной книжки).

Таблица 5.

**Исходные данные к задаче №3**

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\delta_{из1}, \text{ мм}$	190	180	150	230	265	240	195	270	220	300
$\delta_{из2}, \text{ мм}$	100	70	130	140	135	140	155	165	170	130
$\alpha_1, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	100	80	70	130	60	90	80	150	250	150
$t_{ж1}, \text{ }^\circ\text{C}$				1150		1000			1040	1030
$t_{c1}, \text{ }^\circ\text{C}$		900					1170	1230		
$t_{c2}, \text{ }^\circ\text{C}$			890		1170					
$t_{c3}, \text{ }^\circ\text{C}$					290		390			275
$t_{c4}, \text{ }^\circ\text{C}$		50	52						50	
$t_{ж2}, \text{ }^\circ\text{C}$	25			28				30		
$q, \text{ Вт}/\text{м}^2$	310					225				

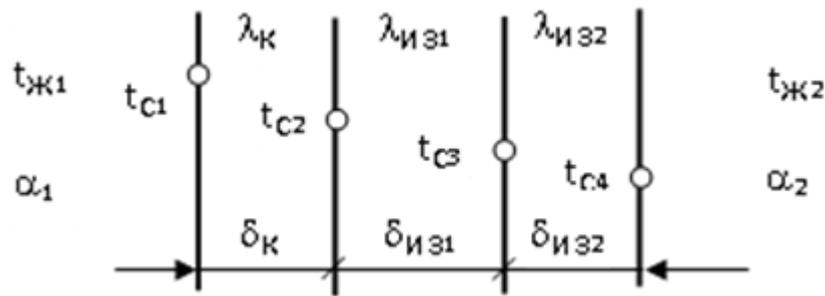


Рис. 1. Расположение слоев стенок топочной камеры

### Вопросы к экзамену.

1. Предмет, область применения и значение теплообмена.
2. Вклад Российских ученых в развитие теории теплообмена.
3. Количество тепла. Тепловой поток. Удельный тепловой поток: поверхностная плотность теплового потока, линейная плотность теплового потока, объемная плотность тепловыделений.
4. Виды теплообмена и их характеристика.
5. Температурное поле. Изотермическая поверхность. Градиент температур.
6. Теплопроводность. Основные определения. Коэффициент теплопроводности.
7. Механизмы передачи теплоты и коэффициент теплопроводности в металлах, диэлектриках, строительных материалах, жидкостях и газах.
8. Основной закон теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности.
9. Стационарная теплопроводность однослойной плоской стенки.
10. Стационарная теплопроводность многослойной плоской стенки.
11. Стационарная теплопроводность многослойной цилиндрической стенки. Термическое сопротивление цилиндрической стенки, упрощение.
12. Стационарная теплопроводность шаровой стенки.
13. Конвективный теплообмен. Основной закон конвективной теплоотдачи.
14. Пограничный слой у плоской стенки. Изменение коэффициента теплоотдачи вдоль стенки.
15. Пограничный слой в трубе. Изменение коэффициента теплоотдачи по длине трубы. Зависимости для коэффициентов теплоотдачи в трубе.
16. Основные положения теории подобия и её применение для описания теплоотдачи. Теоремы подобия. Критериальные уравнения. Определяемый и определяющие критерии подобия.
17. Метод приведения для получения критериев подобия. Физический смысл основных критериев подобия. Общий вид критериального уравнения для определения коэффициента теплоотдачи при конвективном теплообмене.
18. Конвективная теплоотдача при свободном движении жидкости и газа. Критерии подобия. Критериальное уравнение.
19. Зависимости для коэффициентов теплоотдачи при естественной конвекции.
20. Теплоотдача при вынужденном движении жидкости.
21. Перенос тепла излучением. Оптические свойства тел. Коэффициенты поглощения, пропускания и отражения.
22. Закон Вина. Закон Стефана-Больцмана. Закон Кирхгофа.
23. Уравнение теплового баланса лучистого теплообмена.
24. Использование экранов для защиты от излучения.
25. Угловые коэффициенты излучения.
26. Стационарная теплопередача (сложный теплообмен) через плоскую стенку.
27. Стационарная теплопередача через цилиндрическую стенку.

28. Критический диаметр теплоизоляции цилиндрической стенки. Тепловая изоляция. Выбор материала теплоизоляции.
29. Способы интенсификации теплообмена. Оребренные поверхности. Эффективность применения оребрения. Изолирующий эффект оребрения.
30. Типы теплообменных аппаратов. Конструкция теплообменных аппаратов.
31. Схемы движения теплоносителей в теплообменных аппаратах.
32. Уравнения теплового баланса рекуперативных теплообменных аппаратов.
33. Изменение температурного напора по длине теплообменного аппарата. Среднелогарифмический температурный напор.
34. Конечная температура теплоносителей при противоточной схеме движения. Конечная температура теплоносителей при прямоточной схеме движения.
35. Расчет теплообменника типа «труба в трубе».

### 6.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Рейтинг-план для очной формы.

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			минимальный	максимальный
<b>Модуль 1</b>			0	35
<b>Текущий контроль</b>			0	20
СКР: задача №1	2	1	0	2
СКР: задача №2	3	1	0	3
Защита лабораторных работ № 1,2,3,	5	3	0	15
<b>Рубежный контроль</b>			0	15
Контрольное тестирование	15	1	0	15
<b>Модуль 2</b>			0	35
<b>Текущий контроль</b>			0	20
СКР: задача №3	5	1	0	5
Защита лабораторных работ № 4,5,6	5	3	0	15
<b>Рубежный контроль</b>			0	15
Контрольное тестирование	15	1	0	15
<b>Поощрительные баллы</b>			0	10
Решение домашних задач	1	5	0	5
Активная работа на лабораторном занятии	1	5	0	5
<b>Посещаемость (баллы вычитаются из общей суммы набранных баллов)</b>				
1. Посещение лекционных занятий			0	- 6
2. Посещение лабораторного занятий			0	- 10
<b>Итоговый контроль</b>				
2. Экзамен				30

Рейтинг-план для заочной формы.

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			минимальный	максимальный
<b>Модуль 1</b>			0	35
<b>Текущий контроль</b>			0	20

СКР: задача №1	5	1	0	5
СКР: задача №2	5	1	0	5
Защита лабораторных работ № 1,2	5	2	0	10
<b>Рубежный контроль</b>			0	15
Контрольное тестирование	15	1	0	15
<b>Модуль 2</b>			0	35
<b>Текущий контроль</b>			0	20
СКР: задача №3	8	1	0	8
Защита лабораторных работ № 3,4	6	2	0	12
<b>Рубежный контроль</b>			0	15
Контрольное тестирование	15	1	0	15
<b>Поощрительные баллы</b>			0	10
Решение домашних задач	1	6	0	6
Активная работа на лабораторном занятии	1	4	0	4
<b>Посещаемость (баллы вычитаются из общей суммы набранных баллов)</b>				
1. Посещение лекционных занятий			0	- 6
2. Посещение лабораторных занятий			0	- 10
<b>Итоговый контроль</b>				
2. Экзамен				30

Объем и уровень сформированности компетенций целиком или на различных этапах у обучающихся оцениваются по результатам текущего контроля количественной оценкой, выраженной в рейтинговых баллах. Оценке подлежит каждое контрольное мероприятие.

При оценивании сформированности компетенций применяется четырехуровневая шкала «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично».

Максимальный балл по каждому виду оценочного средства определяется в рейтинговом плане и выражает полное (100%) освоение компетенции.

Уровень сформированности компетенции «хорошо» устанавливается в случае, когда объем выполненных заданий соответствующего оценочного средства составляет 80 - 100%; «удовлетворительно» – выполнено 40 - 80%; «неудовлетворительно» – выполнено 0 - 40%

Рейтинговый балл за выполнение части или полного объема заданий соответствующего оценочного средства выставляется по формуле:

Рейтинговый балл =  $k \times$  Максимальный балл,

где  $k = 0,2$  при уровне освоения «неудовлетворительно»,  $k = 0,4$  при уровне освоения «удовлетворительно»,  $k = 0,8$  при уровне освоения «хорошо» и  $k = 1$  при уровне освоения «отлично».

Оценка на этапе промежуточной аттестации выставляется согласно Положению о модульно-рейтинговой системе обучения и оценки успеваемости студентов БашГУ:

На зачете выставляется оценка:

- зачтено – при накоплении от 60 до 110 рейтинговых баллов (включая 10 поощрительных баллов),
- не зачтено – при накоплении от 0 до 59 рейтинговых баллов.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

### 7.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

#### Основная учебная литература:

1. Техническая термодинамика и теплопередача: учебник для академического бакалавриата. / В.А. Кудинов, Э.М. Карташев, Е.В. Стефанюк. 3-е изд. испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2015. – 566с. – 20 экз.
2. Круглов Г. А. Теплотехника [Электронный ресурс] : учеб. пособие для студ. вузов, обучающихся по направлению «Агроинженерия» / Г. А. Круглов, Р. И. Булгакова, Е. С. Круглова; Издательство "Лань" (ЭБС). – Изд. 2-е, стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2012. – 208 с. – URL: [https://e.lanbook.com/book/3900#book\\_name/](https://e.lanbook.com/book/3900#book_name/) (20.08.18).

#### Дополнительная учебная литература:

3. Белобородова Т.Г., Мулюкова Г.П. «Теплотехника»: учеб. пособия для студентов 3-х курсов пед. вузов спец. «Технология и предпринимательство». – Стерлитамак: Изд. СГПА, 2006. – 120 с. – 15 экз.
4. Методические указания к лабораторным работам по курсу «Теплотехника» для студентов, обучающихся по направлениям подготовки «44.03.01 – Педагогическое образование», профиль «Технология», «44.03.04 – Профессиональное обучение», профили «Производство потребительских товаров», «Машиностроение и материалобработка» / Сост. Белобородова Т.Г. – Стерлитамак: Стерлитамакский филиал БашГУ, 2016. – 48 с. – 16 шт.
5. Теплотехника: Учебник / Ю.П. Семенов, А.Б. Левин - 2 изд. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 400 с.: –URL: <http://znanium.com/bookread2.php?book=470503> (18.08.18).

### 7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

№	Наименование документа с указанием реквизитов	Срок действия документа
1.	Электронно-библиотечная система ZNANIUM.COM, договор с ООО «ЗНАНИУМ» № 3151эбс от 31.05.2018	До 03.06.2019
2.	Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» (коллекция книг для СПО), договор от 31.05.2018.	До 02.06.2019
3.	Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online», договор с ООО «Нексмедиа» № 847 от 29.08.2017	До 01.10.2018
4.	Электронно-библиотечная система издательства «Лань», договор с ООО «Издательство «Лань» № 838 от 29.08.2017	До 01.10.2018
5.	База данных периодических изданий (на платформе East View EBSCO), договор с ООО «ИВИС» № 133-П 1650 от 03.07.2018	До 31.06.2019
6.	База данных периодических изданий на платформе Научной электронной библиотеки (eLibrary), Договор с ООО «РУНЭБ» № 1256 от 13.12.2017	До 31.12.2018
7.	Электронная база данных диссертаций РГБ, Договор с ФГБУ «РГБ» № 095/04/0220 от 6 дек. 2017 г.	До 07.12.2018
8.	Национальная электронная библиотека, Договор с ФГБУ «РГБ» № 101/НЭБ/1438 от 13 апр. 2016 г.	Бессрочный
9.	Электронно-библиотечная система «ЭБ БашГУ», договор с ООО «Открытые библиотечные системы» № 095 от	Бессрочный

01.09.2014	
------------	--

№	Адрес (URL)	Описание страницы
	<a href="http://sdo.strbsu.ru/course/view.php?id=1738">http://sdo.strbsu.ru/course/view.php?id=1738</a>	Белобородова Т.Г. Теплотехника. Электронный ученый курс.

**7.3. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Наименование программного обеспечения
Office Standard 2007 Russian OpenLicensePack NoLevel Acdmc
Microsoft Windows 7 Standard

**8. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Вид учебных занятий	Организация деятельности обучающегося
Лекция	<p>Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.</p> <p>Уделить внимание следующим понятиям и вопросам: идеальный газ, процессы с идеальным газом, законы термодинамики, теплота, работа, теплоемкость, энтропия, энтальпия, круговые процессы, состояния водяного пара, графоаналитический метод расчета процессов с водяным паром, цикл Ренкина, цикл Карно, виды турбин, типы ТЭС, теплопроводность, закон Фурье, конвективная теплоотдача, закон Ньютона, излучение, степень черноты, теплопередача, расчет теплообменного аппарата, возобновляемые и невозобновляемые энергоресурсы.</p> <p>Работа с электронным учебным курсом «Теплотехника», раздел Теплопередача, размещенным на сайте дистанционного обучения СФ БашГУ: прохождение лекций, просмотр учебного видео, работа с глоссарием, справочной литературой.</p>
Лабораторные работы	<p>До выполнения лабораторной работы рекомендуется повторить материал лекционного занятия, выявить вопросы или затруднительные моменты и обсудить эти вопросы с преподавателем на занятии. Методические указания по выполнению лабораторных работ выдаются преподавателем перед занятием. Также методические указания по выполнению лабораторных работ и вопросы к защите лабораторных работ представлены в электронном учебном курсе «Теплотехника» (раздел Теплопередача), размещенном на сайте дистанционного обучения СФ БашГУ.</p>

Контрольная работа / индивидуальные задания	Знакомство с основной и дополнительной литературой, включая справочные издания, конспект основных положений, терминов, сведений, требующихся для запоминания и являющихся основополагающими в этой теме. Работа с электронным учебным курсом «Теплотехника» (раздел Теплопередача), размещенным на сайте дистанционного обучения СФ БашГУ: прохождение лекций, просмотр учебного видео, получение задания к СКР, работа со справочной литературой.
Подготовка к экзамену	При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и электронный учебный курс «Теплотехника» (раздел Теплопередача), размещенный на сайте дистанционного обучения СФ БашГУ.

### **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Лаборатория гидравлики и теплотехники. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная аудитория текущего контроля и промежуточной аттестации, учебная аудитория групповых и индивидуальных консультаций № 10	Учебная мебель, доска, экран, оборудование для проведения лабораторных работ
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная аудитория текущего контроля и промежуточной аттестации, учебная аудитория групповых и индивидуальных консультаций № 37	Учебная мебель, доска, мультимедиа-проектор, экран настенный, учебно-наглядные пособия
Лаборатория материаловедения. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная аудитория текущего контроля и промежуточной аттестации, учебная аудитория групповых и индивидуальных консультаций № 29	Учебная мебель, доска, проектор, экран, оборудование для проведения лабораторных работ
Читальный зал: помещение для самостоятельной работы № 144	Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, компьютеры