

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**  
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института ЭИТУС  
канд. техн. наук, доц.  Белоусов А.В.  
« 20 » 25 2021 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины (модуля)

**Тепломассообмен**

Направление подготовки (специальность):

**13.03.01 – ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА**

Направленность программы (профиль, специализация):

**Энергетика теплотехнологии  
Энергообеспечение предприятий**

Квалификация

**бакалавр**

Форма обучения

**очная**

Институт: Энергетики, информационных технологий и управляющих систем

Кафедра: Энергетики теплотехнологии

Белгород 2021

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утв. приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28 февраля 2018 г. № 143;
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2021 году.

Составители: канд. техн. наук, доц.



(Т.И. Тихомирова)

Рабочая программа обсуждена на заседании энергетики  
теплотехнологии

« 22 » 04 20 21 г., протокол № 8

Заведующий кафедрой  
Энергетики теплотехнологии  
канд. техн. наук, доцент



(Ю.В. Васильченко)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 20 » 05 20 21 г., протокол № 9

Председатель  
канд. техн. наук, доцент



(А.Н. Семернин)

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
Общепрофессиональные	ОПК-3 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	ОПК-3.3. Анализирует теплофизические свойства рабочих тел и производит поиск оптимальных характеристик и параметров рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем	<p><b>Знания:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основных теплофизических свойств теплоносителей и конструкционных материалов;</li> <li>- основных способов получения, преобразования, передачи и использования теплоты в теплотехнических установках и системах</li> </ul> <p><b>Умения:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- проведение анализа тепловых процессов в теплотехнических установках и системах с выявлением оптимальных характеристик и параметров рабочих тел</li> </ul> <p><b>Навыки:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применение методик тепловых расчетов теплотехнических установок и систем.</li> </ul>
		ОПК-3.5 Анализирует основные законы и способы переноса теплоты и массы и применяет основные зависимости тепломассообмена для расчетов теплотехнических установок и систем	<p><b>Знания:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основных законов и способов переноса теплоты и массы</li> </ul> <p><b>Умения:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- производить расчеты теплотехнических установок и систем</li> </ul> <p><b>Навыки:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применение методик тепловых расчетов теплотехнических установок;</li> <li>- применение основных зависимостей тепломассообмена для расчетов теплотехнических установок и систем</li> </ul>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

**1. Компетенция** ОПК-3 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах

Данная компетенция для образовательных программ профилей «Энергетика теплотехнологии» и «Энергообеспечение предприятий» формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Источники энергии теплоэнергетики
2	Гидрогазодинамика
3	Техническая термодинамика
4	Тепломассообмен
5	Прикладная механика
6	Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии
7	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

## 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зач. единиц, 288 часов.

Форма промежуточной аттестации

экзамен

(экзамен, дифференцированный зачет, зачет)

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 4
Общая трудоемкость дисциплины, час	288	288
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	126	126
лекции	51	51
лабораторные	17	17
практические	51	51
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	7	7
<b>Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:</b>	126	126
Курсовой проект	–	–
Курсовая работа	36	36
Расчетно-графическое задание	-	-
Индивидуальное домашнее задание	–	–
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	90	90
Экзамен	36	36

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Наименование тем, их содержание и объем

Курс 2 Семестр 4

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
<b>1. Предмет и метод тепломассообмена</b>					
	Тепломассообмен как теоретическая база специальных теплотехнических дисциплин. Основные определения тепломассообмена. Температурное поле. Законы сохранения. Стационарные и нестационарные процессы.	3	3		12
<b>2 Основы теории теплопроводности</b>					
	Закон Фурье переноса теплоты теплопроводностью. Диф. уравнение теплопроводности. Граничные условия четырех родов. Начальные условия. Числа Фурье и Прандтля. Теплопроводность через плоскую и цилиндрическую стенки (однослойную и многослойную). Нестационарная теплопроводность пластины при граничных условиях первого и третьего рода. Анализ решения в предельных случаях малых и больших чисел Био и Фурье. Графоаналитический и численный методы решения нестационарных задач теплопроводности.	8	8	6	14
<b>3. Основы теории конвективного теплообмена</b>					
	Понятие о конвективном теплообмене. Конвективная теплоотдача. Понятие о тепловом пограничном слое. Теплообмен при ламинарном и турбулентном режимах. Конвективный перенос теплоты. Турбулентный пограничный слой: профили скорости и температуры, законы сопротивления и теплообмена. Турбулентная теплопроводность и вязкость. Теория подобия. Теплоотдача при вынужденном движении теплоносителя Теплоотдача свободном движении теплоносителя Теплоотдача при изменении агрегатного состояния теплоносителя	8	8	2	14
<b>4. Теплообмен излучением</b>					
	Особенности переноса энергии излучением. Монохроматическое и интегральное излучение.	8	8	3	12

	Интенсивность излучения. Плотность потока излучения. Собственное излучение тел. Законы излучения черного тела. Серые тела. Диффузное излучение. Закон Ламберта. Закон Кирхгофа. Перенос излучения в ослабляющей среде. Оптическая толщина слоя. Эффективная длина луча. Селективное излучение и поглощение. Излучение, поглощение и рассеивание в газах и парах. Локальный и средний коэффициент поглощения.				
<b>5. Теплопередача</b>					
	Теплопередача через плоскую однослойную стенку. Теплопередача через плоскую многослойную стенку Теплопередача через однослойную цилиндрическую стенку. Теплопередача через многослойную цилиндрическую стенку. Конструктивные способы изменения интенсивности теплопередачи. Критический толщина тепловой изоляции. Теплопередача через ребренную стенку.	8	8	4	14
<b>6. Основы расчета теплообменных аппаратов</b>					
	Типы теплообменных аппаратов. Тепловой расчет рекуперативного теплообменника	8	8	2	12
<b>7. Совместные процессы тепло- и массообмена</b>					
	Основные положения и законы массообмена Общие сведения. Дифференциальное уравнение конвективного массообмена. Аналогия процессов тепло и массообмена	8	8		12
	<b>ВСЕГО</b>	<b>51</b>	<b>51</b>	<b>17</b>	<b>90</b>

#### 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
<b>семестр №4</b>				
1	Предмет и метод тепломассообмена	Движущая сила передачи массы и энергии. Температурные поля. Температурные градиенты.	1	1
2	Основы теории теплопроводности	Дифференциальное уравнение теплопроводности. Краевые условия. Граничное условие первого рода. Теплопроводность через плоскую стенку. Теплопроводность через цилиндрическую стенку.	8	8

		Нестационарная теплопроводность		
3	Основы теории конвективного теплообмена	Теплоотдача при вынужденном движении теплоносителя. Теплоотдача при свободном движении теплоносителя. Теплоотдача при изменении агрегатного состояния теплоносителя	10	10
4	Теплообмен излучением	Теплообмен излучением между твердыми телами. Теплообмен излучением между газом и поверхностью твердого тела. Защитные экраны.	8	8
5	Теплопередача	Теплопередача через плоскую стенку. Теплопередача через цилиндрическую стенку. Определение термических сопротивлений. Подбор тепловой изоляции	10	10
6	Основы расчета теплообменных аппаратов	Тепловой расчет рекуперативного теплообменника	8	8
7	Совместные процессы тепло- и массообмена	Тепло- и массообмен в тепловых технологических процессах	6	6
ИТОГО:			51	51
			ВСЕГО:	102

### 4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
семестр №4				
1	Основы теории теплопроводности	Определение коэффициента теплопроводности теплоизоляционных материалов методом плоского слоя и методом трубы.	4	4
2	Основы теории конвективного теплообмена	Теплоотдача горизонтальной трубы при свободном движении воздуха.	4	4
3	Теплопередача	Теплопередача в кожухотрубчатом теплообменнике	4	4
4	Основы расчета	Исследование режимов в	5	5

	теплообменных аппаратов	теплообменнике типа “труба в трубе”.		
			ИТОГО:	17
			ВСЕГО:	34

#### 4.4. Содержание курсового проекта/работы

**Тема курсовой работы:** Тепловой расчет кожухотрубчатого теплообменника

**Цель курсовой работы:** изучение студентами методик и приобретение навыков теплового расчета технологического оборудования.

**Структура и требования к оформлению работы.** Курсовая работа включает расчетно-пояснительную записку и графическую часть.

Расчетно-пояснительная записка оформляется на листах формата А 4 (с одной стороны листа). Расчетно-пояснительная записка должна содержать:

- сведения о студенте, выполняющем работу: фамилия, инициалы, группа;
- задание на выполнение курсовой работы, подписанное студентом и преподавателем;
- определение тепловой нагрузки аппарата;
- определение расходов и температур теплоносителей;
- расчет температурного режима теплообменника;
- выбор теплофизических характеристик теплоносителей;
- ориентировочный расчет площади поверхности аппарата;
- выбор конструкции аппарата и материалов для его изготовления;
- приближенный расчет коэффициентов теплоотдачи и коэффициента теплопередачи;
- уточненный расчет коэффициентов теплоотдачи;
- окончательный выбор теплообменного аппарата
- расчет толщины слоя изоляции аппарата;
- выводы и заключение.

В записке даются краткие указания, обоснования и соответствующие пояснения по выбираемым величинам, помещаются сводные таблицы данных расчета.

Графическая часть представляет собой один лист формата А4, содержащий теплообменник с указанием на ней конструктивных характеристик его элементов.

Отметка о допуске работы к защите получается при предъявлении преподавателю оформленной расчетно-пояснительной записки и графической части (согласно заданию, на выполнение курсовой работы).

Защита работы происходит в форме беседы с преподавателем, в ходе которой проверяется знание студентом назначения и методики выполненных расчетов, способность анализировать результаты, полученные в ходе расчетов.



Типовой вариант задания

Исходные данные

Выбрать конструкцию и целесообразный режим эксплуатации теплообменного аппарата для нагрева воды в бойлерной установке ТЭЦ (см. рис.1).

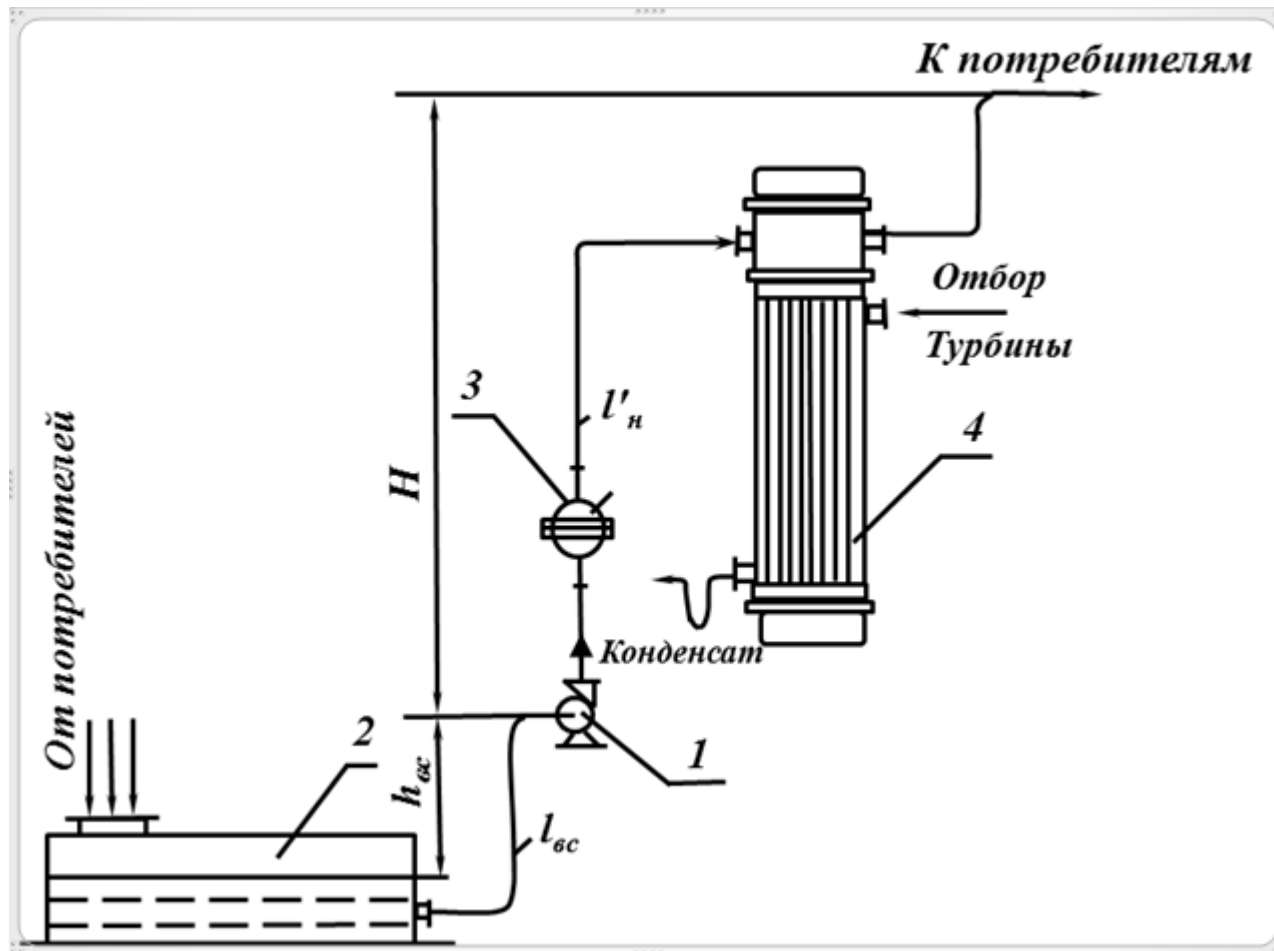


Рис.1 Теплотехнологическая схема

Вода насосом 1 перекачивается из резервуара 2 через грязевик 3 и бойлер 4 по трубопроводам к потребителям. В бойлере вода нагревается от отбора турбины давление  $p_T$  от  $t_1$  до  $t_2$ . Расход воды  $V$ , давление у потребителей  $p_K$ .

Вода подаётся по трубопроводу длиной  $l=l_{вс}+l_n$ . Длина трубопровода от насоса до теплообменника  $l'_n$ , высота всасывания  $h_{вс}$ , максимальная высота подъёма воды  $H$ .

Расход, параметры теплоносителей и длины участков трубопроводов приведены в таблице.

Таблица

Исходные данные для расчета:

№ варианта	$V, \text{ м}^3/\text{с}$	$H, \text{ м}$	$l_{вс}, \text{ м}$	$l_n, \text{ м}$	$l'_n, \text{ м}$	$p_T, \text{ МПа}$	$t_1, \text{ }^\circ\text{C}$	$t_2, \text{ }^\circ\text{C}$	$p_K, \text{ МПа}$	$h_{вс}, \text{ м}$
55	0,047	30	12	9,7	25	0,3	54	83	0,16	1,7

В процессе выполнения курсовой работы осуществляется контактная работа обучающегося с преподавателем. Консультации проводятся в аудитории и/или посредством электронной информационно-образовательной среды университета.

#### **4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий**

Не предусмотрено учебным планом.

### **5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

#### **5.1. Реализация компетенций**

**1 Компетенция ОПК-3 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах**

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ОПК-3.3. Использует знание теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем	Экзамен, защита курсовой работы, защита лабораторных работ, решение задач на практических занятиях
ОПК-3.5 Анализирует основные законы и способы переноса теплоты и массы и применяет основные зависимости теплообмена для расчетов теплотехнических установок и систем	Экзамен, защита курсовой работы, защита лабораторных работ, решение задач на практических занятиях

#### **5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации**

##### **5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для экзамена**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Предмет и метод теплообмена (ОПК-3.3)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Основные определения теплообмена..</li> <li>– Температурное поле</li> <li>– Законы сохранения энергии</li> <li>– Стационарные и нестационарные процессы.</li> </ul>
2	Основы теории теплопроводности (ОПК-3.5)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Закон Фурье переноса теплоты теплопроводностью.</li> <li>– Диф. уравнение теплопроводности.</li> <li>– Граничные условия четырех родов. Начальные условия. Числа Фурье и Прандтля.</li> <li>– Теплопроводность через плоскую стенку (однослойную и многослойную).</li> <li>– Теплопроводность через цилиндрическую стенку (однослойную и многослойную).</li> <li>– Теплопередача через многослойную цилиндрическую стенку.</li> <li>– Нестационарная теплопроводность пластины при</li> </ul>

		<p>граничных условиях первого и третьего рода</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- . Анализ решения в предельных случаях малых и больших чисел Био и Фурье</li> <li>- Графоаналитический и численные методы решения нестационарных задач теплопроводности.</li> </ul>
3	<p>Основы теории конвективного теплообмена (ОПК-3.5)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Конвективная теплоотдача.</li> <li>- Понятие о тепловом пограничном слое.</li> <li>- Теплообмен при ламинарном и турбулентном режимах.</li> <li>- Конвективный перенос теплоты</li> <li>- Уравнения энергии, движения и неразрывности потока.</li> <li>- Граничные условия.</li> <li>- Турбулентный пограничный слой: профили скорости и температуры,</li> <li>- Законы сопротивления и теплообмена.</li> <li>- Турбулентная теплопроводность и вязкость.</li> <li>- Число Прандтля.</li> <li>- Числа подобия при конвективной теплоотдаче: Нуссельта, Пекле, Прандтля, Рейнольдса</li> <li>- Условия теплового подобия</li> <li>- Теплоотдача при свободном движении жидкости в большом объеме и в ограниченном пространстве.</li> <li>- Теплоотдача при вынужденном течении жидкости в трубах. Режимы течения.</li> <li>- Влияние шероховатости и изгиба труб на теплоотдачу</li> <li>- Теплоотдача при поперечном обтекании труб и пучков труб. Режимы течения.</li> <li>- Явления отрыва пограничного слоя.</li> <li>- Теплоотдача при ламинарном, смешанном и турбулентном режимах течения в пучках труб</li> <li>- Теплообмен в псевдооживленном слое</li> <li>- Теплообмен при фазовых превращениях. при конденсации пара.</li> <li>- Кипение в большом объеме.</li> <li>- Пузырьковый и пленочный режимы кипения.</li> </ul>
5	<p>Законы теплового излучения (ОПК-3.5)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Особенности переноса энергии излучением.</li> <li>- Монохроматическое и интегральное излучение.</li> <li>- Интенсивность излучения. Плотность потока излучения.</li> <li>- Собственное излучение тел</li> <li>- Законы излучения черного тела. Серые тела.</li> <li>- Диффузное излучение. Закон Ламберта. Закон Кирхгофа.</li> <li>- Перенос излучения в ослабляющей среде.</li> <li>- Оптическая толщина слоя. Эффективная длина луча.</li> <li>- Селективное излучение и поглощение.</li> <li>- Излучение, поглощение и рассеивание в газах и парах.</li> <li>- Локальный и средний коэффициент поглощения.</li> </ul>
5	<p>Теплопередача (ОПК-3.5)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Теплопередача через плоскую однослойную стенку.</li> <li>- Теплопередача через плоскую многослойную стенку</li> <li>- Теплопередача через однослойную цилиндрическую стенку.</li> <li>- Теплопередача через многослойную цилиндрическую стенку.</li> <li>- Конструктивные способы изменения интенсивности теплопередачи.</li> <li>- Критический толщина тепловой изоляции.</li> <li>- Теплопередача через ребренную стенку.</li> </ul>

6	Основы расчета теплообменных аппаратов (ОПК-3.2)	-Типы теплообменных аппаратов. - Тепловой расчет рекуперативного теплообменника.
7	Совместные процессы тепло- и массообмена (ОПК-3.5)	-Основные положения и законы массообмена -Общие сведения. -Дифференциальное уравнение конвективного массообмена. -Аналогия процессов тепло и массообмена

### 5.2.2. Перечень контрольных материалов для защиты курсовой работы

#### Защита курсовой работы

Отметка о допуске к защите курсовой работы получается при предъявлении преподавателю оформленной расчетно-пояснительной записки (согласно заданию на выполнение курсовой работы).

Защита работы происходит в форме беседы с преподавателем, в ходе которой проверяется знание студентом назначения и методики выполненных расчетов, способность анализировать результаты, полученные в ходе расчетов.

#### *Типовые задания*

#### *Индикатор ОПК-3.2*

1. Сформулировать цель выполнения курсовой работы.
2. Что называется теплообменным аппаратом?
3. Где применяются теплообменные аппараты?
4. Какие теплоносители могут использоваться в теплообменных аппаратах?
5. Какие теплообменники применяют по способу передачи теплоты?
6. Какими бывают поверхностные теплообменные аппараты?
7. По каким схемам осуществляется движение теплоносителей в рекуперативных теплообменных аппаратах?
8. Теплообменные аппараты какого типа являются наиболее распространенными и почему?
9. Опишите картину теплообмена в регенеративных теплообменных аппаратах.
10. Опишите картину переноса теплоты в контактных (смесительных) теплообменных аппаратах.
11. Уравнение теплового баланса теплообменника при отсутствии тепловых потерь в окружающую среду.
12. Что называется условным эквивалентом?
13. Как соотносятся изменения температур теплоносителей их условным эквивалентам?

14. Уравнение теплопередачи теплообменного аппарата.
15. Что называется средним логарифмическим температурным напором?
16. По какой формуле определяется средняя разность температур греющей и нагреваемой жидкости в теплообменнике?
17. Формула для среднего логарифмического температурного напора, если температура одного из теплоносителей остается постоянной (испарение или конденсация).
18. Как определяется средний температурный напор для теплообменников с перекрестным током и другими более сложными схемами движения теплоносителей?
19. По какой формуле определяется рабочая поверхность теплообменного аппарата?
20. Формула для определения среднего коэффициента теплопередачи теплообменника.
21. По какой формуле определяется полное (общее) гидравлическое сопротивление теплообменного аппарата?

#### *Индикатор ОПК-3.5*

1. Почему противоточная схема движения теплоносителей в теплообменнике является наиболее эффективной по сравнению с другими схемами?
2. В каком случае противоточная схема движения теплоносителей в теплообменнике не имеет существенных преимуществ перед прямоточной схемой?
3. В каких случаях теплообменник с перекрестным током будет иметь большую величину коэффициента теплопередачи, чем теплообменник с противотоком?
4. Как определяют число труб и их длину конкретного теплообменного аппарата?
5. В каком случае вместо среднего логарифмического температурного напора можно воспользоваться формулой среднеарифметического температурного напора?
6. Для чего необходимо определять полное гидравлическое сопротивление теплообменника?

### **5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре**

#### **Перечень типовых задач для экзамена**

#### *Индикатор ОПК-3.2*

#### **Задача**

Определить коэффициент теплопроводности кирпичной стенки толщиной

390 мм, если температура на внутренней поверхности стенки  $300^{\circ}\text{C}$ , а на наружной  $60^{\circ}\text{C}$ . Потери тепла через стенку  $178 \text{ Вт/м}^2$ .

#### **Задача**

Температура поверхности вертикальной стены высотой 3 м равна  $15^{\circ}\text{C}$ . Температура воздуха в помещении  $25^{\circ}\text{C}$ . Определить коэффициент теплоотдачи от воздуха к стене.

#### **Задача**

Трубопровод диаметром 120 мм проложен в канале размером  $400 \times 400 \text{ мм}^2$ . Определить потерю тепла излучением на 1 м трубопровода, если температура поверхности изоляции трубопровода  $127^{\circ}\text{C}$ . А внутренней поверхности кирпичной кладки канала  $27^{\circ}\text{C}$ . Степень черноты поверхностей принять одинаковыми и равными 0,93.

#### **Задача**

Определить плотность теплового потока через плоскую стенку топки парового котла и температуру на поверхности стенки, если заданы; температура топочных газов  $1200^{\circ}\text{C}$ , температура воды в котле  $200^{\circ}\text{C}$ , коэффициенты теплоотдачи соответственно  $45 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}$  и  $6000 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}$ , толщина стенки 14 мм и коэффициент теплопроводности материала стенки  $58 \text{ Вт/м К}$ .

#### Индикатор ОПК-3.5

#### **Задача**

Определить потерю тепла с поверхности 1 м неизолированного трубопровода горячего водоснабжения, если его диаметр 76 мм, толщина стенки 3 мм, коэффициент теплопроводности материала труб  $50 \text{ Вт/м К}$ . Температура воды  $95^{\circ}\text{C}$ , наружная температура  $15^{\circ}\text{C}$ . Коэффициенты теплоотдачи от воды к стенке трубы  $5000 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}$ , а от трубы к воздуху  $15 \text{ Вт/м}^2$ .

#### **Задача**

В противоточном водяном маслоохладителе двигателя внутреннего сгорания масло охлаждается от  $65$  до  $55^{\circ}\text{C}$ . Температура охлаждающей воды на входе и выходе соответственно  $16$  и  $25^{\circ}\text{C}$ . Расход масла  $0,8 \text{ кг/с}$ . Определить необходимую поверхность теплообмена и расход охлаждающей воды, если коэффициент теплоотдачи  $280 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}$ , а теплоемкость масла  $2,45 \text{ кДж/кг К}$ .

#### *Типовые задания при проведении защиты в форме тестирования*

#### Индикатор ОПК-3.2

#### **Задание 1**

**Выберите один из предложенных вариантов ответа**

Что такое теплопроводность?

- 1) это перенос теплоты, обусловленный пространственным перемещением вещества;
- 2) это перенос теплоты структурными частицами вещества в процессе их теплового движения;
- 3) это перенос теплоты, осуществляемый в результате процессов превращения части внутренней энергии тела в энергию электромагнитного излучения.

## **Задание 2**

**Выберите один из предложенных вариантов ответа**

Что называется теплоотдачей?

- 1) процесс обмена теплотой между твердой поверхностью и текучей средой путем теплопроводности и теплового излучения;
- 2) процесс обмена теплотой между твердой поверхностью и текучей средой путем теплового излучения и конвекции;
- 3) процесс обмена теплотой между твердой поверхностью и текучей средой путем конвекции и теплопроводности.

## **Задание 3**

**Выберите один из предложенных вариантов ответа**

В результате чего осуществляется естественный конвективный теплообмен?

- 1) в результате вынужденного движения теплоносителя;
- 2) в результате свободного движения теплоносителя;
- 3) в результате вынужденного и свободного движения теплоносителя

## **Задание 4**

**Выберите один из предложенных вариантов ответа**

Что называется теплопередачей?

- 1) перенос теплоты от теплоносителя к стенке;
- 2) перенос теплоты от стенки к теплоносителю;

- 3) теплообмен между двумя теплоносителями через разделяющую их твердую стенку или поверхность раздела.

### **Задание 5**

#### **Выберите один из предложенных вариантов ответа**

Какие вещества обладают наибольшим коэффициентом теплопроводности?

- 1) жидкости;
- 2) металлы;
- 3) неметаллические материалы, газы и пары.

### **Задание 6**

#### **Выберите один из предложенных вариантов ответа**

Каким принимают коэффициент теплоотдачи при решении задач теплопроводности?

- 1) постоянным;
- 2) переменным;
- 3) чаще всего переменным.

### **Задание 7**

#### **Выберите один из предложенных вариантов ответа**

Какие законы выражает система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена?

- 1) законы сохранения массы и импульса;
- 2) законы сохранения импульса и энергии;
- 3) законы сохранения массы, импульса и энергии

### **Задание 8**

#### **Выберите один из предложенных вариантов ответа**

Какое число подобия в уравнении подобия при изучении теплоотдачи всегда является определяемым (искомым)?

- 1) число Рейнольдса;



- 2) число Прандтля;
- 3) число Нуссельта.

### **Задание 9**

#### **Выберите один из предложенных вариантов ответа**

Что включает в себя теплопередача?

- 1) перенос теплоты от горячего теплоносителя к стенке, теплоотдача в стенке, перенос теплоты от стенки к более холодному теплоносителю;
- 2) перенос теплоты от холодного теплоносителя к стенке, теплопроводность в стенке, перенос теплоты от стенки к более горячему теплоносителю;
- 3) перенос теплоты от более горячего теплоносителя к стенке, теплопроводность в стенке, перенос теплоты от стенки к более холодному теплоносителю.

### **Задание 10**

#### **Выберите один из предложенных вариантов ответа**

Какие материалы могут быть использованы для тепловой изоляции?

- 1) материалы с низким коэффициентом теплопроводности;
- 2) материалы с большим коэффициентом теплопроводности;
- 3) материалы с нестабильными физическими характеристиками

Индикатор ОПК-3.5

### **Задание 1**

#### **Выберите один из предложенных вариантов ответа**

Как влияет контактное термическое сопротивление на тепловой по-

ток теплопроводностью через многослойную стенку?

- 1) уменьшается тепловой поток;
- 2) не изменяется тепловой поток;
- 3) увеличивается тепловой поток.

## **Задание 2**

**Выберите один из предложенных вариантов ответа**

Каким образом можно существенно уменьшить контактное термическое сопротивление многослойной стенки?

- 1) покрытием соприкасающихся поверхностей мягкими металлами или при прокладках из мягких материалов;
- 2) увеличением газовой прослойки на границе раздела двух слоев;
- 3) созданием окисной пленки между соприкасающимися поверхностями.

## **Задание 3**

**Выберите один из предложенных вариантов ответа**

Какое значение коэффициента теплоотдачи используют в практических расчетах?

- 1) местный коэффициент теплоотдачи;
- 2) среднее значение коэффициента теплоотдачи;
- 3) чаще всего местный коэффициент теплоотдачи.

## **Задание 4**

**Выберите один из предложенных вариантов ответа**

При каком расположении труб в пучке теплоноситель перемешивается лучше, и теплообмен протекает более интенсивно?

- 1) при шахматном расположении;

- 2) при коридорном расположении;
- 3) одинаково при шахматном и коридорном расположении.

### **Задание 5**

#### **Выберите один из предложенных вариантов ответа**

Какие материалы могут быть использованы для тепловой изоляции?

- 1) материалы с низким коэффициентом теплопроводности;
- 2) материалы с большим коэффициентом теплопроводности;
- 3) материалы с нестабильными физическими характеристиками.

### **Задание 6**

#### **Выберите один из предложенных вариантов ответа**

Со стороны какой среды выполняют оребрение стенки?

- 1) со стороны той среды, которая характеризуется большим коэффициентом теплоотдачи;
- 2) со стороны той среды, которая характеризуется небольшим коэффициентом теплоотдачи;
- 3) со стороны той среды, где меньшее термическое сопротивление.

### **Задание 7**

#### **Выберите один из предложенных вариантов ответа**

Что определяют при конструктивном расчете рекуперативного теплообменного аппарата?

- 1) рабочую поверхность теплообменника;
- 2) количество передаваемой теплоты;
- 3) температуры теплоносителей на выходе из теплообменника.

### **Задание 8**

#### **Выберите один из предложенных вариантов ответа**

В каком случае при расчете рекуперативного теплообменника

вместо среднелогарифмического температурного напора можно воспользоваться среднеарифметическим температурным напором?

- 1) когда отношение большего температурного напора между теплоносителями к меньшему больше 1,7;
- 2) когда отношение большего температурного напора между теплоносителями к меньшему температурному напору меньше 1,7;
- 3) когда отношение большего температурного напора между теплоносителями к меньшему значительно больше 1,7.

### Защита лабораторных работ

В методических указаниях к выполнению лабораторных работ по дисциплине представлено перечнем лабораторных работ, для каждой работы указана цель, имеются необходимые теоретические сведения (разобраны основные понятия по теме работы и произведено описание лабораторной установки) и методические указания к порядку выполнения и обработке результатов, приведен перечень контрольных вопросов.

Защита лабораторных работ возможна после допуска к выполнению, выполнения (снятия показаний приборов), обработки результатов, оформления отчета, проверки правильности выполнения задания. Защита проводится в форме собеседования преподавателя со студентом по теме лабораторной работы.

Примерный перечень контрольных вопросов для защиты лабораторных работ представлен в таблице.

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
1.	Лабораторная работа №1. Определение коэффициента теплопроводности теплоизоляционных материалов методом плоского слоя и методом трубы. (ОПК 3.2)	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Что называется температурным полем? Напишите уравнение температурного поля при нестационарном (неустановившемся) тепловом режиме.</li><li>2. Напишите уравнение температурного поля при стационарном режиме.</li><li>3. Что называется, изотермической поверхностью и изотермой?</li><li>4. Что называется, градиентом температуры?</li><li>5. Что называется, плотностью теплового потока?</li><li>6. Напишите математическое выражение закона Фурье.</li><li>7. Что называется, коэффициентом теплопроводности? Размерность и физический смысл.</li></ol>

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
		<p>8. От каких факторов зависит коэффициент теплопроводности?</p> <p>9. Опишите особенности теплопроводности различных веществ.</p> <p>10. Дифференциальное уравнение теплопроводности.</p> <p>11. Опишите граничные условия первого, второго и третьего рода.</p> <p>12. Дифференциальное уравнение стационарной теплопроводности однослойной цилиндрической стенки.</p> <p>13. Уравнение стационарного температурного поля однослойной цилиндрической стенки.</p> <p>14. Уравнение плотности теплового потока через однослойную цилиндрическую стенку при стационарной теплопроводности.</p> <p>15. Термическое сопротивление однослойной цилиндрической стенки при стационарной теплопроводности.</p> <p>16. Опишите стационарное температурное поле многослойной цилиндрической стенки.</p> <p>17. Уравнение теплового потока через многослойную цилиндрическую стенку при стационарной теплопроводности.</p> <p>18. Полное термическое сопротивление многослойной цилиндрической стенки при стационарной теплопроводности.</p> <p>19. Как влияет контактное термическое сопротивление на тепловой поток через многослойную цилиндрическую стенку.</p> <p>20. Дифференциальное уравнение стационарной теплопроводности однослойной цилиндрической стенки.</p> <p>21. Уравнение стационарного температурного поля однослойной цилиндрической стенки.</p> <p>22. Уравнение плотности теплового потока через однослойную цилиндрическую стенку при стационарной теплопроводности.</p> <p>23. Термическое сопротивление однослойной цилиндрической стенки при стационарной теплопроводности.</p> <p>24. Опишите стационарное температурное поле многослойной цилиндрической стенки.</p> <p>25. Уравнение теплового потока через многослойную цилиндрическую стенку при стационарной теплопроводности.</p> <p>26. Полное термическое сопротивление многослойной цилиндрической стенки при стационарной теплопроводности.</p> <p>27. Как влияет контактное термическое сопротивление на тепловой поток через многослойную цилиндрическую стенку.</p>

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
2.	Лабораторная работа №2. Теплоотдача горизонтальной трубы при свободном движении воздуха. (ОПК 3.2)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Опишите явление конвективного теплообмена (теплоотдачи).</li> <li>2. Что называется ламинарным и турбулентным пограничным слоем?</li> <li>3. Что называется тепловым пограничным слоем?</li> <li>4. Что называется вынужденной конвекцией?</li> <li>5. Что называется свободной (естественной) конвекцией?</li> <li>6. Что называется динамическим и кинематическим коэффициентом вязкости?</li> <li>7. Как влияет вязкость теплоносителя на интенсивность теплоотдачи?</li> <li>8. Как влияет теплоемкость теплоносителя на интенсивность теплоотдачи?</li> <li>9. Как влияет направление теплового потока (от стенки к теплоносителю или наоборот) на интенсивность теплоотдачи?</li> <li>10. Какую роль в процессе теплоотдачи играет форма обтекаемой поверхности?</li> <li>11. Формула Ньютона для теплового потока при теплоотдаче.</li> <li>12. Что представляет собой коэффициент теплоотдачи?</li> <li>13. По какой формуле определяется среднее значение температуры стенки при теплоотдаче?</li> <li>14. По какой формуле определяется среднее значение температуры теплоносителя при теплоотдаче?</li> <li>15. От каких влияющих факторов зависит коэффициент теплоотдачи?</li> <li>16. Какие законы выражают дифференциальные уравнения конвективного теплообмена?</li> </ol>
3.	Лабораторная работа №3. Определение коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи (ОПК 3.5)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Что называется теплопередачей?</li> <li>2. Что называется коэффициентом теплопередачи?</li> <li>3. Формула для определения плотности теплового потока через однослойную плоскую стенку.</li> <li>4. Коэффициент теплопередачи через однослойную плоскую стенку.</li> <li>5. По какой формуле определяется полное термическое сопротивление через однослойную плоскую стенку?</li> <li>6. Как определяются температуры поверхностей плоской стенки?</li> <li>7. Коэффициент теплопередачи и полное термическое сопротивление через многослойную плоскую стенку.</li> <li>8. Формула для линейной плотности теплового потока через однослойную цилиндрическую стенку.</li> <li>9. Линейный коэффициент теплопередачи для однослойной цилиндрической стенки.</li> <li>10. Как определяются температуры внутренней и наружной поверхностей однослойной цилиндрической стенки?</li> <li>11. Линейный коэффициент теплопередачи для многослойной цилиндрической стенки.</li> <li>12. Определение температур поверхностей многослойной стенки, соприкасающихся с теплоносителем.</li> </ol>

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
		<ol style="list-style-type: none"> <li>13. Какие материалы относятся к теплоизоляционным?</li> <li>14. В каком случае при покрытии изоляцией труб можно получить не уменьшение, а увеличение тепловых потерь?</li> <li>15. По какой формуле определяется критический диаметр изоляции и чему он соответствует?</li> <li>16. Какое условие должно выполняться, чтобы изоляция вызвала уменьшение тепловых потерь?</li> <li>17. Со стороны какой среды выполняют оребрение стенки и почему?</li> <li>18. В каком случае оребрение стенки будет высокоэффективным?</li> <li>19. Что называется коэффициентом эффективности ребер? В каком</li> <li>20. Формула для теплового потока через оребренную стенку.</li> <li>21. Коэффициент теплопередачи оребренной стенки.</li> </ol>
4.	<p>Лабораторная работа №4.  Определение КПД теплообменников: “труба в трубе”, кожухотрубного, пластинчатого. (ОПК 3.5)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Что называется теплообменным аппаратом?</li> <li>2. Где применяются теплообменные аппараты?</li> <li>3. Какие теплоносители могут использоваться в теплообменных аппаратах?</li> <li>4. Какие теплообменники применяют по способу передачи теплоты?</li> <li>5. Какими бывают поверхностные теплообменные аппараты?</li> <li>6. По каким схемам осуществляется движение теплоносителей в рекуперативных теплообменных аппаратах?</li> <li>7. Теплообменные аппараты какого типа являются наиболее распространенными и почему?</li> <li>8. Опишите картину теплообмена в регенеративных теплообменных аппаратах.</li> <li>9. Опишите картину переноса теплоты в контактных (смесительных) теплообменных аппаратах.</li> <li>10. Уравнение теплового баланса теплообменника при отсутствии тепловых потерь в окружающую среду.</li> <li>11. Что называется условным эквивалентом?</li> <li>12. Как соотносятся изменения температур теплоносителей их условным эквивалентам?</li> <li>13. Уравнение теплопередачи теплообменного аппарата.</li> <li>14. Что называется средним логарифмическим температурным напором?</li> <li>15. По какой формуле определяется средняя разность температур греющей и нагреваемой жидкости в теплообменнике?</li> <li>16. Формула для среднего логарифмического температурного напора, если температура одного из теплоносителей остается постоянной (испарение или конденсация).</li> <li>17. В каком случае вместо среднего логарифмического температурного напора можно воспользоваться формулой среднеарифметического температурного</li> </ol>

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
		<p>напора?</p> <p>18. Как определяется средний температурный напор для теплообменников с перекрестным током и другими более сложными схемами движения теплоносителей?</p> <p>19. Почему противоточная схема движения теплоносителей в теплообменнике является наиболее эффективной по сравнению с другими схемами?</p> <p>20. В каком случае противоточная схема движения теплоносителей в теплообменнике не имеет существенных преимуществ перед прямоточной схемой?</p> <p>21. В каких случаях теплообменник с перекрестным током будет иметь бо'льшую величину коэффициента теплопередачи, чем теплообменник с противотоком?</p> <p>22. По какой формуле определяется рабочая поверхность теплообменного аппарата?</p> <p>23. Формула для определения среднего коэффициента теплопередачи теплообменника.</p> <p>24. Как определяют число труб и их длину конкретного теплообменного аппарата?</p> <p>25. Для чего необходимо определять полное гидравлическое сопротивление теплообменника?</p>

### **Решение задач на практических занятиях**

На практических занятиях производится разбор методик расчета показателей и параметров тепловых процессов, а также решение разноуровневых задач.

#### *Типовые разноуровневые задачи и задания*

#### *Индикатор ОПК 3.2*

##### **Задача**

Определить потери тепла в единицу времени с  $l$  м длины горизонтально расположенной трубы, охлаждаемой свободным потоком воздуха, если температура стенки трубы  $t_c$ , температура воздуха в помещении  $t_b$ , а диаметр трубы  $d$ . Лучистым теплообменом пренебречь.

##### **Задача**

Определить средний коэффициент конвективной теплоотдачи от потока воздуха к стенкам пяти рядного пучка труб при поперечном его обтекании, если известна средняя скорость потока в узком сечении  $\omega$ , средняя температура воздуха  $t_b$  и диаметр трубы

#### *Индикатор ОПК 3.5*

##### **Задача**



По стальной трубе, внутренний и внешний диаметр которой соответственно  $d_1$  и  $d_2$ , а коэффициент теплопроводности  $\lambda_1 = 40 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$ , течёт газ со средней температурой  $t_{\text{г}}$ . Коэффициент теплопередачи от газа к стенке  $\alpha_1$ . Снаружи труба охлаждается водой со средней температурой  $t_{\text{в}}$ ; коэффициент теплоотдачи от стенки к воде  $\alpha_2$ .

Определить коэффициент теплопередачи  $K$  от газа к воде, тепловой поток на  $l$  м длины трубы  $q_l$  и температуры поверхностей трубы. Данные, необходимые для решения задачи, выбрать из таблицы.

Определить также температуру внешней поверхности трубы и  $q_l$ , если она покрылась слоем накипи толщиной  $\delta = 2 \text{ мм}$ , коэффициент теплопроводности которой  $\lambda_2 = 0,8 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$  (при  $\alpha_2 = \text{const}$ ).

### Задача

Горячий газ, омывающий снаружи тонкую стальную трубу, имеет среднюю температуру  $t_{\text{г}}$  и коэффициент теплоотдачи  $\alpha_1$ . Труба изнутри охлаждается воздухом со средней температурой  $t_{\text{в}}$  при давлении  $P_2 = 0,1 \text{ МПа}$ . Определить скорость воздуха, обеспечивающую среднюю температуру стенки трубы не выше  $t_1$ ; если внутренний диаметр трубы  $d_1$ , толщина её  $\delta$  и коэффициент теплопроводности  $\lambda = 20 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$ . Данные, необходимые для решения задачи, выбрать из таблицы.

Указание: при решении задачи можно считать стенку плоской.

Ответить на вопросы:

Какое из частных сопротивлений ( $\frac{1}{\alpha_1}$ ,  $\frac{\delta}{\lambda}$ ,  $\frac{1}{\alpha_2}$ ) имеет большее влияние на величину коэффициента теплопередачи  $K$  в вашем варианте задачи?

Во сколько раз (примерно) нужно изменить коэффициент теплоотдачи  $\alpha_2$  в вашем варианте задачи, чтобы уменьшить температуру стенки  $t_1$  в два раза? Покажите это на графике  $t = f(R)$ . Как при этом изменится тепловой поток  $q$ ?

### Задача

Определить удельный лучистый тепловой поток  $q (\text{Вт/м}^2)$  между двумя параллельно расположенными плоскими стенками, имеющими температуры  $t_1$  и  $t_2$  и степени черноты  $\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_2$ , если между ними нет экрана. Определить  $q$  при наличии экрана со степенью черноты  $\varepsilon_3$  (с обеих сторон). Данные для решения задачи выбрать из таблицы.

Ответить на вопросы:

Во сколько раз уменьшится тепловой поток, если принять в вашем варианте задачи  $\varepsilon_3 = \varepsilon_1$  по сравнению с потоком без экрана?

Для случая  $\varepsilon_2 = \varepsilon_1$  определите, какой экран из таблицы даст наилучший эффект и какой наилучший?

### Задача

Определить поверхность нагрева водо-воздушного рекуперативного теплообменника при прямоточной и противоточной схемах движения теплоносителей, если объёмный расход воздуха к воде  $K$ , начальные и конечные температуры воздуха и воды равны, соответственно  $t_1', t_1'', t_2', t_2''$ . Определите так же расход воды  $G$  через теплообменник. Изобразить график изменения температур теплоносителей для обеих схем при различных соотношениях их условных эквивалентов.

#### 5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме экзамена используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
ОПК-3	Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах
ОПК-3.3.	Анализирует теплофизические свойства рабочих тел и производит поиск оптимальных характеристик и параметров рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем
Знания	Знание терминов, определений, понятий
	Знание основных закономерностей, соотношений, принципов
	Объем освоенного материала
	Полнота ответов на вопросы
	Четкость изложения и интерпретации знаний
Умения	Полнота выполненного задания
	Качество выполненного задания
	Самостоятельность выполнения задания
	Умение сравнивать, сопоставлять и обобщать и делать выводы
	Качество оформления задания
	Правильность применения теоретического материала
Навыки	Выбор методики выполнения задания
	Анализ результатов решения задач
	Обоснование полученных результатов

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание терминов, определений, понятий	Не знает терминов и определений	Знает термины и определения, но допускает неточности формулировок	Знает термины и определения	Знает термины и определения, может корректно сформулировать их самостоятельно
Знание основных закономерностей, соотношений, принципов	Не знает основных закономерностей, соотношений, принципов тепло- и массообмена	Знает основные закономерности, соотношения, принципы тепло- и массообмена	Знает основные закономерности, соотношения, принципы тепло- и массообмена; их интерпретирует	Знает основные закономерности, соотношения, принципы тепло- и массообмена; может самостоятельно

			и использует	их вывести, объяснить и использовать
Объем освоенного материала	Не знает значительной части материала дисциплины	Знает только основной материал дисциплины, не усвоил его деталей	Знает материал дисциплины в достаточном объеме	Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство вопросов	Дает неполные ответы на большинство вопросов	Дает ответы на вопросы, но не все – полные	Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы
Четкость изложения и интерпретации знаний	Излагает знания без логической последовательности	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности	Излагает знания без нарушений в логической последовательности	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя
	Не иллюстрирует изложение поясняющими схемами, рисунками и примерами	Выполняет поясняющие схемы и рисунки небрежно и с ошибками	Выполняет поясняющие рисунки и схемы корректно и понятно	Выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полностью усвоенных знаний
	Не излагает или неверно излагает и интерпретирует знания	Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний	Грамотно и по существу излагает знания	Грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы

Оценка сформированности компетенций по показателю *Умения*.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Полнота выполненного задания	Задание не выполнено	Задание выполнено не в полном объеме	Задание выполнено полностью	Задание выполнено полностью, рациональным способом
Качество выполненного задания	Имеются существенные ошибки при использовании общей методики выполнения задания	Задание выполнено с существенными неточностями, не носящими принципиальны й характер	Задание выполнено с небольшими неточностями	Задание выполнено без ошибок
Самостоятельность выполнения задания	Не может выполнить задание, в том	Может выполнить задание только с дополнительной помощью	Выполняет задание в основном	Самостоятельно выполняет задание

	числе и с дополнительной помощью		самостоятельно	
Умение сравнивать, сопоставлять и обобщать и делать выводы	Не умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать, а также делать выводы	Допускает ошибки при сопоставлении, обобщении и при формулировании выводов	Умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать, но допускает небольшие неточности при формулировании выводов	Умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать, а также делает верные выводы
Качество оформления задания	Задание оформлено настолько неряшливо, что не поддается проверке	Задание оформлено неаккуратно, отсутствуют необходимые пояснения и ссылки на используемые источники	Задание оформлено аккуратно, с ссылками на используемые источники	Задание оформлено аккуратно, с необходимыми пояснениями и ссылками на используемые источники
Правильность применения теоретического материала	При применении теоретического материала допущены ошибки, относящиеся к методике выполнения задания	При применении теоретического материала допущены ошибки, не носящие принципиальный характер	Теоретический материал применен и интерпретирован в целом правильно, но с несущественными неточностями	Теоретический материал применен и интерпретирован правильно

### Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Выбор методики выполнения задания	Неверно выбрана методика выполнения задания	Методика выполнения задания выбрана в целом верно, но имеются незначительные неточности при описании основных расчетных зависимостей	Методика выполнения задания выбрана в целом верно, но имеются недочеты, не относящиеся к основным расчетным зависимостям	Выбрана верная или наиболее рациональная методика выполнения задания
Анализ результатов решения задач	Не произведен анализ результатов решения задачи при необходимости такого анализа	Анализ результатов, полученных при решении задачи проводится только при помощи преподавателя	Допускаются незначительные неточности в ходе анализа результатов решения задачи	Произведен анализ результатов решения задачи и сделаны исчерпывающие выводы
Обоснование полученных результатов	Представляемые результаты не обоснованы	Имеются замечания к полученным результатам, отсутствует в достаточной	Представляемые результаты обоснованы и в целом аргументированы, имеются ссылки на	Представляемые результаты обоснованы, четко аргументированы с указанием ссылок на нормативные,

		степени их обоснование	нормативные, справочные и учебно-методические источники	справочные и учебно-методические источники
--	--	------------------------	---	--

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
ОПК-3 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	
ОПК-3.5 Анализирует основные законы и способы переноса теплоты и массы и применяет основные зависимости тепломассообмена для расчетов теплотехнических установок и систем	
Знания	Знание терминов, определений, понятий
	Знание основных закономерностей, соотношений, принципов
	Объем освоенного материала
	Полнота ответов на вопросы
	Четкость изложения и интерпретации знаний
Умения	Полнота выполненного задания
	Качество выполненного задания
	Самостоятельность выполнения задания
	Умение сравнивать, сопоставлять и обобщать и делать выводы
	Качество оформления задания
	Правильность применения теоретического материала
Навыки	Выбор методики выполнения задания

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание терминов, определений, понятий	Не знает терминов и определений	Знает термины и определения, но допускает неточности формулировок	Знает термины и определения	Знает термины и определения, может корректно сформулировать их самостоятельно
Знание основных закономерностей, соотношений, принципов	Не знает основных закономерностей, соотношений, принципов тепло- и массообмена	Знает основные закономерности, соотношения, принципы тепло- и массообмена	Знает основные закономерности, соотношения, принципы тепло- и массообмена; их интерпретирует и использует т	Знает основные закономерности, соотношения, принципы тепло- и массообмена; может самостоятельно их вывести, объяснить и использовать

Объем освоенного материала	Не знает значительной части материала	Знает только основной материал, не усвоил его деталей	Обладает знанием материала, не усвоил некоторые нюансы	Обладает твердым и полным знанием материала, владеет дополнительными знаниями
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство вопросов	Дает неполные ответы на большинство вопросов	Дает ответы на вопросы, но не все – полные	Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы
Четкость изложения и интерпретации знаний	Излагает знания без логической последовательности	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности	Излагает знания без нарушений в логической последовательности	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя
	Не излагает или неверно излагает и интерпретирует знания	Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний	Грамотно и по существу излагает знания	Грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы

### Оценка сформированности компетенций по показателю *Умения*.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Полнота выполненного задания	Задание не выполнено	Задание выполнено не в полном объеме	Задание выполнено полностью, но отсутствуют некоторые пояснения	Задание выполнено полностью, рациональным способом
Качество выполненного задания	Имеются существенные ошибки при использовании общей методики выполнения задания	Задание выполнено с большим количеством неточностей, не носящих принципиальный характер	Задание выполнено с небольшими неточностями	Задание выполнено без ошибок
Самостоятельность выполнения задания	Не может выполнить задание, в том числе и с дополнительной помощью	Может выполнить задание только с дополнительной помощью	Выполняет задание в основном самостоятельно	Самостоятельно выполняет задание
Умение сравнивать, сопоставлять и обобщать и делать выводы	Не умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать, а также делать выводы	Допускает ошибки при сопоставлении, обобщении и при формулировании выводов	Умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать, но допускает небольшие неточности при формулировании выводов	Умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать, а также делает верные выводы
Качество оформления задания	Задание оформлено настолько неряшливо, что не	Задание оформлено неаккуратно, отсутствуют	Задание оформлено аккуратно, с ссылками на	Задание оформлено аккуратно, с необходимыми

	поддается проверке	необходимые пояснения и ссылки на используемые источники	используемые источники	пояснениями и ссылками на используемые источники
Правильность применения теоретического материала	При применении теоретического материала допущены ошибки, относящиеся к методике выполнения задания	При применении теоретического материала допущены ошибки, не носящие принципиальный характер	Теоретический материал применен и интерпретирован в целом правильно, но с несущественными неточностями	Теоретический материал применен и интерпретирован правильно

### Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Выбор методики выполнения задания	Неверно выбрана методика выполнения задания	Методика выполнения задания выбрана в целом верно, но имеются незначительные неточности при описании основных расчетных зависимостей	Методика выполнения задания выбрана в целом верно, но имеются недочеты, не относящиеся к основным расчетным зависимостям	Выбрана верная или наиболее рациональная методика выполнения задания

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
	Учебная аудитория для проведения лекционных, практических и лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации, самостоятельной работы	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук, лабораторные стенды и оборудование
	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду

### 6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020 Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2022г.
	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

### 6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

#### Основная литература

1. Баскаков А.П., Берг Б.В., Витт О.К. Теплотехника: Учебное пособие М.: Изд-во БАСТЕТ, 2010
2. М. А. Михеев Основы теплопередачи: Учебное пособие. М.: Изд-во БАСТЕТ, 2010
3. Круглов, Р. И. Теплотехника: Учебное пособие. Санкт-Петербург, Москва; Краснодар: Изд-во Лань, 2012,
4. Е.А.Кравченко, В.П.Кожевников Теоретические основы теплотехники. Часть 2. Тепломассообмен: Учебное пособие. Изд-во БГТУ, 2008.
5. Григорьев Б.А., Цветков Ф.Ф. Тепломассообмен: учебник. Издательский дом МЭИ , 2011, -562 с

Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/72294#authors>

6. Круглов Г.А., Булгакова Р.И., Круглова Е.С. Тепломассообмен: учебное пособие. Издательство "Лань", 2008

Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/3900#authors012>

7. З.Х. Посохин В.Н., Чефанов В.М. Основы гидравлики и теплотехники учебное пособие. Издательство "Лань", 2014.- 352 с.

Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/39146#authors>

#### Дополнительная литература



1. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника / Под общ. ред. А.В. Клименко, В.М. Зорина. Справочник. М.: Изд-во МЭИ, 2004
2. Назмеев Ю.Г., Лавыгин В.М. Теплообменные аппараты ТЭС. Учебное пособие. М.: Изд-во МЭИ, 2002
3. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Учебное пособие. Л.: Химия, 1987
4. Кузнецов В.А. Тепломассообмен. Методические указания к выполнению лабораторных работ. Белгород: Изд-во БГТУ, 1989.-43 с.
5. Романков П.Г., Фролов В.Ф., Флисюк О.М. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи). Учебное пособие для вузов. СПб.: ХИМИЗДАТ, 2010

Режим доступа: [www.iprbookshop.ru/22539](http://www.iprbookshop.ru/22539) .— ЭБС

6. Теплообменные аппараты ТЭС. В 2 кн. Кн. 1 / под общ. ред. чл.-корр. РАН Ю.Г. Назмеева и проф. В.Н. Шлянникова. Справочник. Издательский дом МЭИ, 2010.

Режим доступа : <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/8142>

7. Логинов В.С., Крайнов А. В., Юхнов В.Е., Феоктистов Д. В. Примеры и задачи по тепломассообмену. Учебное пособие. Издательство "Лань", 2011.- 256 с

Режим доступа: [https://e.lanbook.com/book/1553?category\\_pk=933#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/1553?category_pk=933#book_name)

8. Синявский Ю.В. Сборник задач по курсу Теплотехника [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Синявский Ю.В.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: ГИОРД, 2010.— 128 с.

Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/15931>.— ЭБС «IPRbooks»

9. Тепломассообмен [Электронный ресурс]: методические указания к практическим занятиям.— Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2014.— 18 с.

Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/55162>.— ЭБС «IPRbooks»

#### **6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем**

1. <http://www.iprbookshop.ru/28374.html>
2. <http://www.iprbookshop.ru/81004.html>
3. <http://www.iprbookshop.ru/20458.html>
4. <http://www.iprbookshop.ru/20459.html>
5. <http://www.iprbookshop.ru/21761.html>
6. <http://www.iprbookshop.ru/33625.html>

## 7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ<sup>1</sup>

Рабочая программа утверждена на 20\_\_\_\_ /20\_\_\_\_ учебный год  
без изменений / с изменениями, дополнениями<sup>2</sup>

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

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Ю.В. Васильченко  
подпись, ФИО

Директор института \_\_\_\_\_ А.В. Белоусов  
подпись, ФИО

---

<sup>1</sup> Заполняется каждый учебный год на отдельных листах

<sup>2</sup> Нужно подчеркнуть