

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»
в городе Борисоглебске



«УТВЕРЖДАЮ»

Директор

Л.В.Болотских

«02» сентября 2019г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

Б1.В.01 «Тепломассообмен»

Направление подготовки 08.03.01 Строительство

Профиль Теплогазоснабжения и вентиляции

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года / 4 года 11 м

Форма обучения очная / заочная

Год начала подготовки 2018

Автор программы

/Матвеева Л.И./

Заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции

/Чудинов Д.М./

Руководитель ОПОП

/Чудинов Д.М./

Борисоглебск 2019

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины: формирование системы знаний, умений и навыков в области тепломассообмена, создание фундамента для усвоения дисциплин профилизации, развитие умения творческого использования основных закономерностей тепломассообмена при решении конкретных задач в области теплоэнергетики, теплогазоснабжения, отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха

1.2. Задачи освоения дисциплины:

формирование у обучающихся знаний теплотехнической терминологии, законов теплопередачи и массопереноса, методов подбора тепловых процессов, конструирования теплообменных аппаратов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Тепломассообмен» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Тепломассообмен» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-1 - Способен организовывать и совершенствовать производственно-технологические процессы строительного-монтажных работ в сфере теплогазоснабжения и вентиляции

ПК-3 - Способен управлять производственно-хозяйственной деятельностью в сфере теплогазоснабжения, вентиляции

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-1	знать основные законы теплообмена и массопереноса, основные методы расчета процессов теплообмена и массопереноса, встречающихся в ходе профессиональной деятельности в сфере теплогазоснабжения и вентиляции
	уметь рассчитывать процессы тепломассообмена; анализировать научно-техническую литературу по тепломассообмену, выявлять достоинства и недостатки известных методов расчета и проектирования теплотехнических систем и оборудования.
	владеть навыками расчета тепло- и массообменных процессов, теплообменного оборудования в сфере теплогазоснабжения и вентиляции
ПК-3	основные характеристики и параметры процессов в сфере теплогазоснабжения и вентиляции
	уметь пользоваться справочной и нормативной литературой, подбирать теплообменное оборудование на основе расчетов и анализа теплофизических характеристик объекта
	владеть навыками работы со специализированными отечественными и зарубежными источниками научно-технической информации, навыками внедрения результатов исследований и практических теплотехнических разработок в сфере теплогазоснабжения и вентиляции

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Тепломассообмен» составляет 5 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		5
Аудиторные занятия (всего)	72	72
В том числе:		
Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
Самостоятельная работа	72	72
Курсовая работа	+	+
Часы на контроль	36	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	180	180
зач.ед.	5	5

заочная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Курс, сессия	
		2	3,летн.
Аудиторные занятия (всего)	20	-	20
В том числе:			
Лекции	6	-	6
Практические занятия (ПЗ)	8	-	8
Лабораторные работы (ЛР)	6	-	6
Самостоятельная работа	151	-	151
Курсовая работа	+		+
Часы на контроль	9	-	9
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+		+
Общая трудоемкость:			
академические часы	180	0	180
зач.ед.	5	0	5

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная/заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
-------	-------------------	--------------------	------	-----------	-----------	-----	------------

1	Введение в тепло-массообмен. Способы переноса теплоты.	Возникновение и история развития науки о теплообмене. Основные понятия и определения: теплопроводность, конвективный теплообмен, теплообмен излучением, сложный теплообмен, теплопередача. Роль теплообмена в развитии строительной индустрии. Связь с технической термодинамикой.	2/0,5	-/-	-/-	4/3	6/3,5
2	Теплопроводность при стационарном режиме.	Температурное поле, тепловой поток, температурный градиент, закон Фурье, коэффициент теплопроводности, характеристика теплоизоляционных свойств различных материалов. Вывод дифференциального уравнения теплопроводности. Условия однозначности для процессов теплопроводности. Теплопроводность через плоскую стенку при граничных условиях. Теплопроводность через цилиндрическую стенку. Эквивалентный коэффициент теплопроводности. Теплопроводность шаровой стенки. Теплопроводность при наличии внутренних источников тепла.	4/1	2/2	2/2	8/18	16/23
3	Теплопроводность при нестационарном режиме.	Аналитическое описание процесса охлаждения (нагрева) плоской неограниченной пластины. Анализ полученного решения, частные случаи. Определение количества тепла, отдаваемое (воспринимаемое) плоской неограниченной пластиной. Анализ решения охлаждения (нагрева) сплошного неограниченного цилиндра. Расчет нестационарного температурного поля для тел конечных размеров. Зависимость температурного поля от числа Фурье (регулярный тепловой режим). Численные методы решения задач нестационарной теплопроводности. Электротепловая аналогия. Применение аналоговых устройств для решения задач теплопроводности в телах сложной формы.	4/-	2/-	-/2	8/18	14/20
4	Конвективный теплообмен в однородной среде.	Основные понятия и определения: виды конвекции, коэффициент теплоотдачи, свойства теплоносителей, гидродинамический и тепловой пограничный слой. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена. Критерии подобия и критериальные уравнения. Основы теории подобия. Числа подобия. Условия подобия при конвективном теплообмене. Вынужденная конвекция при течении среды в трубах и каналах. Вынужденная конвекция при поперечном омывании одиночных труб и трубных пучков. Теплоотдача при свободной конвекции в неограниченном и ограниченном пространстве.	6/2	4/2	4/-	12/20	26/24
5	Теплообмен при кипении и конденсации.	Теплоотдача при кипении жидкости в большом объеме. Пузырьковый и пленочный режимы кипения. Определение коэффициента теплоотдачи. Теплоотдача при кипении	4/0,5	2/-	2/-	8/18	16/18,5

		жидкости, движущейся в трубах. Теплообмен при пленочной конденсации неподвижного пара. Теплообмен при пленочной конденсации пара, движущегося внутри труб. Теплообмен при конденсации пара на поверхности горизонтальных труб и трубных пучков. Влияние примеси неконденсирующихся газов на интенсивность теплообмена. Теплообмен при конденсации на холодильных струях и каплях.					
6	Теплообмен излучением.	Основные понятия и определения: интегральная и спектральная плотность излучения, угловая плотность излучения, яркость излучения. Эффективное и результирующее излучение. Законы теплового излучения: Планка, Кирхгофа, Ламберта, Стефана-Больцмана. Лучистый теплообмен между телами в диатермичной среде. Теплообмен излучением при наличии экранов. Тепловое излучение в поглощающей среде (газах). Степень черноты газового объема. Сложный теплообмен. Числа подобия Кирпичева и Больцмана.	4/1	2/1	2/2	8/18	16/22
7	Теплопередача	Теплопередача через плоскую и цилиндрическую стенки при граничных условиях третьего рода. Критический диаметр тепловой изоляции. Пути интенсификации теплопередачи. Теплопроводность в стержне постоянного поперечного сечения. Теплопередача через ребренную стенку. Коэффициент эффективности ребра. Упрощенные формулы для расчета потока в относительно тонких криволинейных стенках. Принципы расчета температурного поля в ребре переменного сечения.	4/1	2/1	4/-	8/18	18/20
8	Массообмен.	Основные понятия и определения. Молекулярная диффузия, закон Фика, стеновский поток. Дифференциальные уравнения тепло- и массообмена. Конвективный массообмен. Коэффициент массоотдачи. Понятие о диффузионном пограничном слое. Аналогия процессов тепло- и массообмена и использование аналогии для расчета массообменных процессов. Числа Нуссельта и Прандтля. Тепломассоотдача при испарении жидкости в парогазовую среду. Адиабатический и неадиабатический процессы испарения. Температура мокрого термометра. Массоперенос в капиллярно-пористых телах. Гидравлический радиус Козени, закон Дарси, эффективный коэффициент теплопроводности твердого тела. Теплоперенос в изоляционных материалах.	4/-	2/-	2/-	8/18	16/18
9	Теплообменные аппараты.	Классификация теплообменных аппаратов. Основы теплового расчета рекуперативных теплообменников: уравнения теплового баланса, теплопередачи, коэффициент	4/-	2/2	2/-	8/20	16/22

		теплопередачи теплообменного аппарата. Определение среднего температурного напора теплообменного аппарата. Особенности теплового расчета регенеративных теплообменных аппаратов. Конструкторский и поверочный расчет теплообменника. Основы технико-экономической оптимизации теплообменных аппаратов.					
		контроль					36/9
Итого			36/6	18/8	18/6	72/151	180/180

5.2 Перечень лабораторных работ

1. Определение коэффициента теплопроводности изоляционных материалов.
2. Определение коэффициента теплоотдачи при свободной конвекции (метод струны)
3. Исследование процессов теплообмена на горизонтальном трубопроводе
4. Определение степени черноты тела методом сравнения

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсовой работы в 5 семестре для очной формы обучения.

Примерная тематика курсовой работы: «Расчет теплообменного аппарата»

Задачи, решаемые при выполнении курсовой работы:

- обзор видов теплообменных аппаратов;
- анализ процессов теплообмена в теплообменном аппарате;
- изучение методов тепловых расчетов теплообменных аппаратов;
- конструктивный расчет рекуперативного теплообменного аппарата.

Курсовая работа включает в себя теоретическую и расчетную части.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-1	знать основные законы теплообмена и массопереноса, основные методы расчета процессов теплообмена и массопереноса, встречающихся в ходе профессиональной деятельности	Активная работа на практических и лабораторных занятиях, ответ на теоретические вопросы при защите курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	нальной деятельности в сфере теплогазоснабжения и вентиляции			
	уметь рассчитывать процессы теплообмена; анализировать научно-техническую литературу по теплообмену, выявлять достоинства и недостатки известных методов расчета и проектирования теплотехнических систем и оборудования.	Решение стандартных практических заданий, написание курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками расчета тепло- и массообменных процессов, теплообменного оборудования в сфере теплогазоснабжения и вентиляции	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-3	основные характеристики и параметры процессов в сфере теплогазоснабжения и вентиляции	Активная работа практических и лабораторных занятиях, ответ на теоретические вопросы при защите курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь пользоваться справочной и нормативной литературой, подбирать теплообменное оборудование на основе расчетов и анализа теплофизических характеристик объекта	Решение стандартных практических заданий, написание курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками работы со специализированными отечественными и зарубежными источниками научно-технической информации, навыками внедрения результатов исследований и практических теплотехнических разработок в сфере теплогазоснабжения и вентиляции	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 5 семестре для очной формы и на 3 курсе летней сессии заочной формы обучения по четырехбалльной системе:

- «отлично»;
- «хорошо»;
- «удовлетворительно»;
- «неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-1	знать основные законы теплообмена и массопереноса, основные методы расчета процессов теплообмена и массопереноса,	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов

	встречающихся в ходе профессиональной деятельности в сфере теплогазоснабжения и вентиляции					
	уметь рассчитывать процессы теплообмена; анализировать научно-техническую литературу по теплообмену, выявлять достоинства и недостатки известных методов расчета и проектирования теплотехнических систем и оборудования.	Решение стандартных практически х задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть навыками расчета тепло- и массообменных процессов, теплообменного оборудования в сфере теплогазоснабжения и вентиляции	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-3	основные характеристики и параметры процессов в сфере теплогазоснабжения и вентиляции	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь пользоваться справочной и нормативной литературой, подбирать теплообменное оборудование на основе расчетов и анализа теплофизических характеристик объекта	Решение стандартных практически х задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть навыками работы со специализированными отечественными и зарубежными источниками научно-технической информации, навыками внедрения результатов исследований и практических теплотехнических разработок в сфере теплогазоснабжения и вентиляции	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Теплопроводность – это...

- а) процесс распространения тепловой энергии при непосредственном соприкосновении отдельных частиц тела, имеющих разные температуры;
- б) перенос тепловой энергии при перемещении объемов жидкости или газа;
- в) распространение тепловой энергии с помощью электромагнитных волн;
- г) передача теплоты от горячей жидкости к холодной через разделяющую их стенку.

2. Возрастание температуры по нормали характеризуется...

- а) вектором температуры;
- б) градиентом температуры;
- в) единичным вектором;
- г) проекцией вектора на ось.

3. Единица измерения коэффициента теплопроводности:

- а) Вт/ м град;
- б) м⁰С/ Вт²;
- в) м/ Вт;
- г) м/ ⁰С.

4. График распределения температур для цилиндрической стенки представляет собой...

- а) логарифмическую кривую;
- б) прямую линию;
- в) гиперболу;
- г) экспоненту.

5. Нестационарными процессами теплопроводности называют такие процессы, когда...

- а) температура во времени не меняется;
- б) с течением времени температура изменяется;
- в) давление с течением времени не меняется;
- г) относительная влажность с течением времени изменяется.

6. Материал с каким коэффициентом теплопроводности является теплоизоляционным?

- а) 0,15 Вт/м град;
- б) 10 Вт/м град;
- в) 40 Вт/м град;
- г) 100 Вт/м град.

7. Одинаковые единицы измерения имеют следующие коэффициенты:

- а) теплопроводности и теплоотдачи;
- б) теплоотдачи и теплопередачи;
- в) теплопроводности и теплопередачи;
- г) температуропроводности и теплопередачи.

8. При ламинарном течении перенос теплоты осуществляется путем...

- а) теплопроводности;
- б) теплоотдачи;
- в) теплопередачи;
- г) конвекции.

8. Если горячая и холодная жидкости в теплообменном аппарате движутся параллельно и в одном направлении, то такая схема движения теплоносителей называется...

- а) противоток;
- б) перекрестный ток;
- в) прямоток;
- г) параллельный ток.

9. При одинаковых условиях коэффициент теплоотдачи от труб шахматного пучка...

- а) меньше, чем от труб коридорного пучка;

- б) больше, чем от труб коридорного пучка;
- в) на порядок меньше, чем от труб коридорного пучка;
- г) равен коэффициенту теплоотдачи от труб коридорного пучка.

10. Абсолютно черные тела – это тела, способные...

- а) поглощать полностью тепловые лучи;
- б) отражать тепловые лучи;
- в) излучать энергию.

11. Процесс теплопередачи через стенку включает в себя...

- а) теплоотдачу от греющей среды к стенке;
- б) теплоотдачу от греющей среды к стенке и теплопроводность через стенку;
- в) теплоотдачу от греющей среды к стенке, теплопроводность через стенку и теплоотдачу от стенки к нагреваемой среде;
- г) теплопроводность через стенку и теплоотдачу от стенки к нагреваемой среде.

12. Поверхность, необходимая для передачи теплового потока Q от горячего теплоносителя к холодному, определяется из...

- а) уравнения Ньютона-Рихмана;
- б) уравнения теплового баланса;
- в) уравнения Фурье;
- г) уравнения теплопередачи.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Теплота передается теплопроводностью через 2-слойную плоскую стенку поверхностью $F = 0,8 \text{ м}^2$. Определить удельный тепловой поток q в Вт/м², если: $\delta_1 = 0,2 \text{ м}$; $\lambda_1 = 1$

Вт/(мК); $t_{c1} = 550 \text{ }^\circ\text{C}$; $\delta_2 = 0,02 \text{ м}$; $\lambda_2 = 0,1 \text{ Вт/(мК)}$; $t_{c2} = 350 \text{ }^\circ\text{C}$

2. Какое из приведенных выражений является уравнением Ньютона - Рихмана?

А) $q = k(t_{жс1} - t_{жс2})$

Б) $q = \varepsilon c_0 [(\frac{T_1}{100})^4 - (\frac{T_2}{100})^4]$

В) $q = -\lambda(\frac{dt}{dn})$

Г) $q = \alpha(t_1 - t_2)$

3. Какое выражение является числом подобия Грасгофа?

А) $\frac{wl}{\nu}$

Б) $g\beta\theta_c \frac{l^3}{\nu^2}$

В) $\frac{\nu}{a}$

Г) $\frac{\alpha l_0}{\lambda}$

4. Рассчитать тепловой поток излучения от обогревателя, сделанного из полированной стали в виде экрана размерами $(0,5 \times 0,8 \times 0,02) \text{ м}^3$, если температуры поверхности обогревателя и стен комнаты соответственно равны $80 \text{ }^\circ\text{C}$ и $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

5. Чему равна приведенная степень черноты двух параллельных поверхностей, если: $\varepsilon_1 = 0,25$; $\varepsilon_2 = 0,5$?

6. Излучательная способность стенки летательного аппарата равна $4,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К}^4)$, а длина волны, отвечающая максимуму спектральной плотности излучения, $\lambda_m = 2,9 \text{ мкм}$. Вычислить плотность потока энергии собственного излучения летательного аппарата в $\text{кВт}/\text{м}^2$.
7. Рассчитать тепловой поток излучением (в кВт) от стальной трубы наружным диаметром $d=15 \text{ см}$ и длиной 12 м , используемой для обогрева помещения площадью 40 м^2 с температурой стен 15°C , если температура стенки трубы 90°C
8. Две плоские поверхности со степенями черноты $0,67$ имеют различные температуры и разделены экраном. Какую степень черноты должен иметь экран, чтобы плотность теплового потока была в 4 раза меньшей, чем в отсутствие экрана?
9. Температуры двух близко расположенных стальных поверхностей равны 500K и 300K . Во сколько раз увеличится плотность теплового потока между ними, если температура горячей стенки возрастет до 1000K ?
10. Определить тепловой поток (в $\text{Вт}/\text{м}^2$) между стенками сосуда для хранения жидкого азота, если на внутренней поверхности наружной стенки температура равна 0°C . Стенки сосуда покрыты слоем серебра, площади их примерно одинаковы и равны $0,1 \text{ м}^2$.
11. Определить тепловой поток (в $\text{Вт}/\text{м}^2$) между стенками сосуда для хранения жидкого водорода, если на внутренней поверхности наружной стенки температура равна 0°C . Стенки сосуда покрыты слоем материала со степенью черноты $0,01$, площади их примерно одинаковы и равны $0,1 \text{ м}^2$
12. Тепло передается от горячего теплоносителя к холодному через плоскую стенку поверхностью $F = 0,2 \text{ м}^2$. Определить коэффициент теплопередачи, если $\alpha_1 = 500 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$; $\alpha_2 = 50 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$; $\delta = 0,1 \text{ м}$; $\lambda = 1 \text{ Вт}/(\text{мК})$.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Обмуровка печи состоит из слоев шамотного и красного кирпича, между которыми расположена засыпка. Толщина шамотного слоя 120 мм , засыпки 50 мм , красного кирпича 250 мм . Коэффициенты теплопроводности материалов соответственно равны: $0,93 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$; $0,13 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$; $0,7 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$. Какой толщины следует сделать слой из красного кирпича, если отказаться от применения засыпки, чтобы тепловой поток через обмуровку остался неизменным? а) 500 мм . б) 1500 мм . в) 250 мм . г) 750 мм .
2. Стальной трубопровод диаметром $d_1/d_2 = 100/110 \text{ мм}$ с коэффициентом теплопроводности $\lambda_1 = 50 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$ покрыт изоляцией в два слоя одинаковой толщины 50 мм . Температура внутренней поверхности трубы 250°C , наружной поверхности изоляции 50°C . Коэффициентом теплопроводности первого слоя изоляции $0,06 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$, второго слоя изоляции $0,12 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$. Определить потери теплоты с 1 м трубопровода и температуру на границе соприкасающихся слоев изоляции. а) $q_1 = 89,5 \text{ Вт}/\text{м}$; $t_{c3} = 97^\circ\text{C}$. б) $q_1 = 79,5 \text{ Вт}/\text{м}$; $t_{c3} = 107^\circ\text{C}$. в) $q_1 = 79,5 \text{ Вт}/\text{м}$; $t_{c3} = 97^\circ\text{C}$. г) $q_1 = 89,5 \text{ Вт}/\text{м}$; $t_{c3} = 107^\circ\text{C}$.
3. Определить тепловой поток через 1 м^2 стены помещения, состоящей из кирпича и изоляции, с толщиной слоя кирпича 510 мм и толщиной слоя изоляции 50 мм , с коэффициентами теплопроводности соответственно $0,8 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$, $0,08 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$. Температура внутреннего воздуха 18°C , коэффициент теплоотдачи к внутренней поверхности $7,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot^\circ\text{C})$, температура наружного воздуха -30°C , коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности $20 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot^\circ\text{C})$. Вычислить также температуры на поверхностях стены (t_{c1} и t_{c3}). а) $q = 33,2 \text{ Вт}/\text{м}^2$; $t_{c1} = 13,6^\circ\text{C}$; $t_{c3} = -28,3^\circ\text{C}$. б) $q = 33,8 \text{ Вт}/\text{м}^2$; $t_{c1} = 18,6^\circ\text{C}$; $t_{c3} = -28,3^\circ\text{C}$. в) $q = 39,5 \text{ Вт}/\text{м}^2$; $t_{c1} = 15,6^\circ\text{C}$; $t_{c3} = -39,3^\circ\text{C}$. г) $q = 40,1 \text{ Вт}/\text{м}^2$; $t_{c1} = 17,6^\circ\text{C}$; $t_{c3} = -39,3^\circ\text{C}$.
4. Определить потерю теплоты через кирпичную стенку длиной 5 м , высотой 4 м и толщиной 250 мм , если температуры на поверхностях стенки 110°C и 40°C . Коэффициент теплопроводности $0,7 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$. Как должна измениться температура наружной стенки при ее покрытии изоляцией толщиной 25 мм и коэффициентом теплопроводности $0,13 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$, если потери теплоты остаются прежними? а) $Q = 3920 \text{ Вт}$. б) $Q = 3500 \text{ Вт}$. в) $Q =$

4500 Вт. г) $Q = 7000$ Вт.

5. Стальной брусок нагревается в электропечи. Температура внутренней поверхности печи $800\text{ }^{\circ}\text{C}$, степень черноты $0,82$. Температура поверхности бруска $350\text{ }^{\circ}\text{C}$, степень черноты $0,65$. Заготовка лежит на поду печи. Площадь излучающей поверхности бруска меньше площади излучающей поверхности печи в 4 раза. Определить плотность результирующего лучистого потока от стенок печи на поверхность бруска. а) $q = 41810$ Вт/м². б) $q = 49810$ Вт/м². в) $q = 52810$ Вт/м². г) $q = 68810$ Вт/м².

6. На наружной поверхности вертикальной трубы диаметром 20 мм и высотой $H = 2$ м конденсируется сухой насыщенный водяной пар при давлении $p_n = 1,98 \cdot 10^5$ Па. Температура поверхности трубы $T_w = 115\text{ }^{\circ}\text{C}$. Определить средний по высоте коэффициент теплоотдачи от пара к трубе и количество пара G , кг/ч, которое конденсируется на поверхности трубы. а) $\alpha = 6740$ Вт/(м²К), $G = 7$ кг/ч. б) $\alpha = 6000$ Вт/(м²К), $G = 8$ кг/ч. в) $\alpha = 7740$ Вт/(м²К), $G = 9$ кг/ч. г) $\alpha = 7000$ Вт/(м²К), $G = 10$ кг/ч.

7. Стены сушильной камеры выполнены из слоя красного кирпича толщиной $\delta_1 = 250$ мм и слоя строительного войлока. Температура на внутренней поверхности кирпичного слоя $T_{w1} = 130\text{ }^{\circ}\text{C}$, а на внешней поверхности войлочного слоя $T_{w2} = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Коэффициент теплопроводности красного кирпича $0,7$ Вт/(м·К) и строительного войлока $0,0465$ Вт/(м·К). Вычислить температуру в плоскости соприкосновения слоев T_{1-2} и толщину войлочного слоя при условии, что тепловые потери через 1 м² стенки камеры равны $q = 130$ Вт/м². а) $T_{1-2} = 83,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\delta = 15,6$ мм. б) $T_{1-2} = 103,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\delta = 17,6$ мм. в) $T_{1-2} = 95,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\delta = 18,6$ мм. г) $T_{1-2} = 73,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\delta = 16,6$ мм.

8. В трубчатом пароводяном теплообменнике сухой насыщенный пар с давлением $p = 3,61 \cdot 10^5$ Па конденсируется на внешней поверхности труб. Вода, движущаяся по трубам, нагревается от $t'_2 = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $t''_2 = 90\text{ }^{\circ}\text{C}$. Определить среднелогарифмический температурный напор в этом теплообменнике и расход пара, если расход воды $G_2 = 3$ кг/с. а) $G_1 = 0,45$ кг/с, $\Delta t = 69,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. б) $G_1 = 0,65$ кг/с, $\Delta t = 79,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. в) $G_1 = 0,55$ кг/с, $\Delta t = 99,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. г) $G_1 = 0,75$ кг/с, $\Delta t = 89,2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

9. Определить среднюю разность температур, площадь поверхности нагрева и расходные теплоемкости обоих теплоносителей в противоточном рекуперативном теплообменнике, если горячий теплоноситель (масло МК) имеет на входе температуру $90\text{ }^{\circ}\text{C}$, на выходе $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, холодный (воздух) имеет температуру на входе $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, а на выходе $80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Тепловой поток, передаваемый в теплообменнике, $0,2$ МВт. Коэффициент теплопередачи 70 Вт/(м²К). а) $W_2 = 4000$ Вт/К, $\Delta t = 12,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. б) $W_2 = 5000$ Вт/К, $\Delta t = 11,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. в) $W_2 = 4500$ Вт/К, $\Delta t = 12,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. г) $W_2 = 5500$ Вт/К, $\Delta t = 11,0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

10. В испарителе кипит вода при давлении $p_2 = 1$ бар. Греющий пар при давлении $p_1 = 20$ бар конденсируется и удаляется при температуре насыщения. Расход воды $G_2 = 0,2$ кг/с. Определить расход греющего пара. а) $G_1 = 0,24$ кг/с. б) $G_1 = 0,14$ кг/с. в) $G_1 = 0,34$ кг/с. г) $G_1 = 0,44$ кг/с.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету (Не предусмотрен учебным планом)

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Виды переноса тепловой энергии. Сложный теплообмен.
2. Температурное поле. Температурный градиент.
3. Удельный тепловой поток. Закон Фурье.
4. Коэффициент теплопроводности, теплоизоляционные материалы.
5. Дифференциальное уравнение теплопроводности.
6. Условия однозначности. Граничные условия.
7. Теплопроводность через плоскую стенку.
8. Теплопроводность через цилиндрическую стенку.

9. Нагрев (охлаждение) бесконечной пластины.
10. Нагрев (охлаждение) бесконечного цилиндра.
11. Нагрев (охлаждение) тел конечных размеров.
12. Основные идеи теории подобия. Условия подобия физических процессов.
13. Критерии подобия.
14. Режимы течения потока. Критериальные уравнения.
15. Теплоотдача при вынужденном движении потока в трубах.
16. Теплоотдача при поперечном обтекании труб.
17. Теплоотдача при поперечном обтекании пучков труб.
18. Теплоотдача при вынужденном продольном омывании плоской пластины.
19. Теплоотдача при естественной конвекции.
20. Теплоотдача при кипении.
21. Теплоотдача при конденсации пара.
22. Тепловое излучение. Основные характеристики теплообмена излучением.
23. Законы теплового излучения абсолютно черного тела.
24. Излучение серых тел. Степень черноты.
25. Теплообмен излучением между телами в диатермичной среде.
26. Использование экранов для защиты от излучений.
27. Излучение газов и паров.
28. Сложный теплообмен.
29. Теплопередача. Уравнение теплопередачи, коэффициент теплопередачи. Термическое сопротивление теплопередачи.
30. Теплопередача через плоские стенки.
31. Теплопередача через цилиндрические стенки.
32. Теплопередача через ребристую поверхность.
33. Теплообменные аппараты (определение, классификация)
34. Схемы течения теплоносителей. Температурный напор. Уравнения теплопередачи и теплового баланса.
35. Конструктивный и поверочный расчеты рекуперативного теплообменника.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен проводится путем организации специального опроса в устной и (или) письменной форме. В билете содержится два теоретических вопроса и одна задача. Оценка «отлично» ставится в случае полного, развернутого ответа на вопросы экзамена и верного решения задачи. Оценка «хорошо» ставится в случае частичного, недостаточно развернутого ответа на вопросы экзамена и неполного решения специальной задачи. Оценка «удовлетворительно» ставится в случае отсутствия ответа на какой либо вопрос или отсутствии решения задачи. Оценка «неудовлетворительно» ставится в случае отсутствия ответа, на какой-либо вопрос и отсутствии решения задачи.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Введение в тепломассообмен.	ПК-1, ПК-3	Тест

	Способы переноса теплоты.		
2	Теплопроводность при стационарном режиме.	ПК-1, ПК-3	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ
3	Теплопроводность при нестационарном режиме.	ПК-1, ПК-3	Тест
4	Конвективный теплообмен в однородной среде.	ПК-1, ПК-3	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту
5	Теплообмен при кипении и конденсации.	ПК-1, ПК-3	Тест
6	Теплообмен излучением.	ПК-1, ПК-3	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ
7	Теплопередача	ПК-1, ПК-3	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ
8	Массообмен.	ПК-1, ПК-3	Тест
9	Теплообменные аппараты.	ПК-1, ПК-3	Тест, контрольная работа, требования к курсовому проекту

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы, курсового проекта или отчета по всем видам практик осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная литература

1. Мирам, А. О. Техническая термодинамика. Тепломассообмен [Текст] : учебник : рек. УМО РФ / А.О. Мирам, В.А.Павленко. - М. : АСВ, 2011 - 351 с.
2. Экспериментальное исследование процессов теплообмена [Текст] : метод.

указания к выполнению лаборат. работ для студ. спец. 190205, 270106, 270109, 270112, 270113, 280101 всех форм обучения по дисциплинам "Тепломассообмен", "Теплотехника", "Теплогасоснабжение и вентиляция" / Воронеж. гос. архит.-строит. ун-т ; сост.: В. Н. Мелькумов, Н. А. Петрикеева, А. И. Колосов, Д. М. Чудинов. - Воронеж : [б. и.], 2010. - 26 с.

3. Жуков А.Д. Тепловые процессы и установки в технологии строительных изделий [Электронный ресурс]: учебное пособие/ А.Д. Жуков, А.Э. Бегляров, В.А. Гусев— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2014.— 252 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/27038>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

Дополнительная литература

1. Мелькумов, В.Н. Расчет процессов теплопроводности и конвективного теплообмена. Часть 2. Метод. указания к выполнению курсовой работы для студентов специальности 290700 всех форм обучения по дисциплине «Тепломассообмен»./В.Н. Мелькумов, Н.А. Петрикеева.// Воронеж, ВГАСУ. - 2009 16 с.
2. Примеры и задачи по тепломассообмену [Текст] : учеб. пособие : рек. УМО. - 2-е изд., испр. и доп. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2011. - 254 с.
3. Теплотехника [Текст] : учебник / под ред. А. П. Баскакова. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. :
4. Михеев, М.А. Основы теплопередачи [Текст] /М.А. Михеев, И.М. Михеева. - 3-е изд., репринт. - М. - 342 с.
5. Техническая термодинамика: учеб. пособие: рек. ВГАСУ / А.Т. Курносов, Д.Н. Китаев; Воронеж. Гос.архит.-строит. ун-т.- Воронеж, 2007.-109 с.
6. Исследование термодинамических параметров газов: метод. указания к выполнению лаб. работ для студ. / Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т; сост.: Д.Н. Китаев, Г.Н. Мартыненко. – Воронеж, 2009. - 36с.
7. Термодинамические основы производства тепловой и электрической энергии на ТЭЦ, КЭС и в районных котельных [Текст]: метод. указания к выполнению курс. работы для студ. спец. 270109/Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т; сост.: Д.Н. Китаев, Г.Н. Мартыненко. - Воронеж, 2008. - 46 с.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Информационные технологии:

- мультимедийные презентации. Используется компьютерная техника для демонстрации слайдов с помощью программных приложений Microsoft Power Point.

- самостоятельный поиск дополнительного учебного и научного материала, с использованием поисковых систем и сайтов сети Интернет, электронных энциклопедий и баз данных.

- Применяемое лицензионное программное обеспечение: Microsoft Office Word, Microsoft Office Power Point.

- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля):

- <https://lektsia.com>

- <https://studopedia.ru>

- Информационные справочные системы

Обучающиеся могут при необходимости использовать возможности информационно-справочных систем, электронных библиотек и архивов.

Адрес электронного каталога электронно-библиотечной системы ВГТУ: <http://catalog2.vgasu.vrn.ru/MarcWeb2/>

Другие электронной информационно-образовательной ресурсы доступны по ссылкам на сайте ВГТУ - см. раздел Электронные образовательные информационные ресурсы. В их числе: библиотечные серверы в Интернет, серверы науки и образования, периодика в интернет, словари и энциклопедии.

- Электронно-библиотечная система «IPRbooks»

<http://www.iprbookshop.ru>

- Электронно-библиотечная система «Elibrary» <http://elibrary.ru>

- Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки <http://www.diss.rsl.ru>

- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://biblioclub.ru>

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

- Национальная Электронная Библиотека <https://нэб.рф>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Материально-техническая база соответствует действующим санитарно-техническим нормам и обеспечивает проведение всех видов занятий.

Лекционные и практические занятия по дисциплине проводятся в аудиториях, с использованием интерактивных досок, проекционного и мультимедийного оборудования.

В самостоятельной и аудиторной работе студентами активно используются единая информационная база (новая литература, периодика, электронные образовательные ресурсы, электронные учебники, справочники, цифровые образовательные ресурсы):

- IBM PC - совместимые компьютеры (ауд. 5);

- мультимедийное оборудование, видеофильмы;

- плакаты

- виртуальные лабораторные установки по основным разделам термодинамики и теплообмена

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Теплообмен» читаются лекции, проводятся

практические занятия и лабораторные работы, выполняется курсовая работа.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета процессов теплообмена, характеристик теплообменных аппаратов. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Методика выполнения курсовой работы изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсовой работы должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсовой работы, защитой курсовой работы.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none">- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;- выполнение домашних заданий и расчетов;- работа над темами для самостоятельного изучения;- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;- подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные

	перед экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.
--	---