



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ:

Директор института
О.С. Логунова

«11» октября 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Тепломассообменные процессы в тепловом оборудовании систем ТГВ

Направление подготовки
08.03.01 «Строительство»

Профиль программы
Теплогазоснабжение и вентиляция

Уровень высшего образования – бакалавриат

Программа подготовки – академический бакалавриат

Форма обучения
Заочная

Институт
Кафедра
Курс

строительства, архитектуры и искусства
управления недвижимостью и инженерных систем
4

Магнитогорск
2018 г.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство», утвержденного приказом МОиН РФ от 12.03.2015 №201.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Управление недвижимостью и инженерные системы» «11» сентября 2018 г., протокол № 2

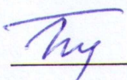
Зав. кафедрой  Г.В. Кобельков

Рабочая программа одобрена методической комиссией института строительства, архитектуры и искусства «11» октября 2018 г., протокол № 1

Председатель  О.С. Логунова

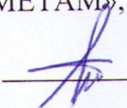
Рабочая программа составлена:

доцент каф. УНиИС, к.т.н., доцент

 Г.Н. Трубицына

Рецензент:

технический директор ООО «МЕТАМ», к.т.н., доцент

 Г.А. Павлова

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Тепломассообменные процессы в тепловом оборудовании систем ТГВ» являются: изучение основ использования законов тепломассообмена в технике, достижение способности применения полученных знаний в теплоэнергетике, теплогазоснабжении, вентиляции и кондиционировании воздуха.

Задачи дисциплины

- получение представления о фундаментальных и прикладных исследованиях в области теплотехники;
- изучение основных механизмов переноса теплоты, базисной системы уравнений теплопроводности, конвекции, теплового излучения и теплопередачи, принципов работы и расчета теплового и холодильного оборудования;
- получение навыков расчета параметров рабочих тел, применяемых в теплоэнергетических и массообменных установках - газовых смесей, водяного пара и влажного воздуха, оценки влияния тепловых явлений на работу технологического теплообменного и холодильного оборудования, разработки мероприятий по экономии тепловой энергии, оценки влияния работы теплового и холодильного оборудования на микроклимат помещения.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы подготовки бакалавра

Дисциплина Б1.В.11 «Тепломассообменные процессы в тепловом оборудовании систем ТГВ» является обязательной дисциплиной вариативной части профессионального цикла профиля – Теплогазоснабжение и вентиляция. Программа дисциплины логически взаимосвязана со смежными дисциплинами.

Изучение дисциплины базируется на знаниях, умениях и навыках, приобретенных студентами в ходе изучения дисциплин:

- **математика:** теория алгоритмов, дифференциальное и интегральное исчисления, вероятность и статистика, элементарная теория вероятностей, модели случайных процессов, статистические методы обработки экспериментальных данных;
- **информатика:** общая характеристика процессов сбора, передачи, обработки и накопления информации; модели решения функциональных и вычислительных задач; алгоритмизация и программирование; базы данных; компьютерная графика;
- **теоретические основы теплотехники** – основные процессы термодинамики, диаграмма двухфазного перехода вещества, законы передачи теплоты: теплопроводность, излучение, конвективный теплообмен;

Знания и умения студентов, полученные при изучении дисциплины «Тепломассообменные процессы в тепловом оборудовании систем ТГВ» будут необходимы им при дальнейшем изучении таких дисциплин, как «Централизованное теплоснабжение», «Автоматизация систем ТГСВ», «Современные системы климатизации зданий», «Вентиляция», «Проектирование систем провентиляции и очистка вентиляционных выбросов», «Основы теории надежности систем ТГВ», а также при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Тепломассообменные процессы в тепловом оборудовании систем ТГВ» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
<p>ПК-1-знанием нормативной базы в области инженерных изысканий, принципов проектирования зданий, сооружений, инженерных систем и оборудования, планировки и застройки населенных мест</p>	
Знать	Основные понятия о методах расчета и нормативной базе при проектировании тепломассообменных процессов в тепловом оборудовании систем ТГВ
Уметь	<p>– Применять полученные знания о методах расчета и нормативной базе при проектировании тепломассообменных процессов в тепловом оборудовании систем ТГВ</p> <p>–</p>
Владеть	<p>- Навыками проектной работы и применением нормативной базы в области инженерных изысканий, принципов проектирования тепломассообменных процессов в тепловом оборудовании систем ТГВ.</p> <p>- Способами оценивания значимости и практической пригодности полученных результатов.</p>
<p>ОПК-1-способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования</p>	
Знать	– Основные определения и понятия базовых знаний в области естественнонаучных дисциплин
Уметь	– Объяснять типичные модели задач в области тепломассообменных процессов в тепловом оборудовании систем ТГВ
Владеть	<p>- Основными методами математического анализа и моделирования в области тепломассообменных процессов в тепловом оборудовании систем ТГВ</p> <p>- Способами оценивания значимости и практической пригодности полученных результатов.</p>

4 Структура и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет - 3 зачетных единиц; 108 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 10,7 акад. часов:
аудиторная – 10 акад. часов;
внеаудиторная – 0,7 акад. часов
- самостоятельная работа – 93, 4 акад. часов;
- подготовка к зачету – 3,9 акад. часа

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
1. Введение	4							
1.1. Возникновение и история развития науки о тепломассообмене; вклад русских и советских ученых. Современные научные проблемы тепломассообмена вообще и в области строительства, теплогазоснабжения и вентиляции в частности. Перспективы развития науки о тепломассообмене					2	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическими материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями).	Устный опрос. Проверка практических заданий	ПК-1,зув ОПК-1, зув
Итого по разделу		0	0	0	2			
2. Теплопроводность								
2.1.Нестационарная		0,5		0,5	3	Поиск дополнительной	Устный опрос. Проверка	ПК-1,зув

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
теплопроводность. Операционный метод решения задач нестационарной теплопроводности. Метод расчета нестационарного температурного поля для тел конечных размеров (метод суперпозиции, теорема о перемножении решений). Влияние числа Фурье на температурное поле при нестационарном режиме: начальная стадия регулярного режима; темп регулярного режима. Понятие о нестационарном температурном поле при переменной температуре окружающей среды; температурные волны.						информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями). Выполнение АПР №1	практических заданий	
Итого по разделу		0,5		0,5	2			
3. Конвективный теплообмен и теплопередача								
3.1 Теплообмен при течении жидкости в трубах. Ламинарный режим течения - гидродинамическая и тепловая стабилизация, начальный участок и участок стабилизированного течения.		0,5		0,5/0,5	4	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами,	Устный опрос. Проверка практических заданий	ПК-1,зув ОПК-1, зув

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
Теплообмен при стабилизированном ламинарном течении в трубе с круглым поперечным сечением для граничных условий первого (постоянная температура стенки) и второго (постоянная плотность теплового потока) рода. Изменение средней температуры жидкости вдоль канала, средний логарифмический температурный напор. Теплоотдача при турбулентном течении жидкости в трубе, влияние гидродинамической структуры потока на теплоотдачу, основные расчетные зависимости. Теплоотдача в каналах с поперечным сечением произвольной формы, в изогнутых каналах						словарями, энциклопедиями). Выполнение АПР №2		
3.2 Теплоотдача при свободном движении жидкости. Формулировка и решение задачи о теплообмене при свободном ламинарном движении жидкости вдоль вертикальной поверхности. Физический смысл числа Грасгофа, изменение локальной теплоотдачи вдоль поверхности.		05		0,5/0,5	4	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями).	Устный опрос. Проверка практических заданий	ПК-1,зув ОПК-1, зув

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
<p>Турбулентный пограничный слой при свободном движении вдоль вертикальной поверхности. Теплоотдача при свободном движении жидкости вдоль поверхности горизонтального цилиндра. Свободное движение и теплообмен в ограниченном пространстве; методика расчета теплоотдачи, эквивалентный коэффициент теплопроводности.</p> <p>Теплоотдача при совместном осуществлении свободного и вынужденного движения. Постановка задачи конвективного теплообмена при взаимодействии газовых струй с потоком естественной конвекции, вязкостно-гравитационное течение жидкости в трубах и учет естественной конвекции.</p>					Выполнение АПР №3			
3.3 Особенности расчета теплопередачи в тепловых аппаратах при обтекании газовым потоком пучка труб. Шахматное и коридорное расположение труб.		0,5		0,5	4	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами,	Устный опрос. Проверка практических заданий	ПК-1,зув ОПК-1, зув

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
						справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями). Выполнение АПР №4		
Итого по разделу		1,5	0	1,5/1	12			
4. Массобмен								
4.1. Основные понятия и определения. Молекулярная диффузия, градиент концентрации, закон Фика, коэффициент диффузии. Стационарная одномерная молекулярная диффузия и расчет скорости испарения (плотность потока массы). Стефановский поток. Постановка задачи и расчет квази-стационарного испарения горячей капли жидкого топлива		0,1			4	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями).	Устный опрос. Проверка практических заданий	ПК-1,зув ОПК-1, зув
4.2. Конвективный массообмен. Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена: уравнение массообмена, уравнение энергии, уравнения движения и		0,1		0,2	4	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами,	Устный опрос. Проверка практических заданий	ПК-1,зув ОПК-1, зув

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
неразрывности. Коэффициент массоотдачи. Аналогия процессов переноса теплоты и массы.						словарями, энциклопедиями).		
4.3. Массоперенос в капиллярно-пористых телах. Практическое значение процесса для расчета тепломассообмена в строительных ограждениях и тепловой изоляции трубопроводов.		0,11			4	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями).	Устный опрос. Проверка практических заданий ПК-1,зув ОПК-1, зув	
Итого по разделу		0,3	0	0	12			
5 ТЕПЛОМАССОБМЕН ПРИ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЯХ								
5.1 Теплообмен при конденсации пара, пленочная и капельная конденсация. Теплообмен при пленочной конденсации неподвижного пара на вертикальной поверхности; волновое течение пленки конденсата. Пленочная конденсация на наружной поверхности горизонтальной трубы. Расчет теплоотдачи для турбулентной пленки		0,2			4	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями).	Устный опрос. Проверка практических заданий ПК-1,зув ОПК-1, зув	

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
конденсата. Особенности конденсата движущегося пара в трубах. Методика расчета коэффициента теплоотдачи при конденсации пара на горизонтальных трубных пучках. Влияние примеси неконденсирующих при конденсации на холодных струях и каплях жидкости.								
5.2 Теплообмен при кипении жидкости, пузырьковый и пленочный режим кипения, кризис кипения, физические закономерности механизм пузырькового кипения; критический радиус образования пузыря, скорость роста паровых пузырей, отрывной размер пузыря, частота образования пузырей. Влияние различных факторов (давления, теплового потока, температурного напора, теплофизических свойств жидкости, статистических характеристик шероховатости поверхности нагрева и др.) на интенсивность теплоотдачи при		0,5		0,6/0,3	4	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями). Выполнение АПР №5	Устный опрос. Проверка практических заданий	ПК-1,зув ОПК-1, зув

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практ. занятия				
пузырьковом кипении. Расчетные зависимости для теплоотдачи при кипении жидкости. Основные закономерности теплообмена при кипении жидкости, движущейся в трубе.								
Итого по разделу		0,7	0	0,6/0,3	8			
6. Теплообмен излучением								
6.1.Закономерности теплообмена излучением при наличии поглощающей (излучающей) и рассеивающей среды. Закон Бугера. Понятие об уравнении переноса лучистой энергии. Коэффициент поглощения, степень черноты газообразных сред, методика ее определения по экспериментальным данным для трехатомных газов. Оптическая толщина среды. Теплообмен излучением в плоском слое поглощающей среды. Основные положения расчета теплообмена		0,5		1/0,5	5	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями). Выполнение АПР №6.	Устный опрос. Проверка практических заданий	ПК-1,зув ОПК-1, зув

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
<p>между газовой средой и оболочкой.</p> <p>Понятие о сложном теплообмене. Радиационно-кондуктивный и радиационно-конвективный теплообмен.</p> <p>Применение теории подобия для исследования и получения расчетных формул при сложном теплообмене; физический смысл числа Больцмана, числа Кирпичева.</p> <p>Особенности расчета теплового излучения в камерах сгорания тепловых двигателей.</p>								
Итого по разделу		0,5	0	1/0,5	5			
7 РАСЧЕТЫ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ								
<p>7.1. Классификация теплообменных аппаратов и теплоносителей. Конструкция теплообменных аппаратов поверхностного типа</p>		0,1		0,1	6	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями).	Устный опрос. Проверка практических заданий	ПК-1,зув

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
7.2. Кожухотрубчатые, секционные, пластинчатые, спиральные и ребристые теплообменные аппараты		0,1		0,1	7	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями).	Устный опрос. Проверка практических заданий	ПК-1,зув
7.3. Теплообменные аппараты со смешиванием теплоносителей		0,1		0,1	7	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями).	Устный опрос. Проверка практических заданий	ПК-1,зув
7.4. Аппараты периодического действия и аппараты с кипящим слоем Классификация теплообменных аппаратов. Основы теплового расчета теплообменников рекуперативного типа: уравнение теплового баланса, уравнение теплопередачи, средний логарифмический температурный напор.		0,1		1/0,2	7	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями).	Устный опрос. Проверка практических заданий	ПК-1,зув

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
<p>Конструктивный и поверочный расчет теплообменника, определение конечных температур теплоносителей. Методика расчета теплообменника на основе понятия эффективности теплообменника и числа единиц переноса теплоты. Основы теплового расчета теплообменных аппаратов регенеративного типа.</p> <p>Принципы гидравлического расчета теплообменных аппаратов и определения энергетических затрат на подачу теплоносителя. Связь гидравлического сопротивления и интенсивности теплообмена. Основы технико-экономической оптимизации теплообменных аппаратов.</p>								
Итого по разделу		0,4	0	1,3/0,2	27			
8. Расчет теплоемкостных аппаратов при наличии фазовых превращений				0,3				

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
8.1. Классификация выпарных аппаратов и установок. Конструкции выпарных аппаратов с паровым обогревом				0,3	6	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями).	Устный опрос.	ПК-1,зув
8.2. Сушильные установки. Механизм и кинетика сушки влажных материалов		0,1		0,3	7		Устный опрос.	ПК-1,зув
Итого по разделу		0,1	0	0,9	13			
9. Гидравлический и механический расчеты теплообменных аппаратов	4							
9.1. Гидравлический расчет теплообменных аппаратов					7	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями).	Устный опрос.	ПК-1,зув

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
9.2. Расчет тепломассообменных аппаратов на прочность					5,4	Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями).	Устный опрос.	ПК-1,зув
Итого по разделу	4	0	0	0	12,4			
Итого по курсу	4	4	0	6 И2	93,4		Зачет с оценкой	
Итого по дисциплине	4	4	0	6 И2	93,4		Зачет с оценкой	

5 Образовательные и информационные технологии

Реализация компетентного подхода предусматривает использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

При обучении студентов дисциплине «Тепломассообменные процессы в тепловом оборудовании систем ТГВ» следует осуществлять следующие образовательные технологии:

1. **Традиционные образовательные технологии** ориентируются на организацию образовательного процесса, предполагающую прямую трансляцию знаний от преподавателя к студенту (преимущественно на основе объяснительно-иллюстративных методов обучения).

Формы учебных занятий с использованием традиционных технологий:

Информационная лекция – последовательное изложение материала в дисциплинарной логике, осуществляемое преимущественно вербальными средствами (монолог преподавателя).

Практическое занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков по предложенному алгоритму.

2. **Технологии проблемного обучения** – организация образовательного процесса, которая предполагает постановку проблемных вопросов, создание учебных проблемных ситуаций для стимулирования активной познавательной деятельности студентов.

Формы учебных занятий с использованием технологий проблемного обучения:

Практическое занятие в форме практикума – организация учебной работы, направленная на решение комплексной учебно-познавательной задачи, требующей от студента применения как научно-теоретических знаний, так и практических навыков.

3. **Интерактивные технологии** – организация образовательного процесса, которая предполагает активное и нелинейное взаимодействие всех участников, достижение на этой основе лично значимого для них образовательного результата. Наряду со специализированными технологиями такого рода принцип интерактивности прослеживается в большинстве современных образовательных технологий.

4. **Информационно-коммуникационные образовательные технологии** – организация образовательного процесса, основанная на применении специализированных программных сред и технических средств работы с информацией.

Формы учебных занятий с использованием информационно-коммуникационных технологий:

Лекция-визуализация – изложение содержания сопровождается презентацией (демонстрацией учебных материалов, представленных в различных знаковых системах, в т.ч. иллюстративных, графических, аудио- и видеоматериалов).

Практическое занятие в форме презентации – представление результатов проектной или исследовательской деятельности с использованием специализированных программных средств.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Примерная структура и содержание раздела:

По дисциплине «Тепломассообменные процессы в тепловом оборудовании систем ТГВ» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает решение практических задач на практических занятиях. Ниже приведены некоторые типовые задачи.

АПР №1. Метод расчета нестационарного температурного поля для тел конечных размеров (метод суперпозиции, теорема о перемножении решений).

1. Резиновая пластина толщиной 20 мм, нагретая до температуры $t_{ж1}=140\text{ }^{\circ}\text{C}$ помещена в воздушную среду с температурой $t_{ж2}=15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Определить температуры в середине и на поверхности пластины через 20 мин. после начала охлаждения.

Коэффициент теплопроводности резины $\lambda=0,175\text{ Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$.

Коэффициент теплоотдачи от поверхности пластины к окружающему воздуху равен $\alpha=65\text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C})$

АПР №2. Теплообмен при течении жидкости в трубах.

1. По трубам вертикального теплообменника снизу вверх течет вода. Внутренний диаметр труб $d=16\text{ мм}$; их длина $l=1,2\text{ м}$. Расход воды через одну трубу и $G=58\text{ кг}/\text{ч}$. Температура воды на входе в теплообменник $t_{ж1}=30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Определить количество теплоты, передаваемой от стенки одной трубы к воде, и температуру воды на выходе, если температура стенок труб поддерживается равной $80\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Ответ

$$Q=1450\text{ Вт}; t_{ж1}=52\text{ }^{\circ}\text{C}.$$

2. Сравнить значения местных чисел Нуссельта при ламинарном течении жидкости в круглой трубе в условиях постоянной плотности теплового потока на стенке, без предвключенного участка гидродинамической стабилизации (Nu_r) и при наличии такого участка ($(Nu_r)_{ст}$). Сравнение провести для относительных расстояний от входа в обогреваемый участок $x/d=\backslash, 2, 5, 10, 15$ и 20 . Число Рейнольдса принять $Re^* = 1800$, Поправку на участок гидродинамической стабилизации $\varepsilon = Nu_r / (Nu_r)_{ст}$ можно вычислить по формуле

$$\varepsilon = 0,35 \left(\frac{1}{Re^*} \frac{x}{d} \right)^{-\frac{1}{6}} \left[1 + 2,85 \left(\frac{1}{Re^*} \frac{x}{d} \right)^{0,42} \right]$$

АПР №3. Теплоотдача при свободном движении жидкости.

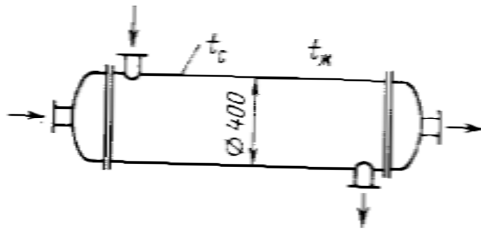
1. В котельной проложены два горизонтальных паропровода диаметрами $d_1=50\text{ мм}$ и $d_2=150\text{ мм}$. Оба паропровода имеют одинаковую температуру поверхности $t_c=450\text{ }^{\circ}\text{C}$. Температура окружающего воздуха $t_{ж}=50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Паропроводы проложены друг от друга на расстоянии, исключающем взаимное тепловое влияние.

Найти отношения коэффициентов теплоотдачи α_1/α_2 и потерь теплоты с 1 м q_{11}/q_{12} паропроводов.

Ответ

$$\alpha_1/\alpha_2=1,315; m\ q_{11}/q_{12}=0,438.$$

2. Вычислить потери теплоты в единицу времени с 1 м^2 поверхности горизонтального теплообменника, корпус которого имеет цилиндрическую форму и охлаждается свободным потоком воздуха. Наружный диаметр корпуса теплообменника $d=400\text{ мм}$, температура поверхности $t_c=200\text{ }^{\circ}\text{C}$ и температура воздуха в помещении $t_{ж}=30\text{ }^{\circ}\text{C}$



Для вычисления среднего коэффициента теплоотдачи при свободном движении жидкости воспользоваться уравнением:

$$Nu_{ж} = C(GrPr)^n \left(\frac{Pr_{ж}}{Pr_c} \right)^{0,25},$$

где постоянные C и n зависят от режима свободного движения и условий обтекания поверхности. Они являются функциями $GrPr$ и определяются из следующей таблицы:

$(GrPr)_{ж}$	C	n	Условия движения
$1 \cdot 10^3 \div 1 \cdot 10^9$	0,75	0,25	Вдоль
$\geq 6 \cdot 10^{10}$	0,15	1/3	вертикальной стенки
$1 \cdot 10^3 \div 1 \cdot 10^9$	0,50	0,25	На горизонтальной трубе

Ответ

$$\alpha = 5,9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}); q = 1000 \text{ Вт}/\text{м}^2.$$

АПР №4 Особенности расчета теплопередачи в тепловых аппаратах при обтекании газовым потоком пучка труб.

Трубчатый воздушный подогреватель производительностью 2,78 кг/с воздуха в 1 с выполнен из труб диаметром $d_{ид3} = 43/49$ мм. Коэффициент теплопроводности материала труб $\lambda = 50 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{С})$. Внутри труб движется горячий газ, а наружная поверхность труб омывается поперечным потоком воздуха. Средняя температура дымовых газов $t_{ж1} = 250^\circ\text{С}$, а средняя температура подогреваемого воздуха $t_{ж2} = 145^\circ\text{С}$. Разность температур воздуха на входе и выходе из подогревателя равна $\delta t = 250^\circ\text{С}$. Коэффициент теплоотдачи от газов к стенке $\alpha_1 = 45 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$ и от стенки к воздуху $\alpha_2 = 25 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$.

Вычислить коэффициент теплопередачи и определить площадь поверхности нагрева подогревателя. Расчет произвести по формулам для 1) цилиндрической и 2) плоской стенок. Сравнить результаты вычислений.

АПР №5. Теплообмен при кипении жидкости

Определить тепловую нагрузку поверхности нагрева парогенератора при пузырьковом кипении воды в большом объеме, если вода находится под давлением $p = 6,2 \cdot 10^5 \text{ Па}$, а температура поверхности нагрева $t_c = 175^\circ\text{С}$.

Определить коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности трубки испарителя к кипящей воде, если тепловая нагрузка поверхности нагрева $q = 2 \cdot 10^5 \text{ Вт}/\text{м}^2$, режим кипения пузырьковый и вода находится под давлением $p = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

Как изменится коэффициент теплоотдачи при кипении воды в трубе диаметром $d = 20$ мм при повышенной тепловой нагрузке поверхности нагрева от $q = 5 \cdot 10^4$ до $q = 1 \cdot 10^5 \text{ Вт}/\text{м}^2$, если скорость движения воды $w = 5 \text{ м}/\text{с}$ и давление $p = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

Ответ

Коэффициент теплоотдачи не изменится. В обоих случаях $\alpha=25600 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{°C)}$.

АПР №6. Закономерности теплообмена излучением при наличии поглощающей (излучающей) и рассеивающей среды. Закон Бугера.

1. В нагревательной печи температура газов по всему объему постоянна и равна 1200°C . Объем печи $V=12 \text{ м}^3$, и полная поверхность ограждения $F=28 \text{ м}^2$.

Общее давление продуктов сгорания $p=98,1 \text{ кПа}$, парциальное давление водяных паров $p_{\text{H}_2\text{O}}=8 \text{ кПа}$ и углекислота $p_{\text{CO}_2}=12 \text{ кПа}$.

Вычислить степень черноты излучающей газовой смеси и собственное излучение продуктов сгорания.

Конструирование и тепловые расчеты оборудования ТГСВ

1. Произвести тепловой и конструктивный расчеты основных деталей секционного водоводяного подогревателя теплосети Мосэнерго при следующих условиях:

схема движения теплоносителей — противоток;

производительность аппарата $Q=1,5 \text{ ГВт}$;

температуры греющей воды t'

$t' = 130^\circ\text{C}$ и

t'' , $t' = 100^\circ\text{C}$;

температуры нагреваемой воды t'

$t' = 62^\circ\text{C}$ и t''

$t' = 92^\circ\text{C}$;

поверхность нагрева выполнена из латунных трубок диаметром $d=14/16 \text{ мм}$;

теплопроводность материала трубок $\lambda=90 \text{ Вт/(м}\cdot\text{град)}$;

толщина накипи $\delta_n=0,2 \text{ мм}$;

теплопроводность накипи $\lambda_n=3 \text{ Вт/(м}\cdot\text{град)}$;

коэффициент, учитывающий потери тепла поверхностью подогревателя в окружающую

среду $\eta_n=0,97$.

2. Определить конечную температуру воздуха для воздухоохладителя с поверхностью нагрева $F=1000 \text{ м}^2$ при следующих условиях:

температура воздуха, поступающего в воздухоохладитель, $t'=60^\circ\text{C}$;

объем циркулирующего воздуха $V_1=100000 \text{ м}^3/\text{ч}$;

начальная температура охлаждающей воды $t'_2=25^\circ\text{C}$;

расход воды $V_2=320 \text{ м}^3/\text{ч}$;

коэффициент теплопередачи $k=30,5 \text{ Вт/(м}^2\text{K)}$;

теплообмен между воздухом и водой в воздухоохладителе происходит при противотоке.

3. Определить коэффициент теплопередачи для ребристого воздухоохладителя при следующих условиях: расположение трубок в пучке шахматное; скорость воздуха между ребрами $w=6 \text{ м/с}$; диаметр трубки $d_n/d_v=24/22 \text{ мм}$; материал трубок - латунь ($\lambda=90 \text{ Вт/(м}\cdot\text{град)}$); наружный диаметр ребер $D=55 \text{ мм}$; толщина ребер $\delta_r=0,3 \text{ мм}$ (теплопроводность ребер $\lambda_r=45 \text{ Вт/(м}\cdot\text{град)}$); шаг ребер $b=4,8 \text{ мм}$; средняя температура охлаждающей воды $t_2=260^\circ\text{C}$; температура горячего воздуха $t_1=500^\circ\text{C}$.

4. Определить температуру воздуха на выходе из скруббера и среднюю разность температур между теплоносителями при противотоке, если в скруббер поступает воздух в количестве 10000 кг/ч при $t'_1=150^\circ\text{C}$ и $i=420 \text{ кДж/кг}$. Охлаждающая вода имеет температуру на входе $t'_2=15^\circ\text{C}$ и на выходе $t''_2=55^\circ\text{C}$.

5. Рассчитать радиационный рекуператор, работающий в системе комбинированного радиационно-конвективного рекуператора. Температура воздуха на входе в радиационный рекуператор равна $t''_6=420^\circ\text{C}$, конечная температура подогрева воздуха $t''_6=600^\circ\text{C}$. Температура дымовых газов на входе в рекуператор $t''_d=1050^\circ\text{C}$.

Количество нагреваемого воздуха $V_{во}=0,695$ м³/с, дыма $V_{до}=0,805$ м³/с. Состав дымовых газов 19 % CO₂; 1,0 % H₂O и 80 % N₂. Толщина стенки рекуператора $\delta=6$ мм.

6. Произвести упрощенный тепловой расчет барабанной сушилки при следующих условиях. Количество продукта, поступающего в сушилку, $G_1=20000$ кг/ч; начальная влажность продукта $w_1^0=18$ %; конечная влажность $w_2^0=10$; теплоемкость высушенного продукта $c=1,26$ кДж/(кг град); температура воздуха, поступающего в калорифер, $t_0=20$ °С; относительная влажность воздуха $\varphi=60$ %; температура воздуха, после калорифера - $t_1=150$ °С; относительная влажность воздуха, выходящего из сушилки, $\varphi=80$ %; температура продукта при входе в сушилку $\theta=10$ °С, температура продукта по выходе из сушилки $\theta=100$ °С.

7.Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ПК-1 – обладает знанием нормативной базы в области инженерных изысканий, принципов проектирования зданий, сооружений, инженерных систем и оборудования, планировки и застройки населенных мест		
Знать	Основные понятия о методах расчета и нормативной базе при проектировании теплообменных процессов в тепловом оборудовании систем ТГВ	Теоретические вопросы: <ol style="list-style-type: none"> 1. Основы теплового расчета теплообменных аппаратов. 2. Классификация теплообменных установок. 3. Наиболее распространенные теплоносители, их свойства, область применения. 4. Конструктивные особенности кожухотрубчатых теплообменников. 5. Конструктивные особенности пластинчатых и спиральных теплообменников. 6. Тепловой конструктивный и тепловой поверочный расчеты рекуперативных теплообменников. Их особенности . 7. Испарительные установки. Их конструктивные особенности. 8. Тепловые трубы. Классификация, конструктивные особенности. 9. Особенности теплового расчета тепловых труб. 10. Особенности теплового расчета теплообменников периодического действия. 11. Гидравлический и прочностной расчеты рекуперативных теплообменников. 12. Регенеративные теплообменники периодического действия, их конструктивные особенности. 13. Особенности теплового расчета регенераторов периодического действия. 14. Конструктивные особенности регенераторов непрерывного действия. 15. Классификация и конструктивные особенности контактных теплообменных установок. 16. Свойства влажного воздуха на « Н-d » диаграмме. 17. Изображение процессов теплообмена на « Н-d » диаграмме. 18. Тепловой конструктивный расчет скруббера. 19. Тепловой баланс контактного теплообменника и изображение процессов в нем на « Н-d » диаграмме.

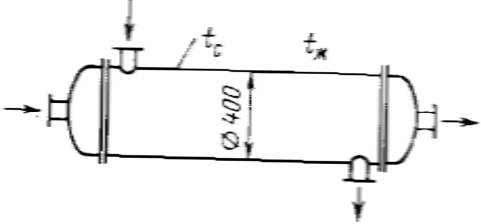
Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>20. Физико-химические особенности процессов выпаривания. Температурная депрессия.</p> <p>21. Тепловой расчет выпарных установок.</p> <p>22. Тепловой баланс выпарной установки непрерывного действия.</p> <p>23. смеси из взаимно растворимых и взаимнонерастворимых компонентов.</p> <p>24. Механизм процесса сушки влажных материалов. Виды связанной влаги.</p> <p>25. Определение расхода сушильного агента в процессе сушки.</p> <p>26. Процесс сушки в теоретическом сушиле на «Н-d» диаграмме.</p> <p>27. Тепловой баланс действительного сушила.</p> <p>28. Особенности процессов сушки с рециркуляцией сушильного агента. Построение процесса сушки на «Н-d» диаграмме.</p> <p>29. Особенности процессов сушки с промежуточным подогревом сушильного агента.</p> <p>30. Конвективная сушка на дымовых газах. Сушка с рециркуляцией топочных газов.</p> <p>31. Сорбционные процессы. Абсорбенты и адсорбенты.</p> <p>32. Абсорбционные процессы и установки. Материальный баланс и принципиальные схемы.</p> <p>33. Адсорбционные процессы и установки. Принципиальные схемы адсорбции.</p>
Уметь	– - Применять полученные знания о методах расчета и нормативной базе при проектировании тепломассообменных процессов в тепловом оборудовании систем ТГВ	<p>Примерные практические задания для зачета:</p> <p>1. По трубам вертикального теплообменника снизу вверх течет вода. Внутренний диаметр труб $d=16$ мм; их длина $l=1.2$ м. Расход воды через одну трубу и $G=58$ кг/ч. Температура воды на входе в теплообменник $t_{ж1} = 30^{\circ}\text{C}$. Определить количество теплоты, передаваемой от стенки одной трубы к воде, и температуру воды на выходе, если температура стенок труб поддерживается равной 80°C. Ответ $Q= 1450$ Вт; $t_{ж1}=52^{\circ}\text{C}$. Трубчатый воздушный подогреватель производительностью $2,78$ кг/с воздуха в 1 с выполнен из труб диаметром $d_{i,j,d_3}=43/49$ мм. Коэффициент</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>теплопроводности материала- труб $\lambda = 50 \text{ Вт/(м}^{\circ}\text{С)}$. Внутри труб движется горячий газ, а наружная поверхность труб омывается поперечным потоком воздуха. Средняя температура дымовых газов $t_{ж1} - 250^{\circ}\text{С}$, а средняя температура подогреваемого воздуха $t_{ж2} - 145^{\circ}\text{С}$. Разность температур воздуха на входе и выходе из подогревателя равна $\delta t = 250^{\circ}\text{С}$. Коэффициент теплоотдачи от газов к стенке $\alpha_1 = 45 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^{\circ}\text{С)}$ и от стенки к воздуху $\alpha_2 = 25 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^{\circ}\text{С)}$.</p> <p>Вычислить коэффициент теплопередачи и определить площадь поверхности нагрева подогревателя. Расчет произвести по формулам для 1) цилиндрической и 2) плоской стенок. Сравнить результаты вычислений.</p>
Владеть	<p>- навыками проектной работы и применением нормативной базы в области инженерных изысканий, принципов проектирования тепломассообменных процессов в тепловом оборудовании систем ТГВ.</p> <p>- Способами оценивания значимости и практической пригодности полученных результатов.</p>	<p>Примерные темы контрольных работ</p> <p>1. Произвести тепловой и конструктивный расчеты основных деталей секционного водоводяного подогревателя теплосети Мосэнерго при следующих условиях: схема движения теплоносителей — противоток; производительность аппарата $Q = 1,5 \text{ ГВт}$; температуры греющей воды $t', l = 130^{\circ}\text{С}$ и $t'', l = 100^{\circ}\text{С}$; температуры нагреваемой воды $t'_{2} = 62^{\circ}\text{С}$ и $t'''_{2} = 92^{\circ}\text{С}$; поверхность нагрева выполнена из латунных трубок диаметром $d = 14/16 \text{ мм}$; теплопроводность материала трубок $\lambda = 90 \text{ Вт/(м} \cdot \text{град)}$; толщина накипи $\delta_n = 0,2 \text{ мм}$; теплопроводность накипи $\lambda_n = 3 \text{ Вт/(м} \cdot \text{град)}$; коэффициент, учитывающий потери тепла поверхностью подогревателя в окружающую среду $\eta_n = 0,97$.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>2. Рассчитать радиационный рекуператор, работающий в системе комбинированного радиационно-конвективного рекуператора. Температура воздуха на входе в радиационный рекуператор равна $t''_в=420^{\circ}\text{C}$, конечная температура подогрева воздуха $t^к_в=600^{\circ}$. Температура дымовых газов на входе в рекуператор $t''_д=1050^{\circ}\text{C}$. Количество нагреваемого воздуха $V_{во}=0,695$ м³/с, дыма $V_{до}=0,805$ м³/с. Состав дымовых газов 19 % CO₂; 1,0 % H₂O и 80 % N₂. Толщина стенки рекуператора $\delta=6$ мм.</p> <p>3. Произвести упрощенный тепловой расчет барабанной сушилки при следующих условиях. Количество продукта, поступающего в сушилку, $G_1=20000$ кг/ч; начальная влажность продукта $w^0_1=18$ %; конечная влажность $w^0_2=10$; теплоемкость высушенного продукта $c=1,26$ кДж/(кг град); температура воздуха, поступающего в калорифер, $t_0=20^{\circ}\text{C}$; относительная влажность воздуха $\varphi=60$ %; температура воздуха, после калорифера - $t_1=150^{\circ}\text{C}$; относительная влажность воздуха, выходящего из сушилки, $\varphi=80$ %; температура продукта при входе в сушилку $\theta=10^{\circ}\text{C}$, температура продукта по выходе из сушилки $\theta=100^{\circ}\text{C}$.</p>
<p>ОПК-1 – «способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования»</p>		
Знать	– Основные определения и понятия базовых знаний в области естественнонаучных дисциплин	<p>Теоретические вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Основные понятия и определения. Общие понятия теплопроводности, конвекции, излучения. 2. Дифференциальное уравнение теплопроводности. 3. Условия однозначности. 4. Интенсификация процессов теплообмена. 5. Анализ решения задач нестационарной теплопроводности для предельных значений чисел Био. 6. Метод расчета нестационарного температурного поля для тел конечных

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>размеров.</p> <ol style="list-style-type: none"> 7. Определение количества теплоты в нестационарном режиме (пластина). 8. Понятие регулярного режима. 9. Основные понятия конвективного теплообмена. 10. Формула Ньютона-Рихмана для расчетов процессов теплообмена. 11. Гидродинамическая структура потока. Число Рейнольдса. 12. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена. 13. Теория подобия. Числа подобия. Теоремы подобия. 14. Основы теории пограничного слоя. Тепловой и гидродинамический пограничный слой 15. Расчет теплоотдачи при ламинарном движении жидкости вдоль плоской пластины. 16. Расчет теплопередачи при турбулентном движении жидкости. 17. Теплообмен при ламинарном движении жидкости в трубах. 18. Теплообмен при турбулентном движении жидкости в трубах. 19. Теплоотдача в каналах с поперечным сечением произвольной формы. 20. Теплоотдача при течении жидкости в изогнутых трубах. 21. Основные понятия при свободном движении жидкости. 22. Теплоотдача при свободном движении жидкости вдоль вертикальной стенки. 23. Теплоотдача при свободном движении жидкости вдоль поверхности горизонтального цилиндра. 24. Теплообмен при свободном движении в ограниченном пространстве. 25. Понятие эквивалентного коэффициента теплопроводности. 26. Основные понятия процесса кипения жидкости. 27. Кризис кипения жидкостей I рода. Кривая кипения. 28. Теплоотдача при кипении жидкостей в неограниченном объеме. 29. Структура потока при движении жидкости в трубе. 30. Теплоотдача при движении жидкости в трубе. 31. Кризисы кипения II рода.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>32. Основные понятия в процессах конденсации пара.</p> <p>33. Конвективный массообмен.</p> <p>34. Теплообмен излучением в поглощающих и излучающих средах. Закон Бугера.</p> <p>35. Расчет теплообмена между средой и оболочкой.</p> <p>36. Оптическая толщина среды.</p> <p>37. Понятие о сложном теплообмене.</p> <p>38. Классификация теплообменных аппаратов.</p> <p>39. Конструктивный и поверочный расчет теплообменников.</p>
Уметь	– Объяснять типичные модели задач в области тепломассообменных процессов в тепловом оборудовании систем ТГВ	<p>Примерные практические задания для зачета:</p> <p>1. Резиновая пластина толщиной 20 мм, нагретая до температуры $t_{ж1}-140$ °С помещена в воздушную среду с температурой $t_{ж2} - 15^{\circ}$ С. .Определить температуры в середине и на поверхности пластины через 20 мин. после начала охлаждения.</p> <p>Коэффициент теплопроводности резины $\lambda=0,175$ Вт/(м* °С).</p> <p>Коэффициент теплоотдачи от поверхности пластины к окружающем воздуху равен $\alpha=65$ Вт/(м²*°С)</p> <p>2. Определить тепловую нагрузку поверхности нагрева парогенератора при пузырьковом кипении воды в большом объеме, если вода находится под давлением $p=6,2*10^5$ Па, а температура поверхности нагрева $t_c=175$ °С.</p> <p>3.Определить коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности трубки испарителя к кипящей воде, если тепловая нагрузка поверхности нагрева $q=2*10^5$ Вт/м², режим кипения пузырьковый и вода находится под давлением</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>$p=2 \cdot 10^5$ Па.</p> <p>4. Как изменится коэффициент теплоотдачи при кипении воды в трубе диаметром $d=20$ мм при повышенной тепловой нагрузке поверхности нагрева от $q=5 \cdot 10^4$ до $q=1 \cdot 10^5$ Вт/м², если скорость движения воды $w=5$ м/с и давление $p=2 \cdot 10^5$ Па.</p> <p>Ответ Коэффициент теплоотдачи не изменится. В обоих случаях $\alpha=25600$ Вт/(м²·°С).</p> <p>5. В нагревательной печи температура газов по всему объему постоянна и равна 1200°С. Объем печи $V=12$ м³, и полная поверхность ограждения $F=28$ м². Общее давление продуктов сгорания $p=98,1$ кПа, парциальное давление водяных паров $p_{H_2O}=8$ кПа и углекислота $p_{CO_2}=12$ кПа. Вычислить степень черноты излучающей газовой смеси и собственное излучение продуктов сгорания.</p> <p>6. Вычислить потери теплоты в единицу времени с 1 м² поверхности горизонтального теплообменника, корпус которого имеет цилиндрическую форму и охлаждается свободным потоком воздуха. Наружный диаметр корпуса теплообменника $d=400$ мм, температура поверхности $t_c=200$°С и температура воздуха в помещении $t_{ж}=30$°С</p>  <p>Для вычисления среднего коэффициента теплоотдачи при свободном движении жидкости воспользоваться уравнением:</p> $Nu_{ж} = C(GrPr)^n \left(\frac{Pr_{ж}}{Pr_c} \right)^{0,25},$

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства																
		<p>где постоянные C и n зависят от режима свободного движения и условий обтекания поверхности. Они являются функциями $GrPr$ и определяются из следующей таблицы:</p> <table border="1" data-bbox="1016 371 2121 708"> <thead> <tr> <th data-bbox="1016 371 1303 448">$(GrPr)_{ж}$</th> <th data-bbox="1303 371 1563 448">C</th> <th data-bbox="1563 371 1823 448">n</th> <th data-bbox="1823 371 2121 448">Условия движения</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1016 448 1303 525">$1 \cdot 10^3 \div 1 \cdot 10^9$</td> <td data-bbox="1303 448 1563 525">0,75</td> <td data-bbox="1563 448 1823 525">0,25</td> <td data-bbox="1823 448 2121 525">Вдоль вертикальной стенки</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1016 525 1303 601">$\geq 6 \cdot 10^{10}$</td> <td data-bbox="1303 525 1563 601">0,15</td> <td data-bbox="1563 525 1823 601">1/3</td> <td data-bbox="1823 525 2121 601">На горизонтальной трубе</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1016 601 1303 708">$1 \cdot 10^3 \div 1 \cdot 10^9$</td> <td data-bbox="1303 601 1563 708">0,50</td> <td data-bbox="1563 601 1823 708">0,25</td> <td data-bbox="1823 601 2121 708"></td> </tr> </tbody> </table> <p>Ответ $\alpha=5,9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}); q=1000 \text{ Вт}/\text{м}^2.$</p>	$(GrPr)_{ж}$	C	n	Условия движения	$1 \cdot 10^3 \div 1 \cdot 10^9$	0,75	0,25	Вдоль вертикальной стенки	$\geq 6 \cdot 10^{10}$	0,15	1/3	На горизонтальной трубе	$1 \cdot 10^3 \div 1 \cdot 10^9$	0,50	0,25	
$(GrPr)_{ж}$	C	n	Условия движения															
$1 \cdot 10^3 \div 1 \cdot 10^9$	0,75	0,25	Вдоль вертикальной стенки															
$\geq 6 \cdot 10^{10}$	0,15	1/3	На горизонтальной трубе															
$1 \cdot 10^3 \div 1 \cdot 10^9$	0,50	0,25																
Владеть	<p>- Основными методами математического анализа и моделирования в области тепломассообменных процессов в тепловом оборудовании систем ТГВ</p> <p>- Способами оценивания значимости и практической пригодности полученных результатов.</p>	<p>Примерные темы контрольных работ</p> <p>1. Определить конечную температуру воздуха для воздухоохладителя с поверхностью нагрева $F=1000 \text{ м}^2$ при следующих условиях: температура воздуха, поступающего в воздухоохладитель, $t'=60 \text{ }^\circ\text{C}$; объем циркулирующего воздуха $V_1=100000 \text{ м}^3/\text{ч}$; начальная температура охлаждающей воды $t'_2=25 \text{ }^\circ\text{C}$; расход воды $V_2=320 \text{ м}^3/\text{ч}$; коэффициент теплопередачи $k=30,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{K})$; теплообмен между воздухом и водой в воздухоохладителе происходит при противотоке.</p> <p>2. Определить коэффициент теплопередачи для ребристого</p>																

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>воздухоохладителя при следующих условиях: расположение трубок в пучке шахматное; скорость воздуха между ребрами $w=6$ м/с; диаметр трубки $d_n/d_w=24/22$ мм; материал трубок - латунь ($\lambda=90$ Вт/(м*град)); наружный диаметр ребер $D=55$ мм; толщина ребер $\delta_r=0,3$ мм (теплопроводность ребер $\lambda_r=45$ Вт/(м*град)); шаг ребер $b=4,8$ мм; средняя температура охлаждающей воды $t_2=260$ °С; температура горячего воздуха $t_1=500$ °С.</p> <p>3. Определить температуру воздуха на выходе из скруббера и среднюю разность температур между теплоносителями при противотоке, если в скруббер поступает воздух в количестве 10000 кг/ч при $t'_1=150$ °С и $i=420$ кДж/кг. Охлаждающая вода имеет температуру на входе $t'_2=15$ °С и на выходе $t''_2=55$ °С.</p>

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Тепломассообменные процессы в тепловом оборудовании систем ТГВ» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме зачета с оценкой и в форме выполнения и защиты контрольной работы.

Зачет по данной дисциплине проводится в устной форме по билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

Показатели и критерии оценивания зачета:

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1. Цветков Ф.Ф., Теплообмен : учебник для вузов / Ф.Ф. Цветков, Б.А. Григорьев - М. : Издательский дом МЭИ, 2011. - 562 с. - ISBN 978-5-383-00563-7 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383005637.html> (дата обращения: 29.09.2020). - Режим доступа : по подписке.

2. Кудинов, А. А. Теплообмен : учебное пособие / А. А. Кудинов. - Москва : ИНФРА-М, 2020. - 375 с. - (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-011093-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1046937> (дата обращения: 29.09.2020). – Режим доступа: по подписке.

3. Брюханов, О. Н. Теплообмен: Учебник / О.Н. Брюханов, С.Н. Шевченко. - Москва : НИЦ Инфра-М, 2012. - 464 с. (Высшее образование: Бакалавриат). ISBN 978-5-16-004803-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/258657> (дата обращения: 29.09.2020). – Режим доступа: по подписке.

б) Дополнительная литература:

1. Мирам А.О., ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА. ТЕПЛОМАСООБМЕН / А.О. Мирам, В.А. Павленко - М. : Издательство АСВ, 2017. - 352 с. - ISBN 978-5-93093-841-8 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930938418.html> (дата обращения: 29.09.2020). - Режим доступа : по подписке.

2. Архипов, В. А. Физико-химические основы процессов теплообмена: Учебное пособие / Архипов В.А. - Томск:Изд-во Томского политех. университета, 2015. - 199 с.: ISBN 978-5-4387-0539-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/673007> (дата обращения: 29.09.2020). – Режим доступа: по подписке

в) Методические указания:

1 Трубицына, Г.Н. Исследование кипения воды в неограниченном объеме: метод. указания к лабораторной работе / Г.Н. Трубицына, Э.С. Шаповалов; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г.И. Носова. – Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова, 2008. – 16с.: ил. - Текст: непосредственный

2. Трубицына, Г.Н. Методические указания и контрольные задания по дисциплине “Теплообмен” : метод. указания к выполнению контрольных работ / Г.Н. Трубицына, И.В.Сикерин; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г.И. Носова. – Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова, 2011. – 28с.: ил. - Текст: непосредственный.

3. Осколков, С. В. Теплообменное оборудование предприятий : методические указания по выполнению курсового проекта для студентов направления подготовки 140100 "Теплоэнергетика" / С. В. Осколков, Л. В. Николаев ; МГТУ, Каф. теплотехнических и энергетических систем. - Магнитогорск : МГТУ, 2012. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1547.pdf&show=dcatalogues/1/1124725/1547.pdf&view=true> (дата обращения: 14.05.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7 Professional (для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Windows 7 Professional (для классов)	Д-757-17 от 27.06.2017	27.07.2018
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Браузер Mozilla Firefox	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Браузер Yandex	свободно распространяемое ПО	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: http://window.edu.ru/
Российская Государственная библиотека. Каталоги	https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp
Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий «Web of science»	http://webofscience.com
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных	http://scopus.com
Международная база полнотекстовых журналов Springer Journals	http://link.springer.com/
Международная коллекция научных протоколов по различным отраслям знаний	http://www.springerprotocols.com/
Международная база научных материалов в области физических наук и	http://materials.springer.com/
Международная база справочных изданий по всем отраслям знаний	http://www.springer.com/references

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

включает:

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
Лекционные аудитории	Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации (интерактивная доска в комплекте с проектором и компьютером). Демонстрационные стенды, плакаты, наглядные пособия.
Помещения для самостоятельной работы	Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.
Аудитории для практических занятий, групповых индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Демонстрационные стенды, плакаты, наглядные пособия
Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования	Шкафы и стеллажи для хранения учебно-методической документации, учебного оборудования и учебно-наглядных пособий; инструменты и оборудование для обслуживания