

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

СОГЛАСОВАНО
 Директор института магистратуры

 И.В. Ярмоленко
 «14» 05 2021

УТВЕРЖДАЮ
 Директор института ИС

 В.А. Уваров
 «14» 05 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
 дисциплины (модуля)

**Гидродинамика и теплообмен в оборудовании
 отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха**

направление подготовки (специальность):

08.04.01 Строительство

Направленность программы (профиль, специализация):

Системы обеспечения микроклимата зданий и сооружений

Квалификация

магистр

Форма обучения

очная

Институт: инженерно -строительный

Кафедра: теплогазоснабжения и вентиляции


Белгород – 2021

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки
- 08.04.01 строительство (уровень магистратуры), утвержденного приказом №482 от 31 мая 2017г., регистрационный номер 47144 от 23 июня 2017 г.
- плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2021_ году.

Составитель (составители): д-р техн. наук, проф.  (Т.Н. Ильина)


Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой
Теплогазоснабжения и вентиляции

Заведующий кафедрой: д-р техн. наук, проф.  (В.А. Уваров)

«_14_» _____ 05 _____ 2021_ г.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры
Теплогазоснабжения и вентиляции

«_14_» _____ 05 _____ 2021_ г., протокол № 12

Заведующий кафедрой: д-р техн. наук, проф.  (В.А. Уваров)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

«_14_» _____ 05 _____ 201 г., протокол № _____ 12 _____

Председатель: канд. техн. наук, доц.  (А.Ю. Феоктистов)

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Код и наименование компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ПК-3 Способность обоснование технологических, технических и конструктивных решений систем обеспечения микроклимата осуществлять технологических, технических и конструктивных решений систем обеспечения микроклимата	ПК-3.1 Выбирает данные для выполнения расчетного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем обеспечения микроклимата
	ПК-3.2 Выбирает метод и методики для выполнения расчетного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем обеспечения микроклимата ПК-3.3 Выполняет контроль проведения расчетного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем обеспечения микроклимата
Код наименования индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результаты обучения по дисциплине)
ПК-3.1 Выбор данных для выполнения расчетного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем обеспечения микроклимата	Знает перечень исходных данных для выполнения расчетного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем обеспечения микроклимата Имеет навыки выбора данных для выполнения расчетного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем вентиляции и кондиционирования воздуха
ПК-3.2 Выбор метода и методики выполнения расчетного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем обеспечения микроклимата	Знает методики выполнения расчетного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем вентиляции и кондиционирования воздуха Имеет навыки выполнения расчетного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха
ПК-3.3 Выполнение и контроль проведения расчетного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем обеспечения микроклимата, документирование результатов расчетного обоснования	Знает правила выполнение и контроль проведения расчетного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем вентиляции и кондиционирования воздуха, документирование результатов расчетного обоснования. Имеет навыки выполнения и контроля проведения расчетного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем вентиляции и кондиционирования воздуха, документирование результатов расчетного обоснования

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

. Компетенция ПК-3 Способность осуществлять обоснование технологических, технических и конструктивных решений систем обеспечения микроклимата

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины ¹
1	Проектирование энергосберегающих систем отопления зданий и сооружений
2	Проектирование комплексных систем вентиляции и кондиционирования воздуха
3	Проектирование обеспыливающей вентиляции и пылегазоочистного оборудования
4	Гидродинамика и теплообмен в оборудовании отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха
5	Математическое моделирование процессов отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха
6	Численные методы решения задач отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха
7	Вычислительный эксперимент в научных исследованиях
8	Аэродинамика вентиляции, механика аэрозолей
9	Аэродинамика воздушных и пылевых потоков
10	Учебная ознакомительная практика...
11	Производственная научно-исследовательская работа
12	Производственная исполнительская практика
13	Производственная преддипломная практика
14	Выполнение выпускной квалификационной работы

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет __4__ зач. единиц, __144__ часов.

Форма промежуточной аттестации __экзамен__

Вид учебной работы ²	Всего часов	Семестр № 1
Общая трудоемкость дисциплины, час	144	144
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	51	51
лекции	17	17
лабораторные		
практические	34	34
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации ³		
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	93	93
Курсовой проект		
Курсовая работа		
Расчетно-графическое задание		
Индивидуальное домашнее задание	9	9
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	48	48
Экзамен	36	36

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Наименование тем, их содержание и объем Курс_1_ Семестр_1__

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям ¹
1.	Термодинамическая система. Рабочие тела и требования к ним. Первый и второй закон термодинамики, его аналитические выражения. Термодинамические циклы в оборудовании ОВК.				
	Основные термодинамические параметры состояния рабочего тела. Смеси идеального газа. Первый закон термодинамики, его аналитические выражения и практическое значение. Теплота и работа. Теплоемкость газов. Использование теплоемкости в расчетах систем теплоснабжения аппаратов и оборудования ОВК. Круговые процессы. Цикл Карно и его практическое значение в расчетах холодильной установки в системах кондиционирования воздуха.	4	8		10
2.	Реальные газы: водяной пар, влажный воздух, смесь газов. Процессы во влажном воздухе, их практическое применение в расчетах систем вентиляции и кондиционирования воздуха. Истечение газов и жидкостей.				
	Свойства реальных газов. Водяной пар, основные понятия и определения. Влажный воздух, основные понятия, определения, свойства. I-d диаграмма влажного воздуха. Основные процессы влажного воздуха. Использование диаграммы влажного воздуха в расчетах систем вентиляции и кондиционирования воздуха: нагревания и охлаждения воздуха, его увлажнения и осушки.	4	8		12
3.	Уравнения гидродинамики. Виды и расчет гидравлических сопротивлений. Последовательность расчета инженерных сетей различного назначения.				
	Виды движений жидкости и газа. Уравнения баланса расхода (уравнение неразрывности), баланса энергии (уравнение Бернулли). Виды и расчет гидравлических сопротивлений при различных режимах движения жидкости (потери на трение и местные сопротивления). Последовательность расчета инженерных сетей различного назначения. Гидравлический расчет двухфазных систем. Скорость витания, уравнения расчета, практическое применение в системах пылеулавливания. Гидравлическая крупность в расчетах отстойников	4	8		12

4. Тепло и массообменные процессы в оборудовании систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха					
	Тепловые процессы. Физические основы процессов теплопроводности. Коэффициент теплопроводности, его физический смысл. Передача тепла конвекцией. Уравнение Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи. Основные критерии подобия и критериальные уравнения для расчета коэффициента теплоотдачи. Природа и основные законы теплового излучения. Сложный теплообмен. Уравнение теплопередачи через однослойные и многослойные плоские и цилиндрические стенки. Классификация и основные уравнения массообменных процессов. Тепло – и массообменные устройства. Классификация теплообменных аппаратов. Принцип расчета и подбора теплообменников. Аппараты для увлажнения и осушения воздуха. Оросительные камеры, их устройство, методы расчета для теплого и холодного периодов обработки воздуха в системах кондиционирования воздуха.	5	10		14
	ИТОГО	17	34		48
	ИДЗ				9
	Экзамен				36
	ВСЕГО	17	34		93

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к практическим занятиям ⁵
семестр № 1				
1	Термодинамическая система. Рабочие тела и требования к ним. Термодинамические циклы в оборудовании ОВК.	Практическое применение основных законов идеального газа. Расчет теплоемкости газов и газовых смесей. Расчет коэффициента полезного действия прямого цикла Карно. Определение холодильного коэффициента обратного цикла Карно.	8	8
2	Реальные газы: водяной пар, влажный воздух. Процессы во влажном воздухе. Истечение газов и жидкостей.	Определение параметров водяного пара и влажного воздуха с помощью I-D и I-S диаграмм, расчет процессов нагревания, увлажнения воздуха. Расчет расхода жидкости и газа, вытекающих через отверстия и насадки.	8	8
3	Уравнения гидродинамики. Виды и расчет	Расчет потерь напора на трение при ламинарном и турбулентных режимах движения жидкости.	8	8

⁵ Количество часов самостоятельной работы для подготовки к практическим занятиям

	гидравлических сопротивлений. Последовательность расчета инженерных сетей.	Гидравлический расчет трубопроводов и воздухопроводов различного назначения. Расчет газопроводов при малых и высоких перепадах давления.		
4	Тепло и массообменные процессы в оборудовании систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха	Расчет тепловых процессов передачи тепла теплопроводностью и конвекцией. Расчет коэффициентов излучения. Примеры расчета тепло и массообменных процессов и аппаратов с использованием законов гидродинамики	10	10
ИТОГО:			34	34

4.3. Содержание лабораторных занятий

Не предусмотрено учебным планом.

4.4. Содержание курсового проекта/работы⁶

Не предусмотрено учебным планом.

4.5. Содержание индивидуальных домашних заданий⁷

В процессе выполнения индивидуальных домашних заданий осуществляется контактная работа обучающегося с преподавателем. Консультации проводятся в аудитория или посредством электронной информационно-образовательной среды университета.

Индивидуальное домашнее задание

Цель задания: Приобретение практических навыков расчета гидравлических сопротивлений в трубопроводах различного назначения, тепло-и массообменных процессов в оборудовании систем обеспечения микроклимата зданий и сооружений.

Структура работы. Практическое задание – это решение задач по рассматриваемым разделам (потери напора на трение и местные сопротивления, расчет разветвленного трубопровода, аэродинамический расчет воздухопроводов, процессы изменения параметров воздуха, расчет теплопроводности, теплообменников, камер орошения).

Оформление индивидуального домашнего задания.

ИДЗ предоставляется преподавателю для проверки в двух видах: отчет, на бумажных листах в формате А4, и в виде файлов, содержащих решение практических заданий. Отчет индивидуального домашнего задания должен иметь следующую структуру: титульный лист; содержание; теоретическое задание; практическая часть; список использованной литературы. Срок сдачи ИДЗ определяется преподавателем.

Текущий контроль осуществляется в течение семестра в форме выполнения и защиты индивидуальных домашних заданий.

Задание № 1. Гидравлический расчет воздухопроводов систем вентиляции и кондиционирования воздуха и трубопроводов для систем отопления РГЗ включает:

- расчет диаметров воздухопроводов при заданном расходе и скорости воздуха;

- расчет потерь давления на трение и местные сопротивления;
- подбор вентилятора для работы на сеть;
- расчет гидравлических потерь напора в простых и сложных трубопроводах;
- подбор насоса для работы на сеть.

Задание №2. Расчет тепло-массообменных процессов в установках подготовки воздуха для создания требуемых параметров микроклимата включает:

- построение процессов обработки воздуха на $i-d$ диаграмме;
- расчет производительности СКВ;
- расчет требуемого количества тепла для подогрева воздуха в холодный период;
- расчет количества холода для охлаждения воздуха в теплый период года;
- определение количества влаги, конденсированной в оросительной камере в теплый период и испарившейся в холодный период года.

1. Задания к разделу

1.1. Определить перепад давления, необходимый для подбора вентилятора, подающего нагретый воздух в сеть, схема которого представлена на рис. 3.1. Расходы и размеры участков после вентилятора заданы. Каналы на участках 1-2-3-4-5-6 прямоугольные из шлакогипсовых плит. Потери давления на всасывающей линии вентилятора известны ($P_{вс} = 500$ Па). Считать, что движение воздуха происходит в изотермических условиях, давление в системе близко к атмосферному. Расходы воздуха $Q_{i, нм}^3/с$, даны при нормальных условиях, плотность воздуха $\rho_0 = 1,29$ кг/м³

Принимать $\lambda = 0,03$ кг/м³ на всех участках. Рассчитать сопротивление в решетке воздуховода 3-5 (ζ_3)

Параметр	Вариант						
	1	2	3	4	5	6	7
$t, ^\circ\text{C}$	20	30	35	35	45	50	60
$Q_{3,4} \text{ нм}^3/с$	0,7	0,8	0,7	0,7	0,8	0,7	0,6
$Q_{2,3} \text{ нм}^3/с$	1,1	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0
$a \cdot b, \text{ см}$	28 · 42	30 · 42	30 · 45	35 · 45	30 · 45	28 · 42	25 · 25
$m \cdot n, \text{ см}$	28 · 28	30 · 30	30 · 30	35 · 30	30 · 20	28 · 28	25 · 48
$l_{3,4}, \text{ м}$	30	35	30	30	25	32	35
$l_{2,3}, \text{ м}$	25	25	25	25	20	27	30
$l_{1,2}, \text{ м}$	4	5	5	5	3	8	5
$L_{2,3}, \text{ м}$	10	12	12	10	10	12	8
ζ_3	2,6	2,8	2,5	2,8	3,0	3,5	4,0

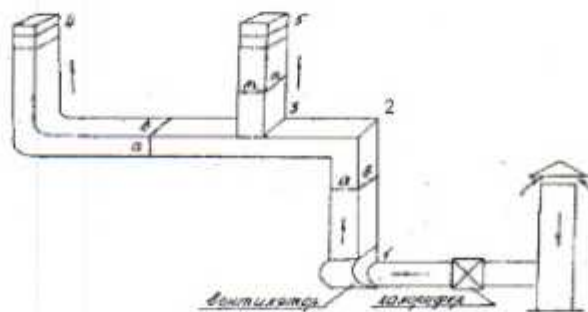


Рис. 3.2

Рис. 1.1

1.2. Выбрать диаметр чугунных труб на всех участках распределенной водопроводной сети (рис. 3.2) при заданных расходах воды в точках потребления Q , известных геодезических отметках водопроводных кранов и узловых точек ∇ , замеренных длинных участков L при заданной шероховатости труб, $k_s=0,1$ мм. В точках потребления должен сохраняться свободный напор не менее 5 м вод. ст. ($h_{св}=5$ м). Местные сопротивления на всех участках

принять равными 10 % от сопротивления по трубе.

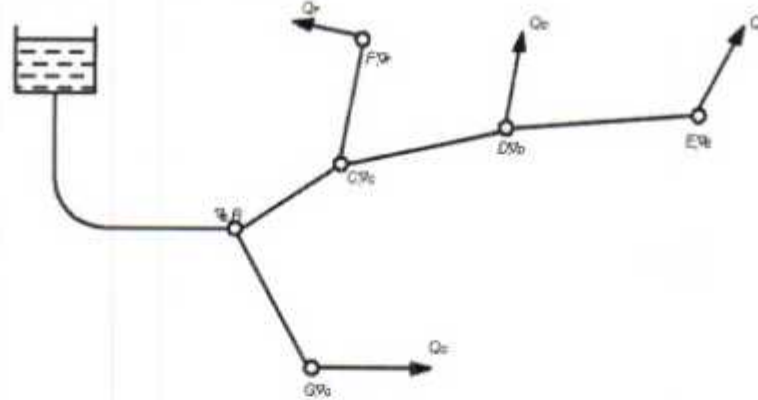


Рис. 1.2

2. Задания к разделу 2

2.1. Плоскую поверхность с температурой t_1 необходимо изолировать так, чтобы потери теплоты не превышали значения теплового потока равного q , при температуре на внешней поверхности изоляции t_2 . Найти толщину слоя изоляции, если его коэффициент теплопроводности равен λ .

Параметр	вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
t_1, C	620	580	530	470	400	350	280	250	200	150
t_2, C	50	49	47	45	43	41	40	39	35	20
$q, \text{Вт/м}^2$	450	300	400	350	450	200	200	150	125	50
$\lambda, \text{Вт/(м К)}$	0,1	0,13	0,2	0,15	0,29	0,29	0,24	0,12	0,29	0,11

2.2. Определить поверхность нагрева рекуперативного теплообменника при прямоточном и противоточном движении теплоносителей. Теплоносителем является газ начальной температурой t_1 и конечной t_2 . Необходимо нагреть некоторый объем воздуха при нормальных физических условиях G от t_3 до t_4 . Принять коэффициент теплопередачи $20 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$, теплоемкость воздуха постоянной.

параметр	вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
t_1, C	650	640	630	620	610	600	590	580	570	560
t_2, C	250	350	275	325	300	225	400	375	200	350
t_3, C	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
t_4, C	180	185	190	240	230	220	210	200	190	180
$G, \text{м}^3/\text{ч}$	20000	25000	30000	35000	40000	21000	32000	39000	41000	25000

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенций

Компетенция ПК-3 Способность осуществлять обоснование технологических, технических и конструктивных решений систем обеспечения микроклимата

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
--	----------------------------------

ПК-3.1 Выбирает данные для выполнения расчетного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем обеспечения микроклимата	Экзамен, выполнение и защита ИДЗ, решение задач по определению тепло-и холодопроизводительности систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, тестовый контроль, собеседование, устный опрос
ПК-3.2 Выбирает метод и методики выполнения расчетного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем обеспечения микроклимата.	Экзамен, выполнение и защита ИДЗ, решение задач по определению тепло-и холодопроизводительности систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, тестовый контроль, собеседование, устный опрос
ПК-3.3 Выполняет контроль проведения расчетного обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем обеспечения микроклимата	Экзамен, выполнение и защита ИДЗ, решение задач по определению тепло-и холодопроизводительности систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, тестовый контроль, собеседование, устный опрос

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

5.2.1. Перечень контрольных вопросов для экзамена

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Термодинамическая система. Рабочие тела и требования к ним. Первый и второй закон термодинамики, его аналитические выражения. Термодинамические циклы в оборудовании ОВК.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Понятие о внешней и внутренней энергии тела. Две формы передачи энергии. Теплота и работа. Основные параметры состояния рабочего тела. 2. Смеси идеальных газов. Определение средней (кажущейся) молекулярной массы, плотности и газовой постоянной смеси. 3. Внутренняя энергия газа и ее определение. 4. Эквивалентность теплоты и работы. Формулировка и аналитическая форма I закона термодинамики. 5. Энтальпия, основные понятия и определения. 6. Основные понятия о теплоемкости. Массовая, объемная и мольная теплоемкости и их взаимосвязь. 7. Зависимость теплоемкости газа от температуры. Истинная и средняя теплоемкости и их взаимосвязь. Теплоемкость газовых смесей. 8. Энтропия, основные понятия и определения. Вычисление изменения энтропии идеального газа. Тепловая TS- диаграмма и ее применение. 9. Круговые процессы или циклы. Цикл Карно, прямой и обратный, его практическое значение в системах создания микроклимата. 10. Второй закон термодинамики, его сущность и основные формулировки, их связи с принципом действия технических устройств.
2	Реальные газы: водяной пар, влажный воздух. Процессы во влажном воздухе. Истечение	<ol style="list-style-type: none"> 1. Водяной пар и его значение в теплотехнике. Основные понятия и определения. PV-диаграмма водяного пара. 2. Определение параметров кипящей жидкости и

	газов и жидкостей.	<p>сухого насыщенного пара по расчетным формулам, таблицам и iS-диаграмме.</p> <p>3. Определение параметров влажного насыщенного пара по расчетным формулам и iS-диаграмме.</p> <p>4. Процесс дросселирования газов и паров, его физическая сущность и уравнение. Изменение параметров в процессе дросселирования.</p> <p>5. Дросселирование реальных газов и водяного пара. Практическое использование процесса дросселирования.</p> <p>6. Влажный воздух как смесь идеальных газов. Определение влагосодержания, относительной влажности и точки росы.</p> <p>7. $J-d$- диаграмма влажного воздуха - принципы построения, характерные особенности, определение параметров, расчет процессов.</p>
3	<p>Уравнения гидродинамики. Виды и расчет гидравлических сопротивлений. Последовательность расчета инженерных сетей различного назначения.</p>	<p>1. Гидродинамические параметры потоков жидкостей и газов.</p> <p>2. Основные уравнения гидродинамики, их практическое значение в расчетах оборудования систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.</p> <p>3. Гидравлический расчет простых и сложных трубопроводов инженерных сетей.</p> <p>4. Подбор вентиляционного оборудования для систем вентиляции и кондиционирования воздуха.</p> <p>5. Гидравлический расчет систем отопления и холодоснабжения СКВ.</p> <p>6. Аэродинамический расчет воздухопроводов.</p>
4	<p>Тепло и массообменные процессы в оборудовании систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха</p>	<p>1. Теплопроводность, основные понятия и определения. Закон Фурье.</p> <p>2. Теплопроводность в однослойной и многослойной плоской стенке - тепловой поток, тепловая проводимость, термическое сопротивление стенки.</p> <p>3. Конвективный теплообмен — физическая сущность, основные понятия и определения. Закон Ньютона - Рихмана. Коэффициент теплоотдачи и его определение.</p> <p>4. Характеристика основных критериев подобия процессов конвективного теплообмена (чисел Прандтля, Рейнольдса, Грасгофа, Нуссельта), их физический смысл и применение в тепловых расчетах.</p> <p>5. Теплопередача, основные понятия и определения. Коэффициент теплопередачи, сопротивление теплопередачи и их определение.</p> <p>6. Теплообмен излучением: физическая сущность процесса, интенсивность излучения, основные законы.</p> <p>7. Сложный теплообмен, виды и расчет.</p> <p>8. Массообменные процессы, основные уравнения.</p> <p>9. Тепло и массообменные аппараты: классификация, схемы движения теплоносителей и их водяные эквиваленты, средний логарифмический температурный напор.</p> <p>10. Основы теплового расчета рекуперативных теплообменных аппаратов</p>

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

Задача 1. В качестве нагревательных приборов системы отопления использованы стальные трубы $d_1 = 0,1$ м. Стояк, подводящий нагретую воду, и соединительные линии выполнены из труб $d_2 = 0,025$ м и приварены к торцам нагревательных труб. Определить потери давления при внезапном расширении трубопроводов, если скорость движения горячей воды в подводящих линиях $v = 0,3$ м/с, а температура воды 80°C .

Задача 2. Недалеко от конца трубопровода диаметром $d = 0,15$ м, транспортирующего вязкую жидкость ($\rho = 900$ кг/м³, $\nu = 1 \cdot 10^{-4}$ м²/с), имеется задвижка Лудло. Определить пьезометрическое давление перед задвижкой при расходе $Q = 0,04$ м³/с, если степень открытия задвижки $n = 0,75$. В конце трубопровода давление равно атмосферному.

Задача 3. Определить поверхность нагрева водо-воздушного рекуперативного теплообменника при прямоточной и противоточной схемах движения теплоносителей, если объемный расход воздуха при нормальных условиях V_n , средний коэффициент теплопередачи от воздуха к воде K , начальные и конечные температуры воздуха и воды равны, t_1, t_1', t_2 и t_2' соответственно. Определить также расход воды G через теплообменник.

Указание. Среднюю объемную изобарную теплоёмкость воздуха принять равной $C_{pm} = 1,32$ КДж/(м³·К).

Исходные данные: $V_n = 500$ м³/ч; $K = 21$ Вт/(м²·К); $t_1 = 500^\circ\text{C}$;
 $t_1' = 250^\circ\text{C}$; $t_2 = 10^\circ\text{C}$; $t_2' = 90^\circ\text{C}$.

Определить: величины F и G_n .

5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме экзамена, дифференцированного зачета, дифференцированного зачета при защите курсового проекта/работы используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично⁸.

При промежуточной аттестации в форме зачета используется следующая шкала оценивания: зачтено, не зачтено.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Показатель оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знания	Знание законов гидродинамики, теплообмена и массообмена
	Знание алгоритмов решения задач по гидравлике и теплотехнике
	Объем освоенного материала по гидродинамике и тепломассообмену.
	Полнота ответов на вопросы
	Четкость изложения и интерпретации знаний
Умения	Умение использовать инструментарий для решения стандартных задач при расчете и выборе оборудования ОВК
	Умение применять теоретические основы законов сохранения энергии и материи при расчете систем создания микроклимата
	Умение рассчитывать тепло- и холодопроизводительность оборудования отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха
	Умение осуществлять критический анализ при выборе оборудования отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (ОВК)
Навыки	Владеть навыками сбора и систематизация информации по расчету процессов гидродинамики и тепломассообмена в оборудовании систем ОВК
	Владеть навыками применения математического аппарата фундаментальных наук для решения профессиональных задач расчета оборудования ОВК
	Владеть навыками обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем теплогасоснабжения и вентиляции

⁸ В ходе текущей аттестации могут быть использованы балльно-рейтинговые шкалы.

Владеть навыками работы со справочным материалом, используя средства информационных технологий

Оценка преподавателем выставляется интегрально по всем показателям и критериям оценивания.

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание терминов, определений, понятий законов гидравлики и теплотехники	Не знает терминов и определений законов гидравлики и теплотехники	Знает термины и определения, но допускает неточности формулировок	Знает термины и определения законов гидравлики и теплотехники	Знает термины и определения, может корректно сформулировать их самостоятельно
Знание алгоритмов решения задач по расчету теплообменных процессов и гидродинамики	Не знает алгоритмы решения задач по расчету теплообменных процессов и гидродинамики	Знает алгоритмы решения задач по расчету теплообменных процессов и гидродинамики	Знает алгоритмы решения задач, их интерпретирует и использует	Знает алгоритмы решения задач, может самостоятельно их получить и использовать
Объем освоенного материала по гидродинамике и теплообмену в оборудовании ОВК	Не знает значительной части материала дисциплины	Знает только основной материал дисциплины, не усвоил его детали	Знает материал дисциплины в достаточном объеме	Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство вопросов	Дает неполные ответы на все вопросы	Дает ответы на вопросы, но не все - полные	Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы
Четкость изложения и интерпретации знаний	Излагает знания без логической последовательности	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности	Излагает знания без нарушений в логической последовательности	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя

Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Умение использовать инструментарий для решения стандартных задач по гидродинамике и теплотехнике	Не умеет использовать инструментарий для решения стандартных задач по ГД и ТМО	Умеет использовать инструментарий для решения стандартных задач не в полном объеме	Умеет использовать инструментарий для решения стандартных задач в полном объеме	Умеет использовать инструментарий для решения стандартных задач в полном объеме, может его самостоятельно изменять
Умение применять теоретические основы для	Не умеет применять теоретические основы для	Умеет применять теоретические основы для построения и	Умеет применять теоретические основы для построения и	Умеет применять теоретические основы для построения и

построения процессов обработки воздуха на i-d диаграмме	построения и расчета процессов обработки воздуха на i-d диаграмме	расчета процессов обработки воздуха на i-d диаграмм	расчета процессов обработки воздуха на i-d диаграмм, но допускает неточности	расчета процессов обработки воздуха на i-d диаграмм в полном объеме
Умение осуществлять гидравлический расчет трубопроводов различного назначения	Не умеет определять гидродинамические характеристики воздухопроводов и трубопроводов систем ОВК	Умеет частично определять гидродинамические характеристики воздухопроводов и трубопроводов систем ОВК	Умеет определять гидродинамические характеристики воздухопроводов и трубопроводов систем ОВК, но допускает неточности	Умеет определять гидродинамические характеристики воздухопроводов и трубопроводов систем ОВК в полном объеме
Владеть навыками работы со справочным материалом, используя средства информационных технологий	Не умеет решать с помощью чертежей различные практические задачи по размещению оборудования ОВК	Умеет решать с помощью чертежей различные практические задачи, но допускает неточности	Умеет решать с помощью чертежей различные практические задачи по выбору и размещению установок ОВК в полном объеме	Умеет решать с помощью чертежей различные практические задачи, а также самостоятельно их формулировать

Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Владеть навыками сбора и систематизация информации по расчету процессов гидродинамики и теплообмена в оборудовании систем ОВК	Не владеет навыками сбора и систематизация информации по расчету процессов гидродинамики и теплообмена в оборудовании систем ОВК	Владеет навыками сбора и систематизация информации по расчету процессов ГД ТМО в оборудовании систем ОВК не в полном объеме	Владеет навыками сбора и систематизация информации по расчету процессов ГД ТМО в оборудовании систем ОВК, но допускает неточности	Владеет навыками сбора и систематизация информации по расчету процессов ГД ТМО в оборудовании систем ОВК в полном объеме
Владеть навыками применения математического аппарата фундаментальных наук для решения профессиональных задач расчета оборудования ОВК	Не владеет навыками в применения математического аппарата фундаментальных наук для решения профессиональных задач расчета оборудования ОВК	Владеет навыками применения математического аппарата фундаментальных наук для решения профессиональных задач расчета оборудования ОВК не в полном объеме	Владеет навыками применения математического аппарата фундаментальных наук для решения профессиональных задач расчета оборудования ОВК но допускает неточности	Владеет навыками применения математического аппарата фундаментальных наук для решения профессиональных задач расчета оборудования ОВК в полном объеме
Владеть навыками обоснования технологических, технических и конструктивных решений систем теплогазоснабжения и вентиляции	Не владеет навыками решения позиционных и метрических задач по начертательной геометрии	Владеет навыками решения позиционных и метрических задач по начертательной геометрии не в полном объеме	Владеет навыками решения позиционных и метрических задач по начертательной геометрии, но допускает неточности	Владеет навыками решения позиционных и метрических задач по начертательной геометрии в полном объеме

Владеть навыками работы со справочным аппаратом, используя средства информационных технологий	Не владеет навыками работы со справочным аппаратом, используя средства информационных технологий	Владеет навыками работы со справочным аппаратом, но не использует средства информационных технологий	Владеет навыками работы со справочным аппаратом, используя средства информационных технологий не в полном объеме	Владеет навыками работы со справочным аппаратом, используя средства информационных технологий не в полном объеме
---	--	--	--	--

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Учебная аудитория для проведения лекционных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущей и промежуточной аттестации ГК, №312, 313,	Специализированная мебель. Информационные стенды по теплогазоснабжению. Мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук, информационные стенды.
2	Учебная аудитория для проведения лабораторных по гидравлике, практических занятий и для самостоятельной работы ГК, №007, №003.	Лабораторные стенды, информационные стенды по гидравлике. Интерактивная доска, мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук,

6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Наименование Электронно-библиотечной системы (ЭБС)	Принадлежность/ доступность	Адрес сайта	Наименование организации-владельца, реквизиты договора на использование
1	2	3	4	5
1	Электронно-библиотечная система издательства «Лань»	Сторонняя/ индивидуальный неограниченный доступ по сети интернет	http://e.lanbook.com	ООО «Издательство Лань» Контракты №3261000041130001620003147-01 от 27/08/2013г. до 01/09/2014г. и №03261000041140000770003147-01 от 11/08/2014г. до 01/09/2015г.
2	Электронная библиотека (на базе ЭБС «БиблиоТех»)	Собственная/ индивидуальный неограниченный доступ по сети интернет	http://ntb.bstu.ru	ФГБОУВО БГТУ им. «В.Г. Шухова»
3	Электронно-библиотечная Система "КнигаФонд"	Сторонняя/ 100 точек доступа по сети интернет	http://www.kni2afund.ru	ООО "Центр цифрового дистрибуции" Контракт №326-13к от 26/07/2013г. до 31/08/2014г

6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Ильина Т.Н., Семиненко А.С., Киреев В.М. Примеры расчетов тепло- и массообменных процессов: Учебное пособие –Белгород: Изд-во БГТУ, 2011. - 144с.
2. Ильина Т.Н. Примеры гидравлических расчетов: учебное пособие - Белгород: Изд-во БГТУ, 2008.-150с.
3. Ильина Т.Н. Гидродинамика и теплообмен в оборудовании систем создания микроклимата: учебное пособие - Белгород: Изд-во БГТУ, 2017.-150с.
4. Кузнецов В.А. Основы гидрогазодинамики: Учебное пособие –Белгород: Изд-во БГТУ, 2012
- 5.Ильина Т.Н. Основы гидравлического расчета инженерных сетей. Учебное пособие.- М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2005- 192с.
6. Ильина Т.Н., Киреев В.М. Механика жидкости и газа: методические указания.- Белгород: Изд-во БГТУ, 2008-42с.
7. Логинов В.С. Примеры и задачи по теплообмену: Учебное пособие –М.: Изд-во АСВ, 2011.
8. Цветков Ф.Ф. Задачник по теплообмену: Учебное пособие / Ф.Ф. Цветков, Р.В. Керимов, В.И. Величко. -2-ое изд., исправ. и доп.- М.: Издательский дом МЭИ,2008.- 196 с.

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

<http://www.iprbookshop.ru/20500.html>

<http://www.iprbookshop.ru/20797>

<http://www.iprbookshop.ru/17063>

<https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2013040918151705619300004316>

<http://www.iprbookshop.ru/20500.html>

<https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2013040917444637067200004003>