

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

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института  
В.А. Уваров  
« 30 » 05 2019 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**дисциплины (модуля)**

**Основы гидравлики и теплотехники**  
(наименование дисциплины)

направление подготовки (специальность):

08.03.01 «Строительство»  
(шифр и наименование направления бакалавриата, магистра, специальности)

Квалификация (степень)  
бакалавр

Форма обучения  
очная

**Институт:** инженерно-строительный

**Кафедра:** теплогазоснабжения и вентиляции

Белгород – 2019


Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство» (уровень бакалавриата), утвержденного приказом № 481 от 31 мая 2017 г.
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2019 году.

Составитель: д-р техн. наук, проф.  (О.А. Аверкова)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой

«СиГХ»

Заведующий кафедрой: д-р техн. наук, проф.  (Л.А. Сулейманова)

« 30 » 05 2019 г.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры ТГВ

« 14 » 05 2019 г., протокол № 12

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

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 30 » 05 2019 г., протокол № 10

Председатель канд. техн. наук, доцент  (А.Ю. Феоктистов)

Код и наименование компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.6. Составление последовательности (алгоритма) решения задачи
ОПК-1 Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе использования теоретических и практических основ естественных и технических наук, а также математического аппарата	ОПК-1.1 Выявление и классификация физических и химических процессов, протекающих на объекте профессиональной деятельности
	ОПК-1.2 Определение характеристик физического процесса (явления), характерного для объектов профессиональной деятельности, на основе теоретического (экспериментального) исследования
	ОПК-1.4 Представление базовых для профессиональной сферы физических процессов и явлений в виде математического(их) уравнения(й)
	ОПК -1.5 Выбор базовых физических и химических законов для решения задач профессиональной деятельности
ОПК-3 Способен принимать решения в профессиональной сфере, используя теоретические основы и нормативную базу строительства, строительной индустрии и жилищно-коммунального хозяйства	ОПК-3.2 Выбор метода или методики решения задачи профессиональной деятельности

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
УК-2.6. Составление последовательности (алгоритма) решения задачи	Знает последовательность решения задачи при разработке систем водоснабжения и водоотведения. Имеет навыки алгоритма разработки элементов систем водоснабжения и водоотведения
ОПК-1.1 Выявление и классификация физических и химических процессов, протекающих на объекте профессиональной деятельности	Знает терминологию и основные законы гидравлики и теплотехники, действующие в устройствах систем водоснабжения и водоотведения Имеет навыки определения структуры, элементов и их характеристик систем водоснабжения и водоотведения
ОПК-1.2 Определение характеристик физического процесса (явления), характерного для объектов профессиональной деятельности, на основе теоретического (экспериментального) исследования	Знает методики решения задач в области расчета систем водоснабжения и водоотведения с использованием уравнений гидростатики и гидродинамики. Имеет навыки решения задач в области расчета систем водоснабжения и водоотведения.
ОПК-1.4 Представление базовых для профессиональной сферы физических процессов и явлений в виде математического(их) уравнения(й)	Знает основные уравнения гидродинамики и термодинамики, используемые в расчетах систем теплогазоснабжения, водоснабжения и водоотведения. Имеет навык использования базовых знаний физических процессов и явлений в оборудовании систем водоснабжения и водоотведения
ОПК -1.5 Выбор базовых физических и	Знает базовые физические и химические законов для описания процессов в системах водоснабжения и водоотведения

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
химических законов для решения задач профессиональной деятельности	Имеет навык выбора необходимых данных для расчета систем водоснабжения и водоотведения
ОПК-3.2 Выбор метода или методики решения задачи профессиональной деятельности	Знает методики расчета гидродинамических характеристик потоков в оборудовании систем водоснабжения и водоотведения. Имеет навык применения основных уравнений гидравлики и теплотехники в проектировании систем водоснабжения и водоотведения.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

**1. Компетенция УК-2** Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины <sup>1</sup>
1	Правовое регулирование строительства. Коррупционные риски
2	Высшая математика
3	Инженерная графика
4	Компьютерная графика
5	Экономика отрасли...
6	Теоретическая механика
7	Основы гидравлики и теплотехники
8	Основы технической механики
9	Инженерная экология
10	Инженерная геология
11	Инженерная геодезия
12	Строительные материалы
13	Основы архитектуры зданий
14	Основы строительных конструкций
15	Основы геотехники
16	Основы водоснабжения и водоотведения
17	Основы теплогазоснабжения и вентиляции
18	Основы электротехники и электроснабжения
19	Основы технической эксплуатации зданий и сооружений
20	Средства механизации строительства
21	Технологические процессы в строительстве
22	Основы организации производства
23	Метрология, стандартизация, сертификация и управление качеством
24	Основы профессиональной деятельности
25	Учебная ознакомительная практика (1)
26	Производственная технологическая практика (4)
27	Производственная исполнительная практика (6)
28	Производственная преддипломная практика (4)

**2. Компетенция ОПК-1** Способен решать задачи профессиональной деятельности

на основе использования теоретических и практических основ естественных и технических наук, а также математического аппарат

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины <sup>2</sup>
1	Высшая математика
2	Физика
3	Химия
4	Инженерная графика
5	Компьютерная графика
6	Теоретическая механика
7	Основы гидравлики и теплотехники
8	Основы технической механики
9	Инженерная экология
10	Основы электротехники и электроснабжения
11	Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена (2 нед.)
12	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы (4 нед.)

**3. Компетенция ОПК-3** Способен принимать решения в профессиональной сфере, используя теоретические основы и нормативную базу строительства, строительной индустрии и жилищно-коммунального хозяйства

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины <sup>3</sup>
1	Экономика отрасли
2	Теоретическая механика
3	Основы гидравлики и теплотехники
4	Основы технической механики
5	Инженерная геология
6	Инженерная геодезия
7	Строительные материалы
8	Основы архитектуры зданий
9	Основы строительных конструкций
10	Основы геотехники
11	Основы водоснабжения и водоотведения
12	Основы теплогаснабжения и вентиляции
13	Основы электротехники и электроснабжения
14	Средства механизации строительства
15	Основания и фундаменты
16	Архитектура зданий
17	Железобетонные и каменные конструкции
18	Металлические конструкции
19	Конструкции из дерева и пластмасс
20	Учебная изыскательская практика
21	Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена (2 нед.)
22	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы (4 нед.)

## ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины 3 зач. единицы, 108 часов

Форма промежуточной аттестации зачет

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 3
Общая трудоемкость дисциплины, час	108	108
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	51	51
лекции	17	17
лабораторные	17	17
практические	17	17
<b>Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:</b>	57	57
Курсовой проект		
Курсовая работа		
Расчетно-графическое задания		
Индивидуальное домашнее задание	9	9
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	48	48
Экзамен		

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1 Наименование тем, их содержание и объем

**Курс\_2\_ Семестр\_3\_**

№ раздела	Наименование раздела дисциплины (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час.				
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	Всего часов
<b>1. Основные свойства жидкости. Равновесие жидкости и газа.</b>						
	Основные свойства жидкостей. Гидростатическое давление и его свойства. Основное уравнение	2	2	2	6	12

гидростатики, закон Паскаля. Равновесие газа в поле силы тяжести. Давление жидкости на плоские поверхности. Закон Архимеда. Практическое приложение законов гидростатики.						
<b>2. Кинематика и динамика жидкости и газа.</b>						
Уравнение неразрывности потока. Дифференциальные уравнения движения идеальной жидкости (уравнение Эйлера) и вязкой жидкости (уравнение Навье-Стокса). Геометрическое и энергетическое толкование уравнения Бернулли. Уравнение Бернулли для потока вязкой жидкости. Уравнения изменения количества движения	2	2	2	6	12	
<b>3. Режимы движения. Гидравлические сопротивления.</b>						
Общие сведения о режимах и гидравлических сопротивлениях. Ламинарный и турбулентный режимы движения жидкостей, особенности движения. Число Рейнольдса, его практическое значение. Виды гидравлических сопротивлений в трубах.. Потери напора на трение и местные сопротивления.	2	2	2	6	12	
<b>4. Расчет потерь напора на трение и на местные сопротивления при различных режимах</b>						
Потери напора на трение в круглых трубах. Формула Дарси-Вейсбаха и коэффициент потерь на трение (коэффициент Дарси), область ее применения. Гидравлически гладкие и шероховатые трубы. Основные виды местных сопротивлений. Зависимость коэффициента местных сопротивлений от числа Рейнольдса. Взаимное влияние местных сопротивлений. Кавитация в местных сопротивлениях.	2	2	2	6	12	
<b>5. Гидравлический расчет трубопроводов. Истечение жидкости через отверстия и насадки.</b>						
Общие сведения. Простой трубопровод. Основное расчетное уравнение простого трубопровода. Расчет длинных трубопроводов в квадратичной области сопротивления. Последовательное и параллельное соединение трубопроводов. Истечение жидкости из отверстий в тонкой стенке. Коэффициенты сжатия, скорости, расхода. Виды насадков, их применение.	2	2	2	6	12	
<b>6. Первый и второй закон термодинамики. Круговые процессы.</b>						

	Внутренняя энергия и ее свойства. Теплота и работа. Аналитическое выражение 1 закона термодинамики. Энтальпия. Теплоемкость идеальных газов. Уравнение Майера. Теплоемкость газовых смесей. Понятие об энтропии. T-S диаграмма и ее применение. Термодинамическая обратимость процессов. Цикл Карно и его значение. Сущность, основные формулировки и аналитические выражения II закона термодинамики.	2	2	2	5	11
<b>7. Реальные газы. Водяной пар. Влажный воздух.</b>						
	Свойства реальных газов. Уравнение Ван-дер-Ваальса и его анализ. Водяной пар, основные понятия и определения. Процессы парообразования в P-V, T-S и I-S диаграммах. Влажный воздух, основные понятия, определения, свойства. Абсолютная и относительная влажность, влагосодержание. I-d диаграмма влажного воздуха. Основные процессы изменения состояния влажного воздуха.	2	2	2	6	12
<b>8. Виды теплообмена. Тепловые процессы.</b>						
	Физические основы процессов теплопроводности. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Конвективный теплообмен. Коэффициент теплоотдачи, его определение. Основные критерии подобия и критериальные уравнения для расчета коэффициента теплоотдачи. Природа и основные законы теплового излучения. Лучистый теплообмен между газом и окружающими его стенками. Сложный теплообмен. Уравнение теплопередачи. Теплопередача через однослойные и многослойные плоские и цилиндрические стенки. Теплообменники, основы расчета.	3	3	3	7	16
	ИДЗ				9	9
ИТОГО:		17	17	17	57	108

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

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 3				
1	<b>Основные свойства жидкости. Равновесие жидкости и газа</b>	Законы гидростатики. Расчет давления и силы давления капельных и газообразных жидкостей на твердые поверхности	2	3
2	<b>Кинематика и динамика жидкости и газа</b>	Применение уравнения баланса расхода и баланса энергий в гидравлических расчетах.	2	3



3	<b>Режимы движения. Гидравлические сопротивления</b>	Критерий Рейнольдса, его практическое применение, гидравлические сопротивления при ламинарном и турбулентном движении	2	3
4	<b>Расчет потерь напора на трение и на местные сопротивления при различных режимах.</b>	Расчет коэффициентов гидравлического трения и потерь напора при различных режимах движения жидкости. Расчет потерь напора при внезапном расширении и сужении сечения потока.	2	3
5	<b>Гидравлический расчет трубопроводов. Истечение жидкости через отверстия и насадки</b>	Гидравлический расчет напорных трубопроводов для жидкостей и газов. Расчет скорости и расхода жидкости, вытекающей через отверстия и насадки	2	3
6	<b>Первый и второй закон термодинамики. Круговые процессы</b>	Практическое применение основных законов идеального газа. Расчет теплоемкости газов и газовых смесей.	2	3
7	<b>Реальные газы. Водяной пар. Влажный воздух</b>	Определение параметров водяного пара и влажного воздуха с помощью I-d и I-S диаграмм.	2	3
8	<b>Виды теплообмена. Тепловые процессы</b>	Расчет тепловых процессов передачи тепла теплопроводностью, конвекцией и излучением. Расчет теплообменных аппаратов.	3	3
Итого:			17	24

#### 4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 3				
1	<b>Основные свойства жидкости. Равновесие жидкости и газа</b>	Приборы для определения давления. Избыточное и полное давление в системе	2	3
2	<b>Кинематика и динамика жидкости и газа</b>	Определение скорости и расхода жидкости в трубах различного сечения	2	3
3	<b>Режимы движения.</b>	Режимы движения жидкости. Определение числа Рейнольдса	2	3
4	<b>Расчет потерь напора на трение</b>	Потери напора по длине. Определение коэффициентов гидравлического трения при различных режимах движения	2	3
5	<b>Местные сопротивления</b>	Потери напора на местные сопротивления. Определение коэффициентов местных сопротивлений.	2	3
6	<b>Истечение жидкости через отверстия и насадки</b>	Истечение жидкости через малое отверстие и насадки при постоянном и переменном напорах.	2	4

7	<b>Первый и второй закон термодинамики. Круговые процессы. Реальные газы, влажный воздух</b>	Методы измерения теплотехнических величин. Определение изобарной теплоемкости воздуха. Определение относительной влажности воздуха	5	5
ИТОГО:			17	24

#### 4.4. Содержание курсового проекта/работы<sup>4</sup>

Не предусмотрено учебным планом

#### 4.5. Перечень индивидуальных домашних заданий

##### Индивидуальное домашнее задание.

**Цель задания:** Приобретение практических навыков по формулированию основных законов статики и динамики жидкости и газа, термодинамики и законам теплообмена, их анализу и использованию для принятия решений.

**Структура работы.** Теоретическое задание, включающее темы рефератов. Практическое задание – это решение задач по рассматриваемым разделам (гидростатики, уравнения баланса расхода и энергии, потери напора на гидравлические сопротивления, процессы изменения состояния воздуха, расчет теплопроводности, теплопередачи, лучистый теплообмен).

**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. Решение задач ИДЗ должно сопровождаться необходимыми комментариями, т.е. все основные моменты процесса решения задачи должны быть раскрыты и обоснованы на основе соответствующих теоретических положений. Срок сдачи ИДЗ определяется преподавателем.

*Типовые варианты заданий*

##### *Вариант 1 (Гидростатика)*

1.1. Труба диаметром  $d$  и длиной  $l = 1$  м находится под избыточным давлением  $P$ . Определить силу разрыва трубы и силу суммарного давления, которое испытывает задвижка в этой трубе.  
 $P_{\text{атм}} = 736$  мм рт. ст

Параметр	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$d$ , мм	700	650	600	550	500	450	500	550	550	680
$P$ , ат	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2	2,9	2,7	2,5	2,8	3,0

*Примечание:*  $1 \text{ ат(техн)} = 1 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2} = 9,81 \cdot 10^4 \text{ Па} = 10 \text{ м вод.ст.} = 736 \text{ мм рт. ст.}$

1.2. В канале, подводящем воду к очистным сооружениям, установлен пневматический уровнемер с самопишущим сооружением.

Нижней конец трубки погружен в воду на глубину  $H_2$  ниже самого нижнего уровня воды в канале. В верхний конец трубки по трубке подается небольшой объем воздуха под давлением, достаточным для выхода воздуха в воду через нижний конец трубки. Определить глубину воды в канале  $H$ , если показание манометра равно  $h$  мм рт. ст. Расстояние от дна канала до нижнего конца трубки  $H_1 = 0,3$  м,  $\rho_{\text{рт}} = 13600 \text{ кг/м}^3$ ,  $\rho_{\text{в}} = 980 \text{ кг/м}^3$

Параметр	Вариант								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$h$ , мм рт.ст	80	75	70	65	60	55	50	40	30

##### *Вариант 2 (Гидравлические сопротивления)*

2.1. Определить потери давления на трение в стальном трубопроводе диаметром  $d$ , длиной  $l$ , бывшем

длительное время в эксплуатации ( $k_{э} = 1$  мм) при расходе  $Q$  ( $\rho_{в} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}, \mu = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ )

Параметр	Вариант								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$d$ , мм	125	150	175	225	200	250	275	300	325
$l$ , м	70	65	55	60	50	45	40	35	30
$Q$ , л/с	40	60	80	100	120	140	160	180	200

2.2. Вода по стальному трубопроводу ( $k_{э} = 0,5$  мм) диаметром  $d$  и длиной  $l$  поступает из большого резервуара в колодец. Определить потери давления на трение при заданном расходе  $Q$  ( $\rho_{в} = 998 \text{ кг/м}^3$ ). Жидкость движется в квадратичной области турбулентного режима.

Параметр	Вариант								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$d$ , мм	125	150	175	200	225	200	250	300	325
$l$ , м	70	65	55	60	55	50	45	80	70
$Q$ , л/с	40	50	80	100	80	120	140	180	200

2.3. Нагревательная печь расходует 400 кг мазута в час ( $M = 400 \text{ кг/ч}$ ). Плотность мазута  $\rho = 900 \text{ кг/м}^3$ , его кинематическая вязкость  $\nu = 0,27 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$ . Определить потери давления на трение  $\Delta P_{тр}$  при длине трубы  $l$  диаметром  $d$ . ( $\lambda$  рассчитать по уравнению (3.13)).

Параметр	Вариант								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$d$ , мм	20	25	30	30	35	25	25	20	20
$l$ , м	25	25	20	25	20	30	30	25	30

### Вариант 3 (термодинамика)

3.1. Разрежение в газоходе парового котла, измеряемое тягомером, равно  $P_{мм}$  вод. ст. Определить абсолютное давление газов, если показание барометра 730 мм рт. ст., и выразить его в МПа.

3.2. В закрытом сосуде объемом  $V$  находится воздух при давлении  $P_1=0,8$  МПа и температуре  $t_1=20^\circ\text{C}$ . Какое количество теплоты необходимо подвести для того, чтобы температура воздуха поднялась до  $t_2=120^\circ\text{C}$ ?

3.3. Какое количество теплоты необходимо затратить, чтобы нагреть  $V \text{ м}^3$  воздуха при постоянном избыточном давлении  $P = 2$  ат. от  $t_1 = 120^\circ\text{C}$  до  $t_2 = 450^\circ\text{C}$ ? Какую работу при этом совершит воздух?

Атмосферное давление принять равным 750 мм рт. ст.

№ задачи	Значение	№ варианта									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
3.1	$P$ , мм вод. ст.	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33
3.2	$V$ , л	300	350	400	450	500	560	600	650	700	750
3.3	$V$ , $\text{м}^3$	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3	3,2	3,4	3,6	3,8

### Вариант 4 (Реальные газы)

4.1 Манометр парового котла показывает давление  $P$ , бар. Показания барометра 776 мм.рт.ст. Считая пар сухим насыщенным, определить его температуру, удельный объем и энтальпию.

4.2 Найти давление, удельный объем и плотность воды, если она находится в состоянии кипения и температура её равна  $t$ .

4.3 Определить влагосодержание воздуха при температуре  $t^\circ\text{C}$  и барометрическом давлении  $P_{бар} = 735$  мм. рт. ст, если относительная влажность воздуха  $\varphi = 60\%$ .

4.4 Состояние влажного воздуха характеризуется температурой  $t = 25^\circ\text{C}$  и относительной влажностью  $\varphi\%$ . Барометрическое давление, при котором находится воздух, равно 745 мм рт. ст. Найти парциальное давление пара в воздухе и его влагосодержание. Найти на диаграмме  $i, d$  точку, соответствующую состоянию воздуха, определить из диаграммы  $d$  и сравнить с результатом решения.

### Вариант 5 (Теплообмен)

**5.1** Плоскую поверхность с температурой  $t_1$  необходимо изолировать так, чтобы потери теплоты не превышали значения теплового потока равно  $q$ , при температуре на внешней поверхности изоляции  $t_2$ . Найти толщину слоя изоляции, если его коэффициент теплопроводности равен  $\lambda$ .

параметр	вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$t_1, \text{C}$	620	580	530	470	400	350	280	250	200	150
$t_2, \text{C}$	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

**5.2.** Оконная рама состоит из двух слоев стекла толщиной по  $X$  мм каждый. Между стеклами находится слой сухого неподвижного воздуха толщиной  $Y$  мм со средней температурой  $t_b$ . Площадь поверхности окна  $F$  м<sup>2</sup>. Определить потерю теплоты теплопроводностью через окно, если разность температур равна  $\Delta t$ .

параметр	вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$X, \text{мм}$	5	2	6	3	5	4	6	3	2	5
$Y, \text{мм}$	4	8	4	7	6	7	3	4	5	2
$t_b, \text{C}$	2	-1	1	0	0	0	-1	2	1	0
$F, \text{м}^2$	7	6	5,5	5	4,5	4	3,5	3	3,5	2
$\Delta t, \text{C}$	30	29	27	26	25	24	23	22	21	20

**5.3** 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 Вт/(м<sup>2</sup>К), теплоемкость воздуха постоянной.

параметр	вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$t_1, \text{C}$	650	640	630	620	610	600	590	580	570	560
$t_2, \text{C}$	250	350	275	325	300	225	400	375	200	350
$t_3, \text{C}$	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$t_4, \text{C}$	180	185	190	240	230	220	210	200	190	180
$G, \text{ тыс. м}^3/\text{ч}$	20	25	30	35	40	21	32	39	41	25

## 4.5 Перечень контрольных работ

Не предусмотрено учебным планом

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

### 5.1. Реализация компетенций

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
УК-2.6. Составление последовательности (алгоритма) решения задачи	Выполнение и защита ИДЗ, решение задач по расчету тепло-и массообменных процессов в оборудовании ВиВ контрольные работы, тестовый контроль
ОПК-1.1 Выявление и классификация	Выполнение и защита ИДЗ, решение задач по расчету тепло-и массообменных процессов в

физических и химических процессов, протекающих на объекте профессиональной деятельности	оборудовании ВиВ , контрольные работы, тестовый контроль, собеседование, устный опрос, зачет.
ОПК-1.2 Определение характеристик физического процесса (явления), характерного для объектов профессиональной деятельности, на основе теоретического (экспериментального) исследования	Выполнение и защита ИДЗ, решение задач по использованию законов гидростатики в системах вентиляции и отопления, контрольные работы, тестовый контроль, собеседование, устный опрос, зачет.
ОПК-1.4 Представление базовых для профессиональной сферы физических процессов и явлений в виде математического(их) уравнения(й)	Выполнение и защита ИДЗ, решение задач по использованию законов гидродинамики в гидравлических расчетах трубопроводов различного назначения. расчету гидравлических сопротивлений тепло-и массообменных процессов в оборудовании В и В контрольные работы, тестовый контроль, собеседование, устный опрос
ОПК -1.5 Выбор базовых физических и химических законов для решения задач профессиональной деятельности	Выполнение и защита ИДЗ, решение задач с использованием законов теплообмена в расчете тепло-и массообменных процессов в оборудовании В и В, контрольные работы, тестовый контроль, собеседование, устный опрос, зачет
ОПК-3.2 Выбор метода или методики решения задачи профессиональной деятельности	Выполнение и защита ИДЗ, решение задач с использованием основных уравнений гидравлики и теплотехники, устный опрос, зачет.

## 5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

### 5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для зачета

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	<b>Основные свойства жидкости. Равновесие жидкости и газа</b>	1.Основные свойства жидкостей и единицы их измерения. 2.Основное уравнение гидростатики, его геометрическая и энергетическая интерпретации 3.Абсолютное и избыточное давление, приборы измерения давления, соотношение между единицами его измерений. 4.Эпюра распределения давления несмешивающихся жидкостей. 5.Сила давления жидкости на плоские и криволинейные поверхности. 6.Закон Архимеда. 7.Уравнение распределения давления при равновесии газов в поле силы тяжести.
2	<b>Кинематика и динамика жидкости и газа</b>	1.Основные понятия кинематики жидкости и газа: линия и трубка тока, установившееся и неуставившееся движение; равномерное и неравномерное, гидравлический радиус и эквивалентный диаметр. 2.Уравнение неразрывности движения капельных и

		газообразных жидкостей. 3. Дифференциальные уравнения движения невязкой (уравнение Эйлера) и вязкой (уравнение Навье – Стокса) жидкости. 4. Геометрический и энергетический смысл членов уравнения Бернулли для потока вязкой жидкости. 5. Принцип работы дроссельных приборов и пневмометрических трубок. 6. Уравнение изменения количества движения, его практическое значение.
3	<b>Режимы движения. Гидравлические сопротивления</b>	1. Виды гидравлических сопротивлений. 2. Особенности ламинарного и турбулентного движения жидкости в трубах. 3. Физический смысл числа Рейнольдса и его практическое значение. 4. Потери напора на трение в круглой трубе при ламинарном режиме движения.
4	<b>Расчет потерь напора на трение и на местные сопротивления при различных режимах</b>	1. Расчет потерь напора на трение в трубах некруглого сечения. 2. Понятия о гидравлических гладких и шероховатых трубах. Область квадратичного сопротивления. 3. Расчет коэффициента гидравлического трения. 4. Основные группы местных потерь напора. Уравнение Вейсбаха. 5. Оценка кавитационных свойств местных сопротивлений.
5	<b>Гидравлический расчет трубопроводов. Истечение жидкости через отверстия и насадки</b>	1. Основные задачи гидравлического расчета простого трубопровода. 2. Расчет длинных трубопроводов в квадратичной области сопротивления с использованием обобщенных гидравлических параметров. 3. Расчет трубопровода при последовательном соединении длинных труб. 4. Уравнение расчетов сложных трубопроводов при параллельном соединении труб. 5. Классификация отверстий при гидравлическом расчете истечения. 6. Физический смысл коэффициентов скорости и расхода в уравнении расчета скорости и расхода жидкости, вытекающей из отверстия. 7. Чем отличается насадок от трубопровода. 8. Причина изменения расхода и скорости при истечении жидкости через насадки по сравнению с истечением через отверстия.
6.	<b>Первый и второй закон термодинамики. Круговые процессы</b>	1. Идеальный газ как простейшая модель рабочей среды. Основные параметры рабочего тела Уравнение Клапейрона-Менделеева состояния идеального газа. 2. Смеси идеальных газов. Определение средней (кажущейся) молекулярной массы, плотности и газовой постоянной смеси. 3. Понятия о внешней и внутренней энергии тела. Две формы передачи энергии. Теплота и работа.

		<p>4. Эквивалентность теплоты и работы. Формулировка и аналитическая форма I закона термодинамики.</p> <p>5. Энтальпия, основные понятия и определения. Определение энтальпии идеального газа.</p> <p>6. Основные понятия о теплоемкости. Массовая, объемная и мольная теплоемкости и их взаимосвязь. Изохорная и изобарная теплоемкости, уравнение Майера.</p> <p>7. Энтропия, основные понятия и определения. Вычисление изменения энтропии идеального газа. Тепловая T-S диаграмма и ее применение.</p> <p>8. Круговые процессы или циклы. Прямой и обратный цикл Карно и его значение в теплотехнике.</p> <p>9. Второй закон термодинамики, его сущность и основные формулировки, их связь с принципом действия технических устройств.</p>
7	<p><b>Реальные газы.</b>  <b>Водяной пар. Влажный воздух</b></p>	<p>1. Водяной пар и его значение в теплотехнике. Основные понятия и определения. P-V диаграмма водяного пара.</p> <p>2. Влажный воздух как смесь идеальных газов. Определение влагосодержания, относительной влажности и точки росы.</p> <p>3. I-d диаграмма влажного воздуха.</p> <p>4. Определение параметров влажного воздуха на I-d диаграмме.</p> <p>5. Принципы построения и расчет процессов изменения состояния влажного воздуха.</p>
8	<p><b>Виды теплообмена.</b>  <b>Тепловые процессы</b></p>	<p>1. Общая характеристика основных видов теплообмена.</p> <p>2. Теплопроводность, основные понятия и определения. Закон Фурье.</p> <p>3. Теплопроводность в однослойной и многослойной плоской стенке тепловой поток, тепловая проводимость, термическое сопротивление стенки.</p> <p>4. Конвективный теплообмен – физическая сущность, основные понятия и определения. Закон Ньютона – Рихмана. Коэффициент теплоотдачи и его определение.</p> <p>5. Лучистый теплообмен, основные понятия и законы. Расчет количества теплоты при сложном теплообмене.</p> <p>6. Теплопередача, основные понятия и определения. Коэффициент теплопередачи, сопротивление теплопередачи и их определение.</p> <p>7. Теплообменники, основное уравнение расчета и подбора теплообменников.</p>

### 5.2.2. Перечень контрольных материалов для защиты курсового проекта/ курсовой работы

*Не предусмотрено учебным планом*

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

1. Разрежение в газоходе парового котла, измеряемое тягомером, равно  $P$  мм вод. ст. Определить абсолютное давление газов, если показание барометра 730 мм рт. ст., и выразить его в МПа.
2. В закрытом сосуде объемом  $V$  находится воздух при давлении  $P_1=0,8$  МПа и температуре  $t_1=20^\circ\text{C}$ . Какое количество теплоты необходимо подвести для того, чтобы температура воздуха поднялась до  $t_2=120^\circ\text{C}$ ?
3. Какое количество теплоты необходимо затратить, чтобы нагреть  $V$  м<sup>3</sup> воздуха при постоянном избыточном давлении  $P = 2$  ат. от  $t_1 = 120^\circ\text{C}$  до  $t_2 = 450^\circ\text{C}$ ? Какую работу при этом совершит воздух?
4. Манометр парового котла показывает давление  $P$ , бар. Показания барометра 776 мм.рт.ст. Считая пар сухим насыщенным, определить его температуру, удельный объем и энтальпию.
5. Найти давление, удельный объем и плотность воды, если она находится в состоянии кипения и температура её равна  $t$ .
6. Определить влагосодержание воздуха при температуре  $t^\circ\text{C}$  и барометрическом давлении  $P_{\text{бар}} = 735$  мм. рт. ст, если относительная влажность воздуха  $\varphi = 60\%$ .

## 5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

### Критерии оценивания индивидуального домашнего задания.

Оценка	Критерии оценивания
5	Работа выполнена полностью. Теоретическое задание соответствует теме, представленный материал полностью раскрывает тему задания, в работе сформулированы значимые выводы. Практическая часть выполнена в полном объеме, для каждой задачи получены правильные ответы и студентом сформулированы полные, обоснованные и аргументированные выводы. Оформление заданий полностью соответствует предъявляемым требованиям.
4	Работа выполнена полностью. Теоретическое задание соответствует теме, представленный материал раскрывает тему задания, в работе сформулированы адекватные выводы. Практическая часть выполнена в полном объеме, для каждой задачи получены правильные ответы и студентом сформулированы выводы. Оформление заданий в целом соответствует предъявляемым требованиям.
3	Работа выполнена полностью. Теоретическое задание соответствует теме, представленный материал раскрывает тему задания, в работе сформулированы выводы. Практическая часть выполнена в полном объеме с незначительными ошибками и студентом сформулированы выводы. Оформление заданий в целом соответствует предъявляемым требованиям.
2	Работа выполнена не полностью. Теоретическое задание не соответствует теме, представленный материал не раскрывает тему задания, в работе не сформулированы выводы. Практическая часть не выполнена в полном объеме, не сформулированы выводы. Оформление заданий не соответствует предъявляемым требованиям.

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

## 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	Специализированная мебель. Информационные стенды по теплогазоснабжению. Мультимедийный проектор, переносной



	аттестации ГК, №312, 313,	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,
	Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий по теплотехнике практических занятий и для самостоятельной работы ГК №314, №310.	Лабораторные стенды, информационные стенды по теплотехнике. Интерактивная доска, мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук,

## 6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

Программные комплексы «Autocad», «MS Word»

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

1. Ильина Т.Н., Семиненко А.С. Основы гидравлики и теплотехники: учеб. пособие – Белгород.: Изд-во БГТУ, 2015 -169 с.

2. Ильина Т.Н. Примеры гидравлических расчетов: учеб. пособие – Белгород: Изд-во БГТУ, 2008-150 с.

3. Примеры расчетов тепло- массообменных процессов: учеб.пособие / Т.Н. Ильина, А.С. Семиненко, В.М. Киреев– Белгород: Изд-во БГТУ, 2011-144 с.

4. Кузнецов А.А. Основы гидрогазодинамики: Учебное пособие.- Белгород: Изд-во БГТУ, 2011

5. Лапшев Н. Н. Леонтьева Ю. Н. Основы гидравлики и теплотехники: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования – М. Издательский центр «Академия», 2012. – 400 с.

6. Ильина Т.Н. Основы гидравлического расчета инженерных сетей. Учебное пособие.-М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2005- 192с.

7. Ильина Т.Н., Киреев В.М. Механика жидкости и газа: методические указания.- Белгород: Изд-во БГТУ, 2008-42с.

8. Гидравлика / сост. Т.Н. Ильина, Ю.Г. Овсянников, А.Ю. Феоктистов, С.В. Староверов: метод. указания. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2007-41с.

9. Захаров А.А. Техническая термодинамика и теплотехника: Учебник.-М.: Изд-во Академия, 2005.

10. Брюханов А.А. Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики: Учебник - М.: Изд-во Инфра-М, 2005

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

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

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

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

<http://www.iprbookshop.ru/17>

## 7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа утверждена на 20\_\_\_\_ /20\_\_\_\_ учебный год  
без изменений / с изменениями, дополнениями<sup>5</sup>

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

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ В.А. Уваров  
подпись, ФИО

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

## 7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений.

Рабочая программа без изменений утверждена на 2020/2021 учебный год.

Протокол № 13 заседания кафедры от 09.06 2020 г.

Заведующий кафедрой  (д.т.н., профессор В.А. Уваров)  
по инициативе ФНО

Директор ИСИ  (д.т.н., профессор В.А. Уваров)  
по инициативе ФНО

## 7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений.

Рабочая программа без изменений утверждена на 2021/2022 учебный год.

Протокол № 14 заседания кафедры от «08.06» 2021 г.

Заведующий кафедрой  (д.т.н., профессор В.А. Уваров)  
подпись, ФИО

Директор ИСИ  (д.т.н., профессор В.А. Уваров)  
подпись, ФИО