

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

СОГЛАСОВАНО  
Директор ИЗО  
  
/Спесивцева С.Е./  
«30» 05 2019 г.

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИСИ  
  
/Уваров В.А./  
«31» 05 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**дисциплины**

Основы гидравлики и теплотехники

направление подготовки:

08.03.01 «Строительство»

Направленность программы:

Промышленное и гражданское строительство

Квалификация

бакалавр

Форма обучения

очно-заочная

**Институт:** инженерно-строительный

**Кафедра:** теплогазоснабжение 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 Министерством образования и науки Российской Федерации от 31 мая 2017 года № 481
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2019 г.

Составитель (составители): ассистент  (Р.С. Рамазанов)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой  
Строительства и городского хозяйства

Заведующий кафедрой: профессор, д.т.н.  (Л.А. Сулейманова)

« 25 » 04 2019 г.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 14 » 05 2019 г., протокол № 12

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

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 30 » 05 2019 г., протокол № 10

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

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

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

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 химических законов для решения задач профессиональной деятельности	Знает базовые физические и химические законов для описания процессов в системах водоснабжения и водоотведения 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

**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, практиками

Стадия	Наименования дисциплины
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 теплогаснабжения 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)

**Компетенция ОПК-1** Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе использования теоретических и практических основ естественных и технических наук, а также математического аппарата

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.)

**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 теплогазоснабжения 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.)

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зач. единиц, 108 часов.

Форма промежуточной аттестации – зачет

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 5
Общая трудоемкость дисциплины, час	108	108
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	53	53
лекции	17	17
лабораторные	17	17
практические	17	17
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	--	--
<b>Самостоятельная работа студентов, в том числе:</b>	55	55
Курсовой проект		
Курсовая работа		
Расчетно-графическое задания		
Индивидуальное домашнее задание	9	9
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	46	46
Форма промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	зачет	зачет

**4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**4.1 Наименование тем, их содержание и объем**  
**Курс 2 Семестр 3**

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
<b>1. Основные свойства жидкости. Равновесие жидкости и газа.</b>					
	Основные свойства жидкостей. Гидростатическое давление и его свойства. Основное уравнение гидростатики, закон Паскаля. Равновесие газа в поле силы тяжести. Давление жидкости на плоские поверхности. Закон Архимеда. Практическое приложение законов гидростатики.	2	2	2	6
<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
<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
<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
<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.	2	2	2	5

	Истечение жидкости из отверстий в тонкой стенке. Коэффициенты сжатия, скорости, расхода. Виды насадков, их применение.				
6. Первый и второй закон термодинамики. Круговые процессы.					
	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
7. Реальные газы. Водяной пар. Влажный воздух.					
	Свойства реальных газов. Уравнение Вандер-Ваальса и его анализ. Водяной пар, основные понятия и определения. Процессы парообразования в P-V, T-S и IS 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
8. Виды теплообмена. Тепловые процессы.					
	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	6
	ИДЗ				9
	ИТОГО:	17	17	17	55

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

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
семестр № 3				
1.	Основные свойства жидкости. Равновесие жидкости и газа	Законы гидростатики. Расчет давления и силы давления капельных и газообразных жидкостей на твердые поверхности	2	2



2.	Кинематика и динамика жидкости и газа	Применение уравнения баланса расхода и баланса энергий в гидравлических расчетах.	2	3
3.	Режимы движения. Гидравлические сопротивления	Критерий Рейнольдса, его практическое применение, гидравлические сопротивления при ламинарном и турбулентном движении	2	3
4.	Расчет потерь напора на трение и на местные сопротивления при различных режимах.	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.	Гидравлический расчет трубопроводов. Истечение жидкости через отверстия и насадки	Гидравлический расчет напорных трубопроводов для жидкостей и газов. Расчет скорости и расхода жидкости, вытекающей через отверстия и насадки	2	3
6.	Первый и второй закон термодинамики. Круговые процессы	Практическое применение основных законов идеального газа. Расчет теплоемкости газов и газовых смесей.	2	3
7.	Реальные газы. Водяной пар. Влажный воздух	Определение параметров водяного пара и влажного воздуха с помощью I-d и I-S диаграмм.	2	3
8.	Виды теплообмена. Тепловые процессы	Расчет тепловых процессов передачи тепла теплопроводностью, конвекцией и излучением. Расчет теплообменных аппаратов.	3	3
ИТОГО:			17	23

### 4.3. Содержание лабораторных занятий и объем в часах

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
<b>семестр № 3</b>				
1.	Основные свойства жидкости. Равновесие жидкости и газа	Приборы для определения давления. Избыточное и полное давление в системе	2	3
2.	Кинематика и динамика жидкости и газа	Определение скорости и расхода жидкости в трубах различного сечения	2	3
3.	Режимы движения. Гидравлические сопротивления	Режимы движения жидкости. Определение числа Рейнольдса	2	3
4.	Расчет потерь напора на трение	Потери напора по длине. Определение коэффициентов гидравлического трения при различных режимах движения	2	3

5.	Местные сопротивления	Потери напора на местные сопротивления. Определение коэффициентов местных сопротивлений.	3	3
6.	Истечение жидкости через отверстия и насадки	Истечение жидкости через малое отверстие и насадки при постоянном и переменном напорах.	3	4
7.	Первый и второй закон термодинамики. Круговые процессы. Реальные газы, влажный воздух	Методы измерения теплотехнических величин. Определение изобарной теплоемкости воздуха. Определение относительной влажности воздуха.	3	4
ИТОГО:			17	23

#### 4.4. Содержание курсового проекта

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 ат(техн) = 1 кгс/см<sup>2</sup> = 9,81 · 10 Па = 10 м вод.ст. = 736 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,  $\rho_{\text{г}} = 13600$  кг/м<sup>3</sup>,  $\rho_{\text{в}} = 980$  кг/м<sup>3</sup>

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  $l$ , бившем длительное время в эксплуатации ( $k\epsilon = 1$  мм) при расходе  $Q$  ( $\rho_{\text{в}} = 1000$  кг/м<sup>3</sup>,  $\mu = 1 \cdot 10^{-3}$  Па 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 ( $k\epsilon = 0,5$  мм) диаметром  $d$  и длиной  $l$  поступает из большого резервуара в колодец. Определить потери давления на трение при заданном расходе  $Q$  ( $\rho_{\text{в}} = 998$  кг/м<sup>3</sup>). 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 ( $M = 400$  кг/ч). Плотность мазута  $\rho = 900$  кг/м<sup>3</sup>, его кинематическая вязкость  $\nu = 0,27 \cdot 10^{-4}$  м<sup>2</sup>/с. Определить потери давления на трение  $\Delta P_{\text{тр}}$  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  $P_{\text{мм вод. ст.}}$ . 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  $V$  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?

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	$V$ , м <sup>3</sup>	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 объём и энтальпию.

4.2 Найти давление, удельный объём 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  $P_{\text{бар}} = 735$  мм. рт. ст., если относительная влажность воздуха  $\phi = 60$  %.

4.4 Состояние влажного воздуха характеризуется температурой  $t = 25^\circ\text{C}$  и относительной влажностью  $\phi$  %.

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 равного  $q$ , 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
$t_1, C$	620	580	530	470	400	350	280	250	200	150
$t_2, C$	50	49	47	45	43	41	40	39	35	20
$q, Вт/м^2$	450	300	400	350	450	200	200	150	125	50
$\lambda, Вт/(м К)$	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
$X, мм$	5	2	6	3	5	4	6	3	2	5
$Y, мм$	4	8	4	7	6	7	3	4	5	2
$t_b, C$	2	-1	1	0	0	0	-1	2	1	0
$F, м^2$	7	6	5,5	5	4,5	4	3,5	3	3,5	2
$\Delta t, C$	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
$t_1, C$	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
$G, тыс. м^3/ч$	20	25	30	35	40	21	32	39	41	25

### 4.6. Перечень контрольных работ

Не предусмотрено учебным планом

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

**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.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
УК-2.6. Составление последовательности (алгоритма) решения задачи	Решение задач с использованием основных уравнений гидравлики и теплотехники, устный опрос.

**2. Компетенция ОПК-1.** Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе использования теоретических и практических основ естественных и технических наук, а также математического аппарата.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ОПК-1.1 Выявление и классификация физических и химических процессов, протекающих на объекте профессиональной деятельности	Решение задач с использованием основных уравнений гидравлики и теплотехники, устный опрос.
ОПК-1.2 Определение характеристик физического процесса (явления), характерного для объектов профессиональной деятельности, на основе теоретического (экспериментального) исследования	Решение задач с использованием основных уравнений гидравлики и теплотехники, устный опрос.
ОПК-1.4 Представление базовых для профессиональной сферы физических процессов и явлений в виде математического(их) уравнения(й)	Решение задач с использованием основных уравнений гидравлики и теплотехники, устный опрос.
ОПК -1.5 Выбор базовых физических и химических законов для решения задач профессиональной деятельности	Решение задач с использованием основных уравнений гидравлики и теплотехники, устный опрос.

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

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
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

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	<b>Основные свойства жидкости. Равновесие жидкости и газа</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основные свойства жидкостей и единицы их измерения.</li> <li>2. Основное уравнение гидростатики, его геометрическая и энергетическая интерпретации</li> <li>3. Абсолютное и избыточное давление, приборы измерения давления, соотношение между единицами его измерений.</li> <li>4. Эпюра распределения давления несмешивающихся жидкостей.</li> <li>5. Сила давления жидкости на плоские и криволинейные поверхности.</li> <li>6. Закон Архимеда.</li> <li>7. Уравнение распределения давления при равновесии газов в поле силы тяжести.</li> </ol>
2	<b>Кинематика и динамика жидкости и газа</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основные понятия кинематики жидкости и газа: линия и трубка тока, установившееся и неуставившееся движение; равномерное и неравномерное, гидравлический радиус и эквивалентный диаметр.</li> <li>2. Уравнение неразрывности движения капельных и газообразных жидкостей.</li> <li>3. Дифференциальные уравнения движения невязкой (уравнение Эйлера) и вязкой (уравнение Навье – Стокса) жидкости.</li> <li>4. Геометрический и энергетический смысл членов уравнения Бернулли для потока вязкой жидкости.</li> <li>5. Принцип работы дроссельных приборов и пневмометрических трубок.</li> <li>6. Уравнение изменения количества движения, его практическое значение.</li> </ol>
3	<b>Режимы движения. Гидравлические сопротивления</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Виды гидравлических сопротивлений.</li> <li>2. Особенности ламинарного и турбулентного движения жидкости в трубах.</li> <li>3. Физический смысл числа Рейнольдса и его практическое значение.</li> <li>4. Потери напора на трение в круглой трубе при ламинарном режиме движения.</li> </ol>
4	<b>Расчет потерь напора на трение и на местные сопротивления при различных режимах</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Расчет потерь напора на трение в трубах некруглого сечения.</li> <li>2. Понятия о гидравлических гладких и шероховатых трубах. Область квадратичного сопротивления.</li> <li>3. Расчет коэффициента гидравлического трения.</li> <li>4. Основные группы местных потерь напора. Уравнение Вейсбаха.</li> <li>5. Оценка кавитационных свойств местных сопротивлений.</li> </ol>
5	<b>Гидравлический расчет трубопроводов. Истечение жидкости через отверстия и насадки</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основные задачи гидравлического расчета простого трубопровода.</li> <li>2. Расчет длинных трубопроводов в квадратичной области сопротивления с использованием обобщенных гидравлических параметров.</li> <li>3. Расчет трубопровода при последовательном соединении длинных труб.</li> </ol>

		<p>4. Уравнение расчетов сложных трубопроводов при параллельном соединении труб.</p> <p>5. Классификация отверстий при гидравлическом расчете истечения.</p> <p>6. Физический смысл коэффициентов скорости и расхода в уравнении расчета скорости и расхода жидкости, вытекающей из отверстия.</p> <p>7. Чем отличается насадок от трубопровода.</p> <p>8. Причина изменения расхода и скорости при истечении жидкости через насадки по сравнению с истечением через отверстия.</p>
6.	<p><b>Первый и второй закон термодинамики. Круговые процессы</b></p>	<p>1. Идеальный газ как простейшая модель рабочей среды. Основные параметры рабочего тела Уравнение Клайперона-Менделеева состояния идеального газа.</p> <p>2. Смеси идеальных газов. Определение средней (кажущейся) молекулярной массы, плотности и газовой постоянной смеси.</p> <p>3. Понятия о внешней и внутренней энергии тела. Две формы передачи энергии. Теплота и работа.</p> <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. 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. 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.</p>

		<p>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 объём и энтальпию.
5. Найти давление, удельный объём 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,



Оценка	Критерии оценивания
	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 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,
	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., Семенов 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. Семенов, 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**

1. Крестин, Е. А. Задачник по гидравлике с примерами расчетов / Е. А. Крестин. — Самара : Самарский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012. — 360 с. — ISBN 978-5-9585-0492-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/20500.html>

2. Тепломассообмен в установках кондиционирования воздуха : методические указания к курсовому проектированию по курсу лекций «Кондиционирование воздуха и холодоснабжение зданий» для студентов направления подготовки 270800.92 Строительство, профиль Теплогазоснабжение и вентиляция / составители П. Т. Крамаренко, С. С. Козлов, И. П. Грималовская. — Нижний Новгород : Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2013. — 40 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/20797.html>

3. Ильина, Т. Н. Основы гидравлики и теплотехники : учебное пособие / Т. Н. Ильина, А. С. Семиненко. — Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2015. — 170 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/70253.html>

## 7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа без изменений утверждена на 2020/2021 учебный год.  
Протокол № 11 заседания кафедры от «21» мая 2020 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 2021 /2022 учебный год.  
Протокол № 12 заседания кафедры от «14» мая 2021 г.

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

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