

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МОСКОВСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Шифр	Наименование дисциплины
Б1.В.ДВ.02.01.01	Гидравлика и аэродинамика систем ТГВ

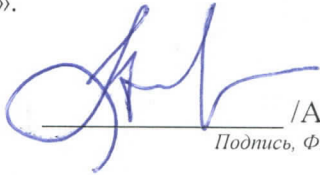
Код направления подготовки / специальности	08.03.01
Направление подготовки / специальность	Строительство
Наименование ОПОП (направленность / профиль)	Инженерные системы жизнеобеспечения в строительстве
Год начала реализации ОПОП	2019
Уровень образования	бакалавриат
Форма обучения	очная, заочная
Год разработки/обновления	2019

Разработчики:

должность	ученая степень, ученое звание	ФИО
Доцент	к.т.н.	С.М. Усиков


Рабочая программа дисциплины разработана и одобрена кафедрой (структурным подразделением) «Теплогазоснабжение и вентиляция».

Заведующий кафедрой  
(руководитель структурного подразделения)

  
/А.Г. Рымаров/  
Подпись, ФИО

Рабочая программа утверждена методической комиссией по УГСН, протокол № 1 от 10.09.2019 г.

Председатель МК / ответственный за ОПОП

  
/Н.Ю. Плющенко/  
Подпись, ФИО

Согласовано:

ЦОСП

  
СПЕЦИАЛИСТ ПО УМП 1 кат.  
/АЛЛАБЕРГТЕНОВА Э.М./  
Подпись, ФИО

## 1. Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Гидравлика и аэродинамика систем ТГВ» является углубление уровня освоения компетенций обучающегося в области использовании методов гидравлики и аэродинамики для решения задач теплоснабжения, отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха в проектно-конструкторской и производственно-технологической деятельности.

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 08.03.01 Строительство.

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 «Дисциплины (модули)» основной профессиональной образовательной программы «Инженерные системы жизнеобеспечения в строительстве». Дисциплина является дисциплиной по выбору обучающегося.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и наименование компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ПКО-1. Способность проводить оценку технических и технологических решений систем теплогазоснабжения, вентиляции, водоснабжения и водоотведения	ПК-1.1 Выбор нормативно-технических документов, регламентирующих технические (технологические) решения в сфере теплогазоснабжения и вентиляции (водоснабжения и водоотведения)
	ПК-1.2 Оценка соответствия технических (технологических) решений системы (сооружения) водоснабжения (водоотведения, теплоснабжения, газоснабжения, вентиляции) требованиям нормативно-технических документов
ПКО-2. Способность выполнять работы по проектированию систем теплогазоснабжения, вентиляции, водоснабжения и водоотведения	ПК-2.1 Выбор исходных данных для проектирования системы (сооружения) водоснабжения (водоотведения, теплоснабжения, газоснабжения, вентиляции)
ПКО-3. Способность выполнять обоснование проектных решений систем теплогазоснабжения, вентиляции, водоснабжения и водоотведения	ПК-3.4 Расчет теплотехнических и гидравлических параметров системы теплоснабжения (газоснабжения)
	ПК-3.5 Расчет аэродинамических параметров системы вентиляции воздуха
ПКР-3. Способность организовывать работы по техническому обслуживанию и ремонту систем теплогазоснабжения, вентиляции, водоснабжения и водоотведения	ПКр-3.4 Инструментальный контроль температурных и гидравлических режимов работы системы теплоснабжения (газоснабжения, вентиляции)

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК-1.1 Выбор нормативно-технических документов, регламентирующих технические (технологические) решения в сфере теплогазоснабжения и	<b>Знает</b> нормативные документы, регламентирующие величину эквивалентной шероховатости труб и воздуховодов, для гидравлического и аэродинамического расчёта инженерных систем. <b>Знает</b> нормативные документы, регламентирующие допустимые температуру и подвижность воздуха в вентиляционных струях.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
<p>вентиляции (водоснабжения и водоотведения)</p>	<p><b>Имеет навыки (основного уровня)</b> выбора величины эквивалентной шероховатости труб и воздухопроводов, для гидравлического и аэродинамического расчёта инженерных систем, согласно нормативным документам.</p>
<p>ПК-1.2 Оценка соответствия технических (технологических) решений системы (сооружения) водоснабжения (водоотведения, теплоснабжения, газоснабжения, вентиляции) требованиям нормативно-технических документов</p>	<p><b>Знает</b> причины возникновения и физическую природу процесса кавитации в инженерных системах.  <b>Знает</b> требования строительных норм по скорости движения жидкости и потере давления потока в инженерных системах.  <b>Имеет навыки (основного уровня)</b> решения задач по выбору диаметра трубных участков, потери давления и скорости жидкости согласно нормативным требованиям</p>
<p>ПК-2.1 Выбор исходных данных для проектирования системы (сооружения) водоснабжения (водоотведения, теплоснабжения, газоснабжения, вентиляции)</p>	<p><b>Знает</b> способы определения необходимого напора для обеспечения требуемого расхода жидкости в системах теплоснабжения и отопления.  <b>Знает</b> различные виды труб, применяемых в системах отопления и теплоснабжении.  <b>Знает</b> различные виды воздушных каналов и воздухопроводов, применяемых в системах вентиляции.  <b>Имеет навыки (основного уровня)</b> выбора диаметра труб, применяемых в системах отопления и теплоснабжении.  <b>Имеет навыки (основного уровня)</b> выбора сечения воздушных каналов и воздухопроводов, применяемых в системах вентиляции.</p>
<p>ПК-3.4 Расчет теплотехнических и гидравлических параметров системы теплоснабжения (газоснабжения)</p>	<p><b>Имеет навыки (основного уровня)</b> определения живого сечения потока, смоченного периметра, гидравлического радиуса и эквивалентного диаметра, в воздухопроводах, трубах и оборудовании инженерных систем.  <b>Знает</b> уравнение неразрывности потока жидкости и газа и его применение при математическом анализе гидравлических режимов работы инженерных систем  <b>Имеет навыки (основного уровня)</b> применения уравнения неразрывности потока жидкости при математическом анализе и моделировании гидравлических режимов работы инженерных систем  <b>Знает</b> уравнение Бернулли для реальной и идеальной жидкости и его применение при математическом анализе гидравлических режимов работы инженерных систем  <b>Имеет навыки (основного уровня)</b> применения уравнения Бернулли для реальной и идеальной жидкости при математическом анализе и моделировании гидравлических режимов работы инженерных систем  <b>Знает</b> режимы движения потока жидкости  <b>Имеет навыки (основного уровня)</b> определения режима потока жидкости по величине числа Рейнольдса и формы сечения потока.  <b>Знает</b> формулу Дарси-Вейсбаха и его применение при определении потери давления потока в инженерных системах.  <b>Имеет навыки (основного уровня)</b> применения формулы Дарси-Вейсбаха в решении задачи по определению потери давления потока при математическом анализе инженерных систем.</p>

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
	<p><b>Знает</b> формулы для определения коэффициента Дарси в зависимости от режима движения жидкости.</p> <p><b>Знает</b> особенности определения потери давления в местных сопротивлениях</p> <p><b>Имеет навыки (основного уровня)</b> определения потери давления в местных сопротивлениях</p> <p><b>Знает</b> виды трубных систем по типа гидравлического расчёта</p> <p><b>Имеет навыки (основного уровня)</b> гидравлического расчёта простых инженерных трубных систем.</p> <p><b>Знает</b> отличие гидравлически параллельных и последовательных трубных участков.</p> <p><b>Имеет навыки (основного уровня)</b> определения расхода жидкости в гидравлически параллельных участках.</p> <p><b>Знает</b> особенности аэродинамического расчёта газовых трубных систем</p> <p><b>Имеет навыки (основного уровня)</b> определении потери давления в газопроводах и воздуховодах систем вентиляции.</p>
ПК-3.5 Расчет аэродинамических параметров системы вентиляции воздуха	<p><b>Знает</b> особенности аэродинамического расчёта систем вентиляции.</p> <p><b>Знает</b> способы построения эпюры скоростей приточных струй.</p> <p><b>Имеет навыки (основного уровня)</b> построения эпюры скоростей приточных струй.</p> <p><b>Имеет навыки (основного уровня)</b> применения методов математического анализа и математического моделирования для решения вопросов исследования приточных и конвективных струй.</p>
ПКр-3.4 Инструментальный контроль температурных и гидравлических режимов работы системы теплоснабжения (газоснабжения, вентиляции)	<p><b>Знает</b> основные физические свойства жидкостей и газов, применяемых в системах теплогазоснабжение и вентиляции.</p> <p><b>Имеет навыки (основного уровня)</b> определения физических свойства жидкостей и газов, а также смесей, применяемых в системах теплогазоснабжение и вентиляции.</p>

Информация о формировании и контроле результатов обучения представлена в Фонде оценочных средств (Приложение 1).

### 3. Трудоемкость дисциплины и видов учебных занятий по дисциплине

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачётных единицы (108 академических часов).

*(1 зачетная единица соответствует 36 академическим часам)*

Видами учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине могут являться.

Обозначение	Виды учебных занятий и работы обучающегося
Л	Лекции
ЛР	Лабораторные работы
ПЗ	Практические занятия
КоП	Компьютерный практикум
КРП	Групповые и индивидуальные консультации по курсовым работам (курсовым проектам)
СР	Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения

К	Самостоятельная работа обучающегося и контактная работа обучающегося с преподавателем в период промежуточной аттестации
---	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

*Структура дисциплины:*

Форма обучения – очная.

№	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося						Формы промежуточной аттестации, текущего контроля успеваемости	
			Л	ЛР	ПЗ	Коп	КРП	СР		К
1	Физические свойства воды и газа, применяемые в расчётах инженерных систем	3	2	2	4					<i>Контрольная работа (р. 1-5)</i>  <i>Домашнее задание (р. 1-3)</i>  <i>Защита отчёта по лабораторным работам (р. 1 и 3)</i>
2	Гидростатика и гидродинамика инженерных систем	3	8		10					
3	Гидравлический расчёт трубных инженерных систем	3	2	2	6			31	36	
4	Особенности аэродинамического расчёта газовых трубных систем	3	2		2					
5	Гидравлические струи	3	2		6					
Итого:		3	16	4	28			24	36	<i>Зачет</i>

Форма обучения – заочная.

№	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося						Формы промежуточной аттестации, текущего контроля успеваемости	
			Л	ЛР	ПЗ	Коп	КРП	СР		К
1	Физические свойства воды и газа, применяемые в расчётах инженерных систем	4		1						<i>Контрольная работа (р. 1-5)</i>  <i>Домашнее задание (р. 1-3)</i>  <i>Защита отчёта по лабораторным работам (р. 1 и 3)</i>
2	Гидростатика и гидродинамика инженерных систем	4								
3	Гидравлический расчёт трубных инженерных систем	4	2	1	2			98	4	
4	Особенности аэродинамического расчёта газовых трубных систем	4								
5	Гидравлические струи	4								
Итого:		4	2	2	2			98	4	<i>Зачет</i>

#### 4. Содержание дисциплины, структурированное по видам учебных занятий и разделам

При проведении аудиторных учебных занятий предусмотрено проведение текущего контроля успеваемости:

- В рамках практических занятий предусмотрено выполнение обучающимися контрольной работы;
- В рамках лабораторных работ предусмотрена защита отчёта по лабораторным работам.

##### 4.1 Лекции

Форма обучения – очная.

№	Наименование раздела дисциплины	Тема и содержание лекций
1	Физические свойства воды и газа, применяемые в расчётах инженерных систем	Общие понятия о жидкости и газах. Основные свойства капельных и газообразных жидкостей, а также смесей. Их свойства, используемые в инженерные системах. Размерность измерения величин в практических единицах и согласно системе СИ
2	Гидростатика и гидродинамика инженерных систем	Уравнение гидростатики. Закон Паскаля. Понятие об абсолютном и избыточном давлении. Гидростатика в закрытых и открытых системах отопления, вентиляции и водоснабжения. Гидростатическое и гидродинамическое давление. Причины движения жидкости. Основные гидродинамические характеристики потока. Траектория, линия тока, элементарная струйка. Живое сечение, смоченный периметр, эквивалентный диаметр. Уравнение неразрывности. Коэффициент поля скоростей. Уравнение Эйлера и Навье-Стокса. Уравнение Бернулли. Простейшие течения. Режимы течения жидкости. Число Рейнольдса. Формула Дарси-Вейсбаха. Потери давления по длине и на местных сопротивлениях. Взаимное влияние местных сопротивления и его учёт в инженерных системах.
3	Гидравлический расчёт трубных инженерных систем	Простые и сложные трубные системы. Три задачи расчёта простой трубной системы. Короткие и длинные трубные системы. Параллельное и последовательное соединение трубных участков.
4	Особенности аэродинамического расчёта газовых трубных систем	Назначение воздухопроводов и газопроводов. Относительный перепад давления. Основы аэродинамического расчёта газопроводов низкого, среднего и высокого давления.
5	Гидравлические струи	Классификация гидравлических струй. Затопленные и незатопленные струи. Свободные, стеснённые и настилающиеся струи. Приточные и конвективные струи. Спектры всасывания. Изотермические и неизотермические струи. Компактные, конические, плоские, кольцевые и веерные струи.

Форма обучения – заочная.

№	Наименование раздела дисциплины	Тема и содержание лекций
1	Физические свойства воды и газа, применяемые в расчётах инженерных систем	Общие понятия о жидкости и газах. Основные свойства капельных и газообразных жидкостей.

2	Гидростатика и гидродинамика инженерных систем	Основные гидродинамические характеристики потока. Траектория, линия тока, элементарная струйка. Живое сечение, смоченный периметр, эквивалентный диаметр. Уравнение неразрывности. Режимы течения жидкости. Число Рейнольдса. Формула Дарси-Вейсбаха. Потери давления по длине и на местных сопротивлениях. Параллельное и последовательное соединение трубных участков. Основы аэродинамического расчёта газопроводов низкого, среднего и высокого давления. Классификация гидравлических струй.
3	Гидравлический расчёт трубных инженерных систем	
4	Особенности аэродинамического расчёта газовых трубных систем	
5	Гидравлические струи	

#### 4.2 Лабораторные работы

Форма обучения – очная.

№	Наименование раздела дисциплины	Тема и содержание лабораторной работы
1	Физические свойства воды и газа, применяемые в расчётах инженерных систем	<b>Лабораторная работа № 1</b> «Физические свойства воды и воздуха». - инструментальное измерение свойств воды (температура, плотность, вязкость) до подвода теплоты и после - инструментальное измерение свойств воздуха (температура, плотность)
3	Гидравлический расчёт трубных инженерных систем	<b>Лабораторная работа № 2</b> «Потеря давления в замкнутом гидравлическом контуре» - Замеры потери давления в замкнутом гидравлическом контуре - Соотношение реальных и расчетных значения потери давления

Форма обучения – заочная.

№	Наименование раздела дисциплины	Тема и содержание лабораторной работы
1	Физические свойства воды и газа, применяемые в расчётах инженерных систем	Ознакомление с лабораторным оборудованием и методиками проведения лабораторных работ: <b>Лабораторная работа № 1</b> «Физические свойства воды и воздуха».
3	Гидравлический расчёт трубных инженерных систем	<b>Лабораторная работа № 2</b> «Потеря давления в замкнутом гидравлическом контуре».

#### 4.3 Практические занятия

Форма обучения – очная.

№	Наименование раздела дисциплины	Тема и содержание занятия
1	Физические свойства воды и газа, применяемые в расчётах инженерных систем	Определение изменение объёма капельных жидкостей при нагреве и увеличении давления. Решения задач с применением уравнений Гей-Люссака и Бойля-Мариотта. Определение концентрации смесей и их физических свойств.
2	Гидростатика и гидродинамика инженерных систем	Решение задач гидростатики в открытых и закрытых инженерных системах отопления, вентиляции и водоснабжения. Определение живого сечения, смоченного периметра, гидравлического радиуса и смоченного периметра в трубах сложного сечения. Расчет скорости и расхода потока в простых трубных системах. Решение задач с простейшими потоками. Определение режима движения потока. Расчет потери давления по длине и в местных сопротивлениях

		инженерных систем с использованием уравнения Дарси-Вейсбаха.
3	Гидравлический расчёт трубных инженерных систем	Решение трёх основных задач гидравлического расчёта простых трубных систем.
4	Особенности аэродинамического расчёта газовых трубных систем	Определение потери давления в газопроводах высокого, среднего и низкого давления. Выбор диаметра газопроводов.
5	Гидравлические струи	Построение эпюры свободной струи. Расчёт основных параметров струи по сечениям и на оси. Определение максимальной скорости и температуры пригочных струй. Определение избыточной температуры конвективных струй.

Форма обучения – заочная.

№	Наименование раздела дисциплины	Тема и содержание занятия
1	Физические свойства воды и газа, применяемые в расчётах инженерных систем	Разъяснение домашнего задания и разбор примеров его выполнения.
2	Гидростатика и гидродинамика инженерных систем	
3	Гидравлический расчёт трубных инженерных систем	
4	Особенности аэродинамического расчёта газовых трубных систем	
5	Гидравлические струи	

#### 4.4 Компьютерные практикумы

Не предусмотрено учебным планом

#### 4.5 Групповые и индивидуальные консультации по курсовым работам (курсовым проектам)

Не предусмотрено учебным планом

#### 4.6 Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения

Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения включает в себя:

- самостоятельную подготовку к учебным занятиям, включая подготовку к аудиторным формам текущего контроля успеваемости;
- выполнение домашнего задания;
- самостоятельную подготовку к промежуточной аттестации.

В таблице указаны темы для самостоятельного изучения обучающимся:  
Форма обучения – очная.

№	Наименование раздела дисциплины	Темы для самостоятельного изучения
1	Физические свойства воды и газа, применяемые в расчётах инженерных систем	Темы для самостоятельного изучения соответствуют темам аудиторных учебных занятий
2	Гидростатика и гидродинамика инженерных систем	Темы для самостоятельного изучения соответствуют темам аудиторных учебных занятий
3	Гидравлический расчёт трубных инженерных систем	Темы для самостоятельного изучения соответствуют темам аудиторных учебных занятий



4	Особенности аэродинамического расчёта газовых трубных систем	Темы для самостоятельного изучения соответствуют темам аудиторных учебных занятий
5	Гидравлические струи	Темы для самостоятельного изучения соответствуют темам аудиторных учебных занятий

Форма обучения – заочная.

№	Наименование раздела дисциплины	Темы для самостоятельного изучения
1	Физические свойства воды и газа, применяемые в расчётах инженерных систем	<p>Общие понятия о жидкости и газах. Основные свойства капельных и газообразных жидкостей, а также смесей. Их свойства, используемые в инженерные системах. Размерность измерения величин в практических единицах и согласно системе СИ.</p> <p>Определение изменение объёма капельных жидкостей при нагреве и увеличении давления. Решения задач с применением уравнений Гей-Люссака и Бойля-Мариотта. Определение концентрации смесей и их физических свойств.</p> <p><b>Лабораторная работа № 1</b> «Физические свойства воды и воздуха».</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- инструментальное измерение свойств воды (температура, плотность, вязкость) до подвода теплоты и после;</li> <li>- инструментальное измерение свойств воздуха (температура, плотность).</li> </ul>
2	Гидростатика и гидродинамика инженерных систем	<p>Уравнение гидростатики. Закон Паскаля. Понятие об абсолютном и избыточном давлении. Гидростатика в закрытых и открытых системах отопления, вентиляции и водоснабжения. Гидростатическое и гидродинамическое давление.</p> <p>Причины движения жидкости. Основные гидродинамические характеристики потока. Траектория, линия тока, элементарная струйка. Живое сечение, смоченный периметр, эквивалентный диаметр. Уравнение неразрывности. Коэффициент поля скоростей. Уравнение Эйлера и Навье-Стокса. Уравнение Бернулли. Простейшие течения. Режимы течения жидкости. Число Рейнольдса. Формула Дарси-Вейсбаха. Потери давления по длине и на местных сопротивлениях. Взаимное влияние местных сопротивлений и его учёт в инженерных системах.</p> <p>Решение задач гидростатики в открытых и закрытых инженерных системах отопления, вентиляции и водоснабжения. Определение живого сечения, смоченного периметра, гидравлического радиуса и смоченного периметра в трубах сложного сечения. Расчет скорости и расхода потока в простых трубных системах. Решение задач с простейшими потоками. Определение режима движения потока. Расчет потери давления по длине и в местных сопротивлениях инженерных систем с использованием уравнения Дарси-Вейсбаха.</p>
3	Гидравлический расчёт трубных инженерных систем	<p>Простые и сложные трубные системы. Три задачи расчёта простой трубной системы. Короткие и длинные трубные системы. Параллельное и последовательное соединение трубных участков.</p> <p>Решение трёх основных задач гидравлического расчёта простых трубных систем.</p> <p><b>Лабораторная работа № 2</b> «Потеря давления в замкнутом гидравлическом контуре»:</p>

		- Замеры потери давления в замкнутом гидравлическом контуре; - Соотношение реальных и расчетных значения потери давления.
4	Особенности аэродинамического расчёта газовых трубных систем	Назначение воздухопроводов и газопроводов. Относительный перепад давления. Основы аэродинамического расчёта газопроводов низкого, среднего и высокого давления. Определение потери давления в газопроводах высокого, среднего и низкого давления. Выбор диаметра газопроводов.
5	Гидравлические струи	Классификация гидравлических струй. Затопленные и незатопленные струи. Свободные, стеснённые и настилающиеся струи. Приточные и конвективные струи. Спектры всасывания. Изотермические и неизотермические струи. Компактные, конические, плоские, кольцевые и веерные струи. Построение эпюры свободной струи. Расчёт основных параметров струи по сечениям и на оси. Определение максимальной скорости и температуры приточных струй. Определение избыточной температуры конвективных струй.

*4.7 Самостоятельная работа обучающегося и контактная работа обучающегося с преподавателем в период промежуточной аттестации*

Работа обучающегося в период промежуточной аттестации включает в себя подготовку к формам промежуточной аттестации (к зачёту), а также саму промежуточную аттестацию.

## **5. Оценочные материалы по дисциплине**

Фонд оценочных средств по дисциплине приведён в Приложении 1 к рабочей программе дисциплины.

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации, а также текущего контроля по дисциплине хранятся на кафедре (структурном подразделении), ответственной за преподавание данной дисциплины.

## **6. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины**

Основные принципы осуществления учебной работы обучающихся изложены в локальных нормативных актах, определяющих порядок организации контактной работы и порядок самостоятельной работы обучающихся. Организация учебной работы обучающихся на аудиторных учебных занятиях осуществляется в соответствии с п. 3.

*6.1 Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов для освоения дисциплины*

Для освоения дисциплины обучающийся может использовать учебные издания и учебно-методические материалы, имеющиеся в научно-технической библиотеке НИУ МГСУ и/или размещённые в Электронных библиотечных системах.

Актуальный перечень учебных изданий и учебно-методических материалов представлен в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины.

### *6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем*

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются профессиональные базы данных и информационных справочных систем, перечень которых указан в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины.

### *6.3 Перечень материально-технического, программного обеспечения освоения дисциплины*

Учебные занятия по дисциплине проводятся в помещениях, оснащенных соответствующим оборудованием и программным обеспечением.

Перечень материально-технического и программного обеспечения дисциплины приведен в Приложении 4 к рабочей программе дисциплины.

Шифр	Наименование дисциплины
Б1.В.ДВ.02.01.01	Гидравлика и аэродинамика систем ТГВ

Код направления подготовки / специальности	08.03.01
Направление подготовки / специальность	Строительство
Наименование ОПОП (направленность / профиль)	Инженерные системы жизнеобеспечения в строительстве
Год начала реализации ОПОП	2019
Уровень образования	бакалавриат
Форма обучения	очная, заочная
Год разработки/обновления	2019

### ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

#### 1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания

Оценивание формирования компетенций производится на основе показателей оценивания, указанных в п.2. рабочей программы и в п.1.1 ФОС.

Связь компетенций, индикаторов достижения компетенций и показателей оценивания приведена в п.2 рабочей программы.

##### 1.1. Описание формирования и контроля показателей оценивания

Оценивание уровня освоения обучающимися компетенций осуществляется с помощью форм промежуточной аттестации и текущего контроля. Формы промежуточной аттестации и текущего контроля успеваемости по дисциплине, с помощью которых производится оценивание, указаны в учебном плане и в п.3 рабочей программы.

В таблице приведена информация о формировании результатов обучения по дисциплине разделами дисциплины, а также о контроле показателей оценивания компетенций формами оценивания.

Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)	Номера разделов дисциплины	Формы оценивания (формы промежуточной аттестации, текущего контроля успеваемости)
<b>Знает</b> нормативные документы, регламентирующие величину эквивалентной шероховатости труб и воздухопроводов, для гидравлического и аэродинамического расчёта инженерных систем.	2, 3, 4, 5	<i>Зачет</i>
<b>Знает</b> нормативные документы, регламентирующие допустимые температуру и подвижность воздуха в вентиляционных струях.	5	<i>Зачет</i>
<b>Имеет навыки (основного уровня)</b> выбора величины эквивалентной шероховатости труб и воздухопроводов, для гидравлического и аэродинамического расчёта инженерных систем, согласно нормативным документам.	3	<i>Контрольная работа Защита отчёта по лабораторным работам</i>

Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)	Номера разделов дисциплины	Формы оценивания (формы промежуточной аттестации, текущего контроля успеваемости)
<b>Знает</b> причины возникновения и физическую природу процесса кавитации в инженерных системах.	1	<i>Зачет</i>
<b>Знает</b> требования строительных норм по скорости движения жидкости и потере давления потока в инженерных системах.	2, 3, 4, 5	<i>Зачет</i>
<b>Имеет навыки (основного уровня)</b> решения задач по выбору диаметра трубных участков, потери давления и скорости жидкости согласно нормативным требованиям	2, 3, 4, 5	<i>Контрольная работа Зачет</i>
<b>Знает</b> способы определения необходимого напора для обеспечения требуемого расхода жидкости в системах теплоснабжения и отопления.	3	<i>Зачет</i>
<b>Знает</b> различные виды труб, применяемых в системах отопления и теплоснабжении.	3	<i>Зачет</i>
<b>Знает</b> различные виды воздушных каналов и воздухопроводов, применяемых в системах вентиляции.	4	<i>Зачет</i>
<b>Имеет навыки (основного уровня)</b> выбора диаметра труб, применяемых в системах отопления и теплоснабжении.	3	<i>Контрольная работа Домашнее задание</i>
<b>Имеет навыки (основного уровня)</b> выбора сечения воздушных каналов и воздухопроводов, применяемых в системах вентиляции.	4	<i>Контрольная работа</i>
<b>Имеет навыки (основного уровня)</b> определения живого сечения потока, смоченного периметра, гидравлического радиуса и эквивалентного диаметра, в воздухопроводах, трубах и оборудовании инженерных систем.	2	<i>Контрольная работа Зачет Домашнее задание</i>
<b>Знает</b> уравнение неразрывности потока жидкости и газа и его применение при математическом анализе гидравлических режимов работы инженерных систем	2	<i>Зачет</i>
<b>Имеет навыки (основного уровня)</b> применения уравнения неразрывности потока жидкости при математическом анализе и моделировании гидравлических режимов работы инженерных систем	2	<i>Контрольная работа Зачет Домашнее задание</i>
<b>Знает</b> уравнение Бернулли для реальной и идеальной жидкости и его применение при математическом анализе гидравлических режимов работы инженерных систем	2	<i>Зачет</i>
<b>Имеет навыки (основного уровня)</b> применения уравнения Бернулли для реальной и идеальной жидкости при математическом анализе и моделировании гидравлических режимов работы инженерных систем	2	<i>Контрольная работа Зачет Домашнее задание</i>
<b>Знает</b> режимы движения потока жидкости	2	<i>Зачет</i>

Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)	Номера разделов дисциплины	Формы оценивания (формы промежуточной аттестации, текущего контроля успеваемости)
<b>Имеет навыки (основного уровня)</b> определения режима потока жидкости по величине числа Рейнольдса и формы сечения потока.	2	<i>Контрольная работа Домашнее задание</i>
<b>Знает</b> формулу Дарси-Вейсбаха и его применение при определении потери давления потока в инженерных системах.	2	<i>Зачет</i>
<b>Имеет навыки (основного уровня)</b> применения формулы Дарси-Вейсбаха в решении задачи по определению потери давления потока при математическом анализе инженерных систем.	2, 3	<i>Контрольная работа Зачет Домашнее задание Защита отчёта по лабораторным работам</i>
<b>Знает</b> формулы для определения коэффициента Дарси в зависимости от режима движения жидкости.	2	<i>Зачет</i>
<b>Знает</b> особенности определения потери давления в местных сопротивлениях	2	<i>Зачет</i>
<b>Имеет навыки (основного уровня)</b> определения потери давления в местных сопротивлениях	2, 3	<i>Контрольная работа Зачет Домашнее задание Защита отчёта по лабораторным работам</i>
<b>Знает</b> виды трубных систем по типу гидравлического расчёта	3	<i>Зачет</i>
<b>Имеет навыки (основного уровня)</b> гидравлического расчёта простых инженерных трубных систем.	3	<i>Контрольная работа Зачет</i>
<b>Знает</b> отличие гидравлически параллельных и последовательных трубных участков.	3	<i>Зачет</i>
<b>Имеет навыки (основного уровня)</b> определения расхода жидкости в гидравлически параллельных участках.	3	<i>Контрольная работа Зачет Домашнее задание</i>
<b>Знает</b> особенности аэродинамического расчёта газовых трубных систем	4	<i>Зачет</i>
<b>Имеет навыки (основного уровня)</b> определении потери давления в газопроводах и воздухопроводах систем вентиляции.	4	<i>Контрольная работа Зачет</i>
<b>Знает</b> особенности аэродинамического расчёта систем вентиляции.	4	<i>Зачет</i>
<b>Знает</b> способы построения эпюры скоростей приточных струй.	5	<i>Зачет</i>
<b>Имеет навыки (основного уровня)</b> построения эпюры скоростей приточных струй.	5	<i>Контрольная работа</i>
<b>Имеет навыки (основного уровня)</b> применения методов математического анализа и математического моделирования для решения вопросов исследования приточных и конвективных струй.	5	<i>Контрольная работа</i>
<b>Знает</b> основные физические свойства жидкостей и газов, применяемых в системах теплогазоснабжения и вентиляции.	1	<i>Зачет Защита отчёта по лабораторным работам Домашнее задание</i>

Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)	Номера разделов дисциплины	Формы оценивания (формы промежуточной аттестации, текущего контроля успеваемости)
<b>Имеет навыки (основного уровня)</b> определения физических свойства жидкостей и газов, а также смесей, применяемых в системах теплогазоснабжение и вентиляции.	1	<i>Контрольная работа Зачет Домашнее задание</i>

### 1.2. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При проведении промежуточной аттестации в форме зачёта не используется шкала оценивания: «Не зачтено», «Зачтено».

Показателями оценивания являются знания и навыки основного уровня обучающегося, полученные при изучении дисциплины.

Критериями оценивания достижения показателей являются:

Показатель оценивания	Критерий оценивания
Знания	Знание терминов и определений, понятий
	Знание основных закономерностей и соотношений, принципов
	Объём освоенного материала, усвоение всех дидактических единиц (разделов)
	Полнота ответов на проверочные вопросы
	Правильность ответов на вопросы
Навыки основного уровня	Чёткость изложения и интерпретации знаний
	Навыки выбора методик выполнения заданий
	Навыки выполнения заданий различной сложности
	Навыки самопроверки. Качество сформированных навыков
	Навыки анализа результатов выполнения заданий, решения задач
	Навыки представления результатов решения задач
	Навыки обоснования выполнения заданий

## 2. Типовые контрольные задания для оценивания формирования компетенций

### 2.1. Промежуточная аттестация

2.1.1. Промежуточная аттестация в форме экзамена, дифференцированного зачета (зачета с оценкой), зачета

Форма(ы) промежуточной аттестации:

- Зачет в 3 семестре (очная форма обучения) и в 4 семестре (заочная форма обучения).

Перечень типовых примерных вопросов/заданий для проведения зачёта в 3 семестре (очная форма обучения), в 4 семестре (заочная форма обучения):

№	Наименование раздела дисциплины	Типовые вопросы/задания
1	Физические свойства воды и газа, применяемые в расчётах инженерных систем	1. Какими важнейшими свойствами, с точки зрения аэродинамики и гидравлики, характеризуются жидкости и газы? 2. Как характеризуется сжимаемость жидкости? 3. Как характеризуется сжимаемость газа? 4. Что такое вязкость жидкости, и какими параметрами её учитывают в практических расчётах? 5. От чего зависит вязкость жидкостей и газов?

		<p>6. Что такое концентрация? Её виды.</p> <p><b>Задача 1.</b> Определить необходимый полезный объем расширительного бака гидравлического контура, если известно, что максимальная температура жидкости в контуре может достигать 95 °С. Начальный объем жидкости в системе, при его температуре 5 °С, составляет 600 л. Температурный коэффициент объемного расширения жидкости принять равным 0,00015 °С.</p>
2	Гидростатика и гидродинамика инженерных систем	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Уравнение гидростатики.</li> <li>2. Закон Паскаля.</li> <li>3. Абсолютное и избыточное давление.</li> <li>4. Особенности определения гидростатического давления открытых инженерных систем.</li> <li>5. Особенности определения гидростатического давления закрытых инженерных систем.</li> <li>6. Гидростатическое и гидродинамическое давление.</li> <li>7. Под действием каких сил может двигаться жидкость?</li> <li>8. Перечислить основные гидродинамические характеристики потока</li> <li>9. Что такое установившееся, неустановившееся и квазистационарное движение жидкости?</li> <li>10. Чем линия тока отличается от траектории?</li> <li>11. Что такое элементарная струйка?</li> <li>12. Что такое поток жидкости?</li> <li>13. Дать определение напорному потоку, безнапорному потоку и струе.</li> <li>14. Что такое живое сечение и смоченный периметр?</li> <li>15. Что такое гидравлический радиус и эквивалентный диаметр?</li> <li>16. Что такое расход жидкости, и какие его виды существуют?</li> <li>17. Уравнение неразрывности для элементарной струйки несжимаемой и сжимаемой жидкости (вывод).</li> <li>18. Уравнение неразрывности для потока несжимаемой и сжимаемой жидкости (вывод). Понятие о средней скорости потока.</li> <li>19. Осевая скорость потока. Коэффициент поля скоростей.</li> <li>20. Уравнение неразрывности для потока жидкости с учётом коэффициента поля скоростей.</li> <li>21. Чем отличаются уравнения Эйлера и Навье-Стокса?</li> <li>22. Вывод уравнения Эйлера</li> <li>23. Записать уравнение Эйлера и пояснить его составляющие.</li> <li>24. Записать уравнение Навье-Стокса и пояснить его составляющие.</li> <li>25. Вывод уравнения Бернулли для элементарной струйки идеальной и вязкой жидкости.</li> <li>26. Что учитывает коэффициент Корнолиса?</li> <li>27. Вывод уравнения Бернулли для потока идеальной и вязкой жидкости.</li> <li>28. Виды простейших течений</li> <li>29. Определение точечного стока/источника. Его физическая модель. Формула для определения скорости.</li> <li>30. Определение линейного стока/источника. Его физическая модель. Формула для определения скорости.</li> <li>31. Режимы движения жидкости и их отличие.</li> <li>32. Критическая скорость и число Рейнольдса. Определение и формула.</li> <li>33. Типы потери давления. Их описание.</li> <li>34. Формула Дарси-Вейсбаха.</li> </ol>



		<p>35. Потери давления по длине. Формула, от чего зависят.</p> <p>36. Абсолютная и эквивалентная шероховатость.</p> <p>37. Местные сопротивления. Формула Вейсбаха.</p> <p>38. Внезапное расширение потока. Рисунок и физический смысл.</p> <p>39. Внезапное сужение потока. Рисунок и физический смысл.</p> <p>40. Плавное расширение потока. Рисунок и физический смысл.</p> <p>41. Плавное сужение потока. Рисунок и физический смысл.</p> <p>42. Изменение направления потока. Рисунок и физический смысл.</p> <p>43. Слияние и разделение потоков. Тройники. Рисунок и физический смысл.</p> <p>44. Формула А.Д. Альтшуля для учёта изменения КМС при течении жидкости вне квадратичной области сопротивления.</p> <p>45. Взаимное влияние местных сопротивлений. Формула и длина взаимного влияния.</p> <p><b>Задача 1.</b> Определить живого сечения напорного потока, движущегося между двумя трубами, если внутренняя труба имеет наружный диаметр <math>d = 0,1</math> м, а наружная труба имеет внутренний диаметр <math>D = 0,15</math> м.</p> <p><b>Задача 2.</b> Определить расход воды (<math>\text{м}^3/\text{ч}</math>), протекающей по трубе прямоугольного сечения со стороной <math>a = 35</math> мм, при средней скорости потока <math>0,65</math> м/с.</p> <p><b>Задача 3.</b> По трубе переменного сечения протекает жидкость. Определить среднюю скорость <math>v_2</math>, м/с, в суженной части трубы, если диаметр широкой части трубы <math>D = 75</math> мм, а диаметр суженной части трубы <math>d = 50</math> мм. Средняя скорость в широкой части трубы <math>v_1 = 1</math> м/с.</p> <p><b>Задача 4.</b> Насос производительностью <math>Q</math> забирает воду из колодца по трубе диаметром <math>D</math> длиной <math>l</math> и находится выше поверхности воды на <math>h</math>. Определить вакуумное давление перед насосом, если производительность насоса <math>Q = 20</math> л/с, <math>h = 4</math> м, <math>D = 50</math> мм. Жидкость принять идеальной.</p> <p><b>Задача 5.</b> Определить потерю давления потока теплоносителя температурой <math>95</math> °С (плотность принять равной <math>961</math> кг/м<sup>3</sup>, а кинематическую вязкость <math>0,3 \cdot 10^{-6}</math> м<sup>2</sup>/с) в трубном участке системы отопления, при известном массовом расходе <math>2050</math> кг/ч. Длина участка трубы составляет <math>17</math> м, а внутренний диаметр <math>40</math> мм. При определении коэффициента гидравлического трения использовать формулу А.Д. Альтшуля. Эквивалентная шероховатость внутренней поверхности трубы составляет <math>0,2</math> мм</p>
3	Гидравлический расчёт трубных инженерных систем	<p>1. Простые и сложные трубные системы. Их отличия.</p> <p>2. Три основные задачи гидравлического расчёта простых трубных систем.</p> <p>4. Короткие и длинные трубные системы. Их особенности.</p> <p>5. Характеристика сопротивления и удельное сопротивление трубного участка.</p> <p>6. Последовательное соединение трубных участков. Основные расчётные формулы.</p> <p>7. Параллельное соединение трубных участков. Основные расчётные формулы.</p> <p>8. Согласно каким нормативным документам, выбирается расчётная эквивалентная шероховатость металлических и неметаллических труб системы отопления и водоснабжения?</p> <p><b>Задача 1.</b> Определить характеристику сопротивления в квадратичной области участка воздуховода круглого сечения диаметром <math>350</math> мм, и длиной <math>16</math> м, при вязкости воздуха <math>1 \cdot 10^{-6}</math> м<sup>2</sup>/с. Рассчитать потерю давления при условии, что через</p>

		<p>воздуховод проходит 1000 м<sup>3</sup>/ч воздуха с температурой 18 °С. Коэффициент эквивалентной шероховатости принять согласно нормативной документации.</p> <p><b>Задача 2.</b> По простой трубной системе водоснабжения течет вода с расходом 4 м<sup>3</sup>/ч. Внутренний диаметр трубы неизменный и равен 50 мм. Длина системы 30 м, а <math>k_s = 0,5</math> мм. Температура воды составляет 20 °С. На участке трубы также располагается открытая клиновидная задвижка. Определить необходимый напор, создаваемый насосом, чтобы вода из трубы выходила с напором 4 м.вод.ст.</p>
4	Особенности аэродинамического расчёта газовых трубных систем	<p>1. Особенность аэродинамического расчета газовых систем.  2. Относительный перепад давления  3. Формула для определения потери давления в газопроводе высокого давления  4. Согласно каким нормативным документам, выбирается расчётная эквивалентная шероховатость воздуховодов системы вентиляции и газопроводов?</p> <p><b>Задача 1.</b> В газопровод высокого давления подается газ давлением 5 МПа. Определить давление на выходе из стального газопровода длиной 1000 м, при расходе воздуха 8000 м<sup>3</sup>/ч, внутреннем диаметре трубы 150 мм, и эквивалентной шероховатостью 0,1 мм. Плотность газа принять 0,65 кг/м<sup>3</sup>, а кинематическую вязкость <math>1 \cdot 10^{-6}</math> м<sup>2</sup>/с.</p> <p><b>Задача 2.</b> Определить потерю давления в стальном газопроводе низкого давления длиной 20 м, при расходе воздуха 50 м<sup>3</sup>/ч, диаметре 5 мм, и эквивалентной шероховатостью 0,1 мм. Плотность газа принять 0,85 кг/м<sup>3</sup>, а кинематическую вязкость <math>1 \cdot 10^{-6}</math> м<sup>2</sup>/с.</p>
5	Гидравлические струи	<p>1. Затопленные и незатопленные струи.  2. Свободные, стеснённые и настилающиеся струи.  3. Приточные и конвективные струи, спектры всасывания.  4. Изотермические и неизотермические струи.  5. Компактные и конические струи.  6. Плоские и кольцевые (веерные) струи.</p> <p><b>Задача 1.</b> Построить эпюру скоростей свободной струи, истекающей из отверстия 0,1х0,1 м, с начальной скоростью 3 м/с.</p>

*2.1.2. Промежуточная аттестация в форме защиты курсовой работы (курсового проекта)*

Промежуточная аттестация в форме защиты курсовой работы/курсового проекта не проводится.

## *2.2. Текущий контроль*

### *2.2.1. Перечень форм текущего контроля:*

- контрольная работа в 3 семестре (очная форма обучения) и в 4 семестре (заочная форма обучения);
- домашнее задание в 3 семестре (очная форма обучения) и в 4 семестре (заочная форма обучения);
- защита отчёта по ЛР в 3 семестре (очная форма обучения) и в 4 семестре (заочная форма обучения).

### *2.2.2. Типовые контрольные задания форм текущего контроля*

Тема контрольной работы: «Расчет гидравлических систем»

Примерные задачи к контрольной работе:

#### Задача № 1

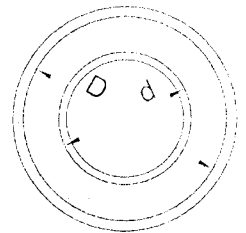
Определить необходимый полезный объем расширительного бака гидравлического контура, если известно, что максимальная температура жидкости в контуре может достигать  $95\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Начальный объем жидкости в системе, при его температуре  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , составляет 600 л. Температурный коэффициент объемного расширения жидкости принять равным  $0,00015\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

#### Задача № 2

В накопительной емкости с водой поддерживается постоянный объем воды равный 300 л. Сколько воды необходимо подать в емкость, если вода в ней остыла с  $50$  до  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Температурный коэффициент объемного расширения жидкости принять равным  $0,00015\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

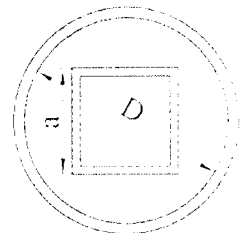
#### Задача № 3

Определить живого сечения напорного потока, движущегося между двумя трубами, если внутренняя труба имеет наружный диаметр  $d = 0,1\text{ м}$ , а наружная труба имеет внутренний диаметр  $D = 0,15\text{ м}$ .



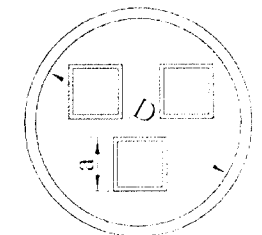
#### Задача № 4

Определить гидравлический радиус и эквивалентный диаметр живого сечения потока, движущегося между двумя трубами, если сечение внутренней трубы имеет форму квадрата со стороной  $a = 0,3\text{ м}$ , а наружная труба имеет внутренний диаметр  $D = 0,51\text{ м}$ .



#### Задача № 5

Определить гидравлический радиус и эквивалентный диаметр живого сечения потока, движущегося между трубами, если внутри большей трубы распложены три квадратные трубы, стороны которых равны  $a = 5\text{ см}$ , а наружная труба имеет внутренний диаметр  $D = 40\text{ см}$ .



#### Задача № 6

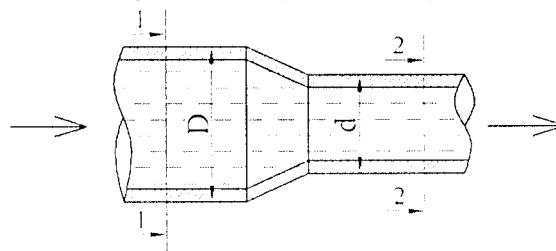
Определить расход воды ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ), протекающей по трубе диаметром  $0,15\text{ м}$  со средней скоростью  $0,85\text{ м/с}$ .

#### Задача № 7

Определить расход воды ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ), протекающей по трубе прямоугольного сечения со стороной  $a = 35\text{ мм}$ , при средней скорости потока  $0,65\text{ м/с}$ .

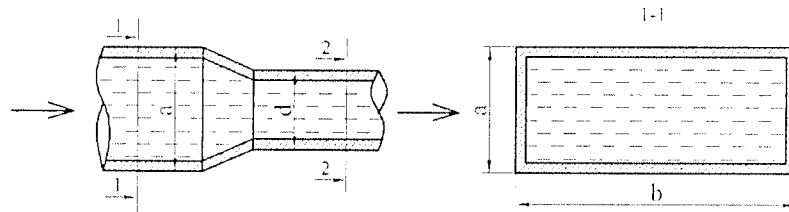
#### Задача № 8

По трубе переменного сечения протекает жидкость. Определить среднюю скорость  $v_2$ ,  $\text{м/с}$ , в суженной части трубы, если диаметр широкой части трубы  $D = 75\text{ мм}$ , а диаметр суженной части трубы  $d = 50\text{ мм}$ . Средняя скорость в широкой части трубы  $v_1 = 1\text{ м/с}$ .

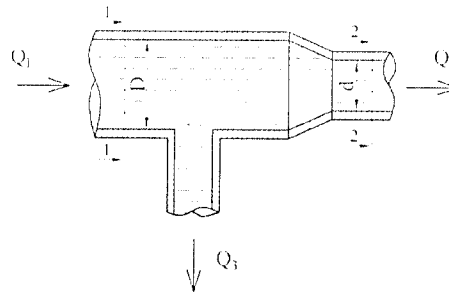


**Задача № 9**

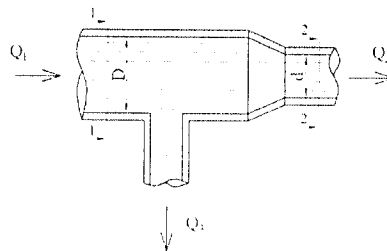
По трубе переменного сечения протекает жидкость. Определить среднюю скорость  $v_2$ , м/с, если сечение 1-1 имеет прямоугольное сечение  $50 \times 100$  мм, а сечение 2-2 круглое диаметром 50 мм. Средняя скорость в сечении 1-1 составляет  $v_1 = 0,5$  м/с.

**Задача № 10**

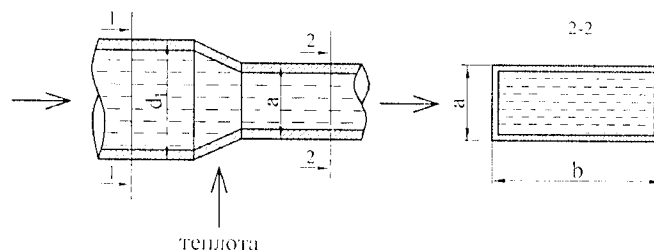
В тройнике переменного сечения протекает жидкость. Общий расход жидкости на входе в тройник  $Q_1$  составляет 300 л/ч, при этом часть расхода уходит в ответвление, в количестве  $Q_3 = 110$  л/ч. Внутренний диаметр тройника в сечении 1-1 составляет 0,032 м, а в сечении 2-2 – 0,025 м. Определить среднюю скорость потока жидкости в сечении 2-2.

**Задача № 11**

В тройнике переменного сечения протекает жидкость. Общий расход жидкости на входе в тройник  $Q_1$  составляет  $0,25$  м<sup>3</sup>/ч, при этом часть расхода уходит в ответвление, в количестве  $Q_3 = 0,1$  м<sup>3</sup>/ч. Внутренний диаметр тройника в сечении 1-1 составляет 0,045 м, а в сечении 2-2 – 0,025 м. Определить среднюю скорость потока жидкости в сечении 2-2.

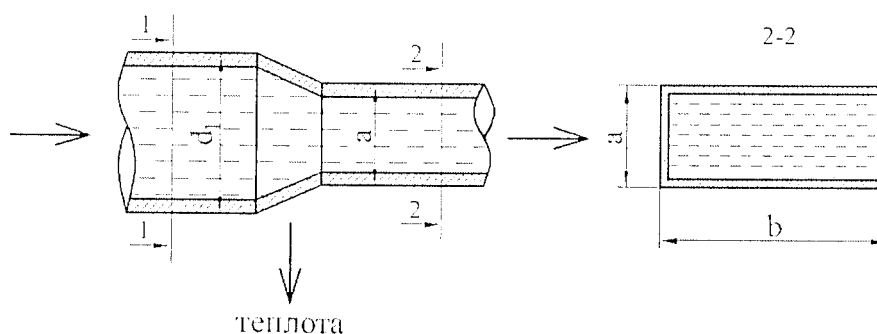
**Задача № 12**

По воздуховоду переменного сечения движется воздух. На сужающемся участке происходит нагрев воздуха на  $20$  °С. Диаметр воздуховода в сечении 1-1 равен  $d_1 = 200$  мм, а сечении 2-2 воздуховод имеет прямоугольное сечение размером  $100 \times 150$  мм. Определить среднюю скорость потока воздуха в сечении 2-2, если известно, что осевая скорость в сечении 1-1 составляет 7 м/с, а коэффициент поля скоростей в этом сечении равен 0,8. Температура на входе в воздуховод составляет  $-5$  °С.



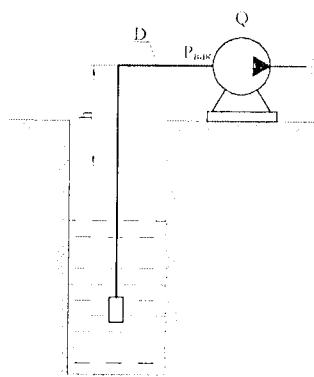
### Задача № 13

По воздуховоду переменного сечения движется воздух. На суженном участке происходит охлаждение воздуха на  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Диаметр воздуховода в сечении 1-1 равен  $d_1 = 300\text{ мм}$ , а сечении 2-2 воздуховод имеет прямоугольно сечение размером  $100 \times 125\text{ мм}$ . Определить среднюю скорость потока воздуха в сечении 2-2, если известно, что осевая скорость в сечении 1-1 составляет  $8\text{ м/с}$ , а коэффициент поля скоростей в этом сечении равен  $0,9$ . Температура на входе в воздуховод составляет  $32\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



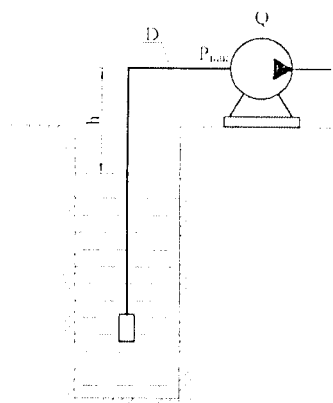
### Задача № 14

Насос производительностью  $Q$ , л/с, забирает воду из колодца по трубе диаметром  $D$  длиной  $l$  и находится выше поверхности воды на  $h$ . Определить его производительность  $Q$ , если вакуумное давление в точке всасывания воды равно  $p_{\text{вак}} = 70\text{ кПа}$ ,  $h = 5\text{ м}$ ,  $D = 75\text{ мм}$ . Жидкость принять идеальной. Плотность жидкости  $\rho = 1000\text{ кг/м}^3$ .



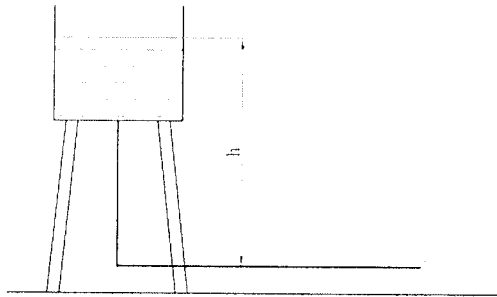
### Задача № 15

Насос производительностью  $Q$  забирает воду из колодца по трубе диаметром  $D$  длиной  $l$  и находится выше поверхности воды на  $h$ . Определить вакуумное давление перед насосом, если производительность насосы  $Q = 20\text{ л/с}$ ,  $h = 4\text{ м}$ ,  $D = 50\text{ мм}$ . Жидкость принять идеальной.



**Задача № 16**

Емкость с водой обслуживает дачный участок. Определить скорость потока жидкости на выходе из крана, если потери давления составляют 3 м, а уровень жидкости в емкости находится на высоте 5 м от уровня водоразборного крана. Коэффициент Корзиолиса составляет 1,05.

**Задача № 17**

Определить скорость движения воздуха возле точечного стока, на расстоянии 10 см. Расход удаляемого воздуха стоком равен 250 м<sup>3</sup>/ч. Как изменится скорость, если уменьшить в 2 раза расстояние от стока.

**Задача № 18**

Определить скорость и направление движения частицы жидкости, находящейся на отрезке между точечным источником и линейным стоком на расстоянии 10 см и 20 см соответственно. Расход всасываемого воздуха стоком и подаваемый точечным источником равен 500 м<sup>3</sup>/ч. Поверхность всасывания линейного стока ограничена гранями под углом 90°, а его длина равна 20 см.

**Задача № 19**

Определить режим движения воды с температурой 20 °С ( $\nu = 1,006 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с), протекающей по прямоугольной трубе сечением 5х3 см. Расход воды составляет 120 л/ч.

**Задача № 20**

Определить режим движения антифриза обладающего плотностью  $\rho = 1038$  кг/м<sup>3</sup> и динамической вязкостью  $\mu = 5,19$  мПа·с, протекающего по трубе квадратного сечения 5х5 см. Массовый расход антифриза составляет 250 кг/ч.

**Задача № 21**

Определить потерю давления потока воздуха в воздуховоде прямоугольного сечения 200х150 мм, при известном объемном расходе воздуха 200 м<sup>3</sup>/ч. Плотность воздуха принять равной 1,2 кг/м<sup>3</sup>. Длина воздуховода составляет 4 м. При определении коэффициента гидравлического трения использовать формулу А.Д. Альтшуля. Эквивалентная шероховатость внутренней поверхности трубы составляет 0,1 мм. Вязкость воздуха принять  $1 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с.

**Задача № 22**

Определить потерю давления потока теплоносителя температурой 95 °С (плотность принять равной 961 кг/м<sup>3</sup>, а кинематическую вязкость  $0,3 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с) в трубном участке системы отопления, при известном массовом расходе 2050 кг/ч. Длина участка трубы составляет 17 м, а внутренний диаметр 40 мм. При определении коэффициента гидравлического трения использовать формулу А.Д. Альтшуля. Эквивалентная шероховатость внутренней поверхности трубы составляет 0,2 мм

**Задача № 23**

По простой трубной системе водоснабжения течет вода с расходом 4 м<sup>3</sup>/ч. Внутренний диаметр трубы неизменный и равен 50 мм. Длина системы 30 м, а  $K_s = 0,5$  мм. Температура воды составляет 20 °С (плотность – 1000 кг/м<sup>3</sup>, кинематическая вязкость – 1,006 м<sup>2</sup>/с). На участке трубы также располагается открытый вентиль с КМС равный 4. Определить необходимый напор создаваемый насосом, чтобы вода из трубы выходила с напором 4 м.вод.ст.

**Задача № 24**

Определить расход воздуха в вентиляционной сети, если напор вентилятора составляет 250 Па, длина системы 15 м, а воздуховод имеет прямоугольную форму 250x200 мм. Температура воздуха 18 °С. В сети воздуховода присутствует три отвода с КМС 0,5, а на выходе стоит воздухораспределительная решетка с КМС 2. Вязкость воздуха принять  $1 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с. Коэффициент эквивалентной шероховатости принять согласно нормативной документации.

**Задача № 25**

Определить удельное сопротивление в квадратичной области участка стальной трубы, внутренним диаметром 32 мм,  $K_s = 0,1$  мм, при кинематической вязкости жидкости  $15 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с. Как изменится удельное сопротивление, если внутренний диаметр трубы принять равным 45 мм, а  $K_s = 0,2$  мм.

**Задача № 26**

Определить характеристику сопротивления в квадратичной области участка воздуховода, размером 200x100 мм,  $K_s = 0,1$  мм и длиной 10 м, при вязкости воздуха  $1 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с. Рассчитать потерю давления при условии, что через воздуховод проходит 360 м<sup>3</sup>/ч воздуха с температурой 20 °С.

**Задача № 27**

Определить характеристику сопротивления в квадратичной области участка воздуховода круглого сечения диаметром 350 мм, и длиной 16 м, при вязкости воздуха  $1 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с. Рассчитать потерю давления при условии, что через воздуховод проходит 1000 м<sup>3</sup>/ч воздуха с температурой 18 °С. Коэффициент эквивалентной шероховатости принять согласно нормативной документации.

*Тема домашнего задания: «Расчет гидравлической сети»*

*Типовое домашнее задание:*

В рамках домашнего задания необходимо определить массовый расход жидкости в каждом участке сети и построить эпюру гидродинамического и гидростатического давления.

Исходные данные к домашнему заданию:

Рабочая жидкость: состоит из воды, пропиленгликоля и этиленгликоля в пропорции А/Б/В соответственно.

Исходная температура жидкости: Г °С.

Развиваемый напор насосом составляет: Д м вод.ст.

Вариант системы: Е

Вариант задачи определяется по таблице 1 и 2.

По последней цифре номера зачетки обучающийся определяет номер варианта системы и состав жидкости (таблица 1), а по первой букве фамилии остальные параметры (таблица 2).

*Таблица 1*

Варианты к домашнему заданию

Первая буква фамилии		Вариант системы (Е)	Состав жидкости А/Б/В
А	П	1	100/0/0
Б	Р	2	90/10/0
В	С	3	80/10/10

Г	Т	1	80/15/5
Д	У	2	75/10/15
Е	Ф	3	75/15/10
Ж	Х	1	70/15/15
З	Ц	2	70/20/10
И	Ч	3	95/0/5
К	Ш	1	95/5/0
Л	Щ	2	90/5/5
М	Э	3	85/5/10
Н	Ю	1	85/10/5
О	Я	2	80/20/0

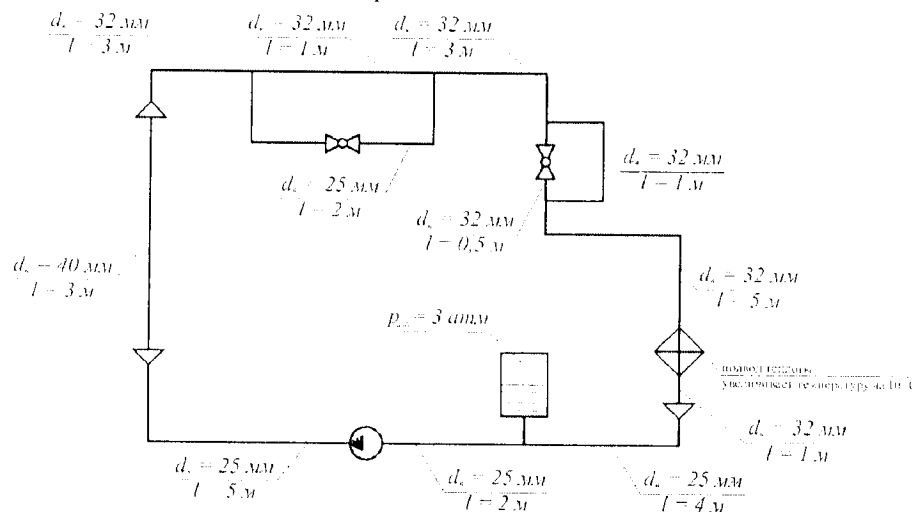
Таблица 2

## Варианты к домашнему заданию

Последняя цифра номера зачетки	Исходная температура жидкости (Г)	Развиваемый напор насосом (Д)
0	20	0,5
1	25	0,6
2	30	0,7
3	35	0,8
4	40	0,9
5	45	1,0
6	50	1,1
7	55	1,2
8	60	1,3
9	65	1,4

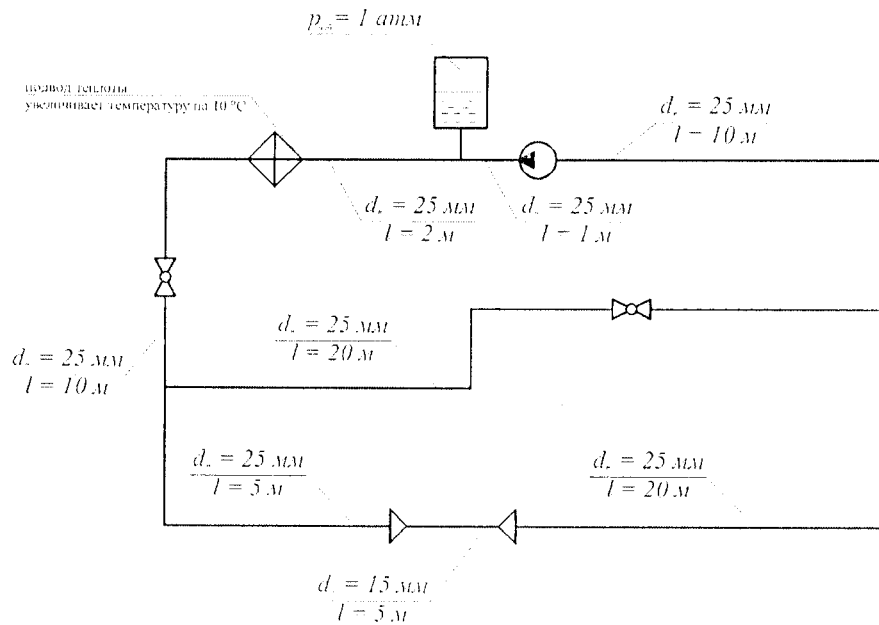
## Типовые схемы систем:

## Вариант системы 1

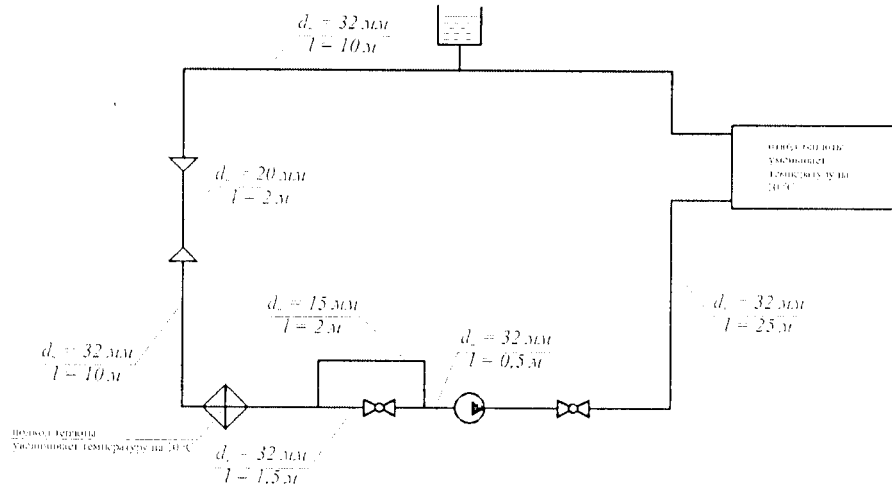




## Вариант системы 2



## Вариант системы 3



Тема отчета по лабораторным работам: «Гидравлика систем ТГВ»

Примерные вопросы к защите отчета по лабораторным работам:

Лабораторная работа №1:

1. Какими важнейшими свойствами, с точки зрения аэродинамики и гидравлики, характеризуются жидкости и газы?
2. Как характеризуется сжимаемость жидкости?
4. Что такое вязкость жидкости, и какими параметрами её учитывают в практических расчётах?
5. От чего зависит вязкость жидкостей?

Лабораторная работа №2:

1. Режимы движения жидкости и их отличие.
2. Критическая скорость и число Рейнольдса. Определение и формула.
3. Типы потерь давления. Их описание.
4. Формула Дарен-Вейсбаха.

5. Потери давления по длине. Формула, от чего зависят.
6. Абсолютная и эквивалентная шероховатость.
7. Местные сопротивления. Формула Вейсбаха.
8. Формула А.Д. Альтшуля для учёта изменения КМС при течении жидкости вне квадратичной области сопротивления.

### 3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания

Процедура проведения промежуточной аттестации и текущего контроля успеваемости регламентируется локальным нормативным актом, определяющим порядок осуществления текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

*3.1. Процедура оценивания при проведении промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине в форме экзамена и/или дифференцированного зачёта (зачёта с оценкой)*

Промежуточная аттестация по дисциплине в форме экзамена/дифференцированного зачёта (зачёта с оценкой) не проводится.

*3.2. Процедура оценивания при проведении промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине в форме зачёта*

Промежуточная аттестация по дисциплине в форме зачёта проводится в 3 семестре для очной формы обучения и в 4 семестре для заочной формы обучения. Для оценивания знаний и навыков основного уровня не используются критерии и шкала, указанные п.1.2.

Ниже приведены правила оценивания формирования компетенций по показателю оценивания «Знания».

Критерий оценивания	Уровень освоения и оценка	
	Не зачтено	Зачтено
Знание терминов и определений, понятий	Не знает терминов и определений	Знает термины и определения
Знание основных закономерностей и соотношений, принципов	Не знает основные закономерности и соотношения, принципы построения знаний	Знает основные закономерности и соотношения, принципы построения знаний
Объём освоенного материала, усвоение всех дидактических единиц (разделов)	Не знает значительной части материала дисциплины	Знает материал дисциплины
Полнота ответов на проверочные вопросы	Не даёт ответы на большинство вопросов	Даёт ответы на большинство вопросов
Правильность ответов на вопросы	Допускает грубые ошибки при изложении ответа на вопрос	Не допускает ошибок при изложении ответа на вопрос
Чёткость изложения и интерпретации знаний	Излагает знания без логической последовательности	Излагает знания в логической последовательности
	Не иллюстрирует изложение поясняющими схемами, рисунками и примерами	Иллюстрирует изложение поясняющими схемами, рисунками и примерами
	Неверно излагает и интерпретирует знания	Верно излагает и интерпретирует знания

Ниже приведены правила оценивания формирования компетенций по показателю оценивания «Навыки основного уровня».

Критерий оценивания	Уровень освоения и оценка	
	Не зачтено	Зачтено
Навыки выбора методик выполнения заданий	Не может выбрать методику выполнения заданий	Может выбрать методику выполнения заданий
Навыки выполнения заданий различной сложности	Не имеет навыков выполнения учебных заданий	Имеет навыки выполнения учебных заданий
Навыки самопроверки. Качество сформированных навыков	Допускает грубые ошибки при выполнении заданий, нарушающие логику решения задач	Не допускает ошибки при выполнении заданий
Навыки анализа результатов выполнения заданий, решения задач	Делает некорректные выводы	Делает корректные выводы
Навыки представления результатов решения задач	Не может проиллюстрировать решение задачи поясняющими схемами, рисунками	Иллюстрирует решение задачи поясняющими схемами, рисунками
Навыки обоснования выполнения заданий	Не может обосновать алгоритм выполнения заданий	Обосновывает алгоритм выполнения заданий

### *3.3. Процедура оценивания при проведении промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине в форме защиты курсовой работы (курсового проекта)*

Процедура защиты курсовой работы (курсового проекта) определена локальным нормативным актом, определяющим порядок осуществления текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Промежуточная аттестация по дисциплине в форме защиты курсовой работы/курсового проекта не проводится.

## Приложение 2 к рабочей программе

Шифр	Наименование дисциплины
Б1.В.ДВ.02.01.01	Гидравлика и аэродинамика систем ТГВ

Код направления подготовки / специальности	08.03.01
Направление подготовки / специальность	Строительство
Наименование ОПОП (направленность / профиль)	Инженерные системы жизнеобеспечения в строительстве
Год начала реализации ОПОП	2019
Уровень образования	бакалавриат
Форма обучения	очная, заочная
Год разработки/обновления	2019

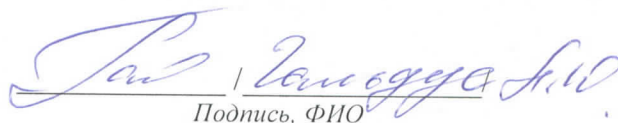
## Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

Печатные учебные издания в НТБ НИУ МГСУ:

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания, количество страниц	Количество экземпляров в библиотеке НИУ МГСУ
1	Кудинов, А.А. Гидрогазодинамика [Текст]: учебное пособие для вузов / А. А. Кудинов. - Москва: ИНФРА-М, 2012. - 335 с	20
2	Гидравлические расчеты инженерных систем [Текст] / О. Д. Самарин. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : АСВ, 2016. - 132 с.	69
3	Зуйков, А. Л. Гидравлика [Текст] : учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 270800 "Строительство" : в 2-х т. / А. Л. Зуйков ; МГСУ. - Москва : МГСУ, 2014 - Т.1 : Основы механики жидкости. - 2014. - 516 с.	40
4	Аэродинамика вентиляции [Текст] : учебное пособие для студентов учреждений высшего профессионального образования, обучающихся по направлению "Строительство" / под ред. В. И. Полушкина ; [В. И. Полушкин, С. М. Анисимов, В. Ф. Васильев]. - Москва : Академия, 2013. - 204 с.	50

Электронные учебные издания в электронно-библиотечных системах (ЭБС):

№ п/п	Автор, название, место издания, год издания, количество страниц	Ссылка на учебное издание в ЭБС

Согласовано:  
НТБ10.10.2019  
дата

  
Подпись, ФИО

## Приложение 3 к рабочей программе

Шифр	Наименование дисциплины
Б1.В.ДВ.02.01.01	Гидравлика и аэродинамика систем ТГВ
Код направления подготовки / специальности	08.03.01
Направление подготовки / специальность	Строительство
Наименование ОПОП (направленность / профиль)	Инженерные системы жизнеобеспечения в строительстве
Год начала реализации ОПОП	2019
Уровень образования	бакалавриат
Форма обучения	очная, заочная
Год разработки/обновления	2019

**Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем**

Наименование	Электронный адрес ресурса
«Российское образование» - федеральный портал	<a href="http://www.edu.ru/index.php">http://www.edu.ru/index.php</a>
Научная электронная библиотека	<a href="http://elibrary.ru/defaultx.asp?">http://elibrary.ru/defaultx.asp?</a>
Электронная библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Федеральная университетская компьютерная сеть России	<a href="http://www.runnet.ru/">http://www.runnet.ru/</a>
Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"	<a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Научно-технический журнал по строительству и архитектуре «Вестник МГСУ»	<a href="http://www.vestnikmgsu.ru/">http://www.vestnikmgsu.ru/</a>
Научно-техническая библиотека НИУ МГСУ	<a href="http://www.mgsu.ru/resources/Biblioteka/">http://www.mgsu.ru/resources/Biblioteka/</a>

## Приложение 4 к рабочей программе

Шифр	Наименование дисциплины
Б1.В.ДВ.02.01.01	Гидравлика и аэродинамика систем ТГВ
Код направления подготовки / специальности	08.03.01
Направление подготовки / специальность	Строительство
Наименование ОПОП (направленность / профиль)	Инженерные системы жизнеобеспечения в строительстве
Год начала реализации ОПОП	2019
Уровень образования	бакалавриат
Форма обучения	очная, заочная
Год разработки/обновления	2019

**Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины**

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа