

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

СОГЛАСОВАНО  
Директор института заочного  
обучения  
С.Е. Спесивцева  
2021 г.



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИСИ  
В.А. Уваров  
2021 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины

**Аэрогидродинамика и нагнетатели инженерных систем**

направление подготовки:

08.03.01 «Строительство»

профиль подготовки:

«Теплогазоснабжение и вентиляция»

Квалификация

бакалавр

Форма обучения  
заочная


**Институт: инженерно-строительный**

**Кафедра: теплогазоснабжения и вентиляции**

Белгород – 2021


Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство» (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерством образования и науки Российской Федерации от 31 мая 2017 года № 481;
- плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2021 году.

Составитель: канд. техн. наук, доцент  (Ю.Г. Овсянников)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры  
«Теплогазоснабжения и вентиляции»

« 14 » 05 2021 г., протокол № 12

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

Рабочая программа одобрена методической комиссией  
Инженерно-строительного института

« 27 » 05 2021 г., протокол № 10

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

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания
Профессиональные	ПК-7. Способность организовывать работы по техническому обслуживанию и ремонту систем теплогазоснабжения, вентиляции	ПК-7.7. Осуществляет инструментальный контроль температурных и гидравлических режимов работы системы теплоснабжения (газоснабжения, вентиляции)	<p><b>Знать:</b> законы аэрогидродинамики, теорию гидравлического расчета трубопроводов, конструктивные особенности и основные характеристики нагнетателей, принцип действия приборов инструментального контроля.</p> <p><b>Уметь:</b> проводить гидравлические расчеты характеристик систем ТГВ, пользоваться приборами и оборудованием, проводить физический эксперимент, осуществлять обработку информации и данных эксперимента.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками гидравлического расчета трубопроводов, построения характеристики сети и определения рабочей точки, навыками эксплуатации приборов и оборудования, самостоятельной обработки информации и данных физического эксперимента</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

**1. Компетенция ПК-7.** Способность организовывать работы по техническому обслуживанию и ремонту систем теплогазоснабжения, вентиляции

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами:

Стадия	Наименование дисциплины
1	Техническая термодинамика. Тепломассообмен
2	Отопление. Теплоснабжение
3	Вентиляция. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение
4	Эксплуатация и наладка систем теплогазоснабжения и вентиляции
5	Оборудование и энергосберегающие технологии систем обеспечения микроклимата
6	Основы проектирования и конструирования обеспыливающих систем
7	Тепловоздушный режим зданий
8	Системы теплогазоснабжения предприятий
9	Основы проектирования магистральных газопроводов
10	Производственная технологическая практика



## 2. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зач. единиц, 144 часа.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 5
Общая трудоемкость дисциплины, час	144	144
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	10	10
лекции	2	2
лабораторные	2	2
практические	4	4
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	2	2
<b>Самостоятельная работа студентов, в том числе:</b>	134	134
Курсовой проект		
Курсовая работа		
Расчетно-графическое задания		
Индивидуальное домашнее задание	9	9
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	89	89
Форма промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	Экз.(36 час.)	Экз.(36 час.)

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Наименование тем, их содержание и объем

Курс 3 Семестр 5

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практ. занятия	Лаборат. занятия	Самост. работа
	Семестр 5 (установочная сессия)	2			1
1	Аэрогидродинамика трубопроводных сетей				
	<p>Теоретические основы аэрогидродинамического расчета. Основные понятия и определения. Уравнение расхода. Уравнение неразрывности потока. Динамическое давление. Уравнение Бернулли, общие сведения о гидравлических потерях. Потери напора на трение, формула Дарси- Вейсбаха. Режимы движения жидкости. Критерий Рейнольдса. Гидравлически гладкие и шероховатые трубы, квадратичная область сопротивления. Местные гидравлические сопротивления, основные виды сопротивлений. Коэффициент местного сопротивления, эквивалентная длина трубопровода.</p> <p>Гидравлический расчет трубопроводов. Классификация трубопроводов. Расчет простого трубопровода, три задачи. Расчет длинных трубопроводов в области квадратичного сопротивления. Последовательное и параллельное соединение трубопроводов, построение совместной характеристики. Особенности расчета разветвленных трубопроводов. Расчет сложных (разветвленных, кольцевых) и транзитных трубопроводов.</p> <p>Особенности аэродинамического расчета вентиляционных</p>		2	2	22

	систем. Распределение давлений в тройниках. Воздуховоды равномерной раздачи и всасывания. Воздуховоды с постоянным по длине статическим давлением. Влияние теплового и гравитационного напоров.				
2	Динамические нагнетатели				
	<p>Классификация нагнетателей, используемых для перемещения жидкостей и газов. Основные рабочие параметры.</p> <p>Динамические насосы. Центробежные насосы. Конструкция, принцип действия. Основы теории центробежных насосов. Действительный напор насоса и его зависимость от конструктивных форм.</p> <p>Характеристики центробежных насосов. Приборы, методики измерения и расчета параметров, характеризующих работу центробежных насосов. Правило двух манометров. Полезная и затраченная мощности, КПД.</p> <p>Пересчет характеристик на другое число оборотов. Обрезка рабочих колес. Высота установки насоса, кавитационный запас.</p> <p>Особенности конструкции, эксплуатационные параметры и области применения осевых вихревых и струйных нагнетателей.</p> <p>Вентиляторы. Классификация вентиляторов. Центробежные вентиляторы. Характеристики центробежных вентиляторов (подача, давление, расходуемая мощность и КПД). Регулирование подачи. Осевые вентиляторы.</p>			22	
3	Объемные нагнетатели				
	<p>Объемные насосы, их классификация, степень неравномерности подачи. Особенности конструкции, принцип действия, эксплуатационные параметры шестеренных, кулачковых, пластинчатых и водокольцевых насосов.</p> <p>Компрессоры. Классификация компрессоров, термодинамические основы работы компрессора. Расход, мощность и КПД компрессора. Многоступенчатое сжатие. Регулирование подачи поршневых компрессоров.</p> <p>Основные элементы компрессорной установки. Поршневые вакуум-насосы. Ротационные компрессоры. Турбокомпрессоры</p>			22	
4	Эксплуатация нагнетателей в сети.				
	<p>Характеристика сети. Давление нагнетателя, работающего в сети. Метод наложения характеристик, рабочая точка. Особенности определения рабочей точки для отопительно-вентиляционных систем, систем аспирации. Работа нагнетателя на сеть с постоянным давлением или разрежением. Методики измерения и расчета параметров, характеризующих работу нагнетателя на сеть.</p> <p>Способы регулировки подачи нагнетателей (частотный, дроссельный). Совместная работа нагнетателей, определение напорной характеристики насосной установки.</p> <p>Мероприятия по технологическому обеспечению точности монтажа оборудования. Установка оборудования в проектное положение на фундаментах. Способы установки.</p> <p>Способы выверки насосов (с помощью струн и отвесов, лазерного оборудования.). Способы центровки валов насосов по</p>		2	22	



полумуфтам (виды) и возможные нарушения соосности валов насоса и двигателя, их устранение. Установка обвязочных трубопроводов в рабочее положение. Пусконаладочные работы. Способы (схемы) заливки центробежных насосов. Порядок пуска и остановки насосного агрегата. Обкатка вхолостую и на рабочих режимах. Неисправности при пуске насосной установки: отсутствует подача, в процессе эксплуатации меняются напор и подача, слышен шум и треск в корпусе насоса, перегрев электродвигателя - причины и способы их устранения.				
ИДЗ				9
Экзамен				36
Консультации				2
ВСЕГО	2	4	2	89

#### 4.2. Содержание практических занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Тема практического занятия	К-во часов	СРС
семестр № 5				
1	Аэрогидродинамика трубопроводных сетей	Гидравлический расчет простого трубопроводов, три задачи. Построение гидравлической характеристики простого и сложного трубопроводов.	2	2
2	Динамические нагнетатели	Изучение приборов и методик измерения эксплуатационных параметров центробежных насосов и вентиляторов. Определение подачи, давления и потребляемой мощности насоса методом наложения характеристик, построение рабочей точки. Определение требуемой степени обрезки рабочих колес центробежных насосов. Построение рабочей точки при изменении числа оборотов привода и гидравлического сопротивления сети. Определение диапазона регулирования частоты вращения.		
3	Объемные нагнетатели.	Определение рабочих характеристик объемных насосов, способы регулировки подачи. Определение требуемых параметров компрессора для пневмосети.	2	2
4	Эксплуатация нагнетателей в сети.	Определение допустимой высоты всасывания центробежного насоса. Определение рабочей точки вентилятора при высоких температурах воздушного потока. Определение диапазона регулирования частоты вращения нагнетателя при работе на сеть с переменным гидравлическим сопротивлением. Построение совместных характеристик при параллельном и последовательном включение центробежных насосов определение рабочей точки. Определение причин срыва подачи центробежного насоса, способы устранения. Способы соединения, центрирования валов насосной установки, устранение несоосности.		
ИТОГО:			4	4
ВСЕГО:				8

### 4.3. Содержание лабораторных занятий

№	Раздел дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	СРС
семестр № 5				
1	Аэрогидродинамика трубопроводных сетей	<p>Определение характеристики простого трубопровода.</p> <p>Определение характеристики последовательного и параллельного соединении трубопроводов.</p>	2	2
2	Динамические нагнетатели	<p>Измерение эксплуатационных параметров, динамических нагнетателей. Нормальные испытания центробежного насоса.</p> <p>Определение напорной характеристики насосной установки при последовательном включении насосов.</p> <p>Определение напорной характеристики насосной установки при параллельном включении насосов.</p> <p>Построение напорной характеристики центробежного вентилятора при различных числах оборотов.</p>		
3	Объемные нагнетатели.	Изучение конструкции шестеренных и пластинчатых насосов, определение рабочего объема.		
4.	Эксплуатация нагнетателей в сети.	<p>Исследование характеристик дроссельного и частотного регулирования подачи центробежного вентилятора на вентиляционную сеть.</p> <p>Изучение способов соединения и центрирования валов насоса и электродвигателя.</p>		
ИТОГО:			2	2
			ВСЕГО:	4

### 4.4. Содержание курсового проекта

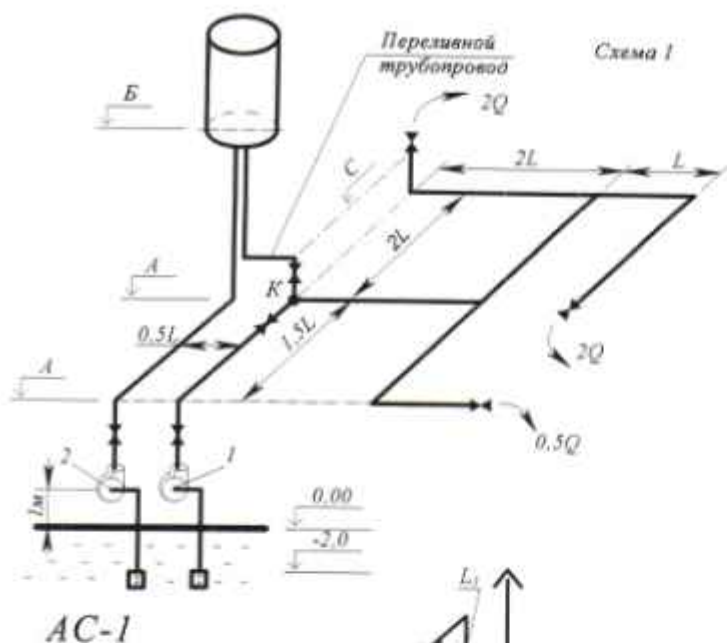
Не предусмотрено учебным планом

### 4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуального домашнего задания

Предусматривается выполнение индивидуального домашнего задания по одному из вариантов, образцы которых представлены ниже.

Вариант №1 «Выбор и определение эксплуатационных характеристик насосов для системы водоснабжения».

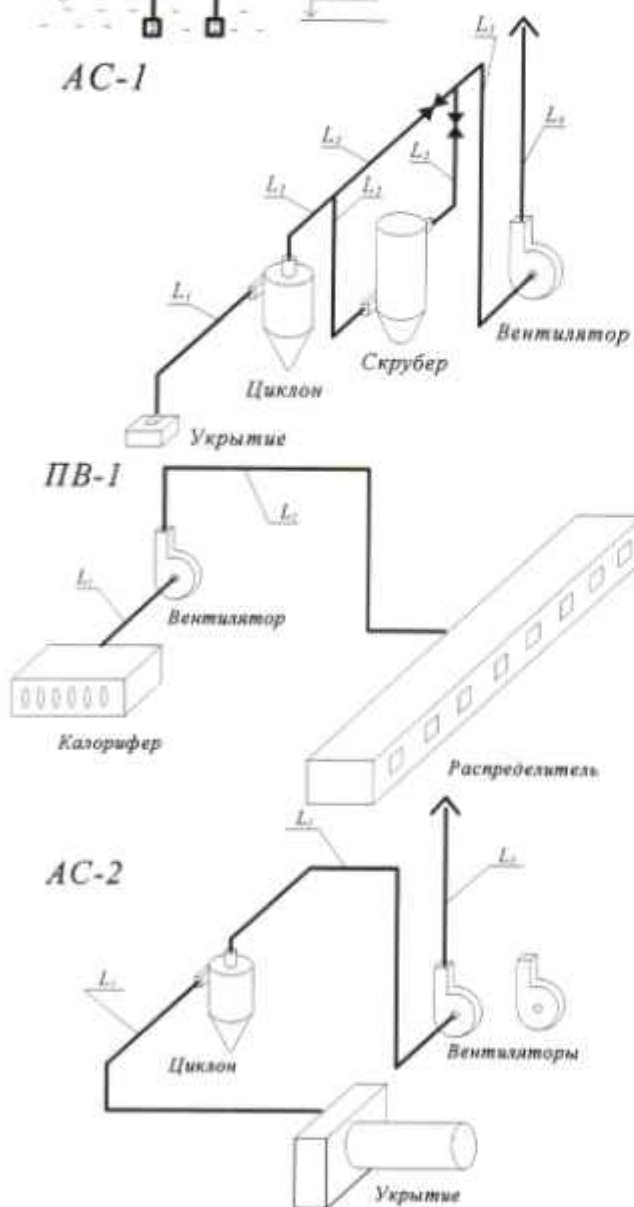




Исходя из расходов, подаваемых потребителям, аксонометрической схемы системы водоснабжения и результатов гидравлического расчета необходимо подобрать основной и резервный насосы, определить фактические технические параметры (подачу, напор, мощность). Основной насос обеспечивает постоянную подачу воды с заданными расходами к потребителям, резервный включается в случае выхода из строя основного и обеспечивает в течение суток как подачу к потребителям, так и 8-часовой запас воды в напорном баке.

Вариант №2,3,4 «Выбор определение эксплуатационных характеристик вентиляторов для вентиляционных систем».

Система приточной вентиляции ПВ-1 поддерживает температуру воздуха в помещении цеха равной 20°C. Состоит система из: калорифера (кондиционера), в котором осуществляется нагрев (охлаждение) приточного воздуха до  $t_{пр}$ , вентилятора и распределителя подачи воздуха. Необходимо исходя из результатов гидравлического расчета системы, подобрать вентилятор и определить его эксплуатационные характеристики.



Система АС-1 аспирирует запыленный воздух ( $t = 20^\circ\text{C}$ ) из укрытия технологического агрегата. Очистка воздуха осуществляется по двум схемам: первая – одноступенчатая (циклон), вторая – двухступенчатая (циклон и скруббер). Переключение режимов очистки производится задвижками.

Необходимо исходя из результатов гидравлического расчета системы, подобрать вентилятор, обеспечивающий эксплуатацию системы по двум схемам очистки на различных числах оборотов.

Система АС-2 аспирирует запыленный воздух ( $t = 20^\circ\text{C}$ ) от укрытия технологического агрегата, очистка которого осуществляется в циклоне.

Необходимо исходя из результатов гидравлического расчета системы, подобрать вентилятор. Предусмотреть возможность подключения аналогичного резервного вентилятора по схеме, позволяющей достичь максимальной производительности системы по воздуху. Гидравлическим

сопротивлением воздуховодов, обеспечивающих требуемое соединение вентиляторов (параллельное или последовательное) пренебречь.



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

### 5.1. Реализация компетенции

**Компетенция ПК-7.** Способность организовывать работы по техническому обслуживанию и ремонту систем теплогасоснабжения, вентиляции.

Наименование индикатора (показателя оценивания)	Используемые средства оценивания
ПК-7.7. Осуществляет инструментальный контроль температурных и гидравлических режимов работы системы теплоснабжения (газоснабжения, вентиляции)	Экзамен, защита лабораторных работ, расчетно-графического задания, решение задач на практических занятиях, тестирование

### 5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

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

№ п/п	Раздел дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Аэрогидродинамика трубопроводных сетей	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Основные понятия кинематики: установившееся и неустановившееся движение, линия тока, элементарная струйка, живое сечение, гидравлический радиус, средняя скорость потока жидкости.</li><li>2. Уравнение расхода. Уравнение неразрывности потока.</li><li>3. Уравнение Бернулли, энергетический и геометрический смысл уравнения.</li><li>4. Динамическое давление. Приборы для определения динамического давления.</li><li>5. Общие сведения о гидравлических потерях.</li><li>6. Потери напора на трение, формула Дарси- Вейсбаха. Режимы движения жидкости. Критерий Рейнольдса.</li><li>7. Турбулентное движение, абсолютная и относительная шероховатость трубопроводов. Графики Никурадзе, Мурина.</li><li>8. Гидравлически гладкие и шероховатые трубы, квадратичная область сопротивления.</li><li>9. Местные гидравлические сопротивления, основные виды сопротивлений. Коэффициент местного сопротивления</li><li>10. Потери напора при изменении сечения трубопровода, теорема Борда-Карно.</li><li>11. Местные гидравлические сопротивления, основные виды сопротивлений. Коэффициент местного сопротивления. Взаимное влияние местных сопротивлений.</li><li>12. Классификация трубопроводов. Расчет простого трубопровода, три задачи, численные методы решения.</li><li>13. Построение расходной характеристики простого трубопровода.</li><li>14. Последовательное и параллельное соединение трубопроводов, построение совместной характеристики.</li><li>15. Расчет длинных трубопроводов в области квадратичного сопро-</li></ol>

		<p>тивления.</p> <p>16. Особенности расчета разветвленных трубопроводов.</p> <p>16. Расчет сложных (разветвленных, кольцевых) и транзитных трубопроводов.</p> <p>17. Особенности аэродинамического расчета вентиляционных систем. Распределение давлений в тройниках.</p> <p>18. Воздуховоды равномерной раздачи и всасывания.</p> <p>19. Воздуховоды с постоянным по длине статическим давлением. Влияние теплового и гравитационного напоров.</p>
2	Динамические нагнетатели	<p>1. Гидравлические машины. Классификация нагнетателей, используемых для перемещения жидкостей и газов.</p> <p>2. Роль нагнетателей в системах тепло-газоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха. Основные рабочие параметры нагнетателей.</p> <p>3. Центробежные насосы. Конструкция, принцип действия.</p> <p>4. Основные технические характеристики нагнетателей (подача, давление, расходуемая мощность и КПД).</p> <p>5. Основы теории центробежных насосов. Треугольники скоростей рабочего колеса. Уравнение Эйлера.</p> <p>6. Действительный напор насоса и его зависимость от конструктивных форм.</p> <p>7. Основы теории подобия центробежных насосов. Типизация насосов по коэффициенту быстроходности.</p> <p>8. Характеристики центробежных насосов.</p> <p>9. Пересчет характеристик центробежных насосов на другое число оборотов. Обрезка рабочих колес.</p> <p>10. Осевое давление на рабочее колесо центробежных насосов, способы разгрузки.</p> <p>11. Работа центробежных насосов на сеть, рабочая точка.</p> <p>12. Регулирование подачи центробежного насоса.</p> <p>13. Предельная высота установки насоса</p> <p>14. Способы регулирования подачи центробежного насоса.</p> <p>15. Особенности конструкции, эксплуатационные параметры и области применения осевых и вихревых насосов.</p> <p>16. Струйные нагнетатели. Конструкция, принцип действия. Расчет эксплуатационных параметров.</p> <p>17. Вентиляторы. Классификация вентиляторов.</p> <p>18. Центробежные вентиляторы. Характеристики центробежных вентиляторов (подача, давление, расходуемая мощность и КПД).</p> <p>19. Регулирование подачи центробежных вентиляторов.</p> <p>20. Осевые вентиляторы.</p>
3	Объемные нагнетатели.	<p>1. Поршневые насосы, их классификация. Подача поршневых насосов.</p> <p>2. Закон движения поршня насоса с кривошипным приводом. Степень неравномерности подачи. Графики подачи.</p> <p>3. Особенности конструкции, принцип действия, эксплуатационные параметры шестеренных насосов.</p> <p>4. Особенности конструкции, принцип действия, эксплуатационные параметры кулачковых насосов.</p> <p>5. Особенности конструкции, принцип действия, эксплуатационные параметры, пластинчатых насосов.</p> <p>6. Особенности конструкции, принцип действия, эксплуатационные параметры водокольцевых насосов.</p> <p>7. Компрессоры. Классификация компрессоров.</p>



		8. Поршневые компрессоры. Термодинамические основы работы компрессора. Расход, мощность и КПД компрессора. 9. Действительный рабочий процесс в одноступенчатом компрессоре. Многоступенчатое сжатие. 10. Регулирование подачи поршневых компрессоров. 11. Основные элементы компрессорной установки. Поршневые вакуум-насосы. 12. Ротационные компрессоры. Турбокомпрессоры.
4	Эксплуатация нагнетателей в сети.	1. Характеристика сети. Построение характеристики простого трубопровода. 2. Характеристика сети. Построение характеристики сложного трубопровода. 3. Давление нагнетателя, работающего в сети. Метод наложения характеристик, рабочая точка. 4. Особенности определения рабочей точки для отопительно-вентиляционных систем и систем аспирации и пневмотранспорта. 5. Работа нагнетателя на сеть с постоянным давлением или разрежением. 6. Построение рабочей точки при изменении числа оборотов привода и гидравлического сопротивления сети 7. Совместная работа нагнетателей. Параллельное, последовательное и смешанное включение нагнетателей. 9. Характеристики центробежных насосов. 10. Приборы, методики измерения и расчета параметров, характеризующих работу центробежных насосов. 11. Правило двух манометров. Полезная и затраченная мощности, КПД. 12. Причины срыва подачи центробежного насоса, их диагностика. 13. Способы устранения причин срыва подачи, реверс двигателя. 14. Способы заливки насосов, предельная высота установки (всасывания). 15. Способы соединения валов насоса и электродвигателя. 16. Способы центрирования валов насоса и электродвигателя. 17. Методы балансировки рабочих колес динамических нагнетателей.

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

Не предусмотрены учебным планом.

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

**Текущий контроль** осуществляется в течение семестра в форме выполнения и защиты лабораторных работ, решения задач на практических занятиях, выполнения ИДЗ, тестирования.

**Лабораторные работы.** В методических указаниях к лабораторным работам по дисциплине представлен перечень лабораторных работ, обозначены цель и необходимые методические указания к работе.

Допуск к выполнению лабораторных работ проводится в форме собеседования преподавателя со студентом по теме работы после оформления работы в тетради. Выполнение работ проходит на



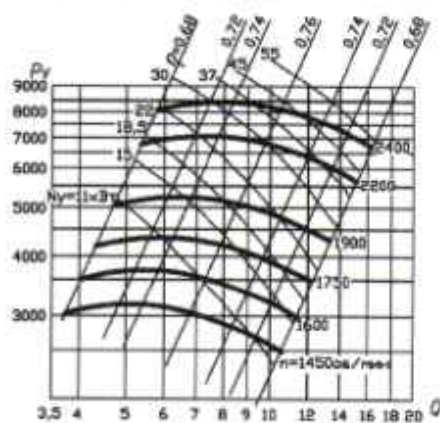
лабораторных установках в специализированной аудитории. Защита лабораторных работ производится после проверки правильности выполнения задания и оформления отчета. Защита проводится в форме собеседования по теме лабораторной работы. Примерный перечень контрольных вопросов для допуска и защиты лабораторных работ представлен в таблице.

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
1	<p>Определение характеристики простого трубопровода.</p> <p>Определение характеристики последовательного и параллельного соединения трубопроводов.</p>	<p>Что называют простым трубопроводом?</p> <p>Какой функцией описывается характеристика сети?</p> <p>Как изменяется характеристика сети при увеличении гидравлического сопротивления?</p> <p>Как строят построение характеристики сети трубопровода соединённых последовательно?</p> <p>Когда используют последовательное соединение трубопроводов?</p> <p>Как строят построение характеристики сети трубопровода соединённых параллельно?</p> <p>Когда используют параллельное соединение трубопроводов?</p>
2	<p>Изучение приборов и методик для измерение эксплуатационных параметров, динамических нагнетателей. Нормальные испытания центробежного насоса.</p>	<p>Можно ли мановакумометром измерить абсолютное давление?</p> <p>Как пересчитать давление, развиваемое насосом в напор?</p> <p>Как зная ток протекающий по обмотке электродвигателя определить потребляемую мощность?</p> <p>Поясните смысл выражения «правило двух манометров».</p> <p>Поясните принцип действия трубки Пито-Прандтля.</p> <p>Как перевести показания микроманометра ММ-250 в Па.</p> <p>Почему микроманометра ММ-250 заправляется спиртом?</p> <p>Почему при пуске центробежного насоса его предварительно заливают водой и перекрывают выходной вентиль?</p> <p>Почему глубинные насосы опускают в скважину, а не располагают наверху что более удобно?</p> <p>Основные параметры насосов: подача, напор, полезная мощность, потребляемая мощность и КПД.</p> <p>Что такое напор центробежного насоса, как его измерить?</p>
3	<p>Определение напорной характеристики насосной установки при последовательном включении насосов.</p>	<p>Почему на входе во второй насос стоит мановакуумметр?</p> <p>Почему не рекомендуется соединять последовательно насосы разной производительности?</p> <p>Как, зная напорную характеристику одного насоса, построить характеристику двух насосов, включенных последовательно?</p>
4	<p>Определение напорной характеристики насосной установки при параллельном включении насосов.</p>	<p>Как зная напорную характеристику одного насоса, построить характеристику двух насосов, включенных параллельно?</p> <p>Центробежный насос подает воду по трубопроводу, подключая второй насос необходимо получить максимально возможное увеличение расхода. Как надо подключить второй насос?</p> <p>Почему на выходах насосов, включенных параллельно, рекомендуется установка обратных клапанов?</p>
5	<p>Построение напорной характеристики центробежного вентилятора при различных числах оборотов.</p>	<p>Как пересчитать характеристику вентилятора на другое число оборотов?</p> <p>Как изменяется КПД вентилятора при увеличении числа оборотов?</p> <p>Число оборотов привода центробежного насоса увеличили с 1500 до 3000 об/мин, как изменятся напор, подача, гидравлическая мощность?</p> <p>Почему с ростом оборотов мощность возрастает по кубической зависимости?</p>

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
6	Изучение конструкции шестеренных и пластинчатых насосов, определение рабочего объема.	<p>Как определить модуль зубчатого зацепления насоса?            Для чего предназначены насосы объемного типа?            Чем теоретическая производительность насоса отличается от фактической?            Как по известным характеристикам насоса определить оптимальные режимы работы?            Как устроен и работает шестеренный насос?            В чем отличие в устройстве и работе пластинчатых насосов однократного и двукратного действия?</p>
7	Исследование характеристик дроссельного и частотного регулирования подачи центробежного вентилятора на вентиляционную сеть.	<p>Как определить развиваемое давление и подачу вентилятора, работающего на сеть, характеристика которой известна?            Покажите, почему при прикрытии задвижки в сети подача уменьшается?            Какой из способов регулировки подачи наиболее эффективный (доказать)?            Как пересчитать характеристику вентилятора на другую температуру воздуха? В каких случаях необходим этот пересчет?</p>
8	Изучение способов соединения и центрирования валов насоса и электродвигателя.	<p>Способы центровки валов насосов и электродвигателя. Возможные нарушения соосности валов насоса и двигателя, их устранение.            Способы устранения несоосности: с помощью регулировочных винтов, с помощью гаек фундаментных болтов: с выверкой на установочных гайках с упругими элементами, с выверкой непосредственно на установочных гайках, с выверкой на ослабленных (срезных) установочных гайках            Способы выверки насосов (с помощью струн и отвесов, лазерного оборудования).</p>



### Практические занятия.

Практические занятия посвящены решению разноуровневых задач и заданий, образцы которых представлены ниже.



В результате проведенного гидравлического расчета вентиляционной системы при расходе воздуха  $L = \dots \text{ м}^3/\text{ч}$ , потери давления в системе составили  $P = \dots \text{ Па}$ . Определить требуемое число оборотов рабочего колеса вентилятора  $n$ , потребляемую мощность  $N_n$  и мощность установленного электродвигателя  $N_{эд}$ .



 <p>The graph shows the head <math>H</math> in meters on the vertical axis and the flow rate <math>Q</math> in liters per minute on the horizontal axis. A downward-sloping curve represents the pump characteristic, and an upward-sloping curve represents the network characteristic. Their intersection is marked as the operating point.</p>	<p>Центробежный насос при числе оборотов <math>n_1</math> развивает напор <math>H_1 = \dots</math> м и подачу <math>Q_1 = \dots</math> л/мин. Определить диапазон числа оборотов, позволяющий осуществлять регулировку подачи от <math>\dots</math> до <math>\dots</math> л/мин.</p>
 <p>The graph shows the head <math>H</math> in meters on the vertical axis and the flow rate <math>Q</math> in liters per minute on the horizontal axis. A downward-sloping curve represents the pump characteristic, and an upward-sloping curve represents the network characteristic. Their intersection is marked as the operating point.</p>	<p>Центробежный насос при числе оборотов <math>n_1</math> развивает напор <math>H_1 = \dots</math> м и подачу <math>Q_1 = \dots</math> л/мин. Определить диапазон числа оборотов, позволяющий осуществлять регулировку подачи от <math>\dots</math> до <math>\dots</math> л/мин.</p>

**Тестирование.** По основным темам лекционного и практического курсов предусмотрены тестовые вопросы (проводятся на практических занятиях), содержание некоторых из них, представлено ниже. *Общие сведения о машинах для подачи жидкостей и газов*

1. Машина, перемещающая газовую среду при степени сжатия  $\epsilon$  до 1,15 называется
  - а) вентилятор
  - б) газодувка
  - в) компрессор
2. Машины, превращающие энергию потока жидкости в механическую энергию, называются
  - а) насос
  - б) гидродвигатель
  - в) компрессор
3. Конструктивные комбинации, служащие для передачи механической энергии с вала двигателя на вал приводимой машины гидравлическим способом, называются
  - а) насос
  - б) гидродвигатель
  - в) гидропередача
4. Насосы, в которых передача энергии потоку происходит под влиянием сил, действующих на жидкость в рабочих полостях, постоянно соединенных с входом и выходом насоса, называются
  - а) динамические насосы
  - б) объемные насосы
  - в) поршневые насосы
  - г) роторные насосы
5. К машинам трения относится следующая группа динамических машин
  - а) центробежные и осевые насосы
  - б) вентиляторы и компрессоры
  - в) вихревые насосы
6. Насос, рабочим органом которого является сопло, называется
  - а) центробежный насос
  - б) вихревой насос
  - в) струйный насос
  - г) поршневой насос
7. К машинам, создающим малые подачи и большие напоры, относятся
  - а) поршневые и роторные машины
  - б) центробежные машины
  - в) осевые машины.
8. В теплоэнергетике наибольшее распространение получили
  - а) струйные насосы
  - б) лопастные насосы
  - в) роторные насосы



- г) поршневые насосы
9. Насосы, которые в основном используются для удаления воздуха из конденсаторов паровых турбин и в абонентских теплофикационных вводах в качестве смесителей прямой и обратной воды, относятся к следующему типу насосов
- а) струйные насосы
  - б) лопастные насосы
  - в) роторные насосы
  - г) поршневые насосы
10. Гидродинамическое и механическое совершенство машины характеризует
- а) подача
  - б) напор
  - в) КПД
11. Величина, характеризующая насосы и вентиляторы с энергетической стороны, представляющая собой работу, полученную потоком рабочих органов машины, отнесенную к 1 кг массы жидкости или газа, называется
- а) полная работа
  - б) полезная работа
  - в) затраченная работа
  - г) удельная полезная работа
12. Эффективность использования насосом энергии оценивается с помощью
- а) производительности насоса
  - б) создаваемого напора
  - в) КПД насоса
  - г) относительного термодинамического КПД
13. В трубопроводной сети при увеличении подачи напор
- а) уменьшается
  - б) увеличивается
  - в) не изменяется
14. В работе насоса при увеличении напора подача
- а) уменьшается
  - б) увеличивается
  - в) не изменяется
15. В области развитой турбулентности потери напора подчинены
- а) линейному закону
  - б) квадратичному закону

#### *Центробежные насосы и вентиляторы*

1. В центробежных машинах основным рабочим органом является
- а) поршень
  - б) плунжер
  - в) рабочее колесо
  - г) диск
2. Если диск составляет одно целое с лопастями в насосах, а в вентиляторах соединяется с лопастями сваркой или заклепыванием, называется
- а) основным
  - б) ведущим
  - в) покрывающим
3. Давление, развиваемое рабочим колесом центробежной машины, появляется в результате
- а) преобразования кинетической энергии относительного движения
  - б) работы центробежных сил
  - в) преобразования кинетической энергии относительного движения и работы центробежных сил
4. При увеличении расхода жидкости момент количества движения
- а) увеличивается
  - б) уменьшается
  - в) расход количества движения и момент не связаны между собой
5. При снижении кинетической энергии относительного движения статический напор центробежной машины
- а) уменьшается
  - б) увеличивается
  - в) между этими величинами нет зависимости
6. При прочих равных условиях при увеличении количества лопастей рабочего колеса действительный напор
- а) увеличивается
  - б) уменьшается
  - в) остается без изменений
7. Форма рабочего колеса, где лопасти отогнуты назад в энергии потока жидкости преобладает
- а) кинетическая энергия
  - б) потенциальная энергия
8. Характеристикой степени реактивности рабочих лопастей является способность развивать

- а) скоростной напор
- б) полную энергию
- в) статический напор

*Компрессорные машины*

1. Наибольшей степенью повышения давления обладает следующий тип компрессоров
  - а) поршневые компрессоры
  - б) роторные компрессоры
  - в) центробежные компрессоры
  - г) осевые компрессоры
2. При работе компрессоров наиболее распространенным является следующий тип термодинамического процесса
  - а) изотермический
  - б) политропный
  - в) адиабатный
3. С энергетической точки зрения наиболее выгодным для компрессоров будет следующий вид термодинамического процесса
  - а) политропный
  - б) изотермический
  - в) адиабатный

**Критерии оценивания тестового опроса:** 70% правильных ответов – удовлетворительно, 80% - хорошо, 90% - отлично.

#### 5.4 Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме экзамена, используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по практике	Критерий оценивания
Знания	Знание терминов, определений, понятий
	Знание основных закономерностей, соотношений, принципов
	Объем освоенного материала
	Полнота ответов на вопросы
	Четкость изложения и интерпретации знаний
Умение	Умение использовать термины, определения, понятия
	Умение использовать основные закономерности, соотношения, принципы
	Объем освоенного материала
	Способность полностью отвечать на вопросы
	Способность четко излагать и интерпретировать знания
Владение	Владение знаниями, терминами, определениями, понятиями
	Владение знаниями основных закономерностей, соотношений, принципов
	Объем освоенного материала
	Полнота ответов на вопросы
	Четкость изложения и интерпретации знаний

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.



Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание терминов, определений, понятий	Не знает терминов и определений	Знает термины и определения, но допускает неточности формулировок	Знает термины и определения	Знает термины и определения, может корректно сформулировать их самостоятельно
Знание основных закономерностей, соотношений, принципов	Не знает основные закономерности и соотношения, принципы построения знаний	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, их интерпретирует и использует	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, может самостоятельно их получить и использовать
Объем освоенного материала	Не знает значительной части материала дисциплины	Знает только основную материал дисциплины, не усвоил его деталей	Знает материал дисциплины в достаточном объеме	Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство вопросов	Дает неполные ответы на все вопросы	Дает ответы на вопросы, но не все - полные	Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы
Четкость изложения и интерпретации знаний	Излагает знания без логической последовательности	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности	Излагает знания без нарушений в логической последовательности	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя
	Не иллюстрирует изложение поясняющими схемами, рисунками и примерами	Выполняет поясняющие схемы и рисунки небрежно и с ошибками	Выполняет поясняющие рисунки и схемы корректно и понятно	Выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полноту усвоенных знаний
	Неверно излагает и интерпретирует знания	Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний	Грамотно и по существу излагает знания	Грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы

### Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Умение использовать термины, определения, понятия	Не умеет использовать термины и определения	Умеет использовать термины и определения, но допускает неточности формулировок	Умеет использовать термины и определения	Умеет использовать термины и определения, может корректно сформулировать их самостоятельно
Умение использовать основные закономерности, соотношения, принципы	Не умеет использовать основные закономерности и соотношения, принципы построения знаний	Умеет использовать основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний	Умеет использовать основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, их	Умеет использовать основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, может самостоятельно их получить и использовать



			интерпретирует и использует	
Объем освоенного материала	Не способен к освоению значительной части материала дисциплины	Способен к освоению только основной материал дисциплины, не усвоил его деталей	Способен к освоению материала дисциплины в достаточном объеме	Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями
Способность полностью отвечать на вопросы	Не дает ответы на большинство вопросов	Дает неполные ответы на все вопросы	Дает ответы на вопросы, но не все - полные	Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы
Способность четко излагать и интерпретировать знания	Излагает знания без логической последовательности	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности	Излагает знания без нарушений в логической последовательности	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя
	Не способен иллюстрировать поясняющими схемами, рисунками и примерами	Способен выполнять поясняющие схемы и рисунки небрежно и с ошибками	Способен выполнять поясняющие рисунки и схемы корректно и понятно	Выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полноту усвоенных знаний
	Неверно излагает и интерпретирует знания	Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний	Грамотно и по существу излагает знания	Грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы

### Оценка сформированности компетенций по показателю Владения.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Владение знаниями, терминами, определениями, понятиями	Не владеет терминами и определениями	Владеет терминами и определениями, но допускает неточности формулировок	Владеет терминами и определениями	Владеет терминами и определениями, может корректно сформулировать их самостоятельно
Владение знаниями основных закономерностей, соотношений, принципов	Не владеет основными закономерностями и соотношениями, принципами построения знаний	Владеет основными закономерностями и соотношениями, принципами построения знаний	Владеет основными закономерностями и соотношениями, принципами построения знаний, их интерпретирует и использует	Владеет основными закономерностями и соотношениями, принципами построения знаний, может самостоятельно их получить и использовать
Объем освоенного материала	Не владеет значительной частью материала дисциплины	Владеет только основным материалом дисциплины, не усвоил его деталей	Владеет материалом дисциплины в достаточном объеме	Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство вопросов	Дает неполные ответы на все вопросы	Дает ответы на вопросы, но не все - полные	Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы
Четкость изложения и интерпретации знаний	Владеет знаниями без логической последовательности	Владеет знаниями с нарушениями в логической последовательности	Владеет знаниями без нарушений в логической последовательности	Владеет знаниями в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя
	Не способен иллю-	Способен выпол-	Способен выпол-	Выполняет поясняю-

	стрировать поясняющими схемами, рисунками и примерами	нять поясняющие схемы и рисунки небрежно и с ошибками	нять поясняющие рисунки и схемы корректно и понятно	щие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полноту усвоенных знаний
	Неверно излагает и интерпретирует знания	Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний	Грамотно и по существу излагает знания	Грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

### **6.1 Материально-техническое обеспечение**

Лекционные и практические занятия: аудитория, оснащенная презентационной техникой, комплект электронных презентаций.

Лаборатория (Гук 003): установка испытания центробежного насоса и совместной работы двух насосов, стенд испытаний объемных насосов, лабораторная установка для снятия характеристик сети трубопроводов, установка исследования характеристик вентилятора при изменении частоты вращения рабочего колеса.

Лаборатория (Гук 007): Экспериментальные (научно-исследовательские) стенды, оснащенные приборной базой, позволяющей снимать основные технические характеристики вентиляторов.

### **6.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение**

Программные комплексы «Autocad», «MS Word»

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

#### Перечень основной литературы

1. Дячек П.И. Насосы, вентиляторы, компрессоры: учеб. пособие / П. И. Дячек. - М.: Изд-во АСВ, 2012. - 432 с.

2. Минко В.А., Юров Ю. И., Овсянников Ю. Г. Нагнетатели в системах теплогазоснабжения и вентиляции. Учебное пособие - ISBN 5-94178-115-6 - Старый Оскол: ООО ТНТ, 2006. - 583 с.

3. Гримитлин А.М. Насосы, вентиляторы, компрессоры в инженерном оборудовании зданий: учеб. пособие/ А. М. Гримитлин, О. П. Иванов, В. А. Пухкал. - СПб. : АВОК Северо-Запад, 2006. - 212 с.

4. Гидравлика: метод. указания к выполнению лаб. работ для студентов обучающихся по направлениям: 270800.62; 130400.65; 151000.62; 190600.62; 271501.65/ БГТУ им. В. Г. Шухова, каф. отопления, вентиляции и кондиционирования ; сост.: Т. Н. Ильина, Ю. Г. Овсянников, А. Ю. Феоктистов, С. В. Староверов. - Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2012. - 43 с. Режим доступа: <https://elib.bstu.ru/?searchType=User&BasicSearchString=%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D0%B8%D0%BD%D0%B0&ViewMode=false&PackId=0&page=1>

5. Центробежные нагнетатели: методические указания к выполнению расчетно-графических работ для студентов направления бакалавриата 08.03.01 – Строительство профиля подготовки «Теплогазоснабжение, вентиляция, водоснабжение и водоотведение зданий, сооружений и населенных пунктов» /сост.: Ю.Г. Овсянников, В.М. Киреев. – Белгород: Изд-во БГТУ им В.Г. Шухова, 2015. – 59 с. Режим доступа к ЭР: <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2015120115421929400000656599>.

6. Кочев А.Г., Козлов Е.С., Козлов С.С. Испытание вентилятора, установленного в системе [Электронный ресурс]: методические указания к лабораторным работам/ — Электрон. текстовые данные.— Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный уни-



верситет, ЭБС АСВ, 2010.— 11 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16000>.— ЭБС «IPRbooks»

#### Перечень дополнительной литературы

1. Гримитлин, А. М. Насосы, вентиляторы, компрессоры в инженерном оборудовании зданий: учеб. пособие / А. М. Гримитлин, О. П. Иванов, В. А. Пухкал. - Санкт-Петербург : АВОК Северо-Запад, 2006. - 212 с.
2. Поляков, В. В. Насосы и вентиляторы : учеб. для вузов / В. В. Поляков, Л. С. Скворцов. - Москва : Стройиздат, 1990. - 336 с.
3. Басукинский С.М., Басукинский Б.М. Центробежные нагнетатели [Электронный ресурс]: задания для проверки знаний по разделу «Насосы»/ Басукинский С.М.,— Электрон. текстовые данные.— Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2013.— 20 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22947>.— ЭБС «IPRbooks».
4. Ильина, Т. Н. Основы гидравлического расчета инженерных сетей: учеб. пособие / Т. Н. Ильина. - Москва : Изд-во АСВ, 2005. - 186 с.
5. Ильина, Т. Н. Примеры гидравлических расчетов: учеб. пособие для студентов специальности "Стр-во и Транспортное стр-во". - Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2008. - 149 с.

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

1. <http://tehnavigator.ru/tehdoc-ir.shtml.php>.
2. <https://studfiles.net/preview/2001536/page:3/>
3. <https://ru.grundfos.com/>

## Утверждение рабочей программы без изменений

Рабочая программа без изменений утверждена на 2022/2023 учебный год.  
Протокол № 12 заседания кафедры от «12» мая 2022 г.


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

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



## Утверждение рабочей программы без изменений

Рабочая программа без изменений утверждена на 2023/2024 учебный год.  
Протокол № 12 заседания кафедры от «5» мая 2023 г.

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

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