

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

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института  
  
« 16 » 06 2016 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины

**Аэрогидродинамика и нагнетатели инженерных систем**

направление подготовки:

08.03.01 «Строительство»

профиль подготовки:

«Теплогазоснабжение, вентиляция, водоснабжение и водоотведение  
зданий, сооружений, населенных пунктов»

Квалификация

бакалавр

Вид деятельности

изыскательская и проектно-конструкторская

Форма обучения

очная

**Архитектурно-строительный институт**

**Кафедра: теплогазоснабжения и вентиляции**

Белгород – 2016


Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство» (уровень бакалавриата), утвержденного приказом № 201 от 12.03.2015 г.
- плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2016 году.

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


Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры  
«Теплогазоснабжения и вентиляции»

« 08 » 06 2016 г., протокол № 15

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

Рабочая программа одобрена методической комиссией  
Архитектурно-строительного института

« 16 » 06 2016 г., протокол № 11

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

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Формируемые компетенции			Требования к результатам обучения
№	Код	Компетенция	
Общепрофессиональные			
1	ОПК-2	способностью выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь их для решения соответствующих физико-математический аппарат	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b> теоретические основы гидравлического расчета трубопроводов, конструктивные особенности, принцип действия и основные характеристики нагнетателей.</p> <p><b>Уметь:</b> выполнять гидравлический расчет трубопроводов, обосновать требуемые технические характеристики нагнетателя, определять причины срыва подачи.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками гидравлического расчета трубопроводов, построения характеристики сети и определения рабочей точки.</p>
Профессиональные			
2	ПК-1	знанием нормативной базы в области инженерных изысканий, принципов проектирования зданий, сооружений, инженерных систем и оборудования, планировки и застройки населенных мест	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b> методику рационального выбора нагнетателей для систем ТГВ, основные правила их эксплуатации.</p> <p><b>Уметь:</b> определять требуемые характеристики нагнетателя исходя из геометрических и режимных параметров гидравлической сети.</p> <p><b>Владеть:</b> методикой обоснования рационального выбора нагнетателей систем ТГВ и определения его эксплуатационных характеристик.</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Содержание дисциплины основывается и является логическим продолжением следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Основы гидравлики и теплотехники

Содержание дисциплины служит основой для изучения следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Санитарно-техническое оборудование зданий и насосные станции
2	Водоснабжение и водоотведение
3	Отопление и теплоснабжение
4	Вентиляция и кондиционирование воздуха
5	Модуль Системы обеспечения микроклимата зданий и сооружений
6	Модуль Водоснабжение и водоотведение "

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 4
Общая трудоемкость дисциплины, час	108	108
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	51	51
лекции	17	17
лабораторные	17	17
практические	17	17
<b>Самостоятельная работа студентов, в том числе:</b>	57	57
Курсовой проект		
Курсовая работа		
Расчетно-графическое задания		
Индивидуальное домашнее задание	9	9
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	48	48
Форма промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	зачет	зачет

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Курс 2 Семестр 4

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практич. занятия	Лаборат. занятия	Самост. работа
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 систем. Распределение давлений в тройниках. Воздуховоды равномерной раздачи и всасывания. Воздуховоды с постоянным по</p>	6	4	4	16

	длине статическим давлением. Влияние теплового и гравитационного напора.				
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>	6	6	6	14
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>	2	2	2	8
4	Работа нагнетателя в сети.				
	<p>Характеристика сети. Давление нагнетателя, работающего в сети. Метод наложения характеристик, рабочая точка. Особенности определения рабочей точки для отопительно-вентиляционных систем и систем аспирации и пневмотранспорта. Работа нагнетателя на сеть с постоянным давлением или разряжением.</p> <p>Причины срыва подачи центробежного насоса, способы устранения. Способы заливки насосов.</p> <p>Способы регулировки подачи нагнетателей (частотный, дроссельный). Совместная работа нагнетателей, определение напорной характеристики насосной установки.</p> <p>Выбор нагнетателей котельной установки: питательного и сетевого насосов, дутьевого вентилятора и дымососа. Насосы в системах теплоснабжения и водяного отопления. Выбор циркуляционного, смесительного и конденсатного насосов.</p> <p>Предельная высота установки насоса.</p>	5	5	5	19
	ВСЕГО	17	17	17	57

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

№ п/п	Раздел дисциплины	Тема практического занятия	К-во часов	СРС
семестр № 4				
1	Аэрогидродинамика трубопроводных сетей	Гидравлический расчет простого трубопровода, три задачи. Построение гидравлической характеристики простого и сложного трубопроводов.	4	4
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.	6	6
3	Объемные нагнетатели.	Определение рабочих характеристик объемных насосов, способы регулировки подачи. Определение требуемых параметров компрессора для пневмосети.	2	2
4	Работа нагнетателя в сети.	Определение допустимой высоты всасывания центробежного насоса. 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.	5	5
ИТОГО:			17	17
ВСЕГО:				34

#### 4.3. Содержание лабораторных занятий

№	Раздел дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	СРС
семестр № 4				
1	Аэрогидродинамика трубопроводных сетей	Определение характеристики простого трубопровода. Определение характеристики последовательного и параллельного соединении трубопроводов.	4	4
2	Динамические нагнетатели	Измерение эксплуатационных параметров, динамических нагнетателей. Нормальные испытания центробежного насоса. Определение напорной характеристики насосной установки при последовательном включении насосов.	6	6

		Определение напорной характеристики насосной установки при параллельном включении насосов. Построение напорной характеристики центробежного вентилятора при различных числах оборотов.		
3	Объемные нагнетатели.	Изучение конструкции шестеренных и пластинчатых насосов, определение рабочего объема.	2	2
4.	Работа нагнетателя в сети.	Исследование характеристик дроссельного и частотного регулирования подачи центробежного вентилятора на вентиляционную сеть. Изучение способов соединения и центрирования валов насоса и электродвигателя.	5	5
ИТОГО:			17	17
ВСЕГО:			34	34

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий)

№ 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> </ol>

		<p>15. Расчет длинных трубопроводов в области квадратичного сопротивления.</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, эксплуатацион-</p>



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

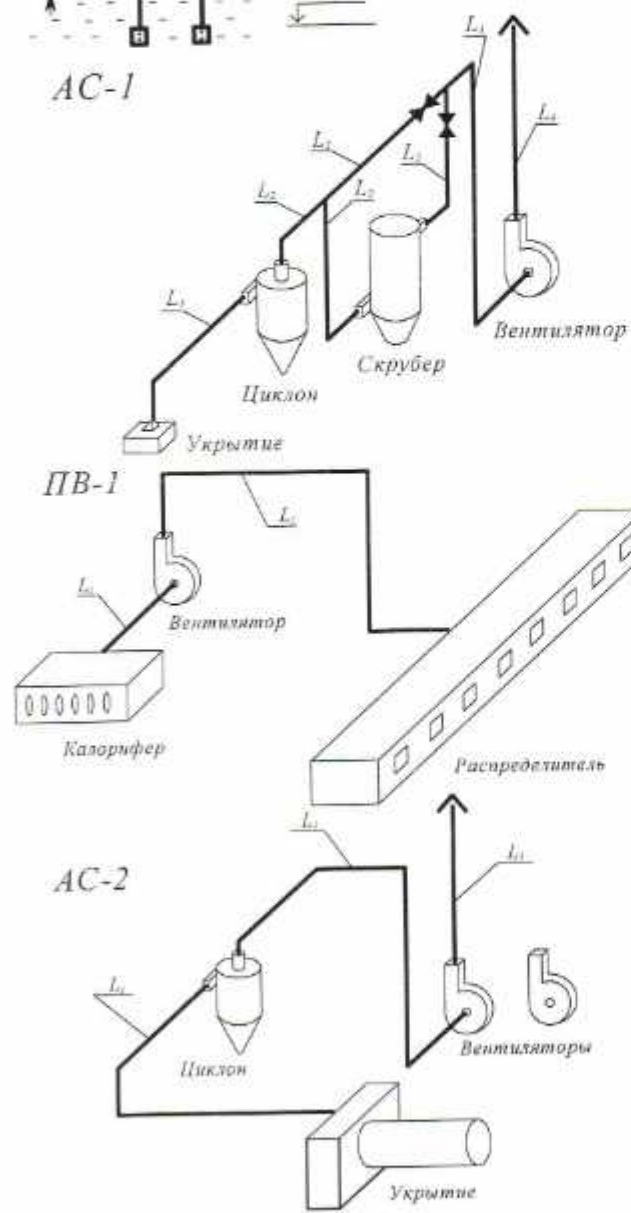
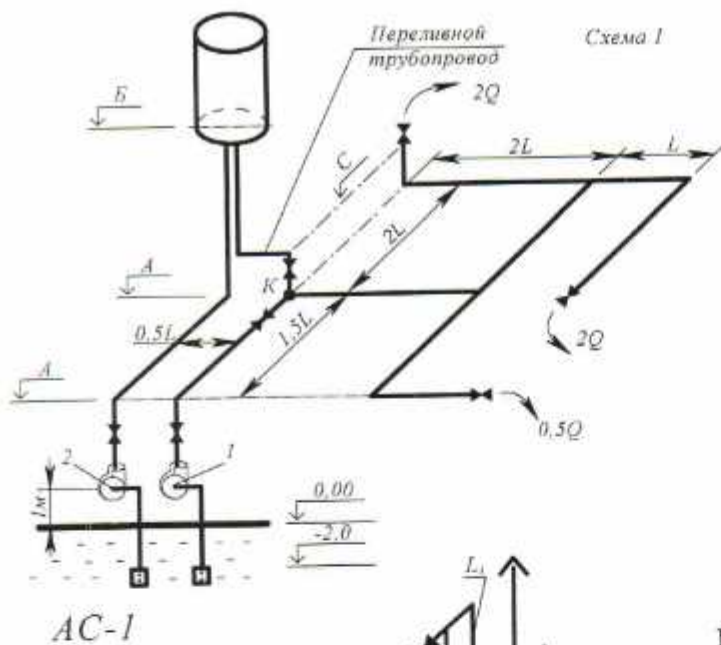
## 5.2. Перечень тем курсовых проектов, курсовых работ, их краткое содержание и объем.

Не предусмотрены

## 5.3. Перечень индивидуальных домашних заданий

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, подаваемым 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 воздухопроводов, обеспечивающих требуемое соединение вентиляторов (параллельное или последовательное) пренебречь.

## 5.4. Перечень контрольных работ

По основным темам лекционного и практического курсов предусмотрены тестовые вопросы, образцы которых представлены 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

#### *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

#### *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

## **6. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

### **6.1. 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 ТНГ, 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=%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 университет, ЭБС АСВ, 2010.— 11 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16000>.— ЭБС «IPRbooks»

## 6.2. 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.

## 6.3. Перечень интернет ресурсов

1. <http://tehnavigator.ru/tehdoc-ir.shtml.php>.

2. <https://studfiles.net/preview/2001536/page:3/>

3. <https://ru.grundfos.com/>

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

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

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

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

### Утверждение рабочей программы без изменений

Рабочая программа без изменений утверждена на 2017/2018 учебный год.

Протокол № 11 заседания кафедры от «24» 05 2017г.

Заведующий кафедрой  В.А. Уваров  
подпись, ФИО

Директор института

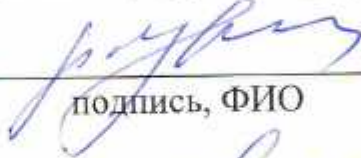
 В.А. Уваров  
подпись, ФИО

## Утверждение рабочей программы без изменений

Рабочая программа с изменениями утверждена на 2018/2019 учебный год.


Протокол № 11 заседания кафедры от «11» 05 2018г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ В.А. Уваров

  
подпись, ФИО

Директор института

\_\_\_\_\_ В.А. Уваров

  
подпись, ФИО

*Дополнить п.б.1.*

Аэрогидродинамика и нагнетатели инженерных систем: методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов направления бакалавриата 08.03.01 - «Строительство»/ сост.: Ю.Г. Овсянников, В.М. Киреев. – Белгород: Изд-во БГТУ им В.Г. Шухова, 2018. – 43 с. Режим доступа: <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2018051716250375200000657396>

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение №1. Методические указания для обучающегося по освоению дисциплины

Целью изучения дисциплины является подготовка специалиста способного на практике эксплуатировать, а также осуществлять рациональный выбор побудителей тяги для систем теплогаснабжения и вентиляции.

Задачи дисциплины: приобретение знаний в области гидравлических машин с последующим применением этих знаний при изучении учебных комплексов "Обеспечение микроклимата зданий" и "Системы выработки, транспортировки теплоты и газоснабжение", а также при выполнении курсового и дипломного проектирования.

После изучения дисциплины студент должен знать: конструктивные особенности, принцип действия и основные характеристики нагнетателей; теоретические основы динамических и объемных гидравлических машин, а также методологию рационального выбора нагнетателей для систем водоснабжения, вентиляции, кондиционирования воздуха, тепло и газоснабжения.

В результате изучения дисциплины студент должен уметь: обосновать требуемые технические характеристики нагнетателя исходя из параметров гидравлической сети, производить его рациональный выбор.

Изложение дисциплины базируется на знаниях основных разделов следующих дисциплин: математика (дифференциальное и интегральное исчисления), физика (статика, динамика, закон сохранения энергии), Основы гидравлики и теплотехники (гидростатика, гидродинамика, гидравлический расчет трубопроводов).

Занятия проводятся в виде лекций, лабораторных, практических занятий и самостоятельной работы. Важное значение для изучения курса имеет самостоятельная работа студентов.

Формы контроля знаний студентов предполагают текущий и итоговый контроль. Текущий контроль знаний проводится в форме систематических опросов, периодического тестирования, защиты лабораторных работ.

Формой итогового контроля является зачет.

Исходный этап изучения курса предполагает ознакомление с рабочей программой, характеризующей границы и содержание учебного материала, который подлежит освоению.

Изучение отдельных тем курса необходимо осуществлять в соответствии с поставленными в них целями, их значимостью, основываясь на содержании и вопросах, поставленных в лекции преподавателя.

В учебниках и справочных пособиях, представленных в списке рекомендуемой литературы содержатся возможные ответы на поставленные вопросы. Инструментами освоения учебного материала являются основные термины и понятия, составляющие категориальный аппарат дисциплины. Их осмысление, запоминание и практическое использование являются обязательным условием овладения курсом.

Для более глубокого изучения проблем курса при подготовке к тестированию необходимо ознакомиться с публикациями в периодических изданиях. Поиск и подбор таких изданий, статей, материалов и монографий осуществляется на основе библиографических указаний и предметных каталогов.

Изучение каждой темы следует завершать ответами на вопросы, содержащихся в методических пособиях по курсу. Для обеспечения систематического контроля над



процессом усвоения тем курса следует пользоваться перечнем контрольных вопросов для проверки знаний по дисциплине, содержащихся в планах и заданиях к практическим занятиям и методическим указаниям для студентов заочного отделения. Если при ответах на сформулированные в перечне вопросы возникнут затруднения, необходимо очередной раз вернуться к изучению соответствующей темы, либо обратиться за консультацией к преподавателю.

Успешное освоение курса дисциплины возможно лишь при систематической работе, требующей глубокого осмысления и повторения пройденного материала, поэтому необходимо делать соответствующие записи по каждой теме.

## **Раздел 1. Аэрогидродинамика трубопроводных сетей**

При изучении раздела особое внимание уделить:

- отличию динамического и статического давлений, физическим основам их взаимного преобразования;

- основным законам гидродинамики, являющимися своеобразной интерпретацией законов механики твердого тела: уравнению неразрывности (баланс расхода), уравнению Бернулли (баланс энергий) и изменению количества движения (закон сохранения импульса);

- понятиям: гидравлически гладкие и шероховатые трубы, область квадратичного сопротивления;

Четко представлять цель и задачи гидравлического расчета трубопроводов. Уделить особое внимание особенностям расчета вентиляционных воздухопроводов, а также аэродинамике течения газа в тройниках.

## **Раздел 2. Динамические нагнетатели**

При изучении раздела необходимо уделить особое внимание следующим вопросам и понятиям: насос, гидродвигатель, обратимость гидромашин; объемная и динамическая гидромашин; подача, давление, расходуемая мощность; объемный, механический и полный КПД; напор и давление, развиваемый нагнетателем; высота всасывания и факторы, ее обуславливающие; действительный напор насоса и его зависимость от конструктивных форм и режимов эксплуатации; способы регулирования подачи; характеристики центробежных вентиляторов (подача, давление, расходуемая мощность и КПД); зависимость характеристики вентилятора от температуры воздуха, почему давления вентилятора не зависят от высот расположения воздухопроводов, почему параллельное включение вентиляторов не гарантирует рост расхода газа (в каких случаях).

## **Раздел 3. Объемные нагнетатели.**

При изучении раздела необходимо уделить особое внимание следующим вопросам и понятиям: отличие принципов действия турбокомпрессора и поршневого; термодинамические основы работы компрессора; расход, мощность и КПД компрессора; регулирование подачи поршневых компрессоров; какова основная идея многоступенчатого сжатия; особенности конструкции, эксплуатационные параметры и области применения объемных насосов.

## **Раздел 4. Работа нагнетателя в сети.**

Четко представлять цель и задачи гидравлического расчета трубопроводов. При

рассмотрении гидравлического расчета трубопроводов уделить особое внимание особенностям расчета пневмопроводов, а также параллельному и последовательному соединению труб.

При изучении раздела необходимо уделить особое внимание методу наложения характеристик насоса и гидравлической сети, позволяющему определить эксплуатационные характеристики системы; причинам срыва подачи центробежного насоса, способам их диагностики и устранения.

Приборы, методики измерения и расчета параметров, характеризующих работу центробежных насосов.

Успешное освоение курса дисциплины возможно лишь при систематической работе, требующей глубокого осмысления и повторения пройденного материала.

Лекционным и практическим занятиям должна предшествовать самостоятельная работа с литературой и конспектом как до, так и после занятий. Причем материал необходимо просматривать каждый раз с начала курса, что способствует установлению связей между разделами и целостному изучению дисциплины.

## Утверждение рабочей программы без изменений

Рабочая программа без изменений утверждена на 2019/2020 учебный год.  
Протокол № 1 заседания кафедры от « 30 » августа 2019 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 2020/2021 учебный год.  
Протокол № 11 заседания кафедры от «21» мая 2020 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ В.А. Уваров

  
подпись, ФИО

Директор института \_\_\_\_\_ В.А. Уваров

  
подпись, ФИО

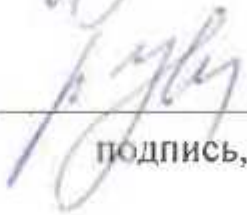
## Утверждение рабочей программы без изменений

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

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ В.А. Уваров

  
подпись, ФИО

Директор института \_\_\_\_\_ В.А. Уваров

  
подпись, ФИО