

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Кумертауский филиал  
федерального государственного  
бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»  
(Кумертауский филиал ОГУ)

Кафедра электроснабжения промышленных предприятий



УТВЕРЖДАЮ  
Зам. директора по УМиНР  
Полякова Л.Ю.  
(подпись, расшифровка подписи)  
18" апреля 2024г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**ДИСЦИПЛИНЫ**

*«Б1.Д.Б.20 Гидрогазодинамика»*

Уровень высшего образования

**БАКАЛАВРИАТ**

Направление подготовки

13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

(код и наименование направления подготовки)

Энергообеспечение предприятий

(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Рабочая программа дисциплины «Б1.Д.Б.20 Гидрогазодинамика» /сост. А.В. Богданов -  
Кумертау: Кумертауский филиал ОГУ, 2024

Рабочая программа предназначена обучающимся очной формы обучения по направлению  
подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника



© Богданов А.В., 2024

© Кумертауский филиал ОГУ, 2024

## 1 Цели и задачи освоения дисциплины

**Цель (цели)** освоения дисциплины:

- сформировать умения и навыки в области теории движения потоков жидкостей и газов, основных законов материального мира в применении к проектированию машин и механизмов, вырабатывающих или поглощающих энергию потока, методам пневмо- и гидротехнических расчетов систем трубопроводов;

- привить навыки решения практических задач, связанных с покоем и движением жидкостей и газов в напорных и безнапорных потоках.

**Задачи:**

- овладение студентами основными понятиями о свойствах жидкостей и газов, законами, рассмотрение основных законов гидростатики, умение определять гидростатическое давление в жидкостях и давление газов, силы гидростатического давления, действующие на плоские и криволинейные поверхности, давления и скорости в потоках жидкостей и газов, делать типовые гидравлические расчеты;

- уметь определять гидродинамическое давление в жидкостях.

- определять степень сжимаемости газов и изменение свойств их при этом.

## 2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к базовой части блока Д «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б1.Д.Б.12 Физика, Б1.Д.Б.14 Математика*

Постреквизиты дисциплины: *Б1.Д.Б.21 Источники и системы теплоснабжения предприятий, Б1.Д.В.3 Технологические энергосистемы предприятий, Б1.Д.В.4 Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии, Б1.Д.В.7 Малоотходные технологии в энергетике, Б1.Д.В.9 Диагностика энергетического оборудования, Б1.Д.В.10 Физико-химические основы водоподготовки, Б1.Д.В.14 Котельные установки и парогенераторы, Б2.П.В.П.2 Проектная практика*

## 3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ОПК-4 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	ОПК-4-В-1 Демонстрирует понимание основных законов движения жидкостей и газов ОПК-4-В-2 Применяет знания основ гидрогазодинамики для расчетов теплотехнических установок и схем	<b>Знать:</b> основные законы гидрогазодинамики и теплообмена <b>Уметь:</b> исходя из соответствующих законов применять газы и жидкости в термодинамических и тепловых установках <b>Владеть:</b> навыками обслуживания

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
		теплотехнических установок и систем

## 4 Структура и содержание дисциплины

### 4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных единиц (288 академических часа).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов		
	4 семестр	5 семестр	всего
<b>Общая трудоёмкость</b>	<b>180</b>	<b>108</b>	<b>288</b>
<b>Контактная работа:</b>	<b>49,25</b>	<b>52,5</b>	<b>101,75</b>
Лекции (Л)	16	18	34
Практические занятия (ПЗ)	16	16	32
Лабораторные работы (ЛР)	16	16	32
Консультации	1	1	2
Индивидуальная работа и инновационные формы учебных занятий		1	1
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,5	0,75
<b>Самостоятельная работа:</b> - выполнение курсовой работы (КР); - выполнение индивидуального творческого задания (ИТЗ); - выполнение расчетно-графического задания (РГЗ); - написание реферата (Р); - написание эссе (Э); - самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий); - подготовка к лабораторным занятиям; - подготовка к практическим занятиям; - подготовка к коллоквиумам; - подготовка к рубежному контролю и т.п.)	<b>130,75</b>	<b>55,5</b> +	<b>186,25</b>
<b>Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)</b>	<b>экзамен</b>	<b>экзамен</b>	

Разделы дисциплины, изучаемые в 4 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1.1	Основные физические свойства жидкостей и газов.	8	1	2		5
1.2	Гидростатическое давление и его свойства.	8	1		2	5
1.3	Дифференциальные уравнения равновесия жидкости. Применение уравнения Эйлера.	8	1	2		5
1.4	Основное уравнение гидростатики.	8	1		2	5

1.5	Виды давлений и способы измерения давлений	8	1	2		5
1.6	Силы гидростатического давления на плоские и криволинейные поверхности.	8	1		2	5
1.7	Закон Архимеда. Воздухоплавание.	8	1	2		5
1.8	Основы плавания тел в жидкости.	8	1		2	5
1.9	Закон Паскаля. Применение закона Паскаля для расчета простейших гидравлических машин.	8	1	2		5
1.10	Основные понятия, определения и уравнения гидрогазодинамики	8	1		2	5
1.11	Кинематические параметры течения. Равномерное и неравномерное движение потоков.	8	1	2		5
1.12	Уравнение неразрывности потока. Одномерное движение жидкости.	18	1		2	15
1.13	Уравнение Бернулли для несжимаемой жидкости. Уравнение Бернулли для газов. Различные формы уравнения энергии	16	1	2		13
1.14	Расчет газовых течений с помощью газодинамических функций.	18	1		2	15
1.15	Теория пограничного слоя. Основные понятия и уравнения пограничного слоя. Ламинарный пограничный слой. Переход ламинарного пограничного слоя в турбулентный	18	1	2		15
1.16	Уравнения Навье-Стокса и Рейнольдса	8	1		2	5
	Итого:	180	16	16	16	94

Разделы дисциплины, изучаемые в 4 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
2.1	Гидравлический расчет напорных трубопроводов	10	2		2	6
2.2	Неустановившееся напорное движение жидкости в трубопроводе	8		2	2	4
2.3	Гидравлический удар	8	2	2		4
2.4	Истечение жидкости через отверстия и насадки	8	2	2		4
2.5	Водосливы Кригера - Офицерова	8		2	2	4
2.6	Инжекторы	8	2	1	2	4
2.7	Классификация трубопроводов.	8	2	1	2	4
2.8	Основные расчетные зависимости трубопроводов	8	2	1		5
2.9	Последовательное и параллельное соединение трубопроводов	8	2	1		5
2.10	Расчет тупиковых и кольцевых сетей.	8				5
2.11	Движение жидкости в пористой среде. Инфильтрация	8		1	2	3
2.12	Гидродинамическая теория смазки.	6			2	4
2.13	Обтекание тел несжимаемой жидкостью	4				3

2.14	Моделирование гидромеханических явлений	2				2
2.15	Гидравлические машины (динамические и объемные)	2	2			2
2.16	Гидравлика природоохранных проектов	2	2		1	
2.17	Гидравлика энергетических объектов	2	1	2	1	1
	Итого:	108	16	16	16	60
	Всего:	288	34	32	32	154

## 4.2 Содержание разделов дисциплины

### 1.1 Основные физические свойства жидкостей и газов.

Общие сведения о предмете, его назначение в народном хозяйстве и значение в интенсификации и энергосбережении производства. Состав и задачи дисциплины. Краткая история развития дисциплины. Понятие «жидкость» и «газ». Основные физические свойства жидкости. Модели жидкой среды: идеальная, ньютоновская и неньютоновские жидкости. Силы и напряжения, действующие в жидкости. Вязкость жидкостей и газов. Реальная и идеальная (невязкая) жидкости. Поверхностные и массовые силы. Тензор напряжений для вязкой и идеальной жидкости. Барометрическая формула. Бароклинная и баротропная жидкость. Парообразование и конденсация. Парциальное давление. Давление насыщенного пара. Тепловое расширение жидкостей и газов. Коэффициент теплового расширения.

### 1.2 Гидростатическое давление и его свойства.

Состояние покоя жидкости. Абсолютное, избыточное, вакуумметрическое давление. Гидростатический (потенциальный) напор, его физический и геометрический смысл. Расчетная модель, показывающая взаимосвязь между удельным весом жидкости и вытесненным объемом жидкости. Гидростатическое давление и его свойства (1,2 и 3). Жидкость и газ с точки зрения молекулярно-кинетической теории. Принципиальные (основные) в аэрогидромеханике параметры состояния жидкости и газа. Плотность жидкости. Силы и напряжения, действующие в жидкости. Вязкость. Сдвиговая вязкость с точки зрения молекулярно-кинетической теории. Свойство прилипания (адгезия) жидкости. Закон вязкого трения Ньютона. Зависимость вязкости от температуры и давления. Ньютоновские и неньютоновские жидкости и их законы вязкого трения. Изолированная и замкнутая система. Химическое, динамическое, тепловое и термодинамическое равновесие изолированной системы. Время релаксации. Равновесный процесс. Абсолютный ноль температуры.

### 1.3 Дифференциальные уравнения равновесия жидкости. Применение уравнения Эйлера.

Общие уравнения равновесия жидкости (уравнения Эйлера). Теорема Коши-Гельмгольца. Интегрирование уравнений равновесия для вязкой несжимаемой жидкости, находящейся под действием только сил тяжести. Поверхности равного давления (поверхности уровня). Жидкость в поле силы тяжести. Равновесие вращающейся жидкости. Равновесие сжимаемой жидкости. Атмосфера в поле силы тяжести.

### 1.4 Основное уравнение гидростатики.

Понятие гидростатического давления столба жидкости. Определение силы давления на плоские, криволинейные поверхности и на дно резервуара. Определение условий перехода рабочей среды между резервуарами при различной исходной плотности. Основной закон гидростатики для несжимаемой жидкости: его энергетическая и геометрическая интерпретация. Виды давлений и

способы измерения давлений. Приборы для измерения давления в жидкостях и газах. Использование пьезометров.

#### 1.5 Силы гидростатического давления на плоские и криволинейные поверхности.

Сила давления жидкости на плоскую стенку. Сила давления жидкости на криволинейную (цилиндрическую) стенку. Центр давления. Гидростатический парадокс. Уравнение баланса массы, количества движения и механической энергии для неподвижного контрольного объема. Поле давления. Поверхность равного давления и плоскость уровня. Сжимаемость жидкостей и газов. Коэффициент объемного сжатия и модуль объемной упругости. Закон Гука

#### 1.6 Закон Архимеда. Воздухоплавание.

Действие сил, на тело, погруженное в жидкость. Условие равновесия системы плавающих тел. Определение выталкивающей силы на тело, погруженное в жидкость. Определение объема и плотности тела погруженного в жидкость. Использование дирижаблей и аэростатов как подъемных механизмов.

#### 1.7 Основы плавания тел в жидкости.

Тело плавает, тонет и находится в положении безразличного равновесия. Центр давления. Центр водоизмещения. Положение устойчивости плавающих тел. Появление крена. Размещение грузов по оси плавающего тела. Ватерлиния кораблей. Определение возможной грузоподъемности судна.

1.8 Закон Паскаля. Применение закона Паскаля для расчета простейших гидравлических машин.

Основы проектирования гидравлических прессов, гидравлических аккумуляторов и гидравлических домкратов. Типы рабочих жидкостей в простейших подъемных машинах.

1.9 Применение закона сохранения и превращения энергии в простейших механизмах, в чем заключаются недостатки этих машин. Вывод закона Б.Паскаля для двух сообщающихся сосудов с различными жидкостями.

#### 1.10 Основные понятия, определения и уравнения гидрогазодинамики.

Понятие движения жидкости. Два метода исследования движения жидкости и газа: методы Лагранжа и Эйлера. Гидродинамическое давление и местная скорость частиц жидкости. Траектория и линия тока. Ускорение жидкой частицы в методе Лагранжа и методе Эйлера. Классификация течений (потоков) жидкости. Принцип обратимости движения. Векторная линия (линия тока, вихревая линия) и ее уравнение. Векторная трубка (трубка тока, вихревая трубка). Поток вектора через незамкнутую и замкнутую поверхность (объемный расход, интенсивность вихревой трубки). Живое сечение, смоченный периметр, гидравлический радиус, расход, средняя скорость потока. Уравнения неразрывности для элементарной струйки несжимаемой жидкости и установившегося потока. Теорема Гаусса-Остроградского для потока вектора. Теорема Гельмгольца.

#### 1.11 Кинематические параметры течения. Равномерное и неравномерное движение потоков.

Одномерное установившееся движение жидкости. Роль одномерного анализа при решении технических задач. Основные уравнения. Скорость звука. Различные формы уравнения энергии. Изэнтропийное течение. Параметры торможения и критические параметры. Газодинамические функции и газодинамические таблицы. Критический расход. Суживающее сопло и сопло Лавалья. Режимы течения и изменение параметров потока по длине сопла Лавалья. Переменный режим работы суживающегося сопла. Одномерные течения при различных воздействиях на поток. Установившееся течение сжимаемой вязкой жидкости в теплоизолированной трубе постоянного сечения. Критическая длина трубы. Распределение скоростей и давлений вдоль трубы. Течение идеальной сжимаемой жидкости в канале с постоянной площадью поперечного сечения и прямым скачком уплотнения. Расчет параметров течения в сопле Лавалья со скачком уплотнения.

#### 1.12 Уравнение неразрывности потока. Одномерное движение жидкости.

Классификация видов движения жидкости: установившееся и неустановившееся, напорное и безнапорное, плавноизменяющееся и резкоизменяющееся, равномерное и неравномерное движения. Закон Стокса. Давление в движущейся вязкой жидкости. Уравнение движения жидкости в напряжениях. Уравнение Навье-Стокса. Система уравнений для определения состояния движущейся вязкой жидкости. Физическое подобие как обобщение понятий геометрического подобия и подобия во времени. Связь между масштабами физических величин в подобных явлениях. Необходимые условия динамического подобия. Критерии подобия при моделировании движения в вязкой жидкости. Их совместимость и возможность реализации. Автомодельность подобия.

1.13 Уравнение Бернулли для несжимаемой жидкости. Уравнение Бернулли для газов. Различные формы уравнения энергии

Уравнение Д.Бернулли для элементарной струйки идеальной и реальной жидкости. Уравнение Д.Бернулли для установившегося потока реальной жидкости и газа. Физический смысл и графическая интерпретация компонентов уравнения Д.Бернулли. Различные формы уравнения энергии. Расчет газовых течений с помощью газодинамических функций. Режимы движения жидкости (ламинарный и турбулентный). Понятие о механизме турбулентного движения. Основной закон вязкого сопротивления.

1.14 Расчет газовых течений с помощью газодинамических функций.

Истечение газов из сопел и отверстий. Истечение газа из отверстия с острой кромкой. Суживающиеся сопла. Сопло Лавая. Диффузоры. Конфузоры. Диафрагмы. Выхлопные патрубки турбомашин. Различные группы расходомеров.

1.15 Теория пограничного слоя. Основные понятия и уравнения пограничного слоя. Ламинарный пограничный слой. Переход ламинарного пограничного слоя в турбулентный

Гипотеза о пограничном слое. Основные особенности и допущения. Распределение скоростей в пограничном слое. Дифференциальное уравнение пограничного слоя для установившегося течения несжимаемой жидкости. Интегральное соотношение для пограничного слоя (уравнение Кармана). Условные толщины пограничного слоя. Расчет ламинарного и турбулентного пограничного слоя на пластине. Коэффициенты трения и потери энергии при обтекании пластины. Элементы теории пограничного слоя (структура потока при больших числах Рейнольдса, виды пограничного слоя, отрыв пограничного слоя)

1.16 Уравнения Навье-Стокса и Рейнольдса

Уравнение движения для вязкой несжимаемой жидкости и уравнение Навье-Стокса. Ламинарное установившееся течение вязкой жидкости в трубах. Распределение скоростей в поперечном сечении. Безразмерный коэффициент сопротивления. Закон Хагена-Пуазейля. Универсальные законы распределения скорости.

1.17 Потери напора при равномерном течении жидкости. Потери напора по длине.

Коэффициент гидравлического трения для различных материалов трубопроводов. Определение величины потери напора с учетом гидравлического, пьезометрического и геодезического уклонов. Определение величины потерь напора в каналах. Формула А.Шези. Особенности турбулентного течения. Степень турбулентности. Трение при турбулентном течении. Статистические характеристики турбулентности. Уравнение Рейнольдса для турбулентного течения несжимаемой жидкости. Турбулентное течение в трубах. Универсальные законы сопротивления для гладких труб. Гидравлическое сопротивление трубопроводов. Различные виды местных сопротивлений. Сопротивление при внезапном изменении площади каналов.

1.18 Местные потери напора. Виды местных сопротивлений. Значения коэффициентов местных сопротивлений.

Отрыв пограничного слоя при прохождении поворотов труб под разными углами. Схема отрыва. Особенности отрыва ламинарного и турбулентного пограничного слоя в трубопроводах с различными сроками эксплуатации. Сила сопротивления и безразмерный коэффициент сопротивления. Хорошо и плохо обтекаемые тела. Крыловидные профили и аэродинамические препятствия. Виды местных сопротивлений. Закон сопротивления для цилиндра в измерительных приборах. Кризис сопротивления плохо обтекаемых тел. Парадокс Даламбера. Минимизация сопротивления при обтекании тел в различных технических задачах.

2.1 Гидравлический расчет напорных трубопроводов

Гидравлический расчет напорных трубопроводов. Классификация трубопроводов. Последовательное и параллельное соединение трубопроводов. Трубопроводы с равномерно

распределенным расходом. Расчет тупиковых и кольцевых сетей. Преимущества и недостатки различных систем трубопроводов.

#### 2.2 Неустановившееся напорное движение жидкости в трубопроводе

Гидравлический расчет безнапорных трубопроводов. Уравнение неустановившегося движения жидкости в жестких трубах. Расчет жесткого трубопровода при неустановившемся движении потока вязкой жидкости. Гидравлические потери при неустановившемся движении.

#### 2.3 Гидравлический удар

Описание явления гидравлического удара. Теоретическое и экспериментальное исследование гидравлического удара в трубах. Опыты Н.Е. Жуковского. Скорость распространения ударной волны. Способы предотвращения и ослабления гидравлического удара выбирают для каждого конкретного случая. Компенсаторы гидравлического удара. Способы и средства предотвращения и ослабления гидравлического удара используют в промышленной гидравлике

#### 2.4 Истечение жидкости через отверстия и насадки

Свободные струи. Дальность полета и распад жидких струй. Дробление струи при взаимодействии с воздушным потоком. Условие сжатия струи. Взаимодействие струи с твердыми телами. Кинематические характеристики струйного потока. Инверсия струи. Коэффициент расхода отверстия. Коэффициент скорости отверстия. Отверстие в тонкой стенке. Отверстие в толстой стенке. График Альтшуля.

#### 2.5 Водосливы Кригера – Офицерова

Безвакуумная стенка нормального очертания с вертикальной верхней гранью. Водослив с тонкой стенкой. Очертание водослива, который строится по опытным данным Кригера – Офицерова. Использование водослива с тонкой стенкой для определения расхода жидкости.

#### 2.6 Инжекторы

Струйные насосы, предназначенные для нагнетания (инжекторы), подъема (элеваторы), откачивания метом разряжения (экспаустеры). Пароструйные инжекторы. Газоструйные инжекторы.

#### 2.7 Классификация трубопроводов.

Технологические трубопроводы в зависимости от давления. Деление по роду транспортируемых продуктов технологические трубопроводы. Окраска трубопроводов по характеристикам рабочей среды ГОСТ 14202-69. Способы соединения трубопроводов. Применение трубопроводной арматуры. Требования к укладке трубопроводов.

#### 2.8 Основные расчетные зависимости трубопроводов

Простой трубопровод постоянного сечения. Соединения простых трубопроводов. Значения коэффициентов эквивалентной шероховатости  $\Delta$  для труб из различных материалов. Сложные трубопроводы. Трубопроводы с насосной подачей жидкостей. Изменение пропускной способности трубопроводов в процессе их эксплуатации.

#### 2.9 Последовательное и параллельное соединение трубопроводов

Последовательное соединение трубопроводов. Параллельное соединение трубопроводов. Построение характеристики трубопровода с учетом сопротивления перекачиваемой среды. Разветвленные трубопроводы. Определение потерь напора для различных способов укладки трубопровода.

#### 2.10 Расчет тупиковых и кольцевых сетей.

Составление схемы трубопровода. Определение потерь на участках трубопровода. Расчетный внутренний диаметр трубопровода.

#### 2.11 Движение жидкости в пористой среде. Инфильтрация

Поровое пространство материала. Коэффициент пористости среды. Капиллярность среды. Безнапорное и напорное движение в пористой среде. Гидромеханическое обоснование основных законов фильтрации, методы определения физических констант горных пород (проницаемость, пористость); вывод дифференциальных уравнений движения однородных жидкостей: воды, нефти и газа; радиальное и нерадиальное плоское движение жидкостей к стокам (скважинам); фильтрация под плотинами, трехразмерный поток жидкости в пористой среде, теория совершенных и несовершенных скважин, движение жидкости в условиях гравитационного потока (с учетом „свободной поверхности“), теория движения жидкости в среде с неоднородной проницаемостью, теория одновременного движения в пласте двух жидкостей, анализ движения водонефтяного контакта и явления конусообразования, теория интерференции скважин, теория водной репрессии (флюдинга) при различной сетке размещения инъекционных и эксплуатационных скважин, неустановившееся движение жидкости в пористой среде, движение сжимаемой жидкости или

проблема упругого режима, движение газа в пористой среде - двухразмерное, трехразмерное, установившееся и неустановившееся, теория газонефтяного фактора

#### 2.12 Гидродинамическая теория смазки.

Теория Н.П. Петрова. Основы гидродинамической теории. Схема вращения цапфы в подшипнике при соосном расположении (а) и с эксцентриситетом. Трение смазочного слоя между шипом и подшипником. Расчет подшипников на основании гидродинамической теории смазки.

#### 2.13 Обтекание тел несжимаемой жидкостью

Уравнение количества движения в форме Громеки –Ламба. Вихревое и безвихревое течения. Соотношения Коши- Римана. Уравнение Бернулли и интеграл Коши-Лагранжа. Начальные и граничные условия уравнений идеальной жидкости. Функция тока и потенциал скорости и их свойства. Комплексный потенциал и комплексная скорость. Однородный поток, сток (исток), вихрь и диполь на плоскости. Применение теории функций комплексного переменного к расчету потоков. Обтекание цилиндра установившимся потоком идеальной жидкости на плоскости. Теорема Жуковского о подъемной силе. Вихри в идеальной жидкости

#### 2.14 Моделирование гидромеханических явлений

Анализ классических линейных методов моделирования гидромеханических устройств. Разработка комплекса нелинейных алгоритмических динамических моделей, алгоритмов и программ. Построение обобщенных характеристик сложных гидромеханических устройств с использованием методов теории подобия. Разработка технологии проведения вычислительного эксперимента с использованием обобщенных переменных. Автоматизация вычислительного эксперимента путем создания программного комплекса (пакета прикладных программ). Пакет *MAHSIM* как единое информационное поле, которое действует в рамках интегрированной системы *MATLAB* и включает в себя: библиотеку схем, методы расчетов и алгоритмы, базу данных, помощь и программы с графическим интерфейсом. Теория физического подобия. Теория размерности формулы Фурье. Определяющие параметры.  $\pi$ -теорема подобия. Критерии подобия и моделирования. Роль подобия в теоретических и экспериментальных исследованиях.

#### 2.15 Гидравлические машины (динамические и объемные)

Гидравлические машины и вентиляторы сведения. Назначение гидравлических машин и вентиляторов. Классификация гидравлических машин. Формулы теоретического напора центробежного насоса. Влияние угла выхода лопаток рабочего колеса на напор насоса Рабочие характеристики центробежного насоса. Работа насоса на сеть. Регулирование подачи лопастных насосов. Последовательная и параллельная работа насосов Насосы. Классификация и область применения. Параметры, характеризующие работу насосов. Подача, напор, мощность, КПД. Центробежные насосы. Назначение, устройство, принцип действия, область применения. Основное уравнение лопастных машин (уравнение Эйлера). Предельная высота всасывания и кавитация. Методы и средства борьбы с кавитацией. Осевые насосы. Устройство и принцип действия. Насосы с поворотными лопастными рабочими колесами. Вихревые насосы. Устройство и принцип действия, рабочие характеристики. Область применения. Высота всасывания, регулирование подачи. Подбор насосов. Гидро- и пневмо- механизация процессов. Роль гидро и пневмопривода в комплексной механизации и автоматизации производства. Схемы гидроприводов. Принцип действия объемного гидропривода. Основные параметры, характеризующие объемные гидроприводы. Типовые схемы объемного гидропривода. Объемный гидропривод с разомкнутой и замкнутой циркуляцией рабочей жидкости. Дроссельное и объемное регулирование гидропривода. Гидравлический расчёт объёмного гидропривода.

#### 2.16 Гидравлика природоохранных проектов

Схемы станций биологической, физико-химической, механической очистки производственных и коммунальных сточных вод. Системы водоснабжения с замкнутыми циклами. Объекты водоохраных зон с комплексом мероприятий. Мероприятия по улучшению технического состояния и благоустройству водохранилищ и естественных водоемов. Тампонажи неработающих скважин. Охрана атмосферного воздуха от загрязнения промышленными установками.

#### 2.17 Гидравлика энергетических объектов

Схемы ГЭС, ГРЭС, АЭС, ТЭЦ. Основное и вспомогательное оборудование.

### 4.3 Лабораторные работы

№ ЛР	№ раздела	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
1	1.1	Основные физические свойства жидкостей и газов.	1
2	1.2	Гидростатическое давление и его свойства.	1
3	1.3	Дифференциальные уравнения равновесия жидкости. Применение уравнения Эйлера.	1
4	1.4	Основное уравнение гидростатики.	1
5	1.5	Виды давлений и способы измерения давлений	1
6	1.6	Силы гидростатического давления на плоские и криволинейные поверхности.	1
7	1.7	Закон Архимеда. Воздухоплавание.	1
8	1.10	Основные понятия, определения и уравнения гидрогазодинамики	1
9	1.11	Кинематические параметры течения. Равномерное и неравномерное движение потоков.	1
10	1.12	Уравнение неразрывности потока. Одномерное движение жидкости.	1
11	1.13	Уравнение Бернулли для несжимаемой жидкости. Уравнение Бернулли для газов. Различные формы уравнения энергии	1
12	1.14	Расчет газовых течений с помощью газодинамических функций.	1
13	1.15	Теория пограничного слоя. Основные понятия и уравнения пограничного слоя. Ламинарный пограничный слой. Переход ламинарного пограничного слоя в турбулентный	1
14	1.16	Уравнения Навье-Стокса и Рейнольдса	1
15	1.17	Потери напора при равномерном течении жидкости. Потери напора по длине. Коэффициент гидравлического трения	1
16	1.18	Местные потери напора. Виды местных сопротивлений. Значения коэффициентов местных сопротивлений.	1
17	2.1	Гидравлический расчет напорных трубопроводов	1
18	2.2	Неустановившееся напорное движение жидкости в трубопроводе	1
19	2.3	Гидравлический удар	1
20	2.4	Истечение жидкости через отверстия и насадки	1
21	2.5	Водосливы Кригера - Офицерова	1
22	2.6	Инжекторы	1
23	2.7	Классификация трубопроводов.	1
24	2.8	Основные расчетные зависимости трубопроводов	1
25	2.9	Последовательное и параллельное соединение трубопроводов	1
26	2.10	Расчет тупиковых и кольцевых сетей.	1
27	2.11	Движение жидкости в пористой среде. Инфильтрация	1
28	2.12	Гидродинамическая теория смазки.	1
29	2.13	Обтекание тел несжимаемой жидкостью	1
30	2.14	Моделирование гидромеханических явлений	1
31	2.15	Гидравлические машины (динамические и объемные)	1
32	2.16	Гидравлика природоохранных проектов	1

№ ЛР	№ раздела	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
		<b>Итого:</b>	<b>32</b>

#### 4.4 Практические занятия (семинары)

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	1.1	Основные физические свойства жидкостей и газов.	2
2	1.2	Гидростатическое давление и его свойства.	2
3	1.3	Дифференциальные уравнения равновесия жидкости. Применение уравнения Эйлера.	2
4	1.4	Основное уравнение гидростатики.	2
5	1.7	Закон Архимеда. Воздухоплавание.	2
6	1.10	Основные понятия, определения и уравнения гидрогазодинамики	2
7	1.11	Кинематические параметры течения. Равномерное и неравномерное движение потоков.	2
8	1.14	Расчет газовых течений с помощью газодинамических функций.	2
9	2.5	Водосливы Кригера - Офицерова	2
10	2.6	Инжекторы	2
11	2.7	Классификация трубопроводов.	2
12	2.11	Движение жидкости в пористой среде. Инфильтрация	2
13	2.13	Обтекание тел несжимаемой жидкостью	4
14	2.14	Моделирование гидромеханических явлений	2
15	2.16	Гидравлика природоохранных проектов	2
		<b>Итого:</b>	<b>32</b>

#### 4.5 Курсовой проект (3 семестр)

Курсовой проект «Расчет системы водоснабжения промышленного предприятия» преследует цели углубленной проработки студентами основных типов систем водоснабжения, водоотведения и пожаротушения.

Задачей курсового проекта является углубление знаний, полученных в процессе изучения курса «Гидрогазодинамика». При выполнении проекта студенты рассматривают гидравлические основы расчета системы водоснабжения промышленного объекта. При этом в задании на имеются наборы вариантов исходных данных для расчета. Принципиальная схема унифицирована, изменены местные потребители и геодезические отметки положения объектов.

Курсовой проект содержит следующие разделы:

1. Находят расчетные расходы на отдельных участках водопроводной сети, подачу насоса;
2. Определяют диаметры труб на этих участках, уточняют их по ГОСТ и находят расчетные скорости на участках водопровода;
3. Определяют потери напора на участках водопровода;
4. Находят геометрический напор всасывания и налегания, а затем напор насоса;
5. Определяют давление на бортовые поверхности, дно емкостей и строятся эпюры распределения давлений на эти поверхности
6. По напору и подаче насоса используя поля  $Q - H$  центробежных насосов,

находят марку насоса и строят графические характеристики насоса  $H = f_1(Q); N = f_2(Q); \eta = f_3(Q)$  по данным каталога характеристик центробежных насосов;

7. Рассчитывают данные для построения графической характеристики трубопроводной сети, наносят ее на характеристики насоса в масштабе аналогичном  $H = f_1(Q)$ ; и определяют рабочую точку насоса;

8. Находят требуемую мощность насоса в рабочей точке насоса, определяют мощность электродвигателя и, зная  $N$  и  $\eta$ , подбирают электродвигатель.

## 5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 5.1 Основная литература

1. Гидравлика: Учебное пособие / Б.В. Ухин. - М.: ИД ФОРУМ: НИЦ Инфра-М, 2019. – URL <http://znanium.com/catalog/product/1014434>

### 5.2 Дополнительная литература

1. Кудинов А.А. Гидрогазодинамика: Учебное пособие / А.А. Кудинов. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 336 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (переплет) ISBN 978-5-16-004730-0 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/485830>

2. Ухин, Б. В. Гидравлика [Текст] : учебник / Б. В.Ухин, А. А. Гусев.- М.-ИНФРА-М, 2012. – 432 с.:ил. – (Среднее профессиональное образование). – Библиогр.:с.413-416. – Прил.:с.417-425. - ISBN 978-5-16-005536-7.

3. Гидравлика систем водоснабжения и водоотведения : учеб. пособие для вузов / Л. С. Скворцов [и др.] ; Моск. гос. строит. ун-т. - М.: Архитектура-С, 2008. - 256 с.

4. Брюханов О. Н. Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики: учебник для студентов сред. спец. учеб. заведений / О. Н. Брюханов, В. И. Коробко, А. Т. Мелик-Аракелян. - М. : ИНФРА-М, 2007. - 254 с. - (Среднее профессиональное образование). - Прил.: с. 241-248. - Библиогр.: с. 249. - ISBN 5-16-001856-5.

### 5.3 Периодические издания

Известия РАН. Энергетика: журнал. - М.:Академиздатцентр «Наука» РАН, 2019.

Информационно-измерительные и управляющие системы: журнал. – М.:Агентство «Роспечать», 2019.

Теплоэнергетика: журнал. – М.:Агентство «Роспечать», 2019.

Энергосбережение: журнал. – М.:Агентство «Роспечать», 2019.

### 5.4 Интернет-ресурсы

[www.trie.ru](http://www.trie.ru) – электронная энциклопедия энергетики;

[www.files.lib.sfu-kras.ru/](http://www.files.lib.sfu-kras.ru/) – электронный справочник по лабораторным работам;

[www.fizika.ayp.ru/](http://www.fizika.ayp.ru/) – обучающий портал для работы с механикой жидкости и газов;

[www.wikipedia.org/](http://www.wikipedia.org/) – свободная энциклопедия;

<https://ru.coursera.org/> – «Coursera»;

<https://openedu.ru/course/> – «Открытое образование», Каталог курсов, MOOK: «Системы автоматизированного проектирования аддитивных технологий»;

<https://universarium.org/> – «Универсариум»;

<https://www.edx.org/> – «EdX»;

<https://www.lektorium.tv/> – «Лекториум»;

<https://ru.coursera.org/learn/python> - «Coursera», MOOK: Programming for Everybody (Getting Started with Python);

<https://universarium.org/catalog> - «Универсариум», Курсы, MOOK: «Общие вопросы философии науки»

### **5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

- компьютеризированные посадочные места по количеству обучающихся;
- компьютеризированное рабочее место преподавателя;
- доска аудиторная;
- комплект учебно-методической документации;
- информационно-дидактическое обеспечение;
- информационные стенды;
- наглядные пособия;
- лицензионное программное обеспечение: операционная система РЕД ОС, пакет офисных программ LibreOffice, КОМПАС-3D;
- основные прикладные программы: текстовый редактор, электронные таблицы, система управления базами данных, программа разработки презентаций, средства электронных коммуникаций, интернет-браузер, справочно-правовая система;
- технические средства обучения: мультимедийное оборудование.

### **6 Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Лекционные и практические занятия проводятся в учебных аудиториях.

Аудитории оснащены комплектами ученической мебели, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащено компьютерной техникой, подключенной к сети "Интернет", и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду филиала и ОГУ.

#### **К рабочей программе прилагаются:**

- Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине;
- Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

**ЛИСТ**  
**согласования рабочей программы**

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника  
код и наименование

Профиль: Энергообеспечение предприятий

Дисциплина: Б1.Д.Б.20 Гидрогазодинамика

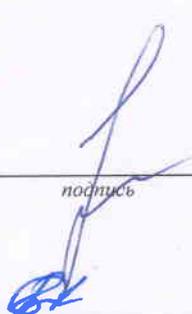
Форма обучения: очная

Год набора 2024

РЕКОМЕНДОВАНА на заседании кафедры  
электроснабжения промышленных предприятий  
наименование кафедры

протокол №8 от "05" апреля 2024г.

Ответственный исполнитель, заведующий кафедрой  
электроснабжения промышленных предприятий  
наименование кафедры

  
подпись

Е.С. Золотарев  
расшифровка подписи

Исполнители:

доцент каф. ЭПП  
должность

  
подпись

А.В. Богданов  
расшифровка подписи

ОДОБРЕНА на заседании НМС, протокол №5 от "18" апреля 2024г.

Председатель НМС

  
подпись

Л.Ю. Полякова  
расшифровка подписи

СОГЛАСОВАНО:

И.о.зав. кафедрой ЭПП

  
подпись

Е.С. Золотарев  
расшифровка подписи

Заведующий библиотекой

  
подпись

С.Н. Козак  
расшифровка подписи