

**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

  
М.И. Нестеров

« 30 » ноября 201 5 г.

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института

  
А.В. Белоусов

« 1 » декабря 201 5 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**дисциплины**

**ГИДРОГАЗОДИНАМИКА**

направление подготовки (специальность):

**13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

Направленность программы (профиль):

**Энергетика теплотехнологий**

Квалификация

**бакалавр**

Форма обучения

**заочная**

**Институт: Энергетический**

**Кафедра: Энергетики теплотехнологии**

Белгород – 2015


Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 01 октября 2015 г., № 1081.
- плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2015 году.

Составитель: доцент  (А.В. Губарев)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры **энергетики  
теплотехнологии**

« 16 » ноября 201 5 г., протокол № 3

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, профессор  (В.П. Кожевников)

Рабочая программа одобрена методической комиссией энергетического института

« 19 » ноября 201 5 г., протокол № 3

Председатель: канд. техн. наук, доцент  (А.Н. Семернин)

# 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Формируемые компетенции		Требования к результатам обучения
№	Код компетенции	
Общепрофессиональные		
1	ОПК-2	<p>Способность демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования</p>
Профессиональные		
1	ПК-2	<p>Способность проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием</p>
		<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b> основные физические свойства газов и жидкостей, общие законы и уравнения статики, кинематики и динамики жидкостей и газов, особенности режимов течения жидкости; физический смысл гидравлических и аэродинамических сопротивлений; основы физического и математического моделирования ее течения</p> <p><b>Уметь:</b> определять физико-механические параметры жидкости (газа) для конкретных внешних условий; производить пересчет физических величин для различных систем единиц измерения</p> <p><b>Владеть:</b> навыками определения параметров рабочего тела, а также потока жидкости или газа аналитически и при помощи стандартных средств измерения</p>
		<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b> основные гидродинамические характеристики потока жидкости или газа; влияние параметров однофазного потока на режим, а двухфазного потока – на режим и структуру его течения; виды гидравлических и аэродинамических сопротивлений, зависимости для их определения; основные показатели работы гидродинамических машин</p> <p><b>Уметь:</b> производить расчеты гидродинамических параметров потока жидкости (газа) для различных условий его протекания; производить гидравлический и аэродинамический расчеты трубопроводов и каналов различной формы; производить расчеты характеристик работы гидромеханических машин</p> <p><b>Владеть:</b> методиками определения режима течения жидкости или газа для конкретных параметров потока, а также конфигурации и размеров канала; методиками проведения гидравлических и аэродинамических расчетов трубопроводов и каналов, определения характеристик работы гидромеханического оборудования</p>



## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Содержание дисциплины основывается и является логическим продолжением следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Математика
2	Физика

Содержание дисциплины служит основой для изучения следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Тепломеханическое оборудование промышленных предприятий
2	Термовлажностные и низкотемпературные теплотехнологические процессы и установки
3	Экологическая безопасность теплотехнологии
4	Энерготехнологическая обработка газов
5	Паротеплогенерирующие установки промышленных предприятий
6	Высокотемпературные теплотехнологические процессы и установки
7	Источники и системы энергоснабжения предприятий

## 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зач. единиц, 180 часов.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 4
Общая трудоемкость дисциплины, час	180	180
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	20	20
лекции	10	10
лабораторные	4	4
практические	6	6
<b>Самостоятельная работа студентов, в том числе:</b>	160	160
Курсовой проект	–	–
Курсовая работа	–	–
Расчетно-графическое задание	18	18
Индивидуальное домашнее задание	–	–
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	106	106
Форма промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	36 (экзамен)	36 (экзамен)

**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	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
<b>1. Основные понятия и определения в гидрогазодинамике</b>					
	Предмет и основные задачи гидрогазодинамики; гипотеза о непрерывности жидкой среды; понятие реальной и идеальной жидкости; основные физико-механические свойства жидкости; закон Ньютона для внутреннего трения	1	1	0	8
<b>2. Основы гидростатики</b>					
	Равновесие жидкости и действующие на нее силы; дифференциальные уравнения равновесия жидкости; понятие поверхности равного давления; основное уравнение гидростатики; абсолютное и избыточное давления; вакуум	1	1	0	9
<b>3. Основы кинематики жидкости</b>					
	Установившееся и неустановившееся движение жидкости; методы описания движения жидкости; траектории частиц и линии тока; понятие трубки тока и элементарной струйки; расход и средняя скорость потока жидкости; дифференциальное уравнение неразрывности; закон постоянства расхода	2	1	0	11
<b>4. Динамика жидкости</b>					
	Дифференциальные уравнения движения идеальной жидкости; уравнение Бернулли для элементарной струйки невязкой жидкости; физический и геометрический смысл уравнения Бернулли; дифференциальные уравнения движения вязкой жидкости; уравнение Бернулли для потока реальной жидкости; практическое применение уравнения Бернулли	3	1	0	18
<b>5. Основы моделирования гидродинамических процессов</b>					
	Виды моделирования; понятие о подобии гидродинамических процессов; критерии гидродинамического подобия; теоремы подобия	1	0	0	4
<b>6. Особенности течения жидкости в трубах и каналах</b>					
	Режимы движения жидкости; гидравлическое сопротивление трубопроводов; определение гидравлического сопротивления трения; определение потерь давления за счет местных сопротивлений; назначение гидромеханических машин, основные характеристики гидромеханических машин	1	1	3	38



<b>7. Двухфазные потоки и системы</b>					
	Гидродинамика псевдооживленных зернистых слоев; режимы и структура двухфазных газожидкостных потоков	1	1	1	18
	<b>ВСЕГО</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>106</b>

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

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 4				
1	Основные понятия и определения в гидрогазодинамике	Размерности физических величин, применяемых в гидрогазодинамике, соотношения единиц размерностей	1	1
2	Основы гидростатики	Основное уравнение гидростатики	1	3
3	Основы кинематики жидкости	Уравнение постоянства расхода	1	3
4	Динамика жидкости	Уравнение Бернулли	0,5	3
5	Динамика жидкости	Практическое применение уравнения Бернулли	0,5	4
6	Особенности течения жидкости в трубах и каналах	Режимы течения жидкости	0,5	4
7	Особенности течения жидкости в трубах и каналах	Гидравлические сопротивления трубопроводов	0,5	7
8	Двухфазные потоки и системы	Газодинамика псевдооживленного слоя	1	3
ИТОГО:			6	28
ВСЕГО:				34

#### 4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 4				
1	Особенности течения жидкости в трубах и каналах	Режимы движения жидкости	1	7
2	Особенности течения жидкости в трубах и каналах	Гидравлические сопротивления трубопровода	1	7
3	Особенности течения жидкости в трубах и каналах	Определение характеристик центробежного вентилятора	1	7
4	Двухфазные потоки и системы	Газодинамика псевдооживленного слоя	1	9
ИТОГО:			4	30
ВСЕГО:				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	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Основные понятия и определения в гидрогазодинамике	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Предмет и основные задачи гидрогазодинамики</li> <li>- Гипотеза о непрерывности жидкой среды</li> <li>- Понятие реальной и идеальной жидкости</li> <li>- Плотность как одно из основных физико-механических свойств жидкости</li> <li>- Сжимаемость как одно из основных физико-механических свойств жидкости</li> <li>- Вязкость как одно из основных физико-механических свойств жидкости</li> <li>- Закон Ньютона для внутреннего трения, ньютоновские и неньютоновские жидкости</li> <li>- Поверхностное натяжение как одно из основных физико-механических свойств жидкости</li> </ul>
2	Основы гидростатики	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Равновесие жидкости и действующие на нее силы</li> <li>- Дифференциальные уравнения равновесия жидкости</li> <li>- Понятие поверхности равного давления</li> <li>- Основное уравнение гидростатики</li> <li>- Понятия абсолютного и избыточного давления, вакуума</li> </ul>
3	Основы кинематики жидкости	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Кинематика жидкости как раздел гидромеханики: основные принципы</li> <li>- Установившееся и неустановившееся движение жидкости</li> <li>- Математическое описание движения жидкости по методу Лагранжа</li> <li>- Математическое описание движения жидкости по методу Эйлера</li> <li>- Траектории частиц и линии тока</li> <li>- Понятие трубки тока и элементарной струйки</li> <li>- Расход и средняя скорость потока жидкости</li> <li>- Дифференциальное уравнение неразрывности сжимаемой жидкости в общем виде</li> <li>- Физический смысл уравнения неразрывности</li> <li>- Уравнения неразрывности для частных случаев течения жидкости</li> <li>- Закон постоянства расхода для установившегося течения сжимаемой и несжимаемой жидкости</li> </ul>
4	Динамика жидкости	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Дифференциальные уравнения движения идеальной жидкости (уравнения Эйлера)</li> <li>- Уравнение Бернулли для элементарной струйки невязкой жидкости</li> <li>- Физический смысл уравнения Бернулли</li> <li>- Геометрический смысл уравнения Бернулли</li> <li>- Дифференциальные уравнения движения вязкой жидкости Навье – Стокса</li> <li>- Уравнение Бернулли для элементарной струйки вязкой жидкости</li> <li>- Понятия гидравлического и пьезометрического уклона</li> <li>- Особенности плавно изменяющегося движения жидкости</li> <li>- Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости</li> <li>- Применение трубки Пито для определения скорости жидкости</li> <li>- Применение трубки Пито–Прандтля для определения скорости жидкости</li> <li>- Определение расхода жидкости с помощью сужающих устройств</li> </ul>
5	Основы моделирования гидродинамических процессов	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Виды и цели моделирования гидродинамических процессов</li> <li>- Понятие о подобии гидродинамических процессов</li> <li>- Первичные критерии (числа) гидродинамического подобия</li> <li>- Производные критерии (числа) гидродинамического подобия</li> <li>- Прямая и обратная теоремы подобия</li> <li>- Пи-теорема теории подобия</li> </ul>
6	Особенности течения жидкости в трубах и каналах	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Режимы движения жидкости</li> <li>- Гидравлическое сопротивление трубопроводов</li> <li>- Определение гидравлического сопротивления трения для различных</li> </ul>



		режимов течения – Определение потерь давления за счет местных сопротивлений – Назначение и типы гидродинамических машин Основные характеристики гидродинамических машин
7	Двухфазные потоки и системы	– Гидродинамика кипящих (псевдооживленных) зернистых слоев – Режимы и структура двухфазных газожидкостных потоков

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

– учебным планом не предусмотрены

## **5.3. Перечень индивидуальных домашних заданий, расчетно-графических заданий**

Учебным планом предусмотрено выполнение расчетно-графической работы.

Тема расчетно-графической работы:

Аэродинамический расчет воздухопроводов

Цель расчетно-графической работы: изучение студентами методик и приобретение навыков аэродинамического расчета технологического оборудования, трубопроводов и каналов.

Расчетно-графическая работа включает расчетно-пояснительную записку и графическую часть.

Расчетно-пояснительная записка (РПЗ) оформляется на листах формата А4 (с одной стороны листа). Расчетно-пояснительная записка должна содержать:

- сведения о студенте, выполняющем работу: фамилия, инициалы, группа;
- задание на расчетно-графическую работу, подписанное студентом и преподавателем;
- определение расходов воздуха и геометрических характеристик участков воздухопровода;
- расчет потерь давления на расчетных участках и в системе вентиляции;
- определение характеристик вентилятора и мощности приводного двигателя;
- выводы и заключение.

В записке даются краткие указания, обоснования и соответствующие пояснения по выбиравшим величинам, помещаются сводные таблицы данных расчета.

Графическая часть представляет собой один лист формата А4, содержащий схему системы вентиляции с указанием на ней геометрических характеристик участков воздухопровода и информации о расходах воздуха на них, условных изображений основных элементов системы, фасонных частей, арматуры.

## **5.4. Перечень контрольных работ**

– учебным планом не предусмотрены



## 6. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

### 6.1. Перечень основной литературы

1. *Кузнецов, В.А.* Основы гидрогазодинамики: учеб. пособие для студентов вузов / В.А. Кузнецов. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2012.–108 с.
2. *Кудинов, В.А.* Гидравлика: учебное пособие для вузов / В.А. Кудинов, Э.М. Карташов. – М.: Высш. шк., 2007. – 175 с.
3. *Бабаев, М.А.* Гидравлика: учебное пособие / М.А. Бабаев. – Саратов: Научная книга, 2012. – 191 с.

### 6.2. Перечень дополнительной литературы

1. *Крестин, Е.А.* Гидравлика: учебное пособие / Е.А. Крестин. – Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2010. – 230 с.
2. *Крестин, Е.А.* Гидравлика: учебно-методическое пособие / Е.А. Крестин, А.Л. Лукс, Е.Н. Нохрина, А.Г. Матвеев. – Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2013. – 260 с.
3. Гидрогазодинамика: метод. указания к выполнению лаб. работ / сост. В.В. Губарева, В.А. Кузнецов, В.В. Носатов. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2003. – 31 с.
4. *Павлов, К.Ф.* Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: учебное пособие для вузов / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков; ред. П.Г. Романков. 10-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия: Ленинградское отд-ние, 1987. – 576 с.
5. *Никитин, В.А.* Гидравлика (Основы статики и динамики жидкости, Прикладная механика жидкости и газа): задачник / В.А. Никитин. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2008. – 227 с.
6. Аэродинамический расчет котельных установок (нормативный метод) / под ред. С.И. Мочана. – 3-е изд. – Л.: Энергия, 1977. – 256 с.
7. *Удовин В.Г.* Гидравлика: учебное пособие / В.Г. Удовин. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2014. – 132 с.

### 6.3. Перечень интернет ресурсов

1. [ru.wikipedia.org/wiki/Математическая модель](http://ru.wikipedia.org/wiki/Математическая_модель)

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

*Лекционные занятия* – аудитория, оснащенная письменными столами, стульями, классной доской (для рисования мелом или маркером).

*Практические занятия* – аудитория, оснащенная письменными столами, стульями, классной доской (для рисования мелом или маркером).

*Лабораторные занятия* – учебная лаборатория термодинамики и энергетического комплекса промышленных предприятий (Лк 401), оборудование: центробежный вентилятор; ваттметр; трубка Пито-Прандтля; дифманометр; учебная лаборатория теплотехники (Лк 408), оборудование: вентиляторы; газовые счетчики; дифманометры; стенд для определения гидравлических сопротивлений; установка для изучения газодинамики псевдооживленного слоя.

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений

Рабочая программа без изменений утверждена на 2016/2017 учебный год.

Протокол № 9 заседания кафедры от «26» 05 2016г.

Заведующий кафедрой  В.П. Кожевников

Директор института  А.В. Белоусов



## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений


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

Протокол № 9 заседания кафедры от «25» 05 2017г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ (В.П. Кожвников)

  
подпись, ФИО

Директор института \_\_\_\_\_ (А.В. Белоусов)

  
подпись, ФИО

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы с изменениями, дополнениями

**Пункт 6.1. Перечень основной литературы** дополнить позицией:

4. Аэродинамический расчет воздухопроводов: методические указания к выполнению расчетно-графической работы / сост. А.В. Губарев, В.В. Губарева. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2018. – 36 с.

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

Протокол № 12 заседания кафедры от «24» 05 2018г.

Заведующий кафедрой  В.П. Кожевников

Директор института  А.В. Белоусов



## ПРИЛОЖЕНИЯ

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

Курс «Гидрогазодинамика» представляет собой неотъемлемую составную часть подготовки студентов по направлению подготовки «Теплоэнергетика и теплотехника».

Целью освоения дисциплины является приобретение студентами теоретических знаний о закономерностях, а также овладение практическими навыками и экспериментальными методами исследования движения жидкости и газа в элементах энергетического и теплотехнологического оборудования.

Предметом изучения в общем случае являются процессы движения жидкости и газа в трубопроводах и каналах, их основные закономерности, основы определения потерь энергии при движении среды в каналах различной формы, конфигурации и размеров, а также основные характеристики гидромеханических машин и их расчет.

Изучение дисциплины предполагает решение ряда сложных задач, что дает возможность студентам:

- приобрести необходимые знания о закономерностях движения жидкости, газа, двухфазных потоков в трубах и каналах;
- изучить основы методов гидравлического и аэродинамического расчета трубопроводов, энергетического и теплотехнологического оборудования;
- сформировать представление о назначении и основных принципах работы гидродинамических машин, методиках определения их характеристик и особенностях выбора гидродинамических машин для конкретных условий.

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

Формы контроля знаний студентов предполагают текущий и промежуточный контроль. Текущий контроль знаний проводится в форме систематических опросов, защит лабораторных работ, решений задач и проведения письменных работ. Формой промежуточного контроля является экзамен.

Самостоятельная работа является главным условием успешного освоения изучаемой учебной дисциплины и формирования высокого профессионализма будущих бакалавров – сотрудников предприятий и служб, занимающихся освоением теплотехнологических процессов производства и использования различных видов энергии, проектированием, производством и эксплуатацией энергетического и теплотехнологического оборудования.

Исходный этап изучения курса «Гидрогазодинамика» 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 и приведенных в планах и заданиях к практическим и лабораторным занятиям, а также методических указаниях для студентов заочного обучения.

В учебниках и учебных пособиях, представленных в *списке основной и*



*дополнительной 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 выполнении и подготовке к защите расчетно-графической работы, а также при подготовке к экзамену может быть полезным ознакомление с публикациями в научно-производственных, научно-популярных и производственно-технических периодических изданиях, тематика материалов, публикуемых в которых, охватывает сферы теплоэнергетики и теплотехники, например, «Теплоэнергетика», «Промышленная энергетика». Поиск и подбор таких изданий, статей, материалов и монографий осуществляется на основе библиографических указаний и предметных каталогов.

Изучение каждой темы следует завершать выполнением практических заданий, ответами на тесты, решением задач, содержащихся в соответствующих разделах учебников и учебных пособий по курсу «Гидрогазодинамика» или сходным курсам, охватывающим вопросы движения и равновесия жидкостей и газов. 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 методических указаниях для студентов. 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.

### **Содержание разделов дисциплины.**

#### **1. Основные понятия и определения в гидрогазодинамике [2, С. 5–16, 50]**

Понятие гидромеханики, основные разделы гидромеханики, их критерии. Предмет гидрогазодинамики; внешняя, внутренняя и смешанная задачи гидрогазодинамики. Гипотеза о непрерывности жидкой среды, ее актуальность при исследовании процессов движения жидкости и газа; случаи правомерного ее использования. Понятие жидкости; понятия сжимаемой и несжимаемой жидкостей; текучесть жидкости; вязкость жидкости; понятие идеальной жидкости. Пересчет физических величин, используемых при рассмотрении процессов движения жидкости и газа, для различных систем единиц измерения. Основные физико-механические свойства жидкости: плотность, сжимаемость, вязкость, поверхностное натяжение. Их основные характеристики, влияние на них внешних условий. Закон Ньютона для внутреннего трения, ньютоновские и неньютоновские жидкости.

*Термины и понятия:* гидромеханика, гидравлика, теоретическая гидромеханика, гидростатика, кинематика жидкости, гидрогазодинамика, внутренняя задача гидрогазодинамики, внешняя задача гидрогазодинамики, смешанная задача гидрогазодинамики, гипотеза о непрерывности жидкой среды, жидкость, сжимаемые жидкости, несжимаемые жидкости, текучесть жидкости, вязкость, идеальная жидкость, плотность однородной жидкости, удельный объем жидкости, сжимаемость, коэффициент сжимаемости, модуль упругости, число Маха, закон Ньютона для внутреннего трения, динамическая вязкость, кинематическая вязкость, ньютоновские жидкости, неньютоновские жидкости, поверхностное натяжение.



## 2. Основы гидростатики [1, С. 16, 29], [3, С. 3–19]

Предмет гидростатики; силы, действующие на находящуюся в состоянии покоя жидкость; поверхностные, массовые. Гидростатическое давление, его свойства. Условия равновесия элементарного объема жидкости. Система дифференциальных уравнений равновесия жидкости Эйлера. Основное дифференциальное уравнение равновесия жидкости. Понятие поверхности равного давления, дифференциальное уравнение поверхности равного давления. Основное уравнение гидростатики, закон Паскаля. Понятие атмосферного, избыточного и абсолютного давления, вакуума.

*Термины и понятия:* сила гидростатического давления, среднее гидростатическое давление, гидростатическое давление в точке, поверхность равного давления, свободная поверхность жидкости, закон Паскаля, атмосферное давление, избыточное давление, абсолютное давление, вакуум.

## 3. Основы кинематики жидкости [1, С. 12–13], [2, С. 51–60], [3, С. 44–63]

Предмет кинематики жидкости. Установившееся и неустановившееся движение. Методы математического описания движения жидкости: особенности метода Лагранжа; особенности метода Эйлера. Понятия траектории движущейся частицы и линии тока; дифференциальные уравнения линии тока. Понятия трубки тока и элементарной струйки; свойства элементарной струйки. Понятия расхода и средней скорости потока жидкости. Физический смысл уравнения неразрывности; дифференциальное уравнение неразрывности в общем виде; дифференциальное уравнение неразрывности для частных случаев: установившегося течения сжимаемой и несжимаемой жидкости. Закон постоянства расхода, уравнение постоянства расхода.

*Термины и понятия:* неустановившееся движение, установившееся движение, проекции субстанционального ускорения, проекции локального ускорения, проекции конвективного ускорения, траектория движущейся частицы, линия тока, трубка тока, элементарная струйка, поток жидкости, расход потока жидкости, живое сечение потока, смоченный периметр, гидравлический радиус, эквивалентный диаметр, средняя скорость потока, закон постоянства расхода.

## 4. Динамика жидкости [1, С. 26–29], [2, С. 60–68, 70–78], [3, С. 64–99]

Предмет динамики жидкости. Силы, действующие на движущуюся жидкость. Система дифференциальных уравнений движения Эйлера для невязкой жидкости. Допущения, принимаемые для вывода уравнения Бернулли; вывод уравнения Бернулли для элементарной струйки невязкой жидкости; физический и геометрический смысл уравнения Бернулли. Напряжения, действующие на элементарную площадку в вязкой жидкости. Система дифференциальных уравнений движения вязкой жидкости Навье – Стокса. Уравнение Бернулли для элементарной струйки вязкой жидкости. Особенности плавно изменяющегося движения жидкости. Уравнение Бернулли для потока вязкой жидкости. Практическое применение уравнения Бернулли: измерение давления при помощи пьезометра; измерение скорости жидкости при помощи трубки Пито и пьезометра, трубки Пито–Прандтля; измерение расхода жидкости сужающими устройствами.

*Термины и понятия:* принцип Д’Аламбера, полный (гидродинамический) напор жидкости, геометрический напор, пьезометрический напор, динамический напор, удельная потенциальная энергия положения, удельная потенциальная энергия давления, удельная кинетическая энергия, геометрическая высота, пьезометрическая высота, скоростная высота, нормальное напряжение, касательное напряжение, гидравлический уклон, пьезометрический уклон, плавно изменяющееся движение, коэффициент Кориолиса, пьезометр, трубка Пито, трубка Пито–Прандтля, трубка Вентури, измерительная диафрагма.

## 5. Основы моделирования гидродинамических процессов [1, С. 36–41], [2, С. 81–94], [3, С. 122–127]

Виды моделирования. Цель физического моделирования. Понятие о подобии гидродинамических процессов: признаки геометрически подобных систем, гидродинамических процессов. Понятие о группе подобных явлений. Критерии гидродинамического подобия: определение и физический смысл критериев Фруда, Эйлера, Рейнольдса, гомохронности,



Вебера, Галилея, Архимеда, Лященко. Прямая и обратная теоремы подобия. Пи-теорема теории подобия.

*Термины и понятия:* физическое моделирование, математическое моделирование, подобные процессы, геометрическое подобие, константа подобия, инварианты подобия, симплекс, комплекс, критерий Фруда, критерий Эйлера, критерий Рейнольдса, критерий гомохронности, критерий Вебера, критерий Галилея, критерий Архимеда, критерий Лященко, прямая теорема подобия, обратная теорема подобия, определяющие критерии подобия, определяемые критерии подобия, пи-теорема теории подобия.

#### **6. Особенности течения жидкости в трубах и каналах [1, С. 42, 64], [3, С. 100–113]**

Режимы движения жидкости: ламинарный, турбулентный, переходный. Число Рейнольдса как критерий, характеризующий режим движения жидкости; критические числа Рейнольдса. Гидравлическое сопротивление трубопроводов: необходимость определения потерь давления в трубопроводе; физический смысл гидравлического сопротивления; причины гидравлических сопротивлений. Расчет гидравлических сопротивлений по длине трубопровода; уравнение Дарси–Вейсбаха для определения удельного линейного падения давления; параметры, влияющие на величину коэффициента гидравлического трения. Расчет коэффициента гидравлического трения при различных режимах движения жидкости и состоянии внутренней поверхности стенок труб: формулы Пуазейля, Б.Л. Шифринсона, А.Д. Альтшуля. Расчет потерь давления за счет местных сопротивлений. Физический смысл коэффициента местного сопротивления. Понятие эквивалентной длины местных сопротивлений.

*Термины и понятия:* ламинарный режим течения, турбулентный режим течения, переходный режим течения, переходный режим течения, нижнее критическое число Рейнольдса, верхнее критическое число Рейнольдса, гидравлическое сопротивление, аэродинамическое сопротивление, линейное падение давления, местные сопротивления, шероховатость трубы, эквивалентная шероховатость трубы, гидравлически гладкая труба, гидравлически шероховатая труба, эквивалентная длина местных сопротивлений.

#### **7. Двухфазные потоки и системы [1, С. 80–84, 86–90]**

Понятие псевдооживленного состояния зернистого слоя; порозность слоя; фиктивная скорость жидкости. Условие псевдооживленного состояния твердой фазы в слое; основы расчета гидродинамического сопротивления псевдооживленного слоя. Структура потока пароводяной смеси в вертикальных и горизонтальных трубах: условия возникновения той или иной структуры потока и характер движения фаз для различных структур потока. Основные показатели, характеризующие двухфазный газожидкостный поток.

*Термины и понятия:* псевдооживленное состояние взвешенного слоя, кипящий слой, порозность слоя, фиктивная скорость жидкости, скорость псевдооживления, скорость уноса, пузырьковая структура газожидкостного потока, снарядная структура газожидкостного потока, стержневая структура газожидкостного потока, эмульсионная структура газожидкостного потока, массовая скорость потока, средняя скорость потока, приведенная скорость, паросодержание, объемное паросодержание, нанорное паросодержание.



## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа без изменений утверждена на 2019 /20 учебный год.

Протокол № 12 заседания кафедры от « 13 » июня 2019 г.

Зам. заведующего кафедрой  Ю.В. Васильченко

Директор института  А.В. Белоусов