

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Минцаев Магомед Шавалович

Должность: Ректор

Дата подписания: 30.07.2023 23:38:30

Уникальный программный ключ:

236bcc35c296f119d6aafdc22836b21db52dbcd

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**имени академика М.Д. Миллионщикова**

«УТВЕРЖДАЮ»

Первый проректор И.Г. Гайрабеков

« 01 » июля 2023 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

**«ГИДРАВЛИКА И НЕФТЕГАЗОВАЯ ГИДРОМЕХАНИКА»**

Специальность

*21.05.06 Нефтегазовые техника и технологии*

Специализация

«Разработка и эксплуатация нефтяных месторождений»

**Квалификация**

горный инженер

Год начала подготовки - 2023

## 1. Цели и задачи дисциплины

Целью преподавания дисциплины «Гидравлика и нефтегазовая гидромеханика» является освоение основных законов покоя и движения жидкости, а также методов их практического применения. Ознакомление с гидравлическими машинами и теоретическими методами расчета основных их параметров и правилами подбора по основным характеристикам.

Задачей курса является изучение основных физических свойств жидкости, изучение основ кинематики и динамики жидкости и применение теоретического материала при расчете различных гидросистем. Изучение вопросов движения жидкости в гидравлических машинах различного назначения, трубопроводах и других гидравлических системах.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Учебная дисциплина «Гидравлика и нефтегазовая гидромеханика» относится к базовой (общеобразовательной) части профессионального цикла в учебном плане ОП направления 21.05.06 «Нефтегазовая техника и технологии» и предусмотрена для изучения по очной форме обучения в 3 и 4 семестрах. Для изучения курса требуется знание: высшей математики, физики, химии, философии, теоретической механики, сопротивления материалов, метрологии.

В свою очередь, данный курс, помимо самостоятельного значения, является предшествующей дисциплиной для специальных курсов: основы автоматизации технологических процессов нефтегазового производства, метрология, квалиметрия и стандартизация, добыча нефти, движение жидкостей и газов в природных пластах, перспективные проекты освоения нефтегазовых ресурсов, технология и техника методов повышения нефтеотдачи, сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ, сбор и подготовка скважинной продукции, бурение нефтяных и газовых скважин, нефтегазопромысловое оборудование, сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газохранилищ.

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- (ОПК-2).

Таблица 1

Код по ФГОС	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВ)
<b>Общепрофессиональные</b>		
<b>ОПК-2</b> способен пользоваться программными комплексами, как средством управления и контроля, сопровождения технологических процессов на всех стадиях разработки месторождений углеводородов и сопутствующих процессов	<b>ОПК-1.1</b> Способен проводить с помощью программных комплексов процессы приема и отгрузки нефти и нефтепродуктов на основе знаний законов покоя и движения жидких тел. <b>ОПК-1.2</b> может управлять средствами контроля и регулирования технологических процессов связанных с хранением и перекачкой нефти и других видов жидкостей с учетом основных гидравлических законов	<b>знать:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- виды и режимы движения жидкости; уравнение динамического равновесия равномерного потока; логарифмический закон распределения скоростей в круглой трубе; законы движения и равновесия жидкостей;</li><li>- законы истечения жидкости через отверстия и насадки;</li><li>- основы теории гидродинамического подобия; общие законы и уравнения статики и динамики жидкостей;</li></ul>

		<ul style="list-style-type: none"><li>- назначение и классификацию трубопроводов;</li></ul> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- применять уравнение динамического равновесия равномерного потока;</li><li>- применять формулы для определения коэффициента гидравлического сопротивления; применять общие законы и уравнения статики и динамики жидкостей, законы движения и равновесия жидкостей;</li><li>- осуществить гидравлический расчет простого и сложного трубопроводов;</li><li>- проводить расчеты на безопасность, прочность, надежность и производительность различных гидравлических схем с учетом особенности конструкции и условий применения.</li></ul> <p><b>владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- методами исследования движения жидкости;</li><li>- методами гидравлического расчета и проектирования трубопроводов;</li><li>- особенностями конструкции и расчетами на безопасность, прочность, надежность и производительность различных гидравлических схем.</li><li>- законами и уравнениями статики и динамики жидкостей; законами движения и равновесия жидкостей.</li></ul>
--	--	--

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Таблица 2

Вид учебной работы	Всего часов/з.е.		Семестр				
			3	4	4	5	
	ОФО	ЗФО	ОФО		ЗФО, Ускор. ЗФО (2, 3 сем)		
<b>Контактная работа (всего)</b>	<b>82/2,3</b>	<b>20/0,61</b>	<b>34/1,0</b>	<b>48/1,5</b>	<b>8/0,22</b>	<b>12/0,33</b>	
В том числе:							
Лекции	33/0,92	8/0,22	17/0,5	16/0,94	4/0,11	4/0,11	
Практические занятия							
Лабораторные работы	49/1,4	12/0,33	17/0,5	32/0,94	4/0,17	8/0,22	
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>134/3,6</b>	<b>196/5,4</b>	<b>74/2,0</b>	<b>60/1,6</b>	<b>100/2,8</b>	<b>96/2,7</b>	
В том числе:							
Курсовой проект (работа)							
Расчетно-графические работы	62/1,6	52/1,4	38/1,0	24/0,7	28/0,8	24/0,7	
ИТР							
Рефераты							
Доклады							
Презентации							
И (или) другие виды самостоятельной работы							
Подготовка к лабораторным работам	36/1,0	72/2,0	18/0,5	18/0,5	36/1,0	36/1,0	
Подготовка к практическим занятиям							
Подготовка к зачету, экзамену	36/1,0	72/2,0	18/0,5	18/0,5	36/1,0	36/1,0	
<b>Вид отчётности</b>	экзамен.	экзамен.	зачет	экзамен.	зачет	экзамен	
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>ВСЕГО в часах</b>	<b>216</b>	<b>216</b>	<b>108</b>	<b>108</b>	<b>108</b>	<b>108</b>
	<b>ВСЕГО в зачетных единицах</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>

#### 5. Содержание дисциплины

### 5.1.1 Разделы дисциплины и виды занятий (третий семестр)

Таблица 3.1

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Часы лекционных занятий		Часы лабораторных занятий		Часы практических (семинарских) занятий		Всего часов	
		ОФО	ЗФО	ОФО	ЗФО	ОФО	ЗФО	ОФО	ЗФО
<i>М 1</i>	<i>Модуль 1 Гидростатика</i>								
1	Основные физические свойства жидкости	2	1	2	1			4	4
2	Вязкость жидкости. Силы, действующие на жидкость	2		2		4			
3	Гидростатическое давление	2	1	2	1			4	4
4	Основные уравнения гидростатики	2		2		4			
5	Силы давления на твердые поверхности	2	1	2	1			4	4
6	Приборы для измерения давления. Эпюры давления	2		2		4			
7	Закон Архимеда. Плавание тел. Гидростатические машины.	2	1	2	1			4	4
8	Относительный покой жидкости. Сообщающиеся сосуды	3		3		6			
	<b>ВСЕГО:</b>	<b>17</b>	<b>4</b>	<b>17</b>	<b>4</b>			<b>34</b>	<b>16</b>

### 5.1.2 Разделы дисциплины и виды занятий (четвертый семестр)

Таблица 3.2

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Часы лекционных занятий		Часы лабораторных занятий		Часы практических (семинарских) занятий		Всего часов					
		ОФО	ЗФО	ОФО	ЗФО	ОФО	ЗФО	ОФО	ЗФО				
<i>M2</i>	<i>Модуль 2 Гидродинамика</i>												
1	Основные понятия гидродинамики.	1	2		2			1	4				
2	Уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкости.	1		4		2		5					
3	Режимы движения жидкости и основы гидродинамического подобия	2		4		6							
4	Гидравлические потери. Местные гидравлические сопротивления.	2	2	4	1			6	3				
5	Гидравлически гладкие и шероховатые трубы.	2		2		4							
6	Истечение жидкости через отверстия и насадки	1		2		3							
7	Неустановившееся движение жидкости. Гидравлический удар	1		2		3							
8	Фильтрация жидкости. Законы фильтрации жидкости в грунтах.	2		4		6							
9	Статика и динамика газов. Аэродинамика инженерных сетей	1		2		3							
10	Гидравлический расчет трубопроводов	1				1							
11	Гидромашины	1		4		5							
12	Центробежные насосы. Объемные насосы.	1		4		5							
	<b>ВСЕГО:</b>	<b>16</b>		<b>6</b>		<b>32</b>		<b>4</b>				<b>48</b>	<b>10</b>

### 5.2.1 Лекционные занятия (третий семестр)

Таблица 4.1

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	2	3
1	Основные физические свойства жидкости	Предмет гидравлики и гидромашин. Применение и значение гидравлики в нефтяной и нефтеперерабатывающей отрасли. Силы действующие на жидкость. Основные физические свойства жидкости. Плотность, удельный объем, удельный вес, коэффициент объемного сжатия жидкости, коэффициент температурного расширения, Поверхностное натяжение.
2	Вязкость жидкости. Силы, действующие на жидкость	Вязкость жидкости. Идеальные и реальные жидкости. Ньютоновские и неньютоновские жидкости. Зависимость вязкости от температуры для воды Коэффициенты динамической и кинематической вязкости. Динамический коэффициент вязкости для газов при температурах, отличных от 0°C. Формула Гросса. Вязкостно-весовая константа, формула Пинкевича. Уравнение кривой течения. Пластичная вязкость. Вязкость пластичной жидкости, движущейся по трубопроводу. Псевдопластичные жидкости.
3	Гидростатическое давление	Гидростатическое давление. Свойства гидростатического давления. Основные уравнения гидростатики. Свойство давления в неподвижной жидкости. Уравнение Эйлера равновесия жидкости. Поверхности равного давления. Основное уравнение гидростатики. Закон Паскаля. Абсолютное и избыточное давление, вакуум.
4	Основные уравнения гидростатики	Дифференциальные уравнения равновесия жидкости. Силы давления жидкости на поверхность. Сила гидростатического давления жидкости на горизонтальную плоскую поверхность.
5	Силы давления на твердые поверхности	Силы давления жидкости на плоские и криволинейные стенки. Центр давления. Центр тяжести. Сила давления жидкости на плоскую прямоугольную стенку. Сила давления на дно сосуда. Сила давления жидкости в отводе. Сила давления жидкости на цилиндрическую поверхность. Свойство давления в неподвижной жидкости.
6	Приборы для измерения давления. Эпюры давления	Приборы для измерения давления. Пьезометр, дифференциальный манометр, ртутный манометр вакуумметр и способы расчета давления для каждого из приборов.
7	Закон Архимеда. Плавание тел. Гидростатические машины	Закон Архимеда. Плавание тел. Условия статической устойчивости плавающего тела. Гидравлический пресс, гидравлический аккумулятор и схема их работы.
8	Относительный покой жидкости. Сообщающиеся сосуды	Сообщающиеся сосуды. Относительный покой (равновесие жидкости в движущемся сосуде) Равновесие жидкости во вращающемся сосуде.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	2	3
1	Основные понятия гидродинамики.	Виды движения жидкости. Основные понятия кинематики жидкости. Поток жидкости. Средняя скорость.
2	Уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкости.	Уравнение расхода. Дифференциальное уравнение движения идеальной жидкости. Уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкости. Коэффициент Кориолиса.
3	Режимы движения жидкости и основы гидродинамического подобия	Ламинарный и турбулентный режимы движения жидкости. Число Рейнольдса. Основы теории гидродинамического подобия.
4	Гидравлические потери. Местные гидравлические сопротивления.	Общие сведения о гидравлических потерях. Виды гидравлических сопротивлений и потерь напора. Экспериментальное определение потерь напора. Трубка Пито, расходомер Вентури. Потери напора в трубах. Формула. Распределение скоростей при ламинарном и турбулентном движении Основы теории гидродинамического подобия. Напорное движение в трубах. Потери напора в трубах
5	Гидравлически гладкие и шероховатые трубы.	Гидравлически гладкие и шероховатые трубы. Шероховатость стенок, абсолютная и относительная. Формулы для определения коэффициента потерь по длине и коэффициента Шези и Дарси, при равномерном движении. Графики Никурадзе и Мурина. Экспериментальное изучение коэффициента Дарси. Основные виды местных сопротивлений. Коэффициент местных потерь. Местные потери напора при больших числах Рейнольдса. Внезапное расширение трубы (теорема Борда). Диффузоры. Колена. Коэффициент сопротивления системы. Понятие о свободном напоре
6	Истечение жидкости через отверстия и насадки	Истечение жидкости через отверстия в тонкой стенке. Коэффициенты сжатия, скорости, расхода. Истечение через насадки различного типа, коротких труб и из-под затворов. Истечение при постоянном напоре. Истечение при переменном напоре. Гидравлические струи. Классификация струи. Затопленные и незатопленные струи. Динамические свойства струи.
7	Неустановившееся движение жидкости. Гидравлический удар	Неустановившееся движение несжимаемой жидкости в жестких трубах с учетом инерционного напора. Явление гидравлического удара. Формула Жуковского для прямого удара. Гидравлический удар в трубах. Процесс изменения давления и скорости в трубопроводе после мгновенного закрытия задвижки. Гидравлический таран.
	2	3



8	Фильтрация жидкости. Законы фильтрации жидкости в грунтах.	<p>Фильтрация жидкости. Виды движения грунтовых вод. Скорость фильтрации. Линейный закон фильтрации. Коэффициент фильтрации.</p> <p>Фильтрация через однородную земляную плотину. Закон Дарси. Фильтрация через неоднородный изотропный грунт.</p> <p>Просачивание воды с поверхности земли. (инфильтрация).</p> <p>Фильтрация воды из каналов. Турбулентная фильтрация</p> <p>Понятие о минимальной глубине подземного безнапорного потока.</p> <p>Приток безнапорных и напорных вод к колодцу. Особенности плавно и резко изменяющегося движения грунтовых вод. Дифференциальное уравнение установившегося неравномерного плавно изменяющегося движения грунтовых вод при линейном законе фильтрации. Фильтрация из каналов.</p>
9	Статика и динамика газов. Аэродинамика инженерных сетей	<p>Статика и динамика газов. Аэродинамический коэффициент. Аэрационные расчеты зданий и сооружений. Эпюры давлений газа. Плоскость равных давлений (нейтральные зоны) Гравитационный напор сосуда заполненного газом.</p> <p>Динамика газов. Уравнение Д. Бернулли для идеального и реального потока газа. Аэродинамика инженерных сетей.</p>
10	Гидравлический расчет трубопроводов	<p>Движение жидкости в напорных трубопроводах. Короткие трубопроводы постоянного диаметра. Основное расчетное уравнение простого трубопровода. Взаимодействие струи с твердыми преградами. Силы воздействия потока на стенки. Основное расчетное уравнение простого трубопровода.</p> <p>Горизонтальная и вертикальная водопускные трубы. Основы технико-экономического расчета простых трубопроводов.</p> <p>Определение экономически наиболее выгодного диаметра трубопровода. Сифонный трубопровод.</p> <p>Расчет подводящего всасывающего трубопровода центробежного насоса.</p> <p>Расчет распределительных водонапорных линий. Последовательное и параллельное соединение трубопроводов. Сложные трубопроводы.</p> <p>Трубопровод с насосной подачей.</p> <p>Расчет всасывающего трубопровода центробежного насоса.</p>
11	Гидромашины	<p><b>Общие сведения о гидромашинах.</b> Насосы и гидродвигатели. Классификация насосов.</p> <p>Принцип действия динамических и объемных насосов. Последовательное и параллельное соединение насосов.</p> <p>Кавитация в лопастных насосах.</p> <p>Кавитационная характеристика.</p> <p>Кавитационный запас. Формула Руднева и ее применение.</p>
	2	3

12	Центробежные насосы. Объемные насосы.	<p><b>Основные параметры насосов</b> Лопастные насосы. Явление кавитации. Коэффициент быстроходности.</p> <p>Типы лопастных насосов. Применение формул подобия для пересчета характеристик насосов. Регулирование подачи. Центробежные насосы. Уравнение Эйлера. Схемы одноступенчатых центробежных насосов. Теоретический напор насоса. Полезный напор. Потери энергии в насосе. Характеристика центробежных насосов. Объемные насосы. Принцип действия, общие свойства и классификация. Поршневые и плунжерные насосы. Индикаторная диаграмма. Графики идеальной подачи и ее неравномерность. Диафрагменные насосы. Роторные насосы.</p>
----	--	--

### 5.3.1 Лабораторные занятия (третий семестр)

**Таблица 5.1**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ
<b>М 1</b>	<b>Модуль 1. Гидростатика</b>	
1	Гидростатика	ВЛР. Лабораторная работа 1.1 «Измерение гидростатического давления и экспериментальное подтверждение закона Паскаля»
2	Силы гидростатического давления на твердые поверхности.	1. ВЛР. Лабораторная работа 1.1а (Бр.) «Определение гидростатического давления и плотности жидкости» 2. ВЛР. Лабораторная работа 1.4 Бр. «Определение силы давления жидкости на плоскую поверхность»
3	Приборы для измерения давления. Эпюры давления	ВЛР. Лабораторная работа 1.2 Бр. «Определение плотностей несмешивающихся жидкостей в сообщающихся сосудах»
4	Закон Архимеда. Плавание тел. Гидростатические машины	ВЛР. Лабораторная работа 1.3 Бр. «Гидравлический пресс. Определение сжимающей силы в гидравлическом прессе по показанию манометра»
5	Равновесие жидкости в движущемся сосуде	Лабораторная работа №1.5 Бр. «Относительное равновесие жидкости во вращающемся сосуде»

### 5.3.2 Лабораторные занятия (четвертый семестр)

Таблица 5.2

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ
<b>М 2</b>	<b>Модуль 2 Гидродинамика</b>	
1	Кинематика и механика жидкости	1. ВЛР. Лабораторная работа 1.2 «Определение опытным путем слагаемых уравнения Д. Бернули» (3 сечения; 7 сечений) 2. ВЛР. Лабораторная работа 1.9 Бр. «Определение зависимости между гидравлическим уклоном и средней скоростью при турбулентном движении воды»
2	Режимы движения жидкости и основы гидродинамического подобия	Лабораторная работа 1.3 «Экспериментальная иллюстрация ламинарного и турбулентного режимов движения жидкости, определение законов сопротивления и критического числа Рейнольдса»
3	Гидравлические потери. Потери напора в трубах. Местные гидравлические сопротивления.	1. ВЛР. Лабораторная работа 1.4 «Изучение гидравлических потерь по длине трубопровода и в местных сопротивлениях» 2. ВЛР. Лабораторная работа 1.8 Бр. «Построение напорной и пьезометрической линий для трубопровода сопротивления»
10	Истечение жидкости через отверстия и насадки	1. ВЛР. Лабораторная работа 1.5 «Изучение истечения жидкости через малые отверстия в тонкой стенке и насадки при постоянном напоре в атмосфере» 2. ВЛР. Лабораторная работа 1.10 Бр. «Определение коэффициентов расхода дроссельного прибора (диафрагмы) и водомера Вентури»
13	Неустановившееся движение жидкости. Гидравлический удар.	ВЛР. Лабораторная работа 1.6 «Экспериментальное изучение прямого гидравлического удара в напорном трубопроводе».
14	Фильтрация жидкости.	ВЛР. Лабораторная работа 1.7 «Изучение фильтрации в песчаном грунте на установке Дарси»

\*ВЛР – виртуальная лабораторная работа

#### 5.4. Практические (семинарские) занятия (не предусмотрены)

#### 6. Самостоятельная работа студентов по дисциплине

## 6.1 Темы для самостоятельного изучения

№ п/п	Темы для самостоятельного изучения (третий семестр)
1	Гидростатические законы для жидкости, находящейся в относительном покое. Дифференциальные уравнение поверхности равного давления в жидкости. Относительный покой жидкости находящейся в резервуаре, движущемся по наклонной плоскости с ускорением.
2	Плавание тел. Закон Архимеда.
3	Гидростатические машины.
4	Гидравлика газов. Уравнение равновесия газов. Уравнение Бернулли для элементарной струйки идеального газа. Уравнение неразрывности. Скорость звука в газе. Истечение газа через насадок.
5	Давление жидкости на плоские стенки. Центр давления. Эпюры гидростатического давления.
6	Местные потери напора при больших числах Рейнольдса.
7	Потери напора по длине при турбулентном установившемся движении жидкости для квадратичной области сопротивления. Формула Шези.
8	Истечение через насадки различного типа. Истечение при переменном напоре.
9	Фильтрация жидкости. Фильтрация через однородную земляную плотину. Закон Дарси. Фильтрация через неоднородный изотропный грунт.

## 6.2 Темы для самостоятельного изучения

№ п/п	Темы для самостоятельного изучения (четвертый семестр)
1	Установившееся и неустановившееся движение жидкости в напорных трубопроводах.
2	Определение экономически наиболее выгодного диаметра трубопровода.
3	Основы теории подобия насосов. Основные параметры насосов. Лопастные и поршневые насосы. Типы лопастных и поршневых насосов.
4	Явление кавитации. Коэффициент быстроходности. Применение формул подобия для пересчета характеристик насосов.
5	Устройство, классификация, рабочий процесс, основные параметры и уравнения гидротрансформаторов.
6	Объемные насосы. Принцип действия, общие свойства и классификация. Поршневые и плунжерные насосы.
7	Назначение принцип действия и характеристики. Гидроаккумуляторы. Фильтры.
8	Рабочие жидкости. Устройство и рабочий процесс гидромолоты. Основные параметры, уравнения и характеристика.
9	Дроссельные устройства. Назначение принцип действия и характеристики. Гидроаккумуляторы. Фильтры.

### **6.3 Учебно-методическое обеспечение для выполнения самостоятельной работы**

1. Глухов В.С. Основы гидравлики и теплотехники: Раздел 1. Основы Гидравлики [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Глухов В.С., Дикой А.А., Дикая И.В.— Электрон. текстовые данные.— Армавир: Армавирский государственный педагогический университет, 2019.— 293 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/82447.html>.— ЭБС «IPRbooks»
2. Савиновских А.Г. Гидравлика [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Савиновских А.Г., Коробейникова И.Ю., Новикова Д.А.— Электрон. текстовые данные.— Челябинск, Саратов: Южно-Уральский институт управления и экономики, Ай Пи Эр Медиа, 2019.— 168 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/81474.html>.— ЭБС «IPRbooks»
3. Бабаев М.А. Гидравлика [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Бабаев М.А.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Научная книга, 2019.— 191 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/81004.html>.— ЭБС «IPRbooks»
4. Гусев В.П. Основы гидравлики [Электронный ресурс]: учебное пособие для СПО/ Гусев В.П., Гусева Ж.А.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Профобразование, 2017.— 221 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66394.html>.— ЭБС «IPRbooks»

## **7. Оценочные средства**

### **7.1 Вопросы к первой рубежной аттестации** (третий семестр)

1. Реальные и идеальные жидкости, основные понятия и определения.
2. Физические свойства жидкостей. Плотность, удельный вес, объем, удельный объем.
3. Сжимаемость жидкости, Коэффициент объемного сжатия, температурного расширения. Упругость паров жидкости.
4. Назовите режимы движения жидкости и укажите их характерные особенности.
5. Поясните, что такое критерий Рейнольдса, и назовите факторы, от которых он зависит.
6. Поверхностное натяжение. Формула Лапласа.
7. Гидростатика. Гидростатическое давление (среднее, истинное). Единицы измерения давления. Поясните, что такое абсолютное и избыточное гидростатическое давление и какова связь между ними?
8. Поясните, что такое критическое число Рейнольдса?
9. Поясните, каким образом при гидравлических расчётах определяют режим движения жидкости и, с какой целью?
10. Гидростатическое давление и его свойства? Объясните, что понимают под терминами: «внешнее давление» и «весовое давление»? Что такое техническая и физическая атмосфера, в каких единицах выражается.
11. Основное уравнение гидростатики. Напишите и поясните основное уравнение гидростатики. Сформулируйте закон Паскаля.
12. Поясните, что такое критическая скорость, от каких факторов она зависит и как её определяют?

13. Напишите и поясните аналитические зависимости потерь напора по длине от средней скорости потока при ламинарном и турбулентном режимах движения жидкости.
14. Уравнение Эйлера.
15. Сообщающиеся сосуды. Определение уровня жидкости в сосуде. Определение плотности жидкости в сообщающихся сосудах. Определение давления на поверхности жидкости в сообщающихся сосудах.
16. Напишите и поясните формулы Дарси-Вейсбаха и Вейсбаха.
17. Поясните, как опытным путем определяют величины коэффициентов  $\lambda$  и  $\xi$ .
18. Назовите приборы для измерения избыточного гидростатического давления и поясните принцип их действия, основные формулы. Поясните, что такое пьезометрическая высота?
19. Приборы для измерения давления. Принцип действия пьезометра, на чем основан. Определение давления жидкости в пьезометре.
20. Что характеризуют коэффициенты  $\lambda$  и  $\xi$  от каких факторов в общем случае они зависят и как их определяют при гидравлических расчетах?
21. Объясните, что такое  $\Delta_z$  и  $\Delta_z/d$ , как найти величину  $\Delta_z$  при гидравлических расчетах.
22. Определение глубины погружения точки и ее параметры. Гидростатические машины. Принцип действия основные формулы.
23. Давление жидкости на стенки труб. Разрывающие усилия (труба, резервуар).
24. Назовите области гидравлического сопротивления трубопроводов и объясните, как определяют область сопротивления при гидравлических расчетах.
25. Изобразите схемы движения жидкости при резком повороте трубы на  $90^\circ$ , а также при резком расширении и резком сужении трубопровода и дайте пояснения к ним, указав, что характерно для движения потока при протекании его через любое местное сопротивление.

### **Карточка к первой рубежной аттестации (третий семестр)**

1. Схема движения жидкости. Элементарная струйка. Линия тока. Установившееся и неустановившееся движение жидкости. Средняя скорость потока. Расход жидкости. Уравнение расхода для элементарной струйки, потока. Уравнение неразрывности.
2. Поясните, что такое линия полного напора и пьезометрическая линия, что будут представлять собой эти линии при равномерном движении реальной жидкости? Что понимают под термином «живое сечение потока жидкости»?
3. Напишите и поясните формулы Дарси-Вейсбаха и Вейсбаха. Поясните, как опытным путем определяют величины коэффициентов  $\lambda$  и  $\xi$ . Что характеризуют коэффициенты  $\lambda$  и  $\xi$  от каких факторов в общем случае они зависят и как их определяют при гидравлических расчетах?

### **7.2 Вопросы ко второй рубежной аттестации (третий семестр)**

26. Какие приборы для измерения давления Вам известны?
27. Сформулируйте понятия гидравлического удара.
28. Прямой и непрямой гидравлический удар.
29. Чем отличается по назначению пьезометр от ртутного манометра?
30. Что называют относительным покоем жидкости?
31. Что такое фаза удара?

32. Объясните процесс изменения давления в трубопроводе, питаемом из резервуара, при прямом гидравлическом ударе.
33. Что называют поверхностями равного давления?
34. Сформулируйте закон Архимеда.
35. Напишите и поясните формулу Н. Е. Журавского для определения повышения давления при ударе.
36. Напишите и поясните формулу для определения скорости распространения ударной волны.
37. Принцип работы гидравлического пресса. КПД гидравлического пресса.
38. По какой формуле определяется сила давления жидкости на плоские горизонтальные площадки?
39. Что понимают под малым отверстием в тонкой стенке при истечении жидкости из отверстий?
40. Сжатое сечение, причины сжатия струи, чем оценивают величину сжатия струи?
41. Объясните, почему при истечении из насадок расход жидкости больше, чем при истечении из малого круглого отверстия в тонкой стенке?
42. По какой формуле определяется сила давления жидкости на плоские наклонные стенки. Центр давления.
43. Что называют насадкой, типы насадок, их назначение?
44. Коэффициент скорости. Что он учитывает, как определяется?
45. По какой формуле определяется сила давления жидкости на криволинейную поверхность?
46. Коэффициент расхода. Что он учитывает, как определяется?
47. Коэффициент сопротивления (отверстия, насадка). Как он определяется по опытным данным?
48. Что называют телом давления?

### **Карточка ко второй рубежной аттестации (третий семестр)**

1. Измерение расходов и скоростей жидкости (объемный и весовой способ).  
Расходомер Вентури, принцип действия.
2. Напишите и поясните формулу Н. Е. Журавского для определения повышения давления при ударе. Напишите и поясните формулу для определения скорости распространения ударной волны.
3. Что такое КПД насоса? Какие потери учитывает КПД насоса и его связь с другими КПД? Что называется характеристикой насоса? Что называется полем насоса Q-H и связь его с КПД насоса?

### **7.3 Вопросы к зачету по дисциплине «Гидравлика и нефтегазовая гидромеханика»** (третий семестр)

1. Реальные и идеальные жидкости, основные понятия и определения.
2. Физические свойства жидкостей. Плотность, удельный вес, объем, удельный объем.
3. Сжимаемость жидкости, Коэффициент объемного сжатия, температурного расширения. Упругость паров жидкости.
4. Назовите режимы движения жидкости и укажите их характерные особенности.

5. Поясните, что такое критерий Рейнольдса, и назовите факторы, от которых он зависит.
6. Поверхностное натяжение. Формула Лапласа.
7. Гидростатика. Гидростатическое давление (среднее, истинное). Единицы измерения давления. Поясните, что такое абсолютное и избыточное гидростатическое давление и какова связь между ними?
8. Поясните, что такое критическое число Рейнольдса?
9. Поясните, каким образом при гидравлических расчётах определяют режим движения жидкости и, с какой целью?
10. Гидростатическое давление и его свойства? Объясните, что понимают под терминами: «внешнее давление» и «весовое давление»? Что такое техническая и физическая атмосфера, в каких единицах выражается.
11. Основное уравнение гидростатики. Напишите и поясните основное уравнение гидростатики. Сформулируйте закон Паскаля.
12. Поясните, что такое критическая скорость, от каких факторов она зависит и как её определяют?
13. Напишите и поясните аналитические зависимости потерь напора по длине от средней скорости потока при ламинарном и турбулентном режимах движения жидкости.
14. Уравнение Эйлера.
15. Сообщающиеся сосуды. Определение уровня жидкости в сосуде. Определение плотности жидкости в сообщающихся сосудах. Определение давления на поверхности жидкости в сообщающихся сосудах.
16. Напишите и поясните формулы Дарси-Вейсбаха и Вейсбаха.
17. Поясните, как опытным путем определяют величины коэффициентов  $\lambda$  и  $\xi$ .
18. Назовите приборы для измерения избыточного гидростатического давления и поясните принцип их действия, основные формулы. Поясните, что такое пьезометрическая высота?
19. Приборы для измерения давления. Принцип действия пьезометра, на чем основан. Определение давления жидкости в пьезометре.
20. Что характеризуют коэффициенты  $\lambda$  и  $\xi$  от каких факторов в общем случае они зависят и как их определяют при гидравлических расчетах?
21. Определение глубины погружения точки и ее параметры. Гидростатические машины. Принцип действия основные формулы.
22. Какие приборы для измерения давления Вам известны?
23. Чем отличается по назначению пьезометр от ртутного манометра?
24. Что называют относительным покоем жидкости?



## Образец билета к зачету (третий семестр)

<b>Карточка № 7</b>	
к зачету по дисциплине "Гидравлика и нефтегазовая гидромеханика".	
1	Поясните, что такое линия полного напора и пьезометрическая линия, что будут представлять собой эти линии при равномерном движении реальной жидкости? Что понимают под термином «живое сечение потока жидкости»?
2	Напишите и поясните формулы Дарси-Вейсбаха и Вейсбаха. Поясните, как опытным путем определяют величины коэффициентов $\lambda$ и $\xi$ . Что характеризуют коэффициенты $\lambda$ и $\xi$ от каких факторов в общем случае они зависят и как их определяют при гидравлических расчетах?
3	Измерение расходов и скоростей жидкости (объемный и весовой способ). Расходомер Вентури, принцип действия.
Зав. Кафедрой "Т и Г": _____ / <u>Турлуев Р.А-В.</u>	

## 7.4 Текущий контроль

### Лабораторная работа 1.1

#### Измерение гидростатического давления и экспериментальное подтверждение закона Паскаля

##### 1. Цель работы:

1. Измерить с помощью пружинных манометров  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$  (рисунок 1.3) гидростатическое давление в трёх точках (1,2,3), заглублённых на различную величину под уровень жидкости соответственно на  $h_1$ ,  $h_2$ ,  $h_3$  находящейся в абсолютном покое под действием силы тяжести;
2. Подтвердить на основании опытных данных закон Паскаля;
3. Построить по данным опытов № 1, 2 в масштабе эпюру манометрического давления по глубине  $h$  (см. рис. 2).

##### 3. Основные контрольные вопросы (к лаб. работе 1.1)

1. Что такое гидростатическое давление и каковы его свойства?
2. Поясните, что такое абсолютное и избыточное гидростатическое давление и какова связь между ними?
3. Объясните, что понимают под терминами: «внешнее давление» и «весовое давление»?
4. Напишите и поясните основное уравнение гидростатики.
5. Сформулируйте закон Паскаля.
6. Назовите приборы для измерения избыточного гидростатического давления и поясните принцип их действия.
7. Поясните, что такое пьезометрическая высота?
8. В чём состояло принципиальное отличие в условиях проведения первого и второго опытов?

9. Для чего нужно знать превышение оси вращения стрелки пружинного манометра над точкой его подключения?

10. Эпюра гидростатического давления, как ее строят и с какой целью?

## Лабораторная работа 1.1а (Бр.)

### Определение гидростатического давления и плотности жидкости

#### 1. Цель работы:

1. Определить цену деления стрелочного манометра в атмосферах,  $\text{кг/м}^2$ , м вод. ст., мм рт. ст., Па, учитывая, что манометр имеет сто элементарных делений.
2. Определить плотность второй жидкости, считая, что в левом дифференциальном пьезометре – вода.

#### 4. Основные контрольные вопросы (к лаб. работе 1.1а Бр.)

1. Что понимают под свободной поверхностью жидкости?
2. Какими свойствами обладает *единичное гидростатическое давление*?
3. Единичное гидростатическое давление это-
4. От чего зависит Единичное гидростатическое давление?
5. Если на свободную поверхность жидкости действует атмосферное давление  $p_0$ , то общее или абсолютное давление в точке жидкости: выразится формулой ....
6. Если на свободную поверхность жидкости действует давление  $p_m$  – больше, чем атмосферное ( $p_m > p_a$ ), то абсолютное давление в точке жидкости найдем по формуле:
7. Под избыточным давлением понимают ...
8. Напишите и объясните основное уравнение гидростатики
9. Что и в каких единицах измеряет: жидкостной манометр, пьезометр. Какого давления Пьезометр даёт показание...
10. Как определяется высота жидкости в пьезометре. Приведите формулу.
11. Приведите формулу для измерения пьезометром давления, равного одной атмосфере в сосуде заполненном водой?
12. Приведите формулу для измерения пьезометром давления, равного одной атмосфере в сосуде заполненном ртутью?
13. Для определения разности давлений в двух произвольно взятых точках применяют...
14. Жидкостной дифманометр дает показания....., выраженной в ..... жидкости.
15. Как называется поверхность, на протяжении которой гидростатическое давление не меняется.
16. Горизонтальная плоскость в жидкости, находящейся в покое под действием силы тяжести называется (нарисуйте, дайте определения)?

## Лабораторная работа 1.2 Бр.

### Определение плотностей несмешивающихся жидкостей в сообщающихся сосудах

#### 1. Цель работы:

Определить в сообщающихся сосудах плотности двух несмешивающихся жидкостей

#### Основные контрольные вопросы (к лаб. раб. 1.2 Бр.):

1. Как будет располагаться поверхность равного давления в сообщающихся сосудах?
2. Как называется плоскость, проходящая через точки с одинаковым единичным гидростатическим давлением?
3. Если давление на свободные поверхности в обоих сосудах одинаково, то эти поверхности будут ...
4. Если давление на свободные поверхности в обоих сосудах неодинаково, то то уровень свободной поверхности в сосуде с ...
5. По прекращении движения жидкости из одного сосуда в другой наступит..... т.е. сила давления на свободную поверхность жидкости в сосуде А будет ...
6. Абсолютное давление  $p_1$  будет равно....., а давление  $p_2$  будет определяться .....
7. Что определяет разность уровней свободных поверхностей ?
8. Как и по каким формулам определим абсолютное давление в сообщающихся сосудах
9. Если плотность  $\rho_1$  в сообщающихся сосудах известна, как определить плотность  $\rho_2$ .
10. Если давление на свободную поверхность жидкости сосудов А и Б неодинаково , то как определить абсолютное давление в т.1 и т.2.

## Лабораторная работа 1.3 Бр.

### Гидравлический пресс. Определение сжимающей силы в гидравлическом прессе по показанию манометра

#### 1. Цель работы:

Определение силы и давления, создаваемое гидравлическим прессом.

#### Основные контрольные вопросы (к лаб. раб. 1.3 Бр.):

1. Назначение и применение гидравлического пресса.
2. Что представляют из себя гидростатические машины?
3. На чем основан принцип действия гидростатических машин?
4. Нарисуйте и объясните схему работы гидроаккумулятора.
5. Выведите коэффициента полезного действия пресса  $\eta$
6. Для чего предназначен Гидравлический аккумулятор?
7. Как рассчитывается энергия, накопленная аккумулятором при полном подъеме плунжера?
8. Как определить гидростатическое давление, создаваемое гидроаккумулятором
9. Гидростатическое давление, создаваемое аккумулятором, будет тем....., чем меньше площадь сечения плунжера.
10. Каким уравнением определяется полная работа, совершаемая гидроаккумулятором?

## Лабораторная работа 1.4 Бр.

### Определение силы давления жидкости на плоскую поверхность

#### 1. Цель работы:

1. Определение силы суммарного давления воды на плоскую стенку.
2. Расчет положения центра давления.
3. Построение эпюры давления и вычисление ее объема.

#### 5. Основные контрольные вопросы (к лаб. раб. №1.4 Бр.):

1. Что представляет собой Сила давления на плоскую поверхность?
2. Как определяется Сила давления на плоскую поверхность?
3. Что следует иметь ввиду при определении силы давления жидкости на стенку сосуда?
4. Силу давления можно определить не только по уравнению...
5. Что называется центром давления?
6. Положение центра давления для стенок, обладающих вертикальной осью симметрии, при учете только избыточного давления находится с помощью?
7. Что такое Линия уреза?
8. Она всегда больше нуля и равна нулю только при горизонтальном положении стенки.
9. Какая величина называется эксцентриситетом гидростатического давления?
10. Эксцентриситетом гидростатического давления всегда .....нуля и равна нулю только при .....
11. Следовательно, центр давления всегда расположен .....и совпадает с..... При горизонтальном положении стенки.
12. Какое расположение площади стенки отвечает максимальному значению эксцентриситета?

## Лабораторная работа №1.5 Бр.

### Относительное равновесие жидкости во вращающемся сосуде

#### 1. Цель работы:

1. Определение частоты вращения вращающегося сосуда,  $n$ .
2. Построение свободной поверхности жидкости опытным и расчетным путем.
3. Построение эпюры избыточного давления на дно сосуда.

#### 4. Основные контрольные вопросы (к лаб. раб. 1.5 Бр.):

1. Какая сила действует при состоянии относительного равновесия жидкости в сосуде, вращающемся вокруг вертикальной оси с постоянной угловой скоростью  $\Omega$ ?
2. Под относительным равновесием в гидравлике при движении частиц жидкости в пространстве понимается...
3. В результате действия центробежной массовой силы свободная поверхность жидкости представится ...
4. Центробежная массовая сила  $F_{ц}$  действует в направлении...
5. Появление центробежной массовой силы  $F_{ц}$  вызывает изменение ....
6. С учетом действия сил тяжести и центробежной силы, получите уравнение поверхности равного давления
7. Поясните, что такое относительный покой жидкости, и приведите примеры использования этого явления в технике.

8. Поясните, что представляет собой свободная поверхность жидкости во вращающемся цилиндрическом сосуде, напишите уравнение этой поверхности.
9. Назовите силы, действующие на каждую частицу жидкости во вращающемся цилиндрическом сосуде, укажите ускорения, вызываемые этими силами. Поясните ответ схемой.
10. Напишите и поясните закон распределения гидростатического давления по глубине жидкости во вращающемся резервуаре.
11. Напишите и поясните формулу для определения высоты параболоида вращения.
12. Изобразите и прокомментируйте эпюру гидростатического давления по дну вращающегося цилиндра с жидкостью.
13. Напишите и поясните закон распределения гидростатического давления по дну цилиндра в жидкости, вращающейся вместе с сосудом вокруг вертикальной оси.
14. Какие силы действуют на жидкость, находящуюся во вращающемся сосуде, как выражаются эти силы?
15. Объясните, как будет направлен вектор равнодействующей сил, действующих на каждую частицу вращающейся жидкости, по отношению к свободной поверхности?
16. Объясните, почему свободная поверхность жидкости во вращающемся цилиндрическом сосуде является криволинейной?
17. Поясните, что такое относительный покой жидкости, и приведите примеры использования этого явления в технике.
18. Поясните, что представляет собой свободная поверхность жидкости во вращающемся цилиндрическом сосуде, напишите уравнение этой поверхности.
19. Назовите силы, действующие на каждую частицу жидкости во вращающемся цилиндрическом сосуде, укажите ускорения, вызываемые этими силами. Поясните ответ схемой.
20. Напишите и поясните закон распределения гидростатического давления по глубине жидкости во вращающемся резервуаре.
21. Напишите и поясните формулу для определения высоты параболоида вращения.
22. Изобразите и прокомментируйте эпюру гидростатического давления по дну вращающегося цилиндра с жидкостью.
23. Напишите и поясните закон распределения гидростатического давления по дну цилиндра в жидкости, вращающейся вместе с сосудом вокруг вертикальной оси.
24. Какие силы действуют на жидкость, находящуюся во вращающемся сосуде, как выражаются эти силы?
25. Объясните, как будет направлен вектор равнодействующей сил, действующих на каждую частицу вращающейся жидкости, по отношению к свободной поверхности?

26. Объясните, почему свободная поверхность жидкости во вращающемся цилиндрическом сосуде является криволинейной?

## **7.5 Практические работы дисциплина «Гидрогазодинамика» (5 семестр) 17 ч.**

### **Практическая работа №1 (2ч.)**

#### **Изучение темы «Основные физические свойства жидкости».**

Пояснение понятий и определений: «Идеальная жидкость». «Ньютоновские и неньютоновские жидкости. Плотность, удельный вес, удельный объем, Объемное сжатие. Температурное расширение. Упругость паров, Поверхностное натяжение (капиллярность). Вязкость жидкости. Коэффициент динамической вязкости. Коэффициент кинематической вязкости.

#### **Решение практических задач:**

#### **Контрольные вопросы**

1. Что такое гидравлика, аэродинамика, механика жидкости и газа?
2. Назовите основные физические свойства капельных жидкостей
3. Какая связь существует между плотностью и удельным весом жидкости?
4. Укажите их размерность в системе СИ.
5. Какую жидкость называют идеальной?
6. В чем смысл гипотезы вязкого трения Ньютона?
7. Какова связь между динамическим и кинематическим коэффициентами вязкости жидкости?
8. Каков физический смысл коэффициента динамической вязкости?
9. В чем отличие ньютоновской жидкости от неньютоновской?
10. Что называют плотностью жидкости?
11. Что называют удельным весом жидкости?
12. Что называют температурным расширением жидкости?
13. Что называют сжимаемостью жидкости?
14. Как зависит сжимаемость жидкости от давления?
15. Что называют вязкостью жидкости?
16. Как зависит испаряемость жидкости от давления и температуры?
17. Каково общее свойство капельных и газообразных жидкостей и что является их отличительным признаком?
18. Что такое вязкость жидкости? Какими коэффициентами она характеризуется?
19. В чем состоит сущность закона вязкости Ньютона?
20. Какими приборами определяется вязкость жидкости? Что такое условная вязкость?

21. Как изменяется кинематическая вязкость жидкостей и газов при изменении температуры?
22. Что такое идеальная и реальная жидкости?
23. Что называется гидростатическим давлением? В каких единицах оно измеряется?

### **Практическая работа №2 (2ч.)**

#### **Изучение темы «Гидростатика, гидростатическое давление».**

Атмосферное давление, *избыточное* или *манометрическое*, давление, вакуум. Силы давления на жидкость. Основные понятия о гидростатическом давлении. Сила давления атмосферного воздуха или поршня на поверхность жидкости. Сила тяжести. Силы инерции, центробежная, центростремительная и т.п.

Условия равновесия (покоя) жидкости. Поверхностные силы (силы давления на свободную поверхность жидкости). Массовые силы (силы тяжести).

Абсолютное единичное гидростатическое давление в точке жидкости. Единичное гидростатическое давление. Избыточное давление, абсолютное давление. Два основных свойства гидростатического давления. Основное уравнение гидростатики. Закон Паскаля. Определение давления и плотности жидкости. Соотношения между единицами давления.

#### **Решение практических задач:**

##### **Контрольные вопросы**

1. Каковы основные свойства гидростатического давления?
2. Какими приборами измеряется гидростатическое давление?
3. Что такое пьезометрическая высота, пьезометрический напор?
4. В чем состоит сущность закона Паскаля? Приведите примеры практического использования закона Паскаля.
5. Что такое эпюра гидростатического давления? Приведите примеры построения Эпюр на плоские и криволинейные поверхности.
6. Напишите формулу для определения силы давления жидкости на горизонтальное дно. Гидростатический парадокс.
7. Какие жидкости относятся к аномальным?
8. В чем отличие аномальных жидкостей от ньютоновских?
9. Что характеризует испаряемость жидкости?
10. От чего зависит растворимость газов в жидкости?
11. Что такое коэффициент растворимости?
12. При каких условиях происходит выделение газа из жидкости?

## **Практическая работа №3 (2ч.)**

### **Изучение темы: Приборы и методы измерения давления**

Стрелочные манометры мембранного и сильфонного типов. Жидкостной манометр (пьезометр). Определение высоты жидкости в пьезометре. Ртутный пьезометр. Дифференциальный (разностный) манометр. Поверхности равного давления (уровня). Эпюры гидростатического давления.

Выполнение практической работы: Определение плотности жидкости в сообщающихся сосудах

Цель работы:

1. Определить цену деления стрелочного манометра в атмосферах,  $\text{кг/м}^2$ , м вод. ст., мм рт. ст, Па, учитывая, что манометр имеет сто элементарных делений.

2. Определить плотность второй жидкости, считая, что в левом дифференциальном пьезометре – вода.

### **Оборудование и приборы:**

Две и образные дифференциальные трубки, манометр для измерения давления дозировочный насос, ресивер, линейка для измерения уровня жидкости.

### **Решение практических задач:**

### **Контрольные вопросы**

1. Что называется полным (абсолютным) давлением (показать схематически)?
2. Что называется избыточным давлением и вакуумом?
3. Что называется пьезометрическим и гидростатическим напором?
4. Раскрыть энергетическую сущность основного уравнения гидростатики.
5. Сформулируйте закон Паскаля.
6. Какие гидравлические устройства основаны на законе Паскаля?
7. По каким формулам определяется сила давления и центр давления на цилиндрические поверхности?
8. Что такое тело давления? Как определяется тело давления при отсутствии свободной поверхности?
9. Как определяется давление жидкости в круглой трубе?
10. По какой формуле определяется сила гидростатического давления жидкости на колено трубы?
11. Свойства гидростатического давления?
12. Назовите виды гидростатического давления. В каких единицах системы СИ оно измеряется?
13. Каковы соотношения между абсолютным давлением, вакуумметрическим и избыточным?



14. Укажите уравнение равновесия жидкости в поле земного тяготения.
15. Что такое поверхность равного давления (поверхность уровня)?
16. Какова форма поверхности равного давления при абсолютном покое жидкости, в случае движения сосуда по горизонтальной поверхности с ускорением, при вращении сосуда вокруг вертикальной оси?
17. Какими приборами измеряют давление жидкости?
18. Какие виды пьезометров существуют? Для чего они предназначены?
19. Чем отличается гидростатический напор от пьезометрического?

#### **Практическая работа №4 (2ч.)**

**Изучение темы:** Гидростатические машины. Гидравлический пресс.  
Гидроаккумулятор

#### **Решение практических задач:**

**Изучение темы:** Плавание тел. Закон Архимеда.

Выталкивающая сила. Действие сил на тело, полностью погруженное в жидкость. Равнодействующая сила гидростатического давления. Объем погруженного тела в жидкость. *Вес жидкости в объеме погруженного тела. Обеспечение равновесия тела, погруженного в жидкость. Равновесия неоднородных тел, погруженных в жидкость.*

#### **Решение практических задач:**

##### **Контрольные вопросы**

1. Что называется поверхностью уровня (поверхностью равного давления)?
2. Перечислите свойства поверхности уровня.
3. Что представляет собой поверхность уровня в поле сил тяготения?
4. Раскрыть физический смысл членов, входящих в основное дифференциальное уравнение гидростатики.
5. Раскрыть физический смысл членов, входящих в основное интегральное уравнение равновесия.
6. Что называется полным (абсолютным) давлением (показать схематически)?
7. Что называется избыточным давлением и вакуумом?
8. Что называется пьезометрическим и гидростатическим напором?
9. Раскрыть энергетическую сущность основного уравнения гидростатики.
10. Сформулируйте закон Паскаля.
11. Какие гидравлические устройства основаны на законе Паскаля?

12. По каким формулам определяется сила давления и центр давления на цилиндрические поверхности?
13. Что такое тело давления? Как определяется тело давления при отсутствии свободной поверхности?
14. Как определяется давление жидкости в круглой трубе?
15. По какой формуле определяется сила гидростатического давления жидкости на колесо трубы?
16. Как формулируется закон Архимеда?
17. Что такое остойчивость плавающего тела?
18. Что называется метацентром и метацентрическим радиусом?

### **Практическая работа №5 (6ч.)**

#### **Изучение темы: Давление жидкости на плоские и ограждающие поверхности**

Давление жидкости на плоскую горизонтальную поверхность. Величина силы гидростатического давления на плоскую горизонтальную поверхность. Точка приложения силы гидростатического давления на плоскую горизонтальную поверхность. Гидростатический парадокс.

Величина силы гидростатического давления на произвольно ориентированную плоскую поверхность. Точка приложения силы гидростатического давления на произвольно ориентированную плоскую поверхность. Центр тяжести смоченной поверхности. Центр давления. Эксцентриситет. Линия уреза.

Величина суммарной (результатирующей) силы гидростатического давления на плоскую вертикальную поверхность при действии нескольких разнородных жидкостей. Точка приложения суммарной силы гидростатического давления на плоскую вертикальную поверхность при действии нескольких разнородных жидкостей.

Величина силы гидростатического давления на криволинейную поверхность. Величина горизонтальной составляющей силы гидростатического давления на криволинейную поверхность. Линия действия горизонтальной составляющей силы гидростатического давления на криволинейную поверхность. Величина вертикальной составляющей силы гидростатического давления на криволинейную поверхность. Тело давления. Пьезометрическая плоскость. Теорема Гюльдена. Линия действия вертикальной составляющей силы гидростатического давления на криволинейную поверхность. Точка приложения силы гидростатического давления на криволинейную поверхность.

При изучении материала этой темы необходимо усвоить, что величина силы гидростатического давления на дно сосуда зависит от плотности жидкости, высоты заполнения сосуда и площади дна сосуда, но не зависит от формы и объема сосуда. Знать, как определяется

сила гидростатического давления, действующая на поверхность со стороны газа. Изучить определение вертикальной составляющей силы гидростатического давления, воспринимаемого криволинейной поверхностью, отдельные части которой нависают друг над другом.

### **Решение практических задач:**

#### **Контрольные вопросы**

1. В чем суть гидростатического парадокса?
2. Чему равна величина силы гидростатического давления жидкости на плоские горизонтальные поверхности?
3. Чему равна величина силы гидростатического давления жидкости на плоские вертикальные поверхности?
4. Чему равна величина силы гидростатического давления жидкости на плоские наклонные поверхности?
5. Как определить точку приложения силы гидростатического давления на плоскую наклонную стенку?
6. Чему равна величина силы гидростатического давления жидкости на криволинейную поверхность?
7. Как определить точку приложения суммарной силы гидростатического давления на криволинейную поверхность?
8. Что такое центр давления?
9. Что такое эксцентриситет?
10. Почему центр давления всегда находится ниже центра тяжести смоченной поверхности плоской вертикальной стенки?

### **Практическая работа №6 (3ч.)**

#### **Изучение темы:** Относительный покой жидкости.

Три случая относительного покоя жидкости. Жидкость находится в равновесии в резервуаре только под действием силы тяжести. Жидкость находится в равновесии в резервуаре, движущемся горизонтально с некоторым ускорением. Жидкость находится в равновесии в цилиндрическом резервуаре, вращающемся вокруг вертикальной оси с постоянной скоростью.

### **Решение практических задач:**

#### **Контрольные вопросы**

27. Какая сила действует при состоянии относительного равновесия жидкости в сосуде, вращающемся вокруг вертикальной оси с постоянной угловой скоростью  $\omega$  ?

28. Под относительным равновесием в гидравлике при движении частиц жидкости в пространстве понимается...
29. В результате действия центробежной массовой силы свободная поверхность жидкости представится ...
30. Центробежная массовая сила  $F_{ц}$  действует в направлении...
31. Появление центробежной массовой силы  $F_{ц}$  вызывает изменение ....
32. С учетом действия сил тяжести и центробежной силы, получите уравнение поверхности равного давления
33. Поясните, что такое относительный покой жидкости, и приведите примеры использования этого явления в технике.
34. Поясните, что представляет собой свободная поверхность жидкости во вращающемся цилиндрическом сосуде, напишите уравнение этой поверхности.
35. Назовите силы, действующие на каждую частицу жидкости во вращающемся цилиндрическом сосуде, укажите ускорения, вызываемые этими силами. Поясните ответ схемой.
36. Напишите и поясните закон распределения гидростатического давления по глубине жидкости во вращающемся резервуаре.
37. Напишите и поясните формулу для определения высоты параболоида вращения.
38. Изобразите и прокомментируйте эпюру гидростатического давления по дну вращающегося цилиндра с жидкостью.
39. Напишите и поясните закон распределения гидростатического давления по дну цилиндра в жидкости, вращающейся вместе с сосудом вокруг вертикальной оси.
40. Какие силы действуют на жидкость, находящуюся во вращающемся сосуде, как выражаются эти силы?
41. Объясните, как будет направлен вектор равнодействующей сил, действующих на каждую частицу вращающейся жидкости, по отношению к свободной поверхности?
42. Объясните, почему свободная поверхность жидкости во вращающемся цилиндрическом сосуде является криволинейной?
43. Поясните, что такое относительный покой жидкости, и приведите примеры использования этого явления в технике.
44. Поясните, что представляет собой свободная поверхность жидкости во вращающемся цилиндрическом сосуде, напишите уравнение этой поверхности.
45. Назовите силы, действующие на каждую частицу жидкости во вращающемся цилиндрическом сосуде, укажите ускорения, вызываемые этими силами. Поясните ответ схемой.

46. Напишите и поясните закон распределения гидростатического давления по глубине жидкости во вращающемся резервуаре.
47. Напишите и поясните формулу для определения высоты параболоида вращения.
48. Изобразите и прокомментируйте эпюру гидростатического давления по дну вращающегося цилиндра с жидкостью.
49. Напишите и поясните закон распределения гидростатического давления по дну цилиндра в жидкости, вращающейся вместе с сосудом вокруг вертикальной оси.
50. Какие силы действуют на жидкость, находящуюся во вращающемся сосуде, как выражаются эти силы?
51. Объясните, как будет направлен вектор равнодействующей сил, действующих на каждую частицу вращающейся жидкости, по отношению к свободной поверхности?
52. Объясните, почему свободная поверхность жидкости во вращающемся цилиндрическом сосуде является криволинейной?

### **7.6 Вопросы к первой рубежной аттестации** (четвертый семестр)

1. Основы гидродинамики. Гидростатические элементы потока (смоченный периметр, напорное движение, гидравлический радиус).
2. Схема движения жидкости. Элементарная струйка. Линия тока. Установившееся и неустановившееся движение жидкости. Средняя скорость потока. Расход жидкости. Уравнение расхода для элементарной струйки, потока. Уравнение неразрывности.
3. Объясните, что такое  $\Delta_z$  и  $\Delta_z/d$ , как найти величину  $\Delta_z$  при гидравлических расчетах.
4. Давление жидкости на стенки труб. Разрывающие усилия (труба, резервуар).
5. Назовите области гидравлического сопротивления трубопроводов и объясните, как определяют область сопротивления при гидравлических расчетах.
6. Изобразите схемы движения жидкости при резком повороте трубы на  $90^0$ , а также при резком расширении и резком сужении трубопровода и дайте пояснения к ним, указав, что характерно для движения потока при протекании его через любое местное сопротивление.
7. Прямой и непрямой гидравлический удар.
8. Сформулируйте понятия гидравлического удара.
9. Что такое кавитация, каковы её внешние признаки?
10. Что называется кавитационным запасом  $\Delta h$  и как его определить при испытаниях?
11. Что называется критическим кавитационным запасом  $\Delta h_{кр}$ ?
12. Вывод уравнения Бернулли. Уравнение Бернулли для элементарной струйки реальной жидкости. Геометрический и энергетический смысл слагаемых уравнения Д. Бернулли.
13. Как называется коэффициент  $\alpha$ , входящий в уравнение Д. Бернулли для потока реальной жидкости, что он учитывает и от чего зависит его величина?
14. Что называется допускарным кавитационным запасом  $\Delta h_{доп}$ ?
15. Формула Руднева для определения критического кавитационного запаса?
16. Что такое высота всасывания и как она связана с кавитацией?

17. Объясните, что обусловлены потери полного напора и каков их энергетический смысл? Поясните, что понимают под термином "удельная энергия"?
18. Объясните термины "местная скорость" и "средняя скорость" и укажите, как определяют эти скорости?
19. Скоростная трубка и трубка Пито?
20. Поясните, что такое линия полного напора и пьезометрическая линия, что будут представлять собой эти линии при равномерном движении реальной жидкости? Что понимают под термином «живое сечение потока жидкости»?
21. Назовите режимы движения жидкости и укажите их характерные особенности. Поясните, что такое критерий Рейнольдса, и назовите факторы, от которых он зависит. Поясните, что такое критическое число Рейнольдса?
22. Поясните, каким образом при гидравлических расчётах определяют режим движения жидкости и, с какой целью? Поясните, что такое критическая скорость, от каких факторов она зависит и как её определяют? Напишите и поясните аналитические зависимости потерь напора по длине от средней скорости потока при ламинарном и турбулентном режимах движения жидкости.
23. Напишите и поясните формулы Дарси-Вейсбаха и Вейсбаха. Поясните, как опытным путем определяют величины коэффициентов  $\lambda$  и  $\xi$ . Что характеризуют коэффициенты  $\lambda$  и  $\xi$  от каких факторов в общем случае они зависят и как их определяют при гидравлических расчетах?
24. Объясните, что такое  $\Delta z$  и  $\Delta z/d$ , как найти величину  $\Delta z$  при гидравлических расчетах. Назовите области гидравлического сопротивления трубопроводов и объясните, как определяют область сопротивления при гидравлических расчетах.
25. Изобразите схемы движения жидкости при резком повороте трубы на  $90^\circ$ , а также при резком расширении и резком сужении трубопровода и дайте пояснения к ним, указав, что характерно для движения потока при протекании его через любое местное сопротивление.
26. Что понимают под малым отверстием в тонкой стенке при истечении жидкости из отверстий?  
Сжатое сечение, причины сжатия струи, чем оценивают величину сжатия струи?
27. Что называют насадкой, типы насадок, их назначение? Коэффициент скорости. Что он учитывает, как определяется? Коэффициент расхода. Что он учитывает, как определяется? Коэффициент сопротивления (отверстия, насадка). Как он определяется по опытным данным? Объясните, почему при истечении из насадок расход жидкости больше, чем при истечении из малого круглого отверстия в тонкой стенке?
28. Напишите и поясните формулы для определения скорости и расхода при истечении жидкости из отверстий и насадок в атмосферу при постоянном напоре.
29. Изобразите и поясните схемы истечения жидкости из малого отверстия в тонкой стенке и через внешний цилиндрический насадок в атмосферу.
30. Что называется кавитационной характеристикой и как она изображается графически?
31. Что называется частной кавитационной характеристикой и как её получить при испытаниях?

### **Карточка к первой рубежной аттестации (четвертый семестр)**

1. Схема движения жидкости. Элементарная струйка. Линия тока. Установившееся и

неустановившееся движение жидкости. Средняя скорость потока. Расход жидкости.

Уравнение расхода для элементарной струйки, потока. Уравнение неразрывности.

2. Поясните, что такое линия полного напора и пьезометрическая линия, что будут представлять собой эти линии при равномерном движении реальной жидкости? Что понимают под термином «живое сечение потока жидкости»?
3. Напишите и поясните формулы Дарси-Вейсбаха и Вейсбаха. Поясните, как опытным путем определяют величины коэффициентов  $\lambda$  и  $\xi$ . Что характеризуют коэффициенты  $\lambda$  и  $\xi$  от каких факторов в общем случае они зависят и как их определяют при гидравлических расчетах?

### **7.7 Вопросы ко второй рубежной аттестации** (четвертый семестр)

1. Измерение расходов и скоростей жидкости (объемный и весовой способ).
2. Расходомер Вентури, принцип действия.
3. Гидравлические сопротивления. Вязкость жидкости. Законы внутреннего трения.
4. Режимы движения жидкости (ламинарный, турбулентный).
5. Сформулируйте понятия гидравлического удара.
6. Порядок работы при снятии частной кавитационной характеристики
7. Как получают кавитационную характеристику центробежного насоса?
8. Прямой и непрямой гидравлический удар. Что такое фаза удара? Объясните процесс изменения давления в трубопроводе, питаемом из резервуара, при прямом гидравлическом ударе.
9. Напишите и поясните формулу Н. Е. Журавского для определения повышения давления при ударе. Напишите и поясните формулу для определения скорости распространения ударной волны.
10. Назовите технические показатели насоса. Что такое подача насоса, идеальная подача и как она определяется при испытаниях? Что такое напор насоса и как его определить по показаниям приборов? Что такое мощность насоса и полезная мощность?
11. Что такое КПД насоса? Какие потери учитывает КПД насоса и его связь с другими КПД? Что называется характеристикой насоса? Что называется полем насоса  $Q-H$  и связь его с КПД насоса?
12. Что такое гидродинамическая передача?
13. Назначение гидродинамических передач?
14. В чем различие между гидромуфтой и гидротрансформатором?
15. Как изменяются подача, напор и мощность насоса при изменении частоты вращения рабочего колеса?
16. Что такое кавитация, каковы её внешние признаки? Что называется кавитационным запасом  $\Delta h$  и как его определить при испытаниях?
17. Что называется критическим кавитационным запасом  $\Delta h_{кр}$ ? Что называется допускаемым кавитационным запасом  $\Delta h_{доп}$ ? Формула Руднева для определения критического кавитационного запаса?
18. Как определить мощность на насосном и турбинном лопастных колесах?
19. Что такое КПД, передаточное отношение, скольжение и какая между ними связь?
20. Что такое универсальная и приведенная характеристики и как они изображаются?
21. Что такое высота всасывания и как она связана с кавитацией? Что называется

- кавитационной характеристикой и как она изображается графически? Что называется частной кавитационной характеристикой и как её получить при испытаниях?
22. Что называется объемным насосом, какие вы знаете объемные насосы? Что называется характеристикой объемного насоса? Изобразите характеристику этого насоса.
  23. Что такое коэффициент момента и как его определить?
  24. Какие гидромолы называются регулируемыми?
  25. Назовите и поясните основные технические показатели объемных насосов.
  26. Что называется напорной характеристикой объемного нерегулируемого насоса, каково её графическое изображение?
  27. Что такое коэффициент утечек насоса и как он связан с объемным коэффициентом полезного действия?
  28. Напишите и поясните уравнение напорной характеристики объемного насоса.
  29. Как определить мощность приводного двигателя объемного насоса по его параметрам.

### **Карточка ко второй рубежной аттестации (четвертый семестр)**

1. Измерение расходов и скоростей жидкости (объемный и весовой способ).  
Расходомер Вентури, принцип действия.
2. Напишите и поясните формулу Н. Е. Журавского для определения повышения давления при ударе. Напишите и поясните формулу для определения скорости распространения ударной волны.
3. Что такое КПД насоса? Какие потери учитывает КПД насоса и его связь с другими КПД? Что называется характеристикой насоса? Что называется полем насоса Q-H и связь его с КПД насоса?

### **7.8 Тесты по Модулю 1 Гидростатика**

Гидростатика изучает:

- A. Законы движения жидкости.
- B. Законы покоя жидкости.
- C. Законы установившегося движения жидкости.
- D. Законы неустановившегося движения жидкости.
- E. Законы равновесия жидкостей и рассматривается практическое приложение этих законов.

ANSWER: D,E

Силы, действующие на ограниченный объем жидкости, в гидравлике принято делить на:

- A. Прямые и обратные;
- B. Внешние и наружные;
- C. Внутренние и внешние;
- D. Нормальные и перпендикулярные;
- E. Касательные и наружные.

ANSWER: C

Силы, действующие на ограниченный объем жидкости, в гидравлике принято делить на:

- A. Прямые и обратные;
- B. Внешние и наружные;



С. Нормальные и перпендикулярные;

Д. Касательные и наружные.

Е. Нет правильного ответа

ANSWER: E

Внутренние силы действующие на ограниченный объем жидкости представляют собой:

А. Силы противодействия между отдельными частицами рассматриваемого объема жидкости;

В. Силы взаимодействия между отдельными частицами рассматриваемого объема жидкости;

С. Силы направленные внутрь объема жидкости;

Д. Силы, направленные вдоль объема жидкости.

ANSWER: B

Внешние силы, действующие на ограниченный объем жидкости делятся:

А. Прямые и обратные;

В. На силы поверхностные, приложенные к поверхностям, ограничивающим объем жидкости и силы объемные, непрерывно распределенные по всему объему жидкости.

С. Нормальные и перпендикулярные;

Д. На силы массовые, прерывно распределенные по всей массе жидкости, и силы объемные, прерывно распределенные по всему объему жидкости.

Е. Все ответы неправильные.

ANSWER: B

Идеальной, или совершенной жидкостью называется жидкость, которая:

А. Обладает абсолютной несжимаемостью, имеет температурное расширение, оказывает сопротивление растягивающим и сдвигающим усилиям;

В. Не обладает вязкостью, характеризуется полным отсутствием температурного расширения;

С. Обладает абсолютной несжимаемостью, полным отсутствием температурного расширения и не оказывает сопротивления растягивающим и сдвигающим усилиям;

Д. Нет правильного ответа

ANSWER: B,C

Вязкость жидкости:

А. Это свойство жидкости изменять свой объём под давлением;

В. Это свойство жидкости менять свою форму под действием сил незначительной величины;

С. Это свойство жидкости оказывать сопротивление относительному сдвигу соседних слоев;

Д. Нет правильного ответа.

ANSWER: C

Сколько Паскалей составляет одна атмосфера?

## **7.9 Вопросы к экзамену по дисциплине «Гидравлика и нефтегазовая гидромеханика» (четвертый семестр)**

1. Основы гидродинамики. Гидростатические элементы потока (смоченный периметр, напорное движение, гидравлический радиус).
2. Схема движения жидкости. Элементарная струйка. Линия тока. Установившееся и неустановившееся движение жидкости. Средняя скорость потока. Расход жидкости. Уравнение расхода для элементарной струйки, потока. Уравнение неразрывности.
3. Что такое кавитация, каковы её внешние признаки?
4. Что называется кавитационным запасом  $\Delta h$  и как его определить при испытаниях?

5. Что называется критическим кавитационным запасом  $\Delta h_{кр}$ ?
6. Вывод уравнения Бернулли. Уравнение Бернулли для элементарной струйки реальной жидкости. Геометрический и энергетический смысл слагаемых уравнения Д. Бернулли.
7. Как называется коэффициент  $\alpha$ , входящий в уравнение Д. Бернулли для потока реальной жидкости, что он учитывает и от чего зависит его величина?
8. Что называется допусаемым кавитационным запасом  $\Delta h_{доп}$ ?
9. Формула Руднева для определения критического кавитационного запаса?
10. Что такое высота всасывания и как она связана с кавитацией?
11. Объясните, что обусловлены потери полного напора и каков их энергетический смысл? Поясните, что понимают под термином "удельная энергия"?
12. Объясните термины "местная скорость" и "средняя скорость" и укажите, как определяют эти скорости?
13. Скоростная трубка и трубка Пито?
14. Поясните, что такое линия полного напора и пьезометрическая линия, что будут представлять собой эти линии при равномерном движении реальной жидкости?
15. Назовите режимы движения жидкости и укажите их характерные особенности. Поясните, что такое критерий Рейнольдса, и назовите факторы, от которых он зависит. Поясните, что такое критическое число Рейнольдса?
16. Поясните, каким образом при гидравлических расчётах определяют режим движения жидкости и, с какой целью? Поясните, что такое критическая скорость, от каких факторов она зависит и как её определяют? Напишите и поясните аналитические зависимости потерь напора по длине от средней скорости потока при ламинарном и турбулентном режимах движения жидкости.
17. Напишите и поясните формулы Дарси-Вейсбаха и Вейсбаха. Поясните, как опытным путем определяют величины коэффициентов  $\lambda$  и  $\xi$ . Что характеризуют коэффициенты  $\lambda$  и  $\xi$  от каких факторов в общем случае они зависят и как их определяют при гидравлических расчетах?
18. Объясните, что такое  $\Delta z$  и  $\Delta z/d$ , как найти величину  $\Delta z$  при гидравлических расчетах. Назовите области гидравлического сопротивления трубопроводов и объясните, как определяют область сопротивления при гидравлических расчетах.
19. Изобразите схемы движения жидкости при резком повороте трубы на  $90^\circ$ , а также при резком расширении и резком сужении трубопровода и дайте пояснения к ним, указав, что характерно для движения потока при протекании его через любое местное сопротивление.
20. Что понимают под малым отверстием в тонкой стенке при истечении жидкости из отверстий?  
Сжатое сечение, причины сжатия струи, чем оценивают величину сжатия струи?

21. Что называют насадкой, типы насадок, их назначение? Коэффициент скорости. Что он учитывает, как определяется? Коэффициент расхода. Что он учитывает, как определяется? Коэффициент сопротивления (отверстия, насадка). Как он определяется по опытным данным? Объясните, почему при истечении из насадок расход жидкости больше, чем при истечении из малого круглого отверстия в тонкой стенке?
22. Напишите и поясните формулы для определения скорости и расхода при истечении жидкости из отверстий и насадок в атмосферу при постоянном напоре.
23. Изобразите и поясните схемы истечения жидкости из малого отверстия в тонкой стенке и через внешний цилиндрический насадок в атмосферу.
24. Что называется кавитационной характеристикой и как она изображается графически?
25. Что называется частной кавитационной характеристикой и как её получить при испытаниях?
26. Измерение расходов и скоростей жидкости (объемный и весовой способ).  
Расходомер Вентури, принцип действия.
27. Гидравлические сопротивления. Вязкость жидкости. Законы внутреннего трения.
28. Режимы движения жидкости (ламинарный, турбулентный).
28. Сформулируйте понятия гидравлического удара.
29. Порядок работы при снятии частной кавитационной характеристики
30. Как получают кавитационную характеристику центробежного насоса?

**Образец билета к экзамену по дисциплине «Гидравлика и нефтегазовая гидромеханика»**

	ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ КАФЕДРА "ТЕПЛОТЕХНИКА И ГИДРАВЛИКА"
Дисциплина	<b><u>Гидравлика и нефтегазовая гидромеханика</u></b>
	<b>Билет № 1</b>
1.	Давление жидкости на стенки труб. Разрывающие усилия (труба, резервуар).
2.	Вывод уравнения Бернулли. Уравнение Бернулли для элементарной струйки реальной жидкости. Геометрический и энергетический смысл слагаемых уравнения Д. Бернулли.
3.	Напишите и поясните формулы Дарси-Вейсбаха и Вейсбаха. Поясните, как опытным путем определяют величины коэффициентов $\lambda$ и $\xi$ . Что характеризуют коэффициенты $\lambda$ и $\xi$ от каких факторов в общем случае они зависят и как их определяют при гидравлических расчетах?
4.	Что такое напор насоса и как его определить по показаниям приборов? Что такое мощность насоса и полезная мощность?
Зав. кафедрой	

## 7.10 Текущий контроль (четвертый семестр)

### Лабораторная работа 1.2

#### Определение опытным путем слагаемых уравнения Д. Бернулли

##### 1. Цель работы:

1. Определить опытным путем слагаемые  $z$ ,  $p/\rho g$ ,  $v^2/2g$  уравнения Д. Бернулли для сечений I-I...II-II, а также потери полного напора  $h_{w1-2}$  между сечениями (см. рис. 8,9).
2. Вычислить средние скорости потока  $v$  и отвечающие им скоростные напоры  $v^2/2g$  для указанных живых сечений потока жидкости.
6. Построить в масштабе по опытным данным пьезометрическую линию и линию полного напора (см. рис.6).

##### 7. Основные контрольные вопросы (к лаб. работе 1.2)

1. Поясните геометрический смысл слагаемых уравнения Д. Бернулли.
  2. Поясните энергетический смысл слагаемых уравнения Д. Бернулли.
  3. Как называется коэффициент  $\alpha$ , входящий в уравнение Д. Бернулли для потока реальной жидкости, что он учитывает и от чего зависит его величина?
  4. Объясните, что обусловлены потери полного напора и каков их энергетический смысл?
  5. Поясните, что понимают под термином "удельная энергия"?
  6. Объясните термины "местная скорость" и "средняя скорость" и укажите, как определяют эти скорости?
  7. Поясните, что такое скоростная трубка и трубка Пито?
  8. Поясните, что такое линия полного напора и пьезометрическая линия, что будут представлять собой эти линии при равномерном движении реальной жидкости?
  9. Что понимают под термином «живое сечение потока жидкости»?
  10. Охарактеризуйте движение жидкости на пути между сечениями I-I ÷ II-II, исходя из классификации движений жидкости.
5. Результаты измерений и вычислений

### Лабораторная работа 1.3

#### Экспериментальная иллюстрация ламинарного и турбулентного режимов движения жидкости, определение законов сопротивления и критического числа Рейнольдса

##### 1. Цель работы:

1. Убедиться на опыте путем окрашивания струйки воды в стеклянной трубе в существовании ламинарного и турбулентного режимов.

2. Вычислить по данным опытов, проведенных на этой трубе, числа Рейнольдса при ламинарном и турбулентном режимах, сравнить их с критическим, убедиться, что при ламинарном режиме  $Re < Re_{кр}$ , а при турбулентном –  $Re > Re_{кр}$ .
3. Построить по опытным данным, полученным на винипластовой трубе, график  $lgh_e = f(\lg U)$ , определить с его помощью критическую скорость  $U_{кр}$ , а через нее вычислить критическое число  $Re_{кр} = 2320$ .
2. Подтвердить с помощью графика  $lgh_e = f(\lg U)$ , что при ламинарном режиме потери напора по длине  $h_e$  пропорциональны средней скорости в первой степени, а при турбулентном - в степени  $1,75 \leq m \leq 2$ .
3. **Основные контрольные вопросы (к лаб. работе 1.3)**
  1. Назовите режимы движения жидкости и укажите их характерные особенности.
  2. Поясните, что такое критерий Рейнольдса, и назовите факторы, от которых он зависит.
  3. Поясните, что такое критическое число Рейнольдса?
  4. Поясните, каким образом при гидравлических расчётах определяют режим движения жидкости и, с какой целью?
  5. Поясните, что такое критическая скорость, от каких факторов она зависит и как её определяют?
  6. Напишите и поясните аналитические зависимости потерь напора по длине от средней скорости потока при ламинарном и турбулентном режимах движения жидкости.
  7. Изобразите график зависимости потерь напора по длине от средней скорости ( в логарифмических координатах) и дайте пояснения к нему.
  8. Поясните, как определяются  $Re$  и  $Re_{кр}$  для труб некруглого сечения?
  9. Поясните, почему график  $hl = f(v)$  строят в логарифмических координатах?
  10. Поясните, что такое гидравлический радиус и что он характеризует?

## Лабораторная работа 1.4

### Изучение гидравлических потерь по длине трубопровода и в местных сопротивлениях

#### 1. Цель работы:

1. Определить по опытным данным, воспользовавшись формулами (1) и (2), значение коэффициента гидравлического трения  $\lambda_{он}$  и величины коэффициента  $\zeta$  для трех видов местных сопротивлений;
2. Установить, воспользовавшись соотношениями А.Н. Альтшуля или же графиком Никурадзе (см. рис. 1) области гидравлического сопротивления, в которых работали участки напорного трубопровода;
3. Вычислить значения коэффициентов гидравлического трения  $\lambda$  по соответствующим эмпирическим формулам;

4. Найти справочные значения коэффициентов местных сопротивлений ( $\zeta_{p.нов.}$  по таблице,  $\zeta_{pp}$  и  $\zeta_{p.c.}$  вычислить по формулам (4), (6);
5. Оценить сходимость  $\lambda_{он}$  и  $\zeta_{он}$  с их расчетными справочными значениями.

### **Основные контрольные вопросы (к лаб. работе 1.4)**

1. Напишите и поясните формулы Дарси-Вейсбаха и Вейсбаха.
2. Поясните, как опытным путем определяют величины коэффициентов  $\lambda$  и  $\xi$ .
3. Что характеризуют коэффициенты  $\lambda$  и  $\xi$  от каких факторов в общем случае они зависят и как их определяют при гидравлических расчетах?
4. Объясните, что такое  $\Delta_z$  и  $\Delta_z/d$ , как найти величину  $\Delta_z$  при гидравлических расчетах.
5. Назовите области гидравлического сопротивления трубопроводов и объясните, как определяют область сопротивления при гидравлических расчетах.
6. Изобразите схемы движения жидкости при резком повороте трубы на  $90^\circ$ , а также при резком расширении и резком сужении трубопровода и дайте пояснения к ним, указав, что характерно для движения потока при протекании его через любое местное сопротивление.

## **Лабораторная работа 1.5**

### **Изучение истечения жидкости через малые отверстия в тонкой стенке и насадки при постоянном напоре в атмосферу.**

#### **1. Цель работы:**

1. Определить по опытным данным величины коэффициентов:  $\mu_{он}$ ,  $\varphi_{он}$ ,  $\varepsilon_{он}$ ,  $\zeta_{он}$ , при истечении через малое круглое отверстие диаметром  $d = 2$  см при постоянном напоре в атмосферу и величины коэффициентов  $\mu_{Нон} = \varphi_{Нон} = \zeta_{Нон}$  для внешнего цилиндрического и конических (сходящегося и расходящегося) насадков при  $H = const$  в атмосферу.
2. Сравнить значения коэффициентов, полученные в опытах, со справочными и подсчитать относительные отклонения.

#### **Основные контрольные вопросы (к лаб. работе 1.5)**

1. Что понимают под малым отверстием в тонкой стенке при истечении жидкости из отверстий?
2. Сжатое сечение, причины сжатия струи, чем оценивают величину сжатия струи?
3. Что называют насадкой, типы насадок, их назначение?
4. Коэффициент скорости. Что он учитывает, как определяется?
5. Коэффициент расхода. Что он учитывает, как определяется?
6. Коэффициент сопротивления (отверстия, насадка). Как он определяется по опытным данным?
7. Объясните, почему при истечении из насадок расход жидкости больше, чем при истечении из малого круглого отверстия в тонкой стенке?

8. Напишите и поясните формулы для определения скорости и расхода при истечении жидкости из отверстий и насадок в атмосферу при постоянном напоре.
9. Изобразите и поясните схемы истечения жидкости из малого отверстия в тонкой стенке и через внешний цилиндрический насадок в атмосферу.
10. Какое уравнение лежит в основе формул для вычисления скорости истечения  $v$  и расхода жидкости  $Q$  при истечении из отверстий и насадков? Напишите и поясните это уравнение.

### **Лабораторная работа 1.6**

#### **Экспериментальное изучение прямого гидравлического удара в напорном трубопроводе**

##### **1. Цель работы:**

Определить опытным путем величину повышения давления  $\Delta P_{оп}$  при прямом гидравлическом ударе в напорном трубопроводе, сравнить ее с величиной  $\Delta P$ , вычисленной по формуле Н. Е. Жуковского (см. формулу 1), и подсчитать относительное отклонение

$$\varepsilon_{\Delta P} = \frac{|\Delta P - \Delta P_{оп}|}{\Delta P} \cdot 100\%$$

##### **Основные контрольные вопросы (к лаб. работе 1.6)**

1. Сформулируйте понятия гидравлического удара.
2. Прямой и непрямой гидравлический удар.
2. Что такое фаза удара?
3. Объясните процесс изменения давления в трубопроводе, питаемом из резервуара, при прямом гидравлическом ударе.
4. Напишите и поясните формулу Н. Е. Журавского для определения повышения давления при ударе.
5. Напишите и поясните формулу для определения скорости распространения ударной волны.

### **Лабораторная работа 1.7**

#### **Изучение фильтрации в песчаном грунте на установке Дарси**

##### **1. Цель работы:**

1. Убедиться в справедливости закона Дарси путём построения в масштабе (по данным пяти опытов) графиков зависимости скорости фильтрации  $v$  от градиента напора  $J$ , т.е. графиков  $v = f(J)$  для пяти видов песчаного грунта, отличающихся крупностью частиц (рис. 1).
2. Определить по графику  $v = f(J)$  для одного вида песчаного грунта (указанного преподавателем) среднюю величину коэффициента фильтрации  $k_t$  и указать её на графике (рис. 1).
3. Построить в масштабе по данным одного опыта, указанного преподавателем, эпюру напоров, т.е. график  $H = f(z)$  изменения напора  $H$  по пути фильтрации (рис. 2).

## Основные контрольные вопросы (к лаб. работе 1.7)

1. Напишите и поясните закон Дарси.
2. Напишите и поясните зависимость, связывающую скорость фильтрации с действительной средней скоростью движения жидкости в порах грунта.
3. Изобразите график  $v = f(J)$  и объясните, как с его помощью можно определить среднюю величину коэффициента фильтрации грунта?
4. Поясните, что такое коэффициент фильтрации?
5. Сформулируйте понятие градиента напора и поясните, как определяется его величина?
6. Изобразите эпюру напоров  $H = f(z)$  и дайте комментарий к ней. 7. Объясните, почему величина коэффициента фильтрации грунта зависит от температуры фильтрующей жидкости?
8. Как найти величину коэффициента фильтрации  $k$  грунта при  $10^\circ\text{C}$ , если известна его величина при температуре  $t$ , отличающейся от  $10^\circ\text{C}$ ?
9. От каких факторов зависит фильтрационная способность грунта?

## Лабораторная работа 1.8 Бр.

### Построение напорной и пьезометрической линий для трубопровода сопротивления

#### 1. Цель работы:

1. Определение опытным путем потерь напора на преодоление сопротивления по длине трубопровода и на участках с местным сопротивлением.
2. Расчет коэффициентов местных потерь и коэффициентов Дарси.
3. Построение напорной и пьезометрической линий.

## Основные контрольные вопросы (к лаб. работе 1.8)

1. Как рассчитывается Полная удельная энергия жидкости в рассматриваемом сечении (напор) для установившегося потока;
2. Если удельная потенциальная энергия, израсходованная жидкостью на преодоление сопротивлений между первым и вторым сечениями, равна  $h_{тр}$ , то уравнение Бернулли, связывающее удельные полные энергии в этих двух сечениях, будет иметь вид:
3. Приведите формулы для расчета местных потери энергии и потери энергии по длине, от чего они зависят;
4. Как связаны между собой удельная кинетическая и потенциальная энергии потока;
5. Как изобразить графически изменение удельной энергии жидкости;
6. Как называется Линия, соединяющая точки, соответствующие значениям суммы всех видов энергии;
7. Что такое линия полной удельной энергии или напорная линия;
8. Дайте определение напорной линии;



9. Дайте определение линейной полной удельной энергии.
10. Дайте определение пьезометрической высоты (нарисуйте, приведите формулы);
11. Если плоскость сравнения рассматриваемого трубопровода совпадает с осью горизонтальной части трубопровода, чему будет равна величина  $Z$  во всех сечениях (нарисуйте, приведите формулы);
12. Определение средней скорости жидкости производится по формуле:
13. Удельная энергия, израсходованная на преодоление сопротивления в любом местном сопротивлении, может быть определена как:
14. Удельная энергия, израсходованная на преодоление сопротивления трения по длине, может быть определена для сечений 1 и 2 по формуле:
15. При определении  $h_m$  по уравнению кинетическая энергия рассчитывается по скорости, которой обладает поток:

### **Лабораторная работа 1.9**

#### **Определение зависимости между гидравлическим уклоном и средней скоростью при турбулентном движении воды**

##### **1. Цель работы:**

1. Определение режима движения (расчет числа Рейнольдса).
  2. Установление зависимости гидравлического уклона от скорости:
    - а) построение графической зависимости  $\lg i = f(\lg v)$ ;
    - б) определение коэффициентов  $m$  и  $b$  аналитически и графически.
  3. Построение графической зависимости  $\lg \lambda = f(\lg Re)$ .
- Работа проводится на установке, схематически изображенной на рис. 2.40.

##### **Основные контрольные вопросы (к лаб. работе 1.9)**

1. Дайте определение гидравлическому уклону (приведите и объясните формулу, способы выражения единиц измерения);
2. Как зависят потери напора по длине потока от характеристики шероховатости стенок трубы?
3. Что называют ламинарным подслоем или пленкой?
4. При турбулентном движении в зависимости от того, как соотносятся размеры выступов шероховатости  $\Delta$  и толщина ламинарной пленки  $\sigma$ , все трубы подразделяются на три вида (приведите их, и охарактеризуйте каждый из них).
5. Какие трубы называются гидравлически шероховатыми?
6. Какую трубу называют Гидравлически гладкой трубой?
7. Дайте определение и приведите параметры промежуточного вида шероховатости трубы.
8. Толщина ламинарного слоя определяется по формуле:

9. При движении потока вдоль стенки с одинаковой высотой выступов толщина ламинарной пленки меняется....
10. Потери напора по длине определяются по формуле
11. При ламинарном движении в трубах коэффициент Дарси  $\lambda$  зависит от..... для круглых труб он равен:
12. Напишите и объясните уравнение Пуазейля:
13. При турбулентном режиме коэффициент Дарси может зависеть от
14. Дайте определение относительной шероховатости.
15. Дайте определение относительной гладкости.
16. В области гидравлически гладких труб коэффициент Дарси рассчитывается по формуле Блазиуса:
17. Формуле Блазиуса дает достоверные результаты при
18. Коэффициент Дарси в области гидравлически шероховатых труб (область квадратичного сопротивления или квадратичная область) зависит только от ...
19. Потери по длине в квадратичной области сопротивления рассчитываются по формуле:
20. При турбулентном движении путевые потери рассчитываются по общей формуле:

### **Лабораторная работа 1.10**

#### **Определение коэффициентов расхода дроссельного прибора (диафрагмы) и водомера Вентури**

##### **1. Цель работы:**

1. Определить коэффициент дроссельного прибора диафрагмы  $C$  и коэффициент расхода  $\mu$  водомера Вентури.
2. Построить тарировочные графики обоих приборов, т.е. зависимости  $Q_d = f(\Delta H_d)$  и  $Q_v = f(\Delta H_v)$ .

##### **Основные контрольные вопросы (к лаб. работе 1.10)**

1. Нарисуйте и поясните принцип работы диафрагмы, и водомера Вентури;
2. Примените уравнение Бернулли к сечениям 1 и 2, диафрагмы;
3. Примените уравнение Бернулли к сечениям 1 и 2, водомера Вентури;
4. Коэффициент кинетической энергии  $\alpha$  учитывает... и представляет собой...;
5. Напишите (выведите формулу) для определения расхода жидкости через диафрагму в промышленных условиях;
6. Напишите (выведите формулу) для определения расхода жидкости через водомер Вентури в промышленных условиях.

### **Лабораторная работа 2.1**

#### **Параметрические испытания центробежного насоса**

### **1. Цель работы:**

- 1). Изучить работу насосной установки с центробежным насосом.
- 2). Освоить методику параметрических испытаний центробежного насоса.
- 3). Получить характеристику центробежного насоса.

### **Основные контрольные вопросы (к лаб. работе 2.1)**

1. Назовите технические показатели насоса.
2. Что такое подача насоса, идеальная подача и как она определяется при испытаниях?
3. Что такое напор насоса и как его определить по показаниям приборов?
4. Что такое мощность насоса и полезная мощность?
5. Что такое КПД насоса? Какие потери учитывает КПД насоса и его связь с другими КПД?
6. Что называется характеристикой насоса?
7. Что называется полем насоса Q-N и связь его с КПД насоса?
8. Показания каких приборов необходимо знать для определения мощности насоса и полезной мощности?
9. Как изменяются подача, напор и мощность насоса при изменении частоты вращения рабочего колеса?

## **Лабораторная работа 2.2**

### **Кавитационные испытания центробежного насоса**

#### **1. Цель работы:**

1. Убедиться на практике в существовании явления кавитации в центробежном насосе, и уяснить причины ее возникновения.
2. Освоить методику кавитационных испытаний центробежного насоса.
3. Получить в результате испытаний кавитационную характеристику насоса

### **Основные контрольные вопросы (к лаб. работе 2.2)**

1. Что такое кавитация, каковы её внешние признаки?
2. Что называется кавитационным запасом  $\Delta h$  и как его определить при испытаниях?
3. Что называется критическим кавитационным запасом  $\Delta h_{кр}$ ?
4. Что называется допускаемым кавитационным запасом  $\Delta h_{доп}$ ?
5. Формула Руднева для определения критического кавитационного запаса?
6. Что такое высота всасывания и как она связана с кавитацией?
7. Что называется кавитационной характеристикой и как она изображается графически?
8. Что называется частной кавитационной характеристикой и как её получить при

испытаниях?

9. Порядок работы при снятии частной кавитационной характеристики?
10. Как получают кавитационную характеристику центробежного насоса?

### **7.11 Тесты по Модулю 2, раздел Гидродинамика**

Гидродинамика - это раздел, в котором рассматривают:

- A. Законы движения жидкости в трубах, каналах и пористых телах, а также вопросы обтекания тел жидкостью;
- B. Жидкость, находящуюся в абсолютном или относительном покое;
- C. Режимы движения жидкости.
- D. Движение твердых тел.

ANSWER: A

Гидродинамика - это раздел, в котором рассматривают:

- A. Жидкость, находящуюся в абсолютном или относительном покое;
- B. Режимы движения жидкости.
- C. Законы движения жидкости в трубах, каналах и пористых телах, а
- D. Также вопросы обтекания тел жидкостью;
- E. Нет правильного ответа.

ANSWER: C

Полный напор вдоль струйки не постоянен, а:

- A. Возрастает по направлению движения жидкости;
- B. Сначала убывает, а затем возрастает;
- C. Убывает по направлению движения жидкости.
- D. Нет правильных ответов.

ANSWER: C

Напорным называется:

- A. Поток жидкости, ограниченный поверхностями разрыва скоростей, поверхностью в движущейся жидкости, при переходе через которую касательные к этой поверхности векторы скорости скачкообразно изменяют свою величину.
- B. Поток, частично ограниченный твердыми стенками и имеющий по всей длине свободную поверхность;
- C. Поток, ограниченный со всех сторон твердыми стенками;
- D. Нет правильного ответа.

ANSWER: C

Установившимся (стационарным) называют движение жидкости:

- A. При котором давление и скорость жидкости в любой точке занятого ею пространства с течением времени изменяются;
- B. При котором давление и скорость жидкости в любой точке занятого ею пространства с течением времени не изменяются;
- C. При котором изменяется давление жидкости с течением времени, а скорость жидкости в любой точке занятого ею пространства остается постоянной;
- D. При котором изменяется с течением времени скорость движения жидкости, а давление жидкости в любой точке занятого ею пространства остается постоянной;
- E. Установившееся движение — это движение, при котором скорость не изменяется во времени, а зависят только от положения в потоке, т. е. являются функциями координат.

ANSWER: B,E

Неустановившимся (нестационарным) называют движение жидкости:

- A. При котором давление и скорость жидкости в любой точке занятого ею пространства с течением времени не изменяются;
- B. Называют такое движение жидкости, при котором скорость и давление в каждой точке потока изменяются во времени, т. е. зависят не только от координат, но и от времени

- С. При котором изменяется давление жидкости с течением времени, а скорость жидкости в любой точке занятого ею пространства остается постоянной;
- Д. При котором изменяется давление жидкости с течением времени, а скорость жидкости в любой точке занятого ею пространства остается постоянной;
- Е. При котором изменяется с течением времени скорость движения жидкости, а давление жидкости в любой точке занятого ею пространства остается постоянной;
- Ф. При котором давление и скорость жидкости в любой точке занятого ею пространства с течением времени изменяются;

ANSWER: B, F

7.11. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкалы оценивания.

Таблица 7

Планируемые результаты освоения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения				Наименование оценочного средства
	менее 41 баллов (неудовлетворительно)	41-60 баллов (удовлетворительно)	61-80 баллов (хорошо)	81-100 баллов (отлично)	
<b>Шифр компетенции: ОПК-2</b> способен пользоваться программными комплексами, как средством управления и контроля, сопровождения технологических процессов на всех стадиях разработки месторождений углеводородов и сопутствующих процессов <i>согласно ФГОС ВО</i>					
<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- виды и режимы движения жидкости; уравнение динамического равновесия равномерного потока; логарифмический закон распределения скоростей в круглой трубе; законы движения и равновесия жидкостей;</li> </ul>	Фрагментарные знания	Неполные знания	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания	Сформированные систематические знания	<p><i>Контролирующие материалы по дисциплине: задания для проведения практических и лабораторных занятий, контрольной работы, тестовые задания.</i></p>
<p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- пользоваться программными комплексами, при осуществлении процессов хранения и перекачки жидкостей и газов, а также средствами управления и контроля</li> <li>- применять общие законы и уравнения статики и динамики жидкостей, законы движения и равновесия жидкостей;</li> </ul>	Частичные умения	Неполные умения	Умения полные, допускаются небольшие ошибки	Сформированные умения	
<p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- практическими методами определения основных физико-химических свойств, жидкостей и газов, методиками расчета объема и массы при их хранении и перекачки по трубопроводам различного назначения</li> </ul>	Частичное владение навыками	Несистематическое применение навыков	В систематическом применении навыков допускаются пробелы	Успешное и систематическое применение навыков	

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### а) основная литература

1. Глухов В.С. Основы гидравлики и теплотехники: Раздел 1. Основы Гидравлики [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Глухов В.С., Дикой А.А., Дикая И.В.— Электрон. текстовые данные.— Армавир: Армавирский государственный педагогический университет, 2019.— 293 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/82447.html>.— ЭБС «IPRbooks»
2. Савиновских А.Г. Гидравлика [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Савиновских А.Г., Коробейникова И.Ю., Новикова Д.А.— Электрон. текстовые данные.— Челябинск, Саратов: Южно-Уральский институт управления и экономики, Ай Пи Эр Медиа, 2019.— 168 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/81474.html>.— ЭБС «IPRbooks»
3. Бабаев М.А. Гидравлика [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Бабаев М.А.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Научная книга, 2019.— 191 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/81004.html>.— ЭБС «IPRbooks»
4. Гусев В.П. Основы гидравлики [Электронный ресурс]: учебное пособие для СПО/ Гусев В.П., Гусева Ж.А.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Профобразование, 2017.— 221 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66394.html>.— ЭБС «IPRbooks»
5. Гусев В.П. Основы гидравлики [Электронный ресурс]: учебное пособие для СПО/ Гусев В.П., Гусева Ж.А.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Профобразование, 2017.— 221 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66394.html>.— ЭБС «IPRbooks»
6. Малый В.П. Практикум по гидравлике [Электронный ресурс]: учебное пособие для слушателей, курсантов и студентов Сибирской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России/ Малый В.П., Масаев В.Н.— Электрон. текстовые данные.— Железногорск: Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017.— 120 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66924.html>.— ЭБС «IPRbooks»

### б) дополнительная литература

1. Кузнецов В.А. Основы гидрогазодинамики [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Кузнецов В.А.— Электрон. текстовые данные.— Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2012.— 108 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/28374.html>.— ЭБС «IPRbooks»
2. Кузнецов В.А. Основы гидрогазодинамики [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Кузнецов В.А.— Электрон. текстовые данные.— Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2012.— 108 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/28374.html>.— ЭБС «IPRbooks»
3. Карелин В.С., Турлуев Р.А.-В., Исаев Х.А. Измерение гидростатического давления и экспериментальное подтверждение закона Паскаля.- Метод. указ. к лаб. работе Изд. ГГНИ 2009 г.

4. Исаев Х.А. Решение типовых задач по гидравлике (гидростатика). Метод реком. Изд. ГГНИ 2008 г
5. Исаев Х.А. Решение типовых задач по гидродинамике. Метод реком. Изд. ГГНИ 2007 г.
6. Исаев Х.А., Магомадова М.Х. Гидродинамика Курс лекций.- Изд. ГГНИ 2010 г.

в). *Интернет ресурс* - [www.gstou.ru](http://www.gstou.ru) *электронная библиотечная система ЭБС «IPRbooks»*

#### Интернет ресурсы:

1	borisov.3dn.ru>_ld/0/10_2-Gydravlika-Le.pdf
2	forest-college.ru>files/uchebn-mat-1/tehnich_...
3	firing-hydra.ru>index.php...
4	twirpx.com>file/189316/
5	gidravlika.3dn.ru>index/kurs_lekcij/0-4
6	hydro133.narod.ru>lecture/og_lec_04.pdf
7	shporgaloshka.ucoz.ru>gidravlika-konspekt_...
8	borisov.3dn.ru>_ld/0/10_2-Gydravlika-Le.pdf
9	allformgsu.ru>Каталогфайлов>Лекция по гидравлике
10	hydro133.narod.ru>lecture/og_lec_04.pdf

#### г) программное и коммуникационное обеспечение

1. Электронный конспект лекций и электронно-обучающий комплекс по дисциплине «Гидравлика и нефтегазовая гидромеханика».
2. Тесты для компьютерного тестирования студентов

## 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

9.1 Класс с персональными компьютерами для проведения виртуальных лабораторных работ (ВЛР) и практических занятий.

#### Гидравлика и нефтегазовая гидромеханика (наличие оборудования и ТСО)

1.	<p><b>Типовой комплект учебного оборудования: стенд гидравлический универсальный "Экспериментальная механика жидкости" ЭМЖ-09-14ЛР-01</b> (14 лабораторных работ)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Уравнение Бернулли. Тарировка расходомера Вентури. (<i>Реальная</i>)</li> <li>2. Определение коэффициента гидравлического трения в трубопроводе (<i>Реальная</i>)</li> <li>3. Исследование режима движения жидкости» (<i>Реальная</i>)</li> <li>4. Определение коэффициента гидравлического трения в трубопроводе (<i>Реальная</i>)</li> <li>5. Местные сопротивления. (<i>Реальная</i>)</li> <li>6. Прохождение жидкости через сужающее устройство - диафрагму (<i>Реальная</i>)</li> </ol>
2	<p><b>Типовой комплект учебного оборудования: «Измерение давлений, расходов и температур в системах газоснабжения» ИСГ ДРТ-012-12ЛР-ПК</b> (12 лабораторных работ)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Динамические характеристики терморезистивного преобразователя (ручной режим измерений) (<i>Реальная</i>)</li> <li>2. Приборы измерения давления. Стрелочный деформационный манометр. Датчик давления пьезорезистивного типа. (<i>Реальная</i>)</li> </ol>




	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. Изучение способа измерения расхода газа по методу отсеченного объема (Реальная)</li> <li>4. Изучение способа измерения расхода газа: расходомер, ротаметр. Счетчик газа. (Реальная)</li> <li>5. Изучение способа измерения расхода газа по измерительной диафрагме (Реальная)</li> <li>6. Снятие характеристики компрессора (Реальная)</li> <li>7. Изучение редукционного клапана (Реальная)</li> </ol>
3	<p><b>Виртуальные лабораторные работы (ВЛР):</b>  <b>Программный лабораторный комплекс "Гидравлика" (Тверь 2016 г.):</b>  <u>№1.1</u> Измерение гидростатического давления, экспериментальное подтверждение основного уравнения гидростатики и закона Паскаля (2016);  <u>№1.2</u> Изучение относительного покоя жидкости при вращательном движении (2016);  <u>№1.3</u> Определение опытным путем слагаемых уравнения Д. Бернулли при установившемся равномерном движении жидкости (2016);  <u>№1.4</u> Изучение гидравлических сопротивлений напорного трубопровода (2016);  <u>№1.5</u> Экспериментальная иллюстрация ламинарного и турбулентного режимов движения жидкости (2016);  <u>№1.6</u> Изучение истечения жидкости через малые отверстия в тонкой стенке и насадки при постоянном напоре в атмосферу (2016);  <u>№1.7</u> Экспериментальное изучение прямого гидравлического удара в напорном трубопроводе (2016);  <u>№1.8</u> Изучение фильтрации в песчаном грунте на установке Дарси (2016).  <u>№1.9</u> Виртуальная лабораторная работа «Определение опытным путем слагаемых уравнения Д. Бернулли при установившемся неравномерном движении жидкости в напорном трубопроводе - 7 сечений». «Построение диаграммы Д.Бернулли» (2016).  <u>№1.10</u> «Экспериментальное определение скоростей в сечении круглой трубы» (2016).  <b>Бриденко. Учебный терминал» с комплексом виртуальных лабораторных работ: Механика жидкости и газа. (2016)</b>  Лабораторная №1 «Определение гидростатического давления жидкости» (С-Петерб.).  Лабораторная №2 «Определение плотности несмешивающихся с водой жидкостей» (С-Петерб.).  Лабораторная №3 «Гидравлический пресс (С-Петерб.).  Лабораторная №4 «Сила давления жидкости на плоскую поверхность» (С-Петерб.).  Лабораторная №5 «Относительное равновесие жидкости во вращающемся сосуде» (С-Петерб.).  Лабораторная №6 «Построение напорной и пьезометрической линий для трубопровода сопротивления» (С-Петерб.).  Лабораторная №7 «Определение режима движения жидкости» (С-Петерб.).  Лабораторная №8 «Определение зависимости между гидравлическим уклоном и средней скоростью при турбулентном движении воды (С-Петерб.).  Лабораторная №9 «Исследование режимов истечения жидкости» (С-Петерб.).  Лабораторная №10 «Определение динамических коэффициентов для определения расхода жидкости» (С-Петерб.).  <b>3.1 Виртуальная лаборатория "Гидравлическое моделирование кольцевых водопроводных сетей"</b>  «Гидромашины и гидроприводы»; «Исследование открытого потока»;  «Гидравлическое моделирование кольцевых, тупиковых, или комбинированных трубопроводных сетей». Программный лабораторный комплекс "Гидравлика"  <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Кольцевая сеть 2 кольца; (6 положений)</li> <li>2. 8. Комбинированная сеть;</li> </ol> </p>

	<p>3. 9. Тупиковая сеть, положение 1; (3 положения).</p> <p><b>Виртуальная лабораторная работа (ВЛР) «Исследование открытого потока» (Лоток 15 м)</b> В состав входит семь модулей:  Позволяет исследовать открытые потоки в следующих гидротехнических сооружениях:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1). Без конструкций по линии потока;</li> <li>2). Водослив с широким порогом;</li> <li>3). Водослив практического профиля;</li> <li>4). Прямоугольный водослив;</li> <li>5). Трапецеидальный водослив;</li> <li>6). Водослив Томсона;</li> <li>7). Дорожная труба;</li> <li>8) Подмостовое русло.</li> </ol> <p><b>В каждом из модулей по 8 вариантов заданий, всего 64 варианта лабораторных работ</b></p> <p>№1 «Определение коэффициента шероховатости открытого призматического русла».</p> <p>№2: «Оценка энергетического состояния потока и построение кривых свободной поверхности».</p> <p>№3: «Определение коэффициента расхода прямоугольного водослива с тонкой стенкой»</p> <p>№ 4: «Исследование движения потока воды через водослив с широким порогом».</p> <p>№ 5: «Определение коэффициентов расхода водослива практического профиля»</p> <p>№ 6: «Изучение истечения воды из донного напорного отверстия (из-под щита)».</p> <p>№ 7: «Исследование совершенного гидравлического прыжка»</p> <p><b>Виртуальная лаборатория «Гидромашины»</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1 «Кавитационные испытания центробежного насоса» (2016);</li> <li>2.2 Параметрические испытания центробежного насоса» (2016).</li> <li>2.3 Испытание нерегулируемого объемного насоса (2003);</li> <li>2.4 Испытание гидропривода с объемным регулированием (2003);</li> <li>2.5 Испытания гидропривода поступательного действия с дроссельным регулированием (параллельное включение дросселя) (2003);</li> <li>2.6 Испытания гидропривода поступательного действия с дроссельным регулированием (последовательное включение дросселя) (2003);</li> <li>2.7 Испытания гидродинамической передачи (2003);</li> </ol>
4	<b>Комплекты плакатов</b>
4.1	Комплект плакатов «Гидравлика и гидропривод» (16 шт.) (размер 560x800 мм): Изображение нанесено на пластиковую основу толщиной 4 мм и размером 560x800 мм. Изображение обладает водостойкими свойствами. Каждый плакат имеет элементы крепления к стене.
5	<b>Электронные плакаты</b> Демонстрационные комплексы на базе мультимедиа-проектора (комплект электронных плакатов на CD, мультимедиа-проектор BENQ, ноутбук, экран 1,5x1,5 м):
5.1	Гидравлика и гидропривод (171шт.)
	<b>Презентации:</b>
1	Основы прикладной гидравлики;
2	Гидравлические потери по длине трубопровода;
3	Насосы и гидроприводы
4	Лекции по разделу гидравлические машины
5	Гидроэлектростанции


**Составитель:**

Доцент кафедры  
«Теплотехника и гидравлика»

  
/Р.А-В. Турлуев/

**Согласовано:**

Зав. каф. «Теплотехник  
и гидравлика»

  
/Р.А-В. Турлуев/

Зав. кафедрой «БРЭНГМ»

к.т.н., доцент

  
/А.Ш. Халадов/

Директор ДУМР, к.ф-м.н., доцент

  
/М.А. Магомаева/