

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Минцаев Магомед Шавалович

Должность: Ректор

Дата подписания: 08.11.2023 11:32:12

Уникальный программный ключ:

236bcc35c296f119d6aafdc22836b21db52dbc07971a86865a5825f9fa4304cc

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ГРОЗНИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**имени академика М. Д. Миллионщикова**



## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

**«ПРИКЛАДНАЯ ГИДРОДИНАМИКА»**

**Специальность**

21.05.03. «Технологии геологической разведки»

**Специализации:**

«Геофизические методы исследования скважин»

**Квалификация выпускника**

Горный инженер-геофизик

**Год начала подготовки**

2023

Грозный - 2023

## 1. Цели и задачи дисциплины

Целью преподавания дисциплины «Прикладная гидродинамика» является освоение основных законов покое 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.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к базовой части профессионального цикла. 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 – «Гидрогеология и инженерная геология», «Основы поиска и разведка МПИ», «Геофизические исследования скважин», «Бурение скважин».

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций (Таблица 1)

Таблица 1

Код по ФГОС	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВ)
<b>Общепрофессиональные</b>		
<b>ОПК-5</b> Способен применять навыки анализа горно-геологических условий при поисках, оценке, разведке и добыче полезных ископаемых, а также при гражданском строительстве.	ОПК 5.4. Демонстрирует знания об основных закономерностях подземной гидросферы при поисках и разведке подземных и при промышленно-гражданском строительстве.	<b>знать:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- основные физико-механические свойства жидкости и силы, действующие в жидкости;</li><li>- свойства гидростатического давления, и основные законы движения жидкости;</li><li>- назначение и классификацию трубопроводов;</li><li>- методы гидравлического расчета и проектирования трубопроводов;</li><li>- законы истечения жидкости через отверстия и насадки;</li><li>- основы гидродинамической теории смазки;</li></ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- виды и режимы движения жидкости;</li> <li>- общие законы и уравнения статики и динамики жидкостей;</li> <li>- существующие гидравлические и пневматические системы;</li> <li>- законы движения и равновесия жидкостей;</li> <li>- особенности конструкции и расчеты на безопасность, прочность, надежность и производительность различных гидравлических схем.</li> </ul> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применять основные уравнения гидростатики и гидродинамики жидкости;</li> <li>- осуществить гидравлический расчет простого и сложного трубопроводов;</li> <li>- составлять гидроэнергетический баланс насосной установки;</li> <li>- применять уравнение динамического равновесия равномерного потока;</li> <li>- применять формулы для определения коэффициента гидравлического сопротивления;</li> <li>- применять общие законы и уравнения статики и динамики жидкостей, законы движения и равновесия жидкостей;</li> <li>- проводить расчеты на безопасность, прочность, надежность и производительность</li> </ul>
--	--	---

		<p>различных гидравлических схем с учетом особенности конструкции и условий применения.</p> <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>- основными расчетными формулами для определения потерь напора;</li> <li>- законами и уравнениями статики и динамики жидкостей;</li> <li>- существующими гидравлическими и пневматическими системами;</li> <li>- законами движения и равновесия жидкостей;</li> <li>- особенностями конструкции и расчетами на безопасность, прочность, надежность и производительность различных гидравлических схем.</li> </ul>
--	--	---

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

Таблица 2

Вид учебной работы		Всего часов/зач.ед.		Семестры	
				5	7
		ОФО	ЗФО	ОФО	ЗФО
<b>Контактная работа (всего)</b>		<b>30/0,9</b>	<b>8/0,22</b>	<b>32/0,9</b>	<b>8/0,22</b>
В том числе:					
Лекции		15/0,44	4/0,11	16/0,44	4/0,11
Практические занятия					
Семинары					
Лабораторные работы		15/0,44	4/0,11	16/0,44	4/0,11
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>		<b>42/1,1</b>	<b>64/1,8</b>	<b>42/1,1</b>	<b>64/1,8</b>
В том числе:					
Курсовая работа (проект)					
Расчетно-графические работы		8/0,22	28/0,8	8/0,22	28/0,8
ИТР					
Рефераты					
Доклады					
<i>И(или) другие виды самостоятельной работы:</i>					
Подготовка к лабораторным работам		16/0,44	18/0,5	16/0,44	18/0,5
Подготовка к практическим занятиям					
Подготовка к зачету		18/0,5	18/0,5	18/0,5	18/0,5
<b>Вид отчетности</b>		<b>Зачет</b>	<b>Зачет</b>	<b>Зачет</b>	<b>Зачет</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>Всего в часах</b>	<b>72</b>	<b>72</b>	<b>72</b>	<b>72</b>
	<b>Всего в зач. единицах</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1 Разделы дисциплины и виды занятий

Таблица 3

№ 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
1	Основные физические свойства жидкости. Гидростатика	1	1	1	1			2	2
2	Силы давления жидкости	1		1				2	
3	Кинематика и механика жидкости	2	1	1	1			3	2
4	Режимы движения жидкости и основы гидродинамического подобия	2		2				4	
5	Гидравлические потери	1		2				3	
6	Местные гидравлические сопротивления. Истечение жидкости через отверстия и насадки	2	1	2	1			4	2
7	Неустановившееся движение жидкости. Гидравлический удар. Гидравлический расчет трубопроводов	2		2				4	
8	Гидромашинны. Основы теории подобия насосов. Кавитация. Лопастные насосы	2	1	2	1			4	2
9	Центробежные насосы. Объемные насосы. Поршневые и плунжерные насосы. Гидродинамические передачи, муфты, трансформаторы	2		2				4	
	<b>ВСЕГО:</b>	<b>15</b>	<b>4</b>	<b>15</b>	<b>4</b>			<b>30</b>	<b>8</b>

## 5.2 Лекционные занятия

Таблица 4

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	2	3
1	Основные физические свойства жидкости Гидростатика	Предмет гидравлики и гидромашин. Применение и значение гидравлики в современном машиностроении. Основные физические свойства жидкости. Поверхностное натяжение. Идеальная жидкость. Ньютоновские жидкости. Свойство давления в неподвижной жидкости. Уравнение Эйлера равновесия жидкости. Поверхности равного давления. Основное уравнение гидростатики. Закон Паскаля.
2	Силы давления жидкости	Силы давления жидкости на плоские и криволинейные стенки. Закон Архимеда. Плавание тел.
3	Кинематика и механика жидкости	Виды движения жидкости. Основные понятия кинематики жидкости. Поток жидкости. Средняя скорость. Уравнение расхода. Дифференциальное уравнение движения идеальной жидкости. Уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкости. Коэффициент Кориолиса.
4	Режимы движения жидкости и основы гидродинамического подобия	Ламинарный и турбулентный режимы движения жидкости. Число Рейнольдса. Основы теории гидродинамического подобия. Потери напора в трубах. Формула. Шероховатость стенок, абсолютная и относительная. Графики Никурадзе и Мурина.
5	Гидравлические потери	Общие сведения о гидравлических потерях. Виды гидравлических потерь. Трубка Пито, расходомер Вентури.
6	Местные гидравлические сопротивления. Истечение жидкости через отверстия и насадки	Основные виды местных сопротивлений. Коэффициент местных потерь. Местные потери напора при больших числах Рейнольдса. Внезапное расширение трубы (теорема Борда). Диффузоры. Колена. Истечение жидкости через отверстия в тонкой стенке. Коэффициенты сжатия, скорости, расхода. Истечение через насадки различного типа. Истечение при переменном напоре.

1	2	3
7	Неустановившееся движение жидкости. Гидравлический удар. Гидравлический расчет трубопроводов	Неустановившееся движение несжимаемой жидкости в жестких трубах с учетом инерционного напора. Явление гидравлического удара. Формула Жуковского для прямого удара. Основное расчетное уравнение простого трубопровода. Определение экономически наивыгоднейшего диаметра трубопровода. Сифонный трубопровод. Последовательное и параллельное соединение трубопроводов. Сложные трубопроводы
8	Гидромашины. Основы теории подобия насосов. Кавитация. Лопастные насосы	Общие сведения о гидромашинах. Насосы и гидродвигатели. Классификация насосов. Принцип действия динамических и объемных насосов. Основные параметры насосов Лопастные насосы. Явление кавитации. Коэффициент быстроходности. Типы лопастных насосов. Применение формул подобия для пересчета характеристик насосов. Регулирование подачи. Последовательное и параллельное соединение насосов. Кавитация в лопастных насосах. Кавитационная характеристика. Кавитационный запас. Формула Руднева и ее применение.
9	Центробежные насосы. Объемные насосы. Поршневые и плунжерные насосы. Гидродинамические передачи, муфты, трансформаторы	Центробежные насосы. Уравнение Эйлера. Схемы одноступенчатых центробежных насосов. Теоретический напор насоса. Полезный напор. Потери энергии в насосе. Характеристика центробежных насосов. Принцип действия, общие свойства и классификация объемных насосов. Поршневые и плунжерные насосы. Индикаторная диаграмма. Графики идеальной подачи и ее неравномерность. Диафрагменные насосы. Роторные насосы и гидродвигатели. Назначение и области применения гидродинамических передач. Принцип действия и классификация.

**Лекционные занятия** проводятся в форме лекций с использованием демонстрационных слайдов, презентаций и видеороликов, применяются информационные технологии. Проводится демонстрация конструкций элементов систем, схем. Перечень демонстрируемого материала и сами материалы представлены в ФОСах. Предусматривается самостоятельное выполнение отдельных иллюстраций в раздаточном материале.

### 5.3 Лабораторные занятия

**Таблица 5**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ
1	Основные физические свойства жидкости. Гидростатика	Измерение гидростатического давления и экспериментальное подтверждение закона Паскаля.
2	Кинематика и механика жидкости	Уравнение Бернулли. Определение опытным путем слагаемых уравнения Д. Бернулли.

3	Режимы движения жидкости и основы гидродинамического подобия	Режимы движения жидкости. Экспериментальная иллюстрация ламинарного и турбулентного режимов движения жидкости, определение законов сопротивления критического числа Рейнольдса.
4	Гидравлические потери. Местные гидравлические сопротивления.	Изучение гидравлических потерь по длине трубопровода и в местных сопротивлениях.
5	Истечение жидкости через отверстия и насадки	Изучение истечения жидкости через малые отверстия и насадки в тонкой стенке при постоянном напоре в атмосферу.
6	Неустановившееся движение жидкости. Гидравлический удар. Гидравлический расчет трубопроводов	Экспериментальное изучение прямого гидравлического удара в напорном трубопроводе
7	Центробежные насосы. Объемные насосы. Поршневые и плунжерные насосы. Гидродинамические передачи, муфты, трансформаторы	Параметрические испытания центробежного насоса.
8	Центробежные насосы. Объемные насосы. Поршневые и плунжерные насосы. Гидродинамические передачи, муфты, трансформаторы	Испытание нерегулируемого объемного насоса.

На практических и лабораторных занятиях происходит закрепление теоретических знаний, обсуждение изученных тем и процессов, решение конкретных технических задач, подготовка к сдаче и сдача коллоквиумов по теме занятия или лабораторной работы; вовлечение студентов в проективную деятельность, подготовка и защита презентаций, рефератов, домашних заданий.

**Практические (лабораторные) занятия** проводятся с использованием необходимых технических и информационных материалов: подготовленные в виде таблиц, графиков, схем, принципиальных технологических схем и т.д. Студентам передается материал на электронном носителе. Материалы передаются студентам на кафедре или в библиотеке в электронном виде. На лабораторных занятиях материалы предоставляются методическим пособием, в котором изложены теоретические аспекты изучаемой темы, представлены схема установки необходимые графики расчетные формулы. Лабораторная работа выполняется на специализированных сертифицированных стендах, а также на основе разработанной компьютерной программы в виртуальной форме.

#### **5.4 Практические занятия (семинары) не предусмотрены**

### **6. Самостоятельная работа студентов по дисциплине**

Одним из самых доступных и проверенных практикой путей повышения эффективности учебного занятия, активизация студентов является соответствующая организация и управление самостоятельной учебной работой. Она занимает исключительное место, потому что студенты приобретают знания только в процессе личной самостоятельной учебной деятельности.

Для текущего контроля в течение семестра предусматривается:

- оценка результатов выполнения и защиты индивидуальных расчетных заданий и лабораторных работ;

- контрольные работы по материалам лекций и практических занятий с целью проведения рейтинговой аттестации в конце каждого месяца.

В конце семестра студент должен набрать минимум баллов, необходимый для допуска к сдаче экзамена (зачета). Итоговая оценка в каждом семестре выводится с учетом количества баллов, набранных в ходе текущей работы.

**Самостоятельная работа** включает подготовку к практическим занятиям, контрольным работам, выполнение расчетного задания ИТР, РГР в письменной форме, подготовку к зачету или экзамену. Самостоятельная работа выполняется также в виде реферата, доклада или презентации студентом по ниже представленным темам. Впоследствии студенты представляют для защиты свои работы, в процессе оценивания происходит обсуждение работы, а также блиц опрос студента. При этом исполнитель может выбрать тему из предложенной тематики. В отдельных случаях тема может быть избрана студентом вне тематического списка рефератов.

При подготовке реферата студенту предварительно следует подобрать различные литературные, периодические, нормативные и другие источники и материалы, систематизируя и обобщая при этом нужную информацию по теме.

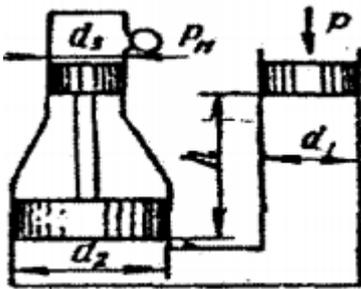
### Вопросы для самостоятельного изучения

Таблица 6

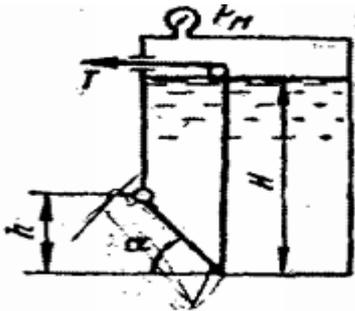
№ п/п	Темы для самостоятельного изучения
1	Закон Архимеда. Плавание тел.
2	Гидростатические машины
3	Приборы для измерения давления. Сообщающиеся сосуды.
4	Давление жидкости на плоские стенки. Центр давления. Эпюры гидростатического давления.
5	Местные потери напора при больших числах Рейнольдса.
6	Истечение через насадки различного типа Истечение при переменном напоре.
7	Установившееся и неустановившееся движение жидкости в напорных трубопроводах.
8	Гидравлический расчет трубопроводов. Длинные трубопроводы.
9	Основы теории подобия насосов. Основные параметры насосов Лопастные насосы. Явление кавитации. Коэффициент быстроходности. Типы лопастных насосов. Применение формул подобия для пересчета характеристик насосов.
10	Устройство, классификация, рабочий процесс, основные параметры и уравнения гидротрансформаторов.
11	Объемные насосы. Принцип действия, общие свойства и классификация. Поршневые и плунжерные насосы.
12	Назначение принцип действия и характеристики. Гидроаккумуляторы. Фильтры.

### Примерное задание к самостоятельной работе

Задача 1. Определить манометрическое давление  $p_m$  в верхней части одного из сообщающихся сосудов, наполненных водой, под действием силы  $P$ , приложенной к поршню правого сосуда (см. рис.). Исходные данные:  $P = 400 \text{ кН}$ ,  $d_1 = 250 \text{ мм}$ ,  $d_2 = 400 \text{ мм}$ ,  $d_3 = 150 \text{ мм}$ ,  $h = 0,9 \text{ м}$ .



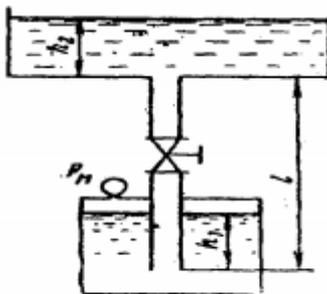
Задача 2. Поворотный клапан закрывает выход из бензохранилища в трубу квадратного сечения (см. рис.). Определить, какую силу  $T$  нужно приложить к тросу для открытия клапана при следующих данных:  $h = 0,4$  м,  $H = 1,1$  м,  $\alpha = 30^\circ$ ; объемный вес бензина  $\rho_v = 700$  кг/м<sup>3</sup>; манометрическое давление паров бензина в резервуаре  $p_m = 5$  кПа



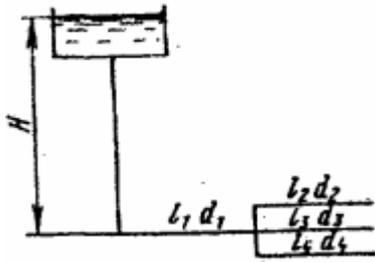
Задача 3. На поршень одного из сообщающихся сосудов, наполненных водой, действует сила  $P_1$  0,70 кН. Какую силу  $P_2$  нужно приложить ко второму поршню, чтобы уровень воды под ним был  $h = 0,7$  м выше уровня воды под первым поршнем? Диаметр первого поршня  $d_1 = 20$  мм, второго  $d_2 = 300$  мм.

Задача 4. По сифонному трубопроводу длиной  $l = 40$  м и диаметром  $d = 100$  мм нужно обеспечить расход бензина  $Q = 16$  л/с. Определить разность уровней  $H$ , если длина трубопровода  $l_1 = 20$  м, ее возвышение над верхним резервуаром  $h = 2$  м. Коэффициент сопротивления сетки  $\xi_c = 6$ , задвижки  $\xi_z = 3$ . Коэффициент сопротивления трения  $\lambda = 0,025$ . Объемный вес бензина  $\rho_v = 750$  кг/м<sup>3</sup>

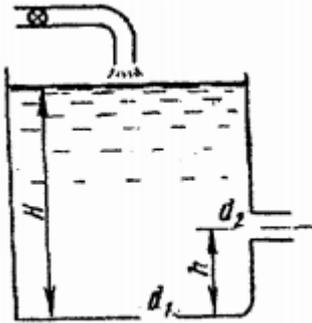
Задача 5. Вода подается из нижнего закрытого бака в верхний открытый бак по вертикальной трубе за счет избыточного давления в нижнем баке  $p_m = 70$  кПа (см. рис.). Определить расход воды  $Q$  при следующих данных:  $d = 125$  мм,  $l = 3,5$  м,  $h_1 = h_2$ . Коэффициент сопротивления трения определить по эквивалентной шероховатости  $\Delta = 0,2$  мм, предполагая наличие квадратичной зоны сопротивления. Коэффициенты местных сопротивлений: входа в трубу  $\xi_{вх} = 0,5$ ; вентиля  $\xi_{вент} = 4,5$ ; выхода из трубы  $\xi_{вых} = 1,0$ .



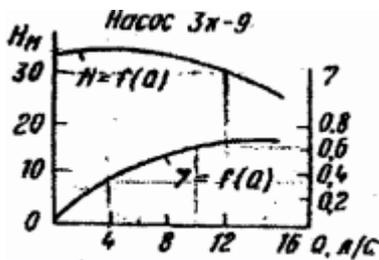
Задача 6. Определить общий расход воды  $Q$ , поступивший по системе труб под напором  $H = 4,64$  м. Диаметры труб  $d_1 = 150$  мм,  $d_2 = d_3 = d_4 = 100$  мм. Длины труб  $l_1 = 120$  м;  $l_2 = l_3 = l_4 = 60$  м. Воспользоваться значениями расходных характеристик для новых водопроводных труб:  $k_1 = 61,4$  л/с,  $k_2 = k_3 = k_4 = 110$  л/с.



Задача 7. В баке, имеющем в дне отверстие диаметром  $d_1 = 100$  мм и в стенке отверстие, снабженное цилиндрическим насадком, диаметром  $d_2 = 75$  мм; установился уровень воды на высоте  $H = 1,8$  м (см. рис.). Определить, какой расход воды  $Q$  поступает в бак, если центр бокового отверстия возвышается над дном бака на высоту  $h = 0,4$  м.



Задача 8. Определить мощность на валу центробежного, подающего воду по трубопроводу длиной  $l = 1400$  м и диаметром  $d = 150$  мм, высота подъема воды  $H_T = 10$  м, свободный мотор  $h_{св} = 15$  м. Коэффициент сопротивления трения трубопровода  $\lambda = 0,025$ .



## 6.1 Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студента

### 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. Андрижиевский А.А. Механика жидкости и газа [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Андрижиевский А.А.— Электрон. текстовые данные.— Минск: Вышэйшая школа, 2014.— 207 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/35498.html>.— ЭБС «IPRbooks»

3. Механика жидкости и газа [Электронный ресурс]: методические указания/ — Электрон. текстовые данные.— СПб.: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2013.— 31 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/26873.html>.— ЭБС «IPRbooks»
4. Савиновских А.Г. Гидравлика [Электронный ресурс]: учебное пособие для СПО/ Савиновских А.Г., Коробейникова И.Ю., Новикова Д.А.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Профобразование, 2019.— 168 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/86069.html>.— ЭБС «IPRbooks»
5. 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.
6. Исаев Х.А. Решение типовых задач по гидравлике (гидростатика). Метод реком. Изд. ГГНИ 2008 г
7. Исаев Х.А. Решение типовых задач по гидродинамике. Метод реком. Изд. ГГНИ 2007 г.
8. Исаев Х.А., Магомадова М.Х. Гидродинамика Курс лекций.- Изд. ГГНИ 2010 г.

## 7. Оценочные средства

### 7.1 Вопросы к первой рубежной аттестации

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. Поверхностное натяжение. Формула Лапласа.
5. Гидростатика. Гидростатическое давление (среднее, истинное). Единицы измерения давления. Поясните, что такое абсолютное и избыточное гидростатическое давление и какова связь между ними?
6. 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.
7. Основное уравнение гидростатики. Напишите и поясните основное уравнение гидростатики. Сформулируйте закон Паскаля.
8. Уравнение Эйлера.
9. Сообщающиеся сосуды. Определение уровня жидкости в сосуде. Определение плотности жидкости в сообщающихся сосудах. Определение давления на поверхности жидкости в сообщающихся сосудах.
10. Назовите приборы для измерения избыточного гидростатического давления и поясните принцип их действия, основные формулы. Поясните, что такое пьезометрическая высота? Приборы для измерения давления. Принцип действия пьезометра, на чем основан. Определение давления жидкости в пьезометре.
11. Определение глубины погружения точки и ее параметры. Гидростатические машины. Принцип действия основные формулы.
12. Давление жидкости на стенки труб. Разрывающие усилия (труба, резервуар).
13. Какие приборы для измерения давления Вам известны?
14. Чем отличается по назначению пьезометр от ртутного манометра?
15. Что называют относительным покоем жидкости?
16. Что называют поверхностями равного давления?
17. Сформулируйте закон Архимеда.
18. Принцип работы гидравлического пресса.

КПД гидравлического пресса.

19. По какой формуле определяется сила давления жидкости на плоские горизонтальные площадки?
20. По какой формуле определяется сила давления жидкости на плоские наклонные стенки. Центр давления.
21. По какой формуле определяется сила давления жидкости на криволинейную поверхность?
22. Что называют телом давления?

### **КАРТОЧКА № 1 (первая рубежная аттестация)**

1. Гидростатика. Гидростатическое давление (среднее, истинное) его единицы измерения
2. Упругость паров жидкости. Поверхностное натяжение. Формула Лапласа.
3. Определение глубины погружения точки и ее параметры.

### **7.3 Вопросы ко второй рубежной аттестации**

- 1 Основы гидродинамики. Гидростатические элементы потока (смоченный периметр, напорное движение, гидравлический радиус).
2. Схема движения жидкости. Элементарная струйка. Линия тока.
3. Установившееся и неустановившееся движение жидкости. Средняя скорость потока. Расход жидкости. Уравнение расхода для элементарной струйки, потока.
4. Уравнение неразрывности.
5. Вывод уравнения Бернулли. Уравнение Бернулли для элементарной струйки реальной жидкости. Геометрический и энергетический смысл слагаемых уравнения Д. Бернулли.
6. Как называется коэффициент  $\alpha$ , входящий в уравнение Д. Бернулли для потока реальной жидкости, что он учитывает и от чего зависит его величина?
7. Объясните, что обусловлены потери полного напора и каков их энергетический смысл? Поясните, что понимают под термином "удельная энергия"?
8. Объясните термины "местная скорость" и "средняя скорость" и укажите, как определяют эти скорости?
9. Скоростная трубка и трубка Пито?
10. 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»?
11. 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?
12. 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.
13. 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?
14. 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.
15. 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.
16. Что понимают под малым отверстием в тонкой стенке при истечении жидкости из отверстий? Сжатое сечение, причины сжатия струи, чем оценивают величину сжатия струи?

17. 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?
18. Напишите и поясните формулы для определения скорости и расхода при истечении жидкости из отверстий и насадок в атмосферу при постоянном напоре.
19. Изобразите и поясните схемы истечения жидкости из малого отверстия в тонкой стенке и через внешний цилиндрический насадок в атмосферу.
20. Измерение расходов и скоростей жидкости (объемный и весовой способ). Расходомер Вентури, принцип действия.
21. Гидравлические сопротивления. Вязкость жидкости. Законы внутреннего трения.
22. Режимы движения жидкости (ламинарный, турбулентный). Сформулируйте понятия гидравлического удара.
23. Прямой и непрямой гидравлический удар. Что такое фаза удара? Объясните процесс изменения давления в трубопроводе, питаемом из резервуара, при прямом гидравлическом ударе.
24. Напишите и поясните формулу Н. Е. Жуковского для определения повышения давления при ударе. Напишите и поясните формулу для определения скорости распространения ударной волны.
25. Назовите технические показатели насоса. Что такое напор насоса и как его определить по показаниям приборов? Что такое мощность насоса и полезная мощность?
26. 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?
27. Как изменяются подача, напор и мощность насоса при изменении частоты вращения рабочего колеса?
28. Что такое кавитация, каковы её внешние признаки? Что называется кавитационным запасом  $\Delta h$  и как его определить при испытаниях?
29. Что называется критическим кавитационным запасом  $\Delta h_{кр}$ ? Что называется допускаемым кавитационным запасом  $\Delta h_{доп}$ ? Формула Руднева для определения критического кавитационного запаса?
30. 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?
31. Что называется объемным насосом, какие вы знаете объемные насосы? Что называется характеристикой объемного насоса? Изобразите характеристику этого насоса.
32. Назовите и поясните основные технические показатели объемных насосов. Что называется напорной характеристикой объемного нерегулируемого насоса, каково её графическое изображение?
33. Что такое коэффициент утечек насоса и как он связан с объемным коэффициентом полезного действия?
34. Напишите и поясните уравнение напорной характеристики объемного насоса. Как определить мощность приводного двигателя объемного насоса по его параметрам.
35. Какие насосы называются роторными радиально-поршневыми, основные сведения о них? Изложите основные сведения о роторных аксиально-поршневых насосах?

#### **КАРТОЧКА № 1 (вторая рубежная аттестация)**

1. Уравнение Бернулли для установившегося движения идеальной жидкости.
2. Виды гидравлических потерь. Трубка Пито, расходомер Вентури.
3. Ламинарный и турбулентный режимы движения жидкости. Число Рейнольдса.

#### **7.5 Вопросы к зачету по дисциплине «Прикладная гидродинамика»**

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. Поверхностное натяжение. Формула Лапласа.
5. Гидростатика. Гидростатическое давление (среднее, истинное). Единицы измерения давления. Поясните, что такое абсолютное и избыточное гидростатическое давление и какова связь между ними?
6. 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.
7. Основное уравнение гидростатики. Напишите и поясните основное уравнение гидростатики. Сформулируйте закон Паскаля.
8. Уравнение Эйлера.
9. Сообщающиеся сосуды. Определение уровня жидкости в сосуде. Определение плотности жидкости в сообщающихся сосудах. Определение давления на поверхности жидкости в сообщающихся сосудах.
10. Назовите приборы для измерения избыточного гидростатического давления и поясните принцип их действия, основные формулы. Поясните, что такое пьезометрическая высота? Приборы для измерения давления. Принцип действия пьезометра, на чем основан. Определение давления жидкости в пьезометре.
11. Определение глубины погружения точки и ее параметры. Гидростатические машины. Принцип действия основные формулы.
12. Давление жидкости на стенки труб. Разрывающие усилия (труба, резервуар).
13. Какие приборы для измерения давления Вам известны?
14. Чем отличается по назначению пьезометр от ртутного манометра?
15. Что называют относительным покоем жидкости?
16. Что называют поверхностями равного давления?
17. Сформулируйте закон Архимеда.
18. Принцип работы гидравлического пресса. КПД гидравлического пресса.
19. По какой формуле определяется сила давления жидкости на плоские горизонтальные площадки?
20. По какой формуле определяется сила давления жидкости на плоские наклонные стенки. Центр давления.
21. По какой формуле определяется сила давления жидкости на криволинейную поверхность?
22. Что называют телом давления?
23. Основы гидродинамики. Гидростатические элементы потока (смоченный периметр, напорное движение, гидравлический радиус).
24. Схема движения жидкости. Элементарная струйка. Линия тока.
25. Установившееся и неустановившееся движение жидкости. Средняя скорость потока. Расход жидкости. Уравнение расхода для элементарной струйки, потока.
26. Уравнение неразрывности.
27. Вывод уравнения Бернулли. Уравнение Бернулли для элементарной струйки реальной жидкости. Геометрический и энергетический смысл слагаемых уравнения Д. Бернулли.
28. Как называется коэффициент  $\alpha$ , входящий в уравнение Д. Бернулли для потока реальной жидкости, что он учитывает и от чего зависит его величина?
29. Объясните, что обусловлены потери полного напора и каков их энергетический смысл? Поясните, что понимают под термином "удельная энергия"?
30. Объясните термины "местная скорость" и "средняя скорость" и укажите, как определяют эти скорости?
31. Скоростная трубка и трубка Пито?
32. 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»?
33. Назовите режимы движения жидкости и укажите их характерные особенности. Поясните, что такое критерий Рейнольдса, и назовите факторы, от которых он зависит

34. 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?
35. 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.
36. 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.
37. Что понимают под малым отверстием в тонкой стенке при истечении жидкости из отверстий? Сжатое сечение, причины сжатия струи, чем оценивают величину сжатия струи?
38. Что называют насадкой, типы насадок, их назначение? Коэффициент скорости. Что он учитывает, как определяется? Коэффициент расхода. Что он учитывает, как определяется?
39. 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?
40. Напишите и поясните формулы для определения скорости и расхода при истечении жидкости из отверстий и насадок в атмосферу при постоянном напоре.
41. Изобразите и поясните схемы истечения жидкости из малого отверстия в тонкой стенке и через внешний цилиндрический насадок в атмосферу.
43. Напишите и поясните формулу Н. Е. Жуковского для определения повышения давления при ударе. Напишите и поясните формулу для определения скорости распространения ударной волны.
44. Назовите технические показатели насоса. Что такое напор насоса и как его определить по показаниям приборов? Что такое мощность насоса и полезная мощность?
45. 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?
46. Как изменяются подача, напор и мощность насоса при изменении частоты вращения рабочего колеса?
47. Что такое кавитация, каковы её внешние признаки? Что называется кавитационным запасом  $\Delta h$  и как его определить при испытаниях?
48. Что называется критическим кавитационным запасом  $\Delta h_{кр}$ ? Что называется допускаемым кавитационным запасом  $\Delta h_{доп}$ ? Формула Руднева для определения критического кавитационного запаса?
49. 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?
50. Назовите и поясните основные технические показатели объемных насосов. Что называется напорной характеристикой объемного нерегулируемого насоса, каково её графическое изображение?

### Образец карточки к зачету по дисциплине

	ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ КАФЕДРА "ТЕПЛОТЕХНИКА И ГИДРАВЛИКА"	
Дисциплина	<b><u>Прикладная гидродинамика</u></b>	
Группа	<b><u>НИ-21</u></b>	
	<b>Карточка № 1 (к зачету по дисциплине)</b>	
<b>1.</b>	Основное уравнение гидростатики. Напишите и поясните основное уравнение	

	гидростатики. Сформулируйте закон Паскаля.
2.	Основы гидродинамики. Гидростатические элементы потока (смоченный периметр, напорное движение, гидравлический радиус).
3.	Вывод уравнения Бернулли. Уравнение Бернулли для элементарной струйки реальной жидкости. Геометрический и энергетический смысл слагаемых уравнения Д. Бернулли.
4.	Назовите технические показатели насоса. Что такое напор насоса и как его определить по показаниям приборов? Что такое мощность насоса и полезная мощность?
Зав. кафедрой «Теплотехника и гидравлика»	
Р.А-В. Турлуев	

## 7.4 Текущий контроль

### Лабораторная работа 1.1

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

##### 1. Цель работы:

- 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;
- Подтвердить на основании опытных данных закон Паскаля;
- Построить по данным опытов № 1, 2 в масштабе эпюру манометрического давления по глубине  $h$  (см. рис. 2).

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

- Что такое гидростатическое давление и каковы его свойства?
- Поясните, что такое абсолютное и избыточное гидростатическое давление и какова связь между ними?
- Объясните, что понимают под терминами: «внешнее давление» и «весовое давление»?
- Напишите и поясните основное уравнение гидростатики.
- Сформулируйте закон Паскаля.
- Назовите приборы для измерения избыточного гидростатического давления и поясните принцип их действия.
- Поясните, что такое пьезометрическая высота?
- В чём состояло принципиальное отличие в условиях проведения первого и второго опытов?
- Для чего нужно знать превышение оси вращения стрелки пружинного манометра над точкой его подключения?
- 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.

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

3. Что понимают под свободной поверхностью жидкости?
4. Какими свойствами обладает единичное гидростатическое давление?
5. Единичное гидростатическое давление это-
6. От чего зависит Единичное гидростатическое давление?
7. Если на свободную поверхность жидкости действует атмосферное давление  $P_0$ , то общее или абсолютное давление в точке жидкости: выразится формулой ....
8. 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:
9. Под избыточным давлением понимают ...
10. Напишите и объясните основное уравнение гидростатики
11. Что и в каких единицах измеряет: жидкостной манометр, пьезометр. Какого давления Пьезометр даёт показание...
12. Как определяется высота жидкости в пьезометре. Приведите формулу.
13. Приведите формулу для измерения пьезометром давления, равного одной атмосфере в сосуде заполненном водой?
14. Приведите формулу для измерения пьезометром давления, равного одной атмосфере в сосуде заполненном ртутью?
15. Для определения разности давлений в двух произвольно взятых точках применяют...
16. Жидкостной дифманометр дает показания....., выраженной в ..... жидкости.
17. Как называется поверхность, на протяжении которой гидростатическое давление не меняется.
18. 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 поверхностью 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.

##### 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 колесо 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?

## 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.
19. Построить в масштабе по опытным данным пьезометрическую линию и линию полного напора (см. рис.6).

**20. 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  $1,75 \leq m \leq 2$ .

**21. 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, поему график  $h\ell = f(v)$  строят в лагорифмических координатах?
10. Поясните, то такое гидравлиеский 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;
22. 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  $\Delta_s$  и  $\Delta_s/d$ , как найти величину  $\Delta_s$  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  $90^0$ , 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.

### Лабораторная работа 1.5

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

##### 1. Цель работы:

1. Определить по опытным данным величины коэффициентов:  $\mu_{on}$ ,  $\varphi_{on}$ ,  $\varepsilon_{on}$ ,  $\zeta_{on}$ , при истечении через малое круглое отверстие диаметром  $d = 2$  см при постоянном напоре в атмосферу и величины коэффициентов  $\mu_{Hon} = \varphi_{Hon} = \zeta_{Hon}$  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  $\Delta P_{on}$  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

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

*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  $k_f$  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 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 линией 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 Бр.

#### 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. Убедится 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?

7.4. 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)	
ОПК-5 Способен применять навыки анализа горно-геологических условий при поисках, оценке, разведке и добыче полезных ископаемых, а также при гражданском строительстве.					
<p><b>Знать:</b></p> <p>- виды и режимы движения жидкости; уравнение динамического равновесия равномерного потока; логарифмический закон распределения скоростей в круглой трубе; законы движения и равновесия жидкостей;</p>	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> <p>- пользоваться программными комплексами, при осуществлении процессов хранения и перекачки жидкостей и газов, а также средствами управления и контроля</p> <p>- применять общие законы и уравнения статики и динамики жидкостей, законы движения и равновесия жидкостей.</p>	Частичные умения	Неполные умения	Умения полные, допускаются небольшие ошибки	Сформированные умения	
<p><b>Владеть:</b></p> <p>- практическими методами определения основных физико-химических свойств, жидкостей и газов, методиками расчета объема и массы при их хранении и перекачки по трубопроводам различного назначения</p>	Частичное владение навыками	Несистематическое применение навыков	В систематическом применении навыков допускаются пробелы знаний	Успешное и систематическое применение навыков	

## 8. Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для осуществления процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся созданы фонды оценочных средств, адаптированные для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья и позволяющие оценить достижение ими запланированных в основной образовательной программе результатов обучения и уровень сформированности всех компетенций, заявленных в образовательной программе. Форма проведения текущей аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей (устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п.). При тестировании для слабовидящих студентов используются фонды оценочных средств с укрупненным шрифтом. На экзамен приглашается сопровождающий, который обеспечивает техническое сопровождение студенту. При необходимости студенту-инвалиду предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене (или зачете). Обучающиеся с ограниченными возможностями здоровья и обучающиеся инвалиды обеспечиваются печатными и электронными образовательными ресурсами (программы, учебные пособия для самостоятельной работы и т.д.) в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

1) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья **по зрению:**

- **для слепых:** задания для выполнения на семинарах и практических занятиях оформляются рельефно-точечным шрифтом Брайля или в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением для слепых, либо зачитываются ассистентом; письменные задания выполняются на бумаге рельефно-точечным шрифтом Брайля или на компьютере со специализированным программным обеспечением для слепых либо надиктовываются ассистенту; обучающимся для выполнения задания при необходимости предоставляется комплект письменных принадлежностей и бумага для письма рельефно-точечным шрифтом Брайля, компьютер со специализированным программным обеспечением для слепых;

- **для слабовидящих:** обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс; обучающимся для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств; задания для выполнения заданий оформляются увеличенным шрифтом;

2) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья **по слуху:**

- **для глухих и слабослышащих:** обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости обучающимся предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования; предоставляются услуги сурдопереводчика;

- для слепоглухих допускается присутствие ассистента, оказывающего услуги тифлосурдопереводчика (помимо требований, выполняемых соответственно для слепых и глухих);

3) для лиц с тяжелыми нарушениями речи, глухих, слабослышащих лекции и семинары, проводимые в устной форме, проводятся в письменной форме;

4) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, **имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата:**

- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата, нарушениями двигательных функций верхних конечностей или отсутствием верхних конечностей: письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением или надиктовываются ассистенту; выполнение заданий (тестов, контрольных работ), проводимые в письменной форме, проводятся в устной форме путем опроса, беседы с обучающимся.

## **9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

## **8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **а) основная 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. Андрижиевский А.А. Механика жидкости и газа [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Андрижиевский А.А.— Электрон. текстовые данные.— Минск: Вышэйшая школа, 2014.— 207 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/35498.html>.— ЭБС «IPRbooks»
3. Механика жидкости и газа [Электронный ресурс]: методические указания/ — Электрон. текстовые данные.— СПб.: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2013.— 31 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/26873.html>.— ЭБС «IPRbooks»
4. Савиновских А.Г. Гидравлика [Электронный ресурс]: учебное пособие для СПО/ Савиновских А.Г., Коробейникова И.Ю., Новикова Д.А.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Профобразование, 2019.— 168 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/86069.html>.— ЭБС «IPRbooks»
5. 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.
6. Исаев Х.А. Решение типовых задач по гидравлике (гидростатика). Метод реком. Изд. ГГНИ 2008 г
7. Исаев Х.А. Решение типовых задач по гидродинамике. Метод реком. Изд. ГГНИ 2007 г.
8. Исаев Х.А., Магомадова М.Х. Гидродинамика Курс лекций.- Изд. ГГНИ 2010 г.

### **б) дополнительная литература**

1. Айвазян О.М. Основы гидравлики бурных потоков [Электронный ресурс]/ Айвазян О.М.— Электрон. текстовые данные.— Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2010.— 266 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16585.html>.— ЭБС «IPRbooks»
2. Зуйков А.Л. Гидравлика. Том 2. Напорные и открытые потоки. Гидравлика сооружений [Электронный ресурс]: учебник/ Зуйков А.Л., Волгина Л.В.— Электрон. текстовые данные.— Москва: МИСИ-МГСУ, ЭБС АСВ, 2018.— 400 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/86298.html>.— ЭБС «IPRbooks»
3. Савиновских А.Г. Гидравлика [Электронный ресурс]: учебное пособие для СПО/ Савиновских А.Г., Коробейникова И.Ю., Новикова Д.А.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Профобразование, 2019.— 168 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/86069.html>.— ЭБС «IPRbooks»
4. 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.— 252 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/82446.html>.— ЭБС «IPRbooks»
5. Исаев Х.А. Решение типовых задач по гидравлике (гидростатика). Метод реком. Изд. ГГНИ 2008 г
6. Исаев Х.А. Решение типовых задач по гидродинамике. Метод реком. Изд. ГГНИ 2007 г.
7. Исаев Х.А., Магомадова М.Х. Гидродинамика Курс лекций.- Изд. ГГНИ 2010 г.
8. Мадаева М.З. Магомадова М.Х. Поршневые и центробежные насосы. Примеры расчета. Метод реком. Изд. ГГНИ 2007 г.
9. Магомадова М.Х. Исаев Х.А. Методические указания к выполнению контрольных работ по дисциплине «Гидравлика».
10. Карелин В.С. Турлуев Р.А.-В. Определение опытным путем слагаемых уравнения Д. Бернулли Метод. указ. к лаб. работе. Изд. ГГНИ 2010 г.

**в) программное и коммуникационное обеспечение**

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

г). **Интернет ресурсы:** Интернет ресурс - [www.gstou.ru](http://www.gstou.ru) электронная библиотека ЭБС «IPRbooks», «Консультант студента»

	<a href="http://borisov.3dn.ru/_ld/0/10_2-Gydravlika-Le.pdf">borisov.3dn.ru&gt;_ld/0/10_2-Gydravlika-Le.pdf</a>
	<a href="http://forest-college.ru/files/uchebn-mat-1/tehnich_...">forest-college.ru&gt;files/uchebn-mat-1/tehnich_...</a>
	<a href="http://firing-hydra.ru/index.php...">firing-hydra.ru&gt;index.php...</a>
	<a href="http://twirpx.com/file/189316/">twirpx.com&gt;file/189316/</a>
	<a href="http://gidravlika.3dn.ru/index/kurs_lekcij/0-4">gidravlika.3dn.ru&gt;index/kurs_lekcij/0-4</a>
	<a href="http://hydro133.narod.ru/lecture/og_lec_04.pdf">hydro133.narod.ru&gt;lecture/og_lec_04.pdf</a>
	<a href="http://shporgaloshka.ucoz.ru/gidravlika-konspekt_...">shporgaloshka.ucoz.ru&gt;gidravlika-konspekt_...</a>
	<a href="http://borisov.3dn.ru/_ld/0/10_2-Gydravlika-Le.pdf">borisov.3dn.ru&gt;_ld/0/10_2-Gydravlika-Le.pdf</a>
	<a href="http://allformgsu.ru/Каталог_файлов/Лекция_по_гидравлике">allformgsu.ru&gt;Каталог_файлов/Лекция_по_гидравлике</a>
	<a href="http://hydro133.narod.ru/lecture/og_lec_04.pdf">hydro133.narod.ru&gt;lecture/og_lec_04.pdf</a>

## 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1 Класс с персональными компьютерами для проведения практических занятий и виртуальных лабораторных работ.

**Гидрогазодинамика** (наличие оборудования и ТСО)

1.	Типовой комплект учебного оборудования: стенд гидравлический универсальный "Экспериментальная механика жидкости" ЭМЖ-09-14ЛР-01 (14 лабораторных работ)
2	Типовой комплект учебного оборудования: «Измерение давлений, расходов и температур в системах газоснабжения» ИСГ ДРТ-012-12ЛР-ПК (12 лабораторных работ)
3	Виртуальные лабораторные работы: «Лабораторный комплекс Гидравлика»; «Гидромашины и гидроприводы»; «Исследование открытого потока»; «Гидравлическое моделирование кольцевых, тупиковых, или комбинированных трубопроводных сетей». Программный лабораторный комплекс "Гидравлика" (45 лабораторных работ)
4	<b>Комплекты плакатов</b> (размер 560x800 мм):
4.1	Комплект плакатов «Гидравлика и гидропривод» 560x800 мм, 16 шт. 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

**Составители:**

Доцент кафедры  
«Теплотехника и гидравлика» \_\_\_\_\_ / Р.А-В. Турлуев /

Старший преподаватель кафедры \_\_\_\_\_ /А.А. Джамалуева/

**СОГЛАСОВАНО:**

Зав. кафедрой  
«Теплотехника и гидравлика» \_\_\_\_\_ / Р.А-В. Турлуев/

Зав. выпускающей каф.  
«Прикладная геофизика и геоинформатика» \_\_\_\_\_ /А.С. Эльжаев /

Директор ДУМР \_\_\_\_\_ / М.А. Магомаева/