

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Минцаев Магомед Шавалович

Должность: Ректор

Дата подписания: 08.09.2023 16:48:54

Уникальный программный ключ:

236bcc35c296f119d6aafdc22836b21db52dbc07971a86865a5825f9fa4304cc

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



## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

**«Механика жидкости и газа»**

**Специальность**

**08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений**

**Специализация**

**Строительство высотных и большепролетных зданий и сооружений**

**Квалификация**

**инженер-строитель**

**Год начала подготовки**

**2022**

**Грозный – 2022**

## **1. Цели и задачи дисциплины**

Целью изучения дисциплины «Механика жидкости и газа» является формирование, необходимой начальной базы, знаний о законах равновесия и движения жидкостей и газа, приобретение студентами навыков расчета сил, действующих на стенки резервуаров, гидравлического расчета трубопроводов различного назначения для стационарных и нестационарных режимов течения жидкостей, решения технологических задач нефтегазового производства, задач борьбы с осложнениями и авариями, которые могут возникнуть в гидродинамических системах. Изучение дисциплины позволяет сформировать у студентов комплекс знаний, необходимых для решения производственно-технологических, научно-исследовательских, проектных и эксплуатационных задач отрасли, в том числе связанных с построением проектов разработки машиностроительных производств и ремонтных цехов и участков различных отраслей промышленности, оценки параметров течения в технологических процессах машиностроительного производства.

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы:**

Учебная дисциплина «Механика жидкости и газа» относится к базовой части математического и естественнонаучного цикла в учебном плане ОП направления 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений» и предусмотрена для изучения в пятом семестре. В теоретико-методологическом и практическом направлении она тесно связана со следующими дисциплинами учебного плана: Математика, Физика, Информатика, Строительная механика, Механика грунтов, Основы технологии возведения зданий и специальных сооружений, Обследование и испытание сооружений, Эксплуатация и реконструкция сооружений и др.

## **3. Требования к результатам освоения дисциплины.**

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

**Категория (группа) общепрофессиональных компетенций** Теоретическая фундаментальная подготовка.

**Код и наименование общепрофессиональной компетенции ОПК-1.** Способен решать прикладные задачи строительной отрасли, используя теорию и методы фундаментальных наук.

**Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции**

**ОПК-1.1. Выявление и классификация физических и химических процессов, протекающих на объекте профессиональной деятельности;**

**ОПК-1.2. Определение характеристик физического процесса (явления), характерного для объектов профессиональной деятельности, на основе теоретического (экспериментального) исследования;**

**ОПК-1.5. Выбор для решения задач профессиональной деятельности фундаментальных законов, описывающих изучаемый процесс или явление;**

**В результате освоения учебной дисциплины «Механика жидкости и газа» студент должен:**  
**знать:**

- основные физические свойства жидкости;
- основные законы покоя и движения жидкости;
- силы давления жидкости на плоские и криволинейные стенки;
- общие сведения о гидравлических потерях;
- законы распределения скоростей и сопротивлений при ламинарных и турбулентных течениях в трубах.

**уметь:**

- применять дифференциальное уравнение движения идеальной жидкости.
- проводить практические расчеты различных резервуаров, и емкостей применяемых для сбора, хранения и подготовки различных жидкостей машиностроительных производств;

- проводить расчеты простых и сложных трубопроводов, гидравлических систем и насосов;
- проводить расчеты колебаний давления при гидравлическом ударе;
- проводить практические расчеты силового воздействия потока на ограничивающие его стенки;
- применять формулы подобия для пересчета характеристик объемных, центробежных и лопастных насосов.

**владеть:**

- режимами движения жидкости и основами гидродинамического подобия;
- методиками гидравлических расчетов гидродинамических систем и гидравлических машин;
- методами оптимизации гидродинамических процессов;
- гидродинамическими методами расчета и анализа режимов работы технологического оборудования и аварийных ситуаций машиностроительных производств.

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

Таблица 1

Вид учебной работы		Всего часов/зач.ед.	Семестры
			5
		ОФО	ОФО
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>		<b>51/1,41</b>	<b>51/1,41</b>
В том числе:			
Лекции		34/0,94	34/0,94
Лабораторные работы		17/0,47	17/0,47
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>		<b>93/2,58</b>	<b>93/2,58</b>
В том числе:			
Расчетно-графические работы		30/0,83	30/0,83
Доклады		20/0,55	20/0,55
<i>И(или) другие виды самостоятельной работы:</i>			
Подготовка к лабораторным работам		23/0,63	23/0,63
Подготовка к зачету		20/0,55	20/0,55
<b>Вид отчетности</b>		<b>зачет</b>	<b>зачет</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>Всего в часах</b>	<b>144</b>	<b>144</b>
	<b>Всего в зач. единицах</b>	<b>4</b>	<b>4</b>

#### 5. Содержание дисциплины

##### 5.1 Разделы дисциплины и виды занятий

Таблица 2

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Часы лекционных занятий	Часы практических (семинарских) занятий	Часы лабораторных занятий	Всего часов

		<b>ОФО</b>		<b>ОФО</b>		<b>ОФО</b>		<b>ОФО</b>	
1	Гидравлика. Механика жидкости.	2				1		3	
2	Гидростатика. Силы давления жидкости.	4				2		6	
3	Гидродинамика. Кинематика жидкости.	4				4		8	
4	Режимы движения жидкости и основы гидродинамического Гидравлические потери подобия.	4				4		8	
5	Истечение жидкости через отверстия и насадки. Гидравлический удар.	4				4		8	
6	Механика газа. Физические свойства газов. Статика и динамика газов.	4						4	
7	Аэродинамика инженерных сетей.	4				2		6	
8	Архитектурно-строительная аэродинамика.	4						4	
9	Фильтрация газа.	4						4	
	<b>ВСЕГО:</b>	<b>34</b>				<b>17</b>		<b>51</b>	

## 5.2 Лекционные занятия

Таблица 3

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	2	3

1	Гидравлика. Механика жидкости.	Предмет гидравлики и гидромашин. Применение и значение гидравлики в современном строительстве. Основные физические свойства жидкостей и газов. Поверхностное натяжение. Идеальная жидкость. Ньютоновские жидкости. Закон вязкого трения Ньютона. Капиллярные явления. Напряжения и силы, действующие в жидкостях и газах.
2	Гидростатика. Силы давления жидкости.	Гидростатика. Свойство давления в неподвижной жидкости. Общие законы и уравнения равновесия жидкостей и газов. Давление жидкости на плоские и криволинейные стенки. Уравнение Эйлера равновесия жидкости. Поверхности равного давления. Основное уравнение гидростатики. Закон Паскаля. Силы давления жидкости на плоские и криволинейные стенки. Закон Архимеда. Плавание тел.
3	Гидродинамика. Кинематика жидкости.	Виды движения жидкости. Основные понятия кинематики жидкости. Основные кинематические характеристики потоков жидкости и газа. Методы исследования движения жидкости. Условие сплошности и уравнение неразрывности. Установившееся и неустановившееся движение. Основное уравнение неустановившегося движения для элементарной струйки и для потока жидкости. Понятие о переходных процессах. Поток жидкости. Средняя скорость. Уравнение расхода. Дифференциальное уравнение движения идеальной жидкости. Уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкости. Коэффициент Кориолиса. Равномерное и неравномерное движение жидкости в открытых каналах.
4	Режимы движения жидкости и основы гидродинамического Гидравлические потери подобия.	Режимы движения жидкостей и газов. Потенциальное движение. Ламинарный и турбулентный режимы движения жидкости. Число Рейнольдса. Основы теории гидродинамического подобия. Потери напора в трубах. Формула Шероховатости стенок, абсолютная и относительная. Графики Никурадзе и Мурина. Основные виды местных сопротивлений. Коэффициент местных потерь. Динамика вязкой и невязкой жидкости. Система дифференциальных уравнений движения невязкой жидкости (Эйлера) и вязкой жидкости (Навье–Стокса). Общие сведения о гидравлических потерях. Виды гидравлических потерь. Трубка Пито, расходомер Вентури. Основное уравнение равномерного движения в открытых руслах. Полуэмпирическая теория турбулентности. Дифференциальное уравнение неравномерного движения и его интегрирование. Закон сохранения количества движения. Основное уравнение равномерного движения. Потери давления на трение при движении жидкостей и газов.
	2	3

5	Истечение жидкости через отверстия и насадки. Гидравлический удар.	Истечение жидкости через отверстия и насадки. Гидравлический удар. Внезапное расширение трубы (теорема Борда). Диффузоры. Колена. Двухфазные потоки жидкости. Силовое воздействие потока на твердые частицы. Размывающая скорость. Движение донных и взвешенных наносов в водном потоке. Гидравлическая крупность частиц. Теория турбулентности Прандтля. График Никурадзе. Местные сопротивления.
6	Механика газа. Физические свойства газов. Статика и динамика газов.	Аэродинамика. Механика газа. Физические свойства газов. Статика газа. Приборы для измерения давления. Эпюры давления. Приведенное статическое давление. Динамика газа. Словарь аэродинамических терминов. Уравнение неразрывности потока. Приведенное полное давление. Разность давлений и потери давления. Режимы движения газа.
7	Аэродинамика инженерных сетей.	Расчет систем с естественной тягой. Расчет систем с естественной циркуляцией.
8	Архитектурно-строительная аэродинамика.	Ветровое давление. Аэродинамический коэффициент. Эпюры ветрового давления по поверхности здания.
9	Фильтрация газа.	Скорость фильтрации газа. Закон Дарси.

### 5.3 Лабораторные занятия

Таблица 4

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ
1	Гидравлика. Механика жидкости.	ВЛР*. Измерение гидростатического давления и экспериментальное подтверждение закона Паскаля
2	Гидростатика. Силы давления жидкости.	ВЛР. Сила давления жидкости на плоскую поверхность ВЛР. Гидравлический пресс. ВЛР. Определение плотностей несмешивающихся жидкостей в сообщающихся сосудах ВЛР. Относительное равновесие жидкости во вращающемся сосуде
3	Гидродинамика. Кинематика жидкости.	ВЛР. Определение опытным путем слагаемых уравнения Д. Бернулли. Уравнение Бернулли. Тарировка расходомера Вентури. (Реальная)
4	Режимы движения жидкости и основы гидродинамического Гидравлические потери подобия.	ВЛР. Экспериментальная иллюстрация ламинарного и турбулентного режимов движения жидкости, определение законов сопротивления критического числа Рейнольдса. Исследование режима движения жидкости» (Реальная) ВЛР. «Определение зависимости между гидравлическим уклоном и средней скоростью при турбулентном движении воды

5	<p>Истечение жидкости через отверстия и насадки. Гидравлический удар.</p>	<p>ВЛР. “Исследование процесса истечения через малое круглое отверстие и внешний цилиндрический насадок” Истечение жидкости из малых отверстий в тонкой стенке сосуда в атмосферу. Истечение жидкости из больших отверстий в атмосферу. Прохождение жидкости через сужающее устройство - диафрагму (<i>Реальная</i>) ВЛР. Экспериментальное изучение прямого гидравлического удара в напорном трубопроводе</p>
---	---	--

\*ВЛР – виртуальная лабораторная работа

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

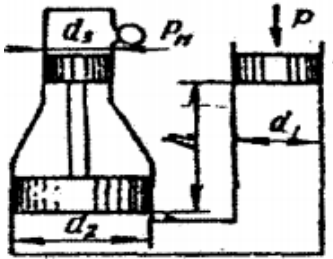
### 6. Самостоятельная работа студентов по дисциплине

#### 6.1 Темы для самостоятельного изучения

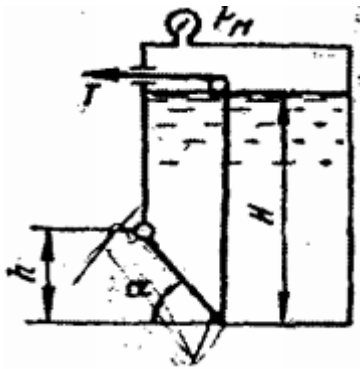
№ п/п	Темы для самостоятельного изучения
1	Гидростатические законы для жидкости, находящейся в относительном покое. Дифференциальное уравнение поверхности равного давления в жидкости. Относительный покой жидкости находящейся в резервуаре, движущемся по наклонной плоскости с ускорением.
2	Плавание тел. Закон Архимеда.
3	Гидростатические машины.
4	Гидравлика газов. Уравнение равновесия газов. Уравнение Бернулли для элементарной струйки идеального газа. Уравнение неразрывности. Скорость звука в газе. Истечение газа через насадок.
5	Давление жидкости на плоские стенки. Центр давления. Эпюры гидростатического давления.
6	Местные потери напора при больших числах Рейнольдса.
7	Потери напора по длине при турбулентном установившемся движении жидкости для квадратичной области сопротивления. Формула Шези.
8	Истечение через насадки различного типа. Истечение при переменном напоре.
9	Фильтрация жидкости. Фильтрация через однородную земляную плотину. Закон Дарси. Фильтрация через неоднородный изотропный грунт.
10	Установившееся и неустановившееся движение жидкости в напорных трубопроводах.
11	Основы теории подобия насосов. Основные параметры насосов. Лопастные и поршневые насосы. Типы лопастных и поршневых насосов
12	Явление кавитации. Коэффициент быстроходности. Применение формул подобия для пересчета характеристик насосов. Объемные насосы. Принцип действия, общие свойства и классификация. Поршневые и плунжерные насосы.

## 6.2 Образец задания расчетно-графической работы

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:  $P = 400$  кН,  $d_1 = 250$  мм,  $d_2 = 400$  мм,  $d_3 = 150$  мм,  $h = 0,9$  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  $\rho_b = 700$  кг/м<sup>3</sup>; манометрическое давление паров бензина в резервуаре  $p_m = 5$  кПа

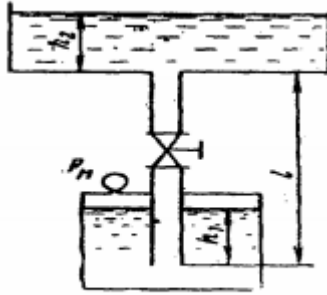


Задача 3. На поршень одного из сообщающихся сосудов, наполненных водой, действует сила  $P_1$  0,70 кН. Какую силу  $P_2$  нужно приложить ко второму поршню, чтобы уровень воды под ним был  $h = 0,7$  м выше уровня воды под первым поршнем? Диаметр первого поршня  $d_1 = 20$  мм, второго  $d_2 = 300$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

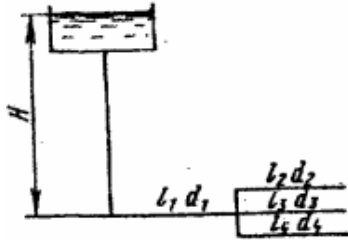
Задача 4. По сифонному трубопроводу длиной  $l = 40$  м и диаметром  $d = 100$  мм нужно обеспечить расход бензина  $Q = 16$  л/с. Определить разность уровней  $H$ , если длина трубопровода  $l_1 = 20$  м, ее возвышение над верхним резервуаром  $h = 2$  м. Коэффициент сопротивления сетки  $\xi_c = 6$ , задвижки  $\xi_z = 3$ . Коэффициент сопротивления трения  $\lambda = 0,025$ . Объемный вес бензина  $\rho_b = 750$  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  $\xi_{вых} = 1,0$ .

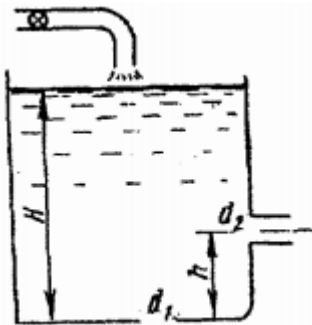




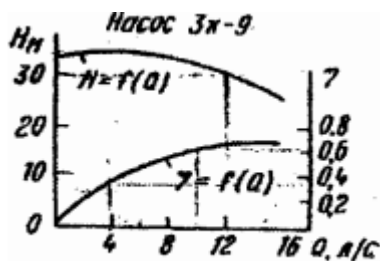
Задача 6. Определить общий расход воды  $Q$ , поступивший по системе труб под напором  $H = 4,64$  м. Диаметры труб  $d_1 = 150$  мм,  $d_2 = d_3 = d_4 = 100$  мм. Длины труб  $l_1 = 120$  м;  $l_2 = l_3 = l_4 = 60$  м. Воспользоваться значениями расходных характеристик для новых водопроводных труб:  $k_1 = 61,4$  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  $H_{\Gamma} = 10$  м, свободный мотор  $h_{св} = 15$  м. Коэффициент сопротивления трения трубопровода  $\lambda = 0,025$ .



## 6.3 Учебно-методическое обеспечение для выполнения самостоятельной

### работы

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

## 7. Оценочные средства

### 7.1 Вопросы к первой рубежной аттестации

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

сообщающихся сосудах.

16. Напишите и поясните формулы Дарси-Вейсбаха и Вейсбаха.

17. Поясните, как опытным путем определяют величины коэффициентов  $\lambda$  и  $\xi$ .

18. Назовите приборы для измерения избыточного гидростатического давления и поясните принцип их действия, основные формулы. Поясните, что такое пьезометрическая высота?

19. Приборы для измерения давления. Принцип действия пьезометра, на чем основан.

Определение давления жидкости в пьезометре.

20. Что характеризуют коэффициенты  $\lambda$  и  $\xi$  от каких факторов в общем случае они зависят и как их определяют при гидравлических расчетах?

21. Объясните, что такое  $\Delta_z$  и  $\Delta_z/d$ , как найти величину  $\Delta_z$  при гидравлических расчетах.

22. Определение глубины погружения точки и ее параметры.

Гидростатические машины. Принцип действия основные формулы.

23. Давление жидкости на стенки труб. Разрывающие усилия (труба, резервуар).

24. Назовите области гидравлического сопротивления трубопроводов и объясните, как определяют область сопротивления при гидравлических расчетах.

25. Изобразите схемы движения жидкости при резком повороте трубы на  $90^\circ$ , а также при резком расширении и резком сужении трубопровода и дайте пояснения к ним, указав, что характерно для движения потока при протекании его через любое местное сопротивление.

26. Какие приборы для измерения давления Вам известны?

27. Сформулируйте понятия гидравлического удара.

28. Прямой и непрямой гидравлический удар.

29. Чем отличается по назначению пьезометр от ртутного манометра?

30. Что называют относительным покоем жидкости?

31. Что такое фаза удара?

32. Объясните процесс изменения давления в трубопроводе, питаемом из резервуара, при прямом гидравлическом ударе.

33. Что называют поверхностями равного давления?

34. Сформулируйте закон Архимеда.

35. Напишите и поясните формулу Н. Е. Журавского для определения повышения давления при ударе.

36. Напишите и поясните формулу для определения скорости распространения ударной волны. 37.

Принцип работы гидравлического пресса. КПД гидравлического пресса.

38. По какой формуле определяется сила давления жидкости на плоские горизонтальные площадки ?

39. Что понимают под малым отверстием в тонкой стенке при истечении жидкости из отверстий?

40. Сжатое сечение, причины сжатия струи, чем оценивают величину сжатия струи?

41. Объясните, почему при истечении из насадок расход жидкости больше, чем при истечении из малого круглого отверстия в тонкой стенке?

42. По какой формуле определяется сила давления жидкости на плоские наклонные стенки. Центр давления.

43. Что называют насадкой, типы насадок, их назначение?

44. Коэффициент скорости. Что он учитывает, как определяется?

45. По какой формуле определяется сила давления жидкости на криволинейную поверхность?

46. Коэффициент расхода. Что он учитывает, как определяется?

47. Коэффициент сопротивления (отверстия, насадка). Как он определяется по опытным данным?

48. Что называют телом давления?

## **Карточка к первой рубежной аттестации**

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

## **7.2 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. Установившееся и неустановившееся движение жидкости. Средняя скорость потока. Расход жидкости. Уравнение расхода для элементарной струйки, потока. Уравнение неразрывности.
3. Объясните, что такое  $\Delta_3$  и  $\Delta_3/d$ , как найти величину  $\Delta_3$  при гидравлических расчетах.
4. Давление жидкости на стенки труб. Разрывающие усилия (труба, резервуар).
5. Назовите области гидравлического сопротивления трубопроводов и объясните, как определяют область сопротивления при гидравлических расчетах.
6. Изобразите схемы движения жидкости при резком повороте трубы на  $90^\circ$ , 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.
7. Прямой и непрямой гидравлический удар.
8. Сформулируйте понятия гидравлического удара.
9. Что такое кавитация, каковы её внешние признаки?
10. Что называется кавитационным запасом  $\Delta h$  и как его определить при испытаниях?
11. Что называется критическим кавитационным запасом  $\Delta h_{кр}$ ?
12. Вывод уравнения Бернулли. Уравнение Бернулли для элементарной струйки реальной жидкости. Геометрический и энергетический смысл слагаемых уравнения Д. Бернулли.
13. Как называется коэффициент  $\alpha$ , входящий в уравнение Д. Бернулли для потока реальной жидкости, что он учитывает и от чего зависит его величина?
14. Что называется допусаемым кавитационным запасом  $\Delta h_{доп}$ ?
15. Формула Руднева для определения критического кавитационного запаса?
16. Что такое высота всасывания и как она связана с кавитацией?
17. Объясните, что обусловлены потери полного напора и каков их энергетический смысл? Поясните, что понимают под термином "удельная энергия"?
18. Объясните термины "местная скорость" и "средняя скорость" и укажите, как определяют эти скорости?
19. Скоростная трубка и трубка Пито?
20. Поясните, что такое линия полного напора и пьезометрическая линия, что будут представлять собой эти линии при равномерном движении реальной жидкости? Что понимают под термином «живое сечение потока жидкости»?
21. Назовите режимы движения жидкости и укажите их характерные особенности. Поясните, что такое критерий Рейнольдса, и назовите факторы, от которых он зависит. Поясните, что такое

критическое число Рейнольдса?

22. Поясните, каким образом при гидравлических расчётах определяют режим движения жидкости и, с какой целью? Поясните, что такое критическая скорость, от каких факторов она зависит и как её определяют? Напишите и поясните аналитические зависимости потерь напора по длине от средней скорости потока при ламинарном и турбулентном режимах движения жидкости.

23. Напишите и поясните формулы Дарси-Вейсбаха и Вейсбаха. Поясните, как опытным путем определяют величины коэффициентов  $\lambda$  и  $\xi$ . Что характеризуют коэффициенты  $\lambda$  и  $\xi$  от каких факторов в общем случае они зависят и как их определяют при гидравлических расчетах?

24. Объясните, что такое  $\Delta z$  и  $\Delta z/d$ , как найти величину  $\Delta z$  при гидравлических расчетах.

Назовите области гидравлического сопротивления трубопроводов и объясните, как определяют область сопротивления при гидравлических расчетах.

25. Изобразите схемы движения жидкости при резком повороте трубы на  $90^\circ$ , а также при резком расширении и резком сужении трубопровода и дайте пояснения к ним, указав, что характерно для движения потока при протекании его через любое местное сопротивление.

26. Что понимают под малым отверстием в тонкой стенке при истечении жидкости из отверстий? Сжатое сечение, причины сжатия струи, чем оценивают величину сжатия струи?

27. Что называют насадкой, типы насадок, их назначение? Коэффициент скорости. Что он учитывает, как определяется? Коэффициент расхода. Что он учитывает, как определяется? Коэффициент сопротивления (отверстия, насадка). Как он определяется по опытным данным? Объясните, почему при истечении из насадок расход жидкости больше, чем при истечении из малого круглого отверстия в тонкой стенке?

28. Напишите и поясните формулы для определения скорости и расхода при истечении жидкости из отверстий и насадок в атмосферу при постоянном напоре.

29. Изобразите и поясните схемы истечения жидкости из малого отверстия в тонкой стенке и через внешний цилиндрический насадок в атмосферу.

30. Что называется кавитационной характеристикой и как она изображается графически?

31. Что называется частной кавитационной характеристикой и как её получить при испытаниях?

32. Измерение расходов и скоростей жидкости (объемный и весовой способ).

33. Расходомер Вентури, принцип действия.

34. Гидравлические сопротивления. Вязкость жидкости. Законы внутреннего трения.

35. Режимы движения жидкости (ламинарный, турбулентный).

36. Сформулируйте понятия гидравлического удара.

37. Порядок работы при снятии частной кавитационной характеристики

38. Как получают кавитационную характеристику центробежного насоса?

39. Прямой и непрямой гидравлический удар. Что такое фаза удара? Объясните процесс изменения давления в трубопроводе, питаемом из резервуара, при прямом гидравлическом ударе.

40. Напишите и поясните формулу Н. Е. Журавского для определения повышения давления при ударе. Напишите и поясните формулу для определения скорости распространения ударной волны.

41. Назовите технические показатели насоса. Что такое подача насоса, идеальная подача и как она определяется при испытаниях? Что такое напор насоса и как его определить по показаниям приборов? Что такое мощность насоса и полезная мощность?

42. Что такое КПД насоса? Какие потери учитывает КПД насоса и его связь с другими КПД? Что называется характеристикой насоса? Что называется полем насоса Q-N и связь его с КПД насоса?

43. Как изменяются подача, напор и мощность насоса при изменении частоты вращения рабочего колеса?

44. Что такое кавитация, каковы её внешние признаки? Что называется кавитационным запасом  $\Delta h$  и как его определить при испытаниях?

45. Что называется критическим кавитационным запасом  $\Delta h_{кр}$ ? Что называется допусаемым кавитационным запасом  $\Delta h_{доп}$ ? Формула Руднева для определения критического кавитационного запаса?
46. Как определить мощность на насосном и турбинном лопастных колесах?
47. Что такое КПД, передаточное отношение, скольжение и какая между ними связь?

### 1. Карточка ко второй рубежной аттестации

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

### 7.3 Вопросы к экзамену по дисциплине Механика жидкости и газа

1. Основы гидродинамики. Гидростатические элементы потока (смоченный периметр, напорное движение, гидравлический радиус).
2. Схема движения жидкости. Элементарная струйка. Линия тока. Установившееся и неустановившееся движение жидкости. Средняя скорость потока. Расход жидкости. Уравнение расхода для элементарной струйки, потока. Уравнение неразрывности.
3. Что такое кавитация, каковы её внешние признаки?
4. Что называется кавитационным запасом  $\Delta h$  и как его определить при испытаниях?
5. Что называется критическим кавитационным запасом  $\Delta h_{кр}$ ?
6. Вывод уравнения Бернулли. Уравнение Бернулли для элементарной струйки реальной жидкости. Геометрический и энергетический смысл слагаемых уравнения Д. Бернулли.
7. Как называется коэффициент  $\alpha$ , входящий в уравнение Д. Бернулли для потока реальной жидкости, что он учитывает и от чего зависит его величина?
8. Что называется допусаемым кавитационным запасом  $\Delta h_{доп}$ ?
9. Формула Руднева для определения критического кавитационного запаса?
10. Что такое высота всасывания и как она связана с кавитацией?
11. Объясните, что обусловлены потери полного напора и каков их энергетический смысл? Поясните, что понимают под термином "удельная энергия"?
12. Объясните термины "местная скорость" и "средняя скорость" и укажите, как определяют эти скорости?
13. Скоростная трубка и трубка Пито?
14. Поясните, что такое линия полного напора и пьезометрическая линия, что будут представлять собой эти линии при равномерном движении реальной жидкости?

15. Назовите режимы движения жидкости и укажите их характерные особенности. Поясните, что такое критерий Рейнольдса, и назовите факторы, от которых он зависит. Поясните, что такое критическое число Рейнольдса?
16. Поясните, каким образом при гидравлических расчётах определяют режим движения жидкости и, с какой целью? Поясните, что такое критическая скорость, от каких факторов она зависит и как её определяют? Напишите и поясните аналитические зависимости потерь напора по длине от средней скорости потока при ламинарном и турбулентном режимах движения жидкости.
17. Напишите и поясните формулы Дарси-Вейсбаха и Вейсбаха. Поясните, как опытным путем определяют величины коэффициентов  $\lambda$  и  $\xi$ . Что характеризуют коэффициенты  $\lambda$  и  $\xi$  от каких факторов в общем случае они зависят и как их определяют при гидравлических расчетах?
18. Объясните, что такое  $\Delta z$  и  $\Delta z/d$ , как найти величину  $\Delta z$  при гидравлических расчетах. Назовите области гидравлического сопротивления трубопроводов и объясните, как определяют область сопротивления при гидравлических расчетах.
19. Изобразите схемы движения жидкости при резком повороте трубы на  $90^0$ , 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.
20. Что понимают под малым отверстием в тонкой стенке при истечении жидкости из отверстий? Сжатое сечение, причины сжатия струи, чем оценивают величину сжатия струи?
21. Что называют насадкой, типы насадок, их назначение? Коэффициент скорости. Что он учитывает, как определяется? Коэффициент расхода. Что он учитывает, как определяется? Коэффициент сопротивления (отверстия, насадка). Как он определяется по опытным данным? Объясните, почему при истечении из насадок расход жидкости больше, чем при истечении из малого круглого отверстия в тонкой стенке?
22. Напишите и поясните формулы для определения скорости и расхода при истечении жидкости из отверстий и насадок в атмосферу при постоянном напоре.
23. Изобразите и поясните схемы истечения жидкости из малого отверстия в тонкой стенке и через внешний цилиндрический насадок в атмосферу.
24. Что называется кавитационной характеристикой и как она изображается графически?
25. Что называется частной кавитационной характеристикой и как её получить при испытаниях?
26. Измерение расходов и скоростей жидкости (объемный и весовой способ).  
Расходомер Вентури, принцип действия.
27. Гидравлические сопротивления. Вязкость жидкости. Законы внутреннего трения.
28. Режимы движения жидкости (ламинарный, турбулентный).
28. Сформулируйте понятия гидравлического удара.
29. Порядок работы при снятии частной кавитационной характеристики
30. Как получают кавитационную характеристику центробежного насоса?

## Образец билета к экзамену по дисциплине «Механика жидкости и газа»

	ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ КАФЕДРА "ТЕПЛОТЕХНИКА И ГИДРАВЛИКА"
	Дисциплина <u><b>Механика жидкости и газа</b></u>
	<b>Билет № 1</b>
<b>1.</b>	Давление жидкости на стенки труб. Разрывающие усилия (труба, резервуар).
<b>2.</b>	Вывод уравнения Бернулли. Уравнение Бернулли для элементарной струйки реальной жидкости. Геометрический и энергетический смысл слагаемых уравнения Д. Бернулли.
<b>3.</b>	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?
<b>4.</b>	Что такое напор насоса и как его определить по показаниям приборов? Что такое мощность насоса и полезная мощность?
	Зав. кафедрой «Теплотехника и гидравлика» <span style="float: right;">Р.А-В. Турлуев</span>

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

#### а) основная литература

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



2017.— 221 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66394.html>.— ЭБС «IPRbooks»

6. Малый В.П. Практикум по гидравлике [Электронный ресурс]: учебное пособие для слушателей, курсантов и студентов Сибирской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России/ Малый В.П., Масаев В.Н.— Электрон. текстовые данные.— Железногорск: Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017.— 120 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66924.html>.— ЭБС «IPRbooks»

#### **б) дополнительная литература**

1. Кузнецов В.А. Основы гидрогазодинамики [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Кузнецов В.А.— Электрон. текстовые данные.— Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2012.— 108 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/28374.html>.— ЭБС «IPRbooks»
2. Кузнецов В.А. Основы гидрогазодинамики [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Кузнецов В.А.— Электрон. текстовые данные.— Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2012.— 108 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/28374.html>.— ЭБС «IPRbooks»
3. Карелин В.С., Турлуев Р.А-В., Исаев Х.А. Измерение гидростатического давления и экспериментальное подтверждение закона Паскаля.- Метод. указ. к лаб. работе Изд. ГГНИ 2009 г.
4. Исаев Х.А. Решение типовых задач по гидравлике (гидростатика). Метод реком. Изд. ГГНИ 2008 г
5. Исаев Х.А. Решение типовых задач по гидродинамике. Метод реком. Изд. ГГНИ 2007 г.
6. Исаев Х.А., Магомадова М.Х. Гидродинамика Курс лекций.- Изд. ГГНИ 2010 г.

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

#### **Интернет ресурсы:**

1	<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>
2	<a href="http://forest-college.ru/files/uchebn-mat-1/tehnich_...">forest-college.ru&gt;files/uchebn-mat-1/tehnich_...</a>
3	<a href="http://firing-hydra.ru/index.php...">firing-hydra.ru&gt;index.php...</a>
4	<a href="http://twirpx.com/file/189316/">twirpx.com&gt;file/189316/</a>
5	<a href="http://gidravlika.3dn.ru/index/kurs_lekcij/0-4">gidravlika.3dn.ru&gt;index/kurs_lekcij/0-4</a>
6	<a href="http://hydro133.narod.ru/lecture/og_lec_04.pdf">hydro133.narod.ru&gt;lecture/og_lec_04.pdf</a>
7	<a href="http://shporgaloshka.ucoz.ru/gidravlika-konspekt_...">shporgaloshka.ucoz.ru&gt;gidravlika-konspekt_...</a>
8	<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>
9	<a href="http://allformgsu.ru/Каталогфайлов/Лекция по гидравлике">allformgsu.ru&gt;Каталогфайлов/Лекция по гидравлике</a>
10	<a href="http://hydro133.narod.ru/lecture/og_lec_04.pdf">hydro133.narod.ru&gt;lecture/og_lec_04.pdf</a>

#### **г) программное и коммуникационное обеспечение**

1. Электронный конспект лекций и электронно-обучающий комплекс по дисциплине «Механика жидкости и газа».
2. Тесты для компьютерного тестирования студентов

## 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

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

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

1.	<p><b>Типовой комплект учебного оборудования: стенд гидравлический универсальный "Экспериментальная механика жидкости" ЭМЖ-09-14ЛР-01</b> (14 лабораторных работ)</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Уравнение Бернулли. Тарировка расходомера Вентури. (<i>Реальная</i>)</li><li>2. Определение коэффициента гидравлического трения в трубопроводе (<i>Реальная</i>)</li><li>3. Исследование режима движения жидкости» (<i>Реальная</i>)</li><li>4. Определение коэффициента гидравлического трения в трубопроводе (<i>Реальная</i>)</li><li>5. Местные сопротивления. (<i>Реальная</i>)</li><li>6. Прохождение жидкости через сужающее устройство - диафрагму (<i>Реальная</i>)</li></ol>
2	<p><b>Типовой комплект учебного оборудования: «Измерение давлений, расходов и температур в системах газоснабжения» ИСГ ДРТ-012-12ЛР-ПК</b> (12 лабораторных работ)</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Динамические характеристики терморезистивного преобразователя (ручной режим измерений) (<i>Реальная</i>)</li><li>2. Приборы измерения давления. Стрелочный деформационный манометр. Датчик давления пьезорезистивного типа. (<i>Реальная</i>)</li><li>3. Изучение способа измерения расхода газа по методу отсеченного объема (<i>Реальная</i>)</li><li>4. Изучение способа измерения расхода газа: расходомер, ротаметр. Счетчик газа. (<i>Реальная</i>)</li><li>5. Изучение способа измерения расхода газа по измерительной диафрагме (<i>Реальная</i>)</li><li>6. Снятие характеристики компрессора (<i>Реальная</i>)</li><li>7. Изучение редукционного клапана (<i>Реальная</i>)</li></ol>
3	<p><b>Виртуальные лабораторные работы (ВЛР):</b> <b>Программный лабораторный комплекс "Гидравлика" (Тверь 2016 г.):</b> <u>№1.1</u> Измерение гидростатического давления, экспериментальное подтверждение основного уравнения гидростатики и закона Паскаля (2016); <u>№1.2</u> Изучение относительного покоя жидкости при вращательном движении (2016); <u>№1.3</u> Определение опытным путем слагаемых уравнения Д. Бернулли при установившемся равномерном движении жидкости (2016); <u>№1.4</u> Изучение гидравлических сопротивлений напорного трубопровода (2016); <u>№1.5</u> Экспериментальная иллюстрация ламинарного и турбулентного режимов движения жидкости (2016); <u>№1.6</u> Изучение истечения жидкости через малые отверстия в тонкой стенке и насадки при постоянном напоре в атмосферу (2016); <u>№1.7</u> Экспериментальное изучение прямого гидравлического удара в напорном трубопроводе (2016); <u>№1.8</u> Изучение фильтрации в песчаном грунте на установке Дарси (2016). <u>№1.9.</u> Виртуальная лабораторная работа «Определение опытным путем слагаемых уравнения Д. Бернулли при установившемся неравномерном движении жидкости в напорном трубопроводе - 7 сечений». «Построение диаграммы Д.Бернулли» (2016). <u>№1.10</u> «Экспериментальное определение скоростей в сечении круглой трубы» (2016). <b>Бриденко. Учебный терминал» с комплексом виртуальных лабораторных работ: Механика жидкости и газа.</b> (2016) Лабораторная №1 «Определение гидростатического давления жидкости» (С-Петерб.). Лабораторная №2 «Определение плотности несмешивающихся с водой жидкостей» (С-Петерб.). Лабораторная №3 «Гидравлический пресс(С-Петерб.). Лабораторная №4 «Сила давления жидкости на плоскую поверхность» (С-Петерб.). Лабораторная №5 «Относительное равновесие жидкости во вращающемся сосуде» (С-Петерб.).</p>

	<p>Лабораторная №6 «Построение напорной и пьезометрической линий для трубопровода сопротивления» (С-Петерб.).</p> <p>Лабораторная №7 «Определение режима движения жидкости» (С-Петерб.).</p> <p>Лабораторная №8 «Определение зависимости между гидравлическим уклоном и средней скоростью при турбулентном движении воды (С-Петерб.).</p> <p>Лабораторная №9 «Исследование режимов истечения жидкости» (С-Петерб.).</p> <p>Лабораторная №10 «Определение динамических коэффициентов для определения расхода жидкости» (С-Петерб.).</p> <p><b>3.1 Виртуальная лаборатория "Гидравлическое моделирование кольцевых водопроводных сетей" (Тверь 2016 г.)</b></p> <p>«Гидромашины и гидроприводы»; «Исследование открытого потока»; «Гидравлическое моделирование кольцевых, тупиковых, или комбинированных трубопроводных сетей».</p> <p>Программный лабораторный комплекс "Гидравлика"</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Кольцевая сеть 2 кольца; (6 положений)</li> <li>2. 8. Комбинированная сеть;</li> <li>3. 9. Тупиковая сеть, положение 1; (3 положения).</li> </ol> <p><b>Виртуальная лабораторная работа (ВЛР) «Исследование открытого потока» (Лоток 15 м) (Тверь 2016 г.)</b> В состав входит семь модулей:</p> <p>Позволяет исследовать открытые потоки в следующих гидротехнических сооружениях:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1). Без конструкций по линии потока;</li> <li>2). Водослив с широким порогом;</li> <li>3). Водослив практического профиля;</li> <li>4). Прямоугольный водослив;</li> <li>5). Трапецеидальный водослив;</li> <li>6). Водослив Томсона;</li> <li>7). Дорожная труба;</li> <li>8) Подмостовое русло.</li> </ol> <p><i><b>В каждом из модулей по 8 вариантов заданий, всего 64 варианта лабораторных работ</b></i></p> <p>№1 «Определение коэффициента шероховатости открытого призматического русла».</p> <p>№2: «Оценка энергетического состояния потока и построение кривых свободной поверхности».</p> <p>№3: «Определение коэффициента расхода прямоугольного водослива с тонкой стенкой»</p> <p>№ 4: «Исследование движения потока воды через водослив с широким порогом».</p> <p>№ 5: «Определение коэффициентов расхода водослива практического профиля»</p> <p>№ 6: «Изучение истечения воды из донного напорного отверстия (из-под щита)».</p> <p>№ 7: «Исследование совершенного гидравлического прыжка»</p> <p><b>Виртуальная лаборатория «Гидромашины» (Тверь)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1 «Кавитационные испытания центробежного насоса» (2016);</li> <li>2.2 Параметрические испытания центробежного насоса» (2016).</li> <li>2.3 Испытание нерегулируемого объемного насоса (2003);</li> <li>2.4 Испытание гидропривода с объемным регулированием (2003);</li> <li>2.5 Испытания гидропривода поступательного действия с дроссельным регулированием (параллельное включение дросселя) (2003);</li> <li>2.6 Испытания гидропривода поступательного действия с дроссельным регулированием (последовательное включение дросселя) (2003);</li> <li>2.7 Испытания гидродинамической передачи (2003);</li> </ol>
4	<b>Комплекты плакатов</b>
4.1	Комплект плакатов «Гидравлика и гидропривод» (16 шт.) (размер 560x800 мм): Изображение нанесено на пластиковую основу толщиной 4 мм и размером 560x800 мм. Изображение обладает водостойкими свойствами. Каждый плакат имеет элементы крепления к стене.
5	<b>Электронные плакаты</b> Демонстрационные комплексы на базе мультимедиа-проектора (комплект электронных плакатов на CD, мультимедиа-проектор BENQ, ноутбук, экран 1,5x1,5 м):
5.1	Гидравлика и гидропривод (171шт.)

	<b>Презентации:</b>
1	Основы прикладной гидравлики;
2	Гидравлические потери по длине трубопровода;
3	Насосы и гидроприводы
4	Лекции по разделу гидравлические машины
5	Гидроэлектростанции

**Составитель:**

Доцент кафедры  
«Теплотехника и гидравлика»



М.Х. Умарова/

**СОГЛАСОВАНО:**

Зав. кафедрой  
«Теплотехника и гидравлика»



Р.А-В. Турлуев/

Зав. выпускающей кафедрой «ПГС»



С-А. Ю. Муртаев/

Директор ДУМР



М.А. Магомаева/