

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Минцаев Магомед Шавалович
Должность: Ректор
Дата подписания: 23.11.2023 13:54:18
Уникальный программный ключ:
236bcc35c296f119d6aafdc22836b21db52dbc07971a86865a5825f9fa4304cc

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

«УТВЕРЖДАЮ»

Первый проректор

И.Г. Гайрабеков



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины
«ГИДРАВЛИКА И ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МАШИНЫ»

Направление подготовки
27.03.01 Стандартизация и метрология
Профиль
«Метрология, стандартизация и сертификация»

Квалификация
Бакалавр

Грозный – 2020

1. Цели и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины 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 месторождений, оценки параметров течения в технологических процессах нефтегазового производства.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы:

Учебная дисциплина «Гидравлика и гидравлические машины» относится к вариативной части математического и естественнонаучного цикла в учебном плане ОП направления 27.03.01 «Стандартизация и метрология» и предусмотрена для изучения в 5 семестре курса. В теоретико-методологическом и практическом направлении она тесно связана со следующими дисциплинами учебного плана: Математика, Физика, Информатика, Метрология, Физические основы измерений и эталоны, Основы изобретательской деятельности и патентоведение.

3. Требования к результатам освоения дисциплины.

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

- способностью к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);
- способностью выполнять работы по метрологическому обеспечению и техническому контролю; использовать современные методы измерений, контроля, испытаний и управления качеством (ПК-3).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

знать:

- основные физические свойства жидкости;
- основные законы покоя и движения жидкости и гидромашин;
- 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, применяемых для сбора, хранения и подготовки нефти и газа, нефтепродуктов к транспорту;
- 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 при строительстве, обустройстве, разработке
- скважин.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Таблица 1

Вид учебной работы		Всего часов/зач.ед.		Семестры	
				5	5
		ОФО	ЗФО	ОФО	ЗФО
Контактная работа (всего)		72/2,0	18/0,5	72/2,0	18/0,5
В том числе:					
Лекции		34/1,0	8/0,22	34/1,0	8/0,22
Практические занятия		17/0,5	4/0,11	17/0,5	4/0,11
Семинары					
Лабораторные работы		17/0,5	6/0,17	17/0,5	6/0,17
Самостоятельная работа (всего)		74/2,0	126/3,5	74/2,0	126/3,5
В том числе:					
Курсовая работа (проект)		20/0,5	36/1,0	20/0,5	36/1,0
Расчетно-графические работы					
ИТР					
Рефераты					
Доклады					
<i>И(или) другие виды самостоятельной работы:</i>					
Подготовка к лабораторным работам		18/0,5	32/0,9	18/0,5	32/0,9
Подготовка к практическим занятиям		18/0,5	24/0,7	18/0,5	24/0,7
Подготовка к экзамену		18/0,5	36/1,0	18/0,5	36/1,0
Вид отчетности		экзамен	экзамен	экзамен	экзамен
Общая трудоемкость дисциплины	Всего в часах	144	144	144	144
	Всего в зач. единицах	4	4	4	4

5. Содержание дисциплины

5.1.1 Разделы дисциплины и виды занятий

Таблица 2.1

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Часы лекционных занятий		Часы лабораторных занятий		Часы практических (семинарских) занятий		Всего часов	
		ОФО	ЗФО	ОФО	ЗФО	ОФО	ЗФО	ОФО	ЗФО
1	Основные физические свойства жидкости	4	1	1				5	1
2	Гидростатика Силы давления жидкости	4	1	2	1	2		8	2
3	Кинематика и механика жидкости	4	1	2	1	2	1	8	3
4	Гидравлические потери	4	1	2	1	3		9	2

5	Режимы движения жидкости и основы гидродинамического подобия. Местные гидравлические сопротивления	4	1	2	1	2	1	8	3
6	Истечение жидкости через отверстия и насадки. Неустановившееся движение жидкости. Гидравлический удар	4	1	2	1	2		8	2
7	Гидравлический расчет трубопроводов.	4	1	2			1	6	2
8	Гидромашины	2	1	2	1	4	1	8	3
9	Центробежные насосы. Объемные насосы	4		2		2		8	
ВСЕГО:		34	8	17	6	17	4	68	18

5.2 Лекционные занятия

Таблица 3

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	2	3
1	Основные физические свойства жидкости	Предмет гидравлики и гидромашин. Применение и значение гидравлики в современном машиностроении. Основные физические свойства жидкости. Поверхностное натяжение. Идеальная жидкость. Ньютоновские жидкости.
2	Гидростатика Силы давления жидкости	Свойство давления в неподвижной жидкости. 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	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	Гидравлические потери	Общие сведения о гидравлических потерях. Виды гидравлических потерь. Трубка Пито, расходомер Вентури.

5	Режимы движения жидкости и основы гидродинамического подобия. Местные гидравлические сопротивления	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. Основные виды местных сопротивлений. Коэффициент местных потерь. Местные потери напора при больших числах Рейнольдса. Внезапное расширение трубы (теорема Борда). Диффузоры. Колена.
6	Истечение жидкости через отверстия и насадки. Неустановившееся движение жидкости. Гидравлический удар	Истечение жидкости через отверстия в тонкой стенке. Коэффициенты сжатия, скорости, расхода. Истечение через насадки различного типа Истечение при переменном напоре. Неустановившееся движение несжимаемой жидкости в жестких трубах с учетом инерционного напора. Явление гидравлического удара. Формула Жуковского для прямого удара. Гидравлический удар в трубах.
1	2	3
7	Гидравлический расчет трубопроводов.	Движение жидкости в напорных трубопроводах. Короткие трубопроводы постоянного диаметра. Основное расчетное уравнение простого трубопровода. Горизонтальная и вертикальная водоспускные трубы. Сифонный трубопровод. Последовательное и параллельное соединение трубопроводов. Сложные трубопроводы. Трубопровод с насосной подачей. Взаимодействие струи с твердыми преградами. Силы воздействия потока на стенки. Расчет длинного трубопровода. Магистральные нефтепроводы.
8	Гидромашины	Общие сведения о гидромашинах. Насосы и гидродвигатели. Классификация насосов. Принцип действия динамических и объемных насосов. Основы теории подобия 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	Центробежные насосы. Уравнение Эйлера. Схемы одноступенчатых центробежных насосов. Теоретический напор насоса. Полезный напор. Потери энергии в насосе. Характеристика центробежных насосов. Объемные насосы. Принцип действия, общие свойства и классификация. Поршневые и плунжерные насосы. Индикаторная диаграмма. Графики идеальной подачи и ее неравномерность. Диафрагменные насосы. Роторные насосы и гидродвигатели
---	---	--

5.3. Лабораторный практикум

Таблица 4

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ
1	Гидростатика Силы давления жидкости.	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	Местные гидравлические сопротивления.	Изучение гидравлических потерь по длине трубопровода и в местных сопротивлениях.
5	Истечение жидкости через отверстия и насадки. Неустановившееся движение жидкости.	Изучение истечения жидкости через малые отверстия и насадки в тонкой стенке при постоянном напоре в атмосферу.
6	Гидравлический удар.	Экспериментальное изучение прямого гидравлического удара в напорном трубопроводе
7	Центробежные насосы. Объемные насосы	Параметрические испытания центробежного насоса.
8		Кавитационные испытания центробежного насоса.
9		Испытание нерегулируемого объемного насоса.

5.4. Практические (семинарские) занятия

Таблица 5

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	Гидростатика Силы давления жидкости.	Силы давления жидкости на плоские и криволинейные стенки. Закон Архимеда. Плавание тел.
2	Кинематика и механика жидкости.	Дифференциальное уравнение движения идеальной жидкости. Уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкости. Коэффициент Кориолиса.
3	Гидравлический расчет трубопроводов.	Последовательное и параллельное соединение трубопроводов. Сложные трубопроводы. Трубопровод с насосной подачей. Взаимодействие струи с твердыми преградами.
4	Центробежные насосы. Объемные насосы	Основы теории подобия насосов. Основные параметры насосов. Лопастные насосы. Явление кавитации. Коэффициент быстроходности. Типы лопастных насосов. Применение формул подобия для пересчета характеристик насосов.

6. Самостоятельная работа студентов по дисциплине

6.1 Вопросы для самостоятельного изучения

Таблица 5

№ 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.

6.2 Учебно-методическое и информационное обеспечение

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.

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?

7.2 Примерный тест к первой рубежной аттестации

1. Что такое гидравлика?
 - а) наука о движении жидкости
 - б) наука о равновесии жидкостей
 - в) наука о взаимодействии жидкостей
 - г) наука о равновесии и движении жидкостей
2. Идеальной жидкостью называется:
 - а) жидкость, в которой отсутствует внутреннее трение
 - б) жидкость, подходящая для применения
 - в) жидкость, способная сжиматься
 - г) жидкость, существующая только в определенных условиях
3. На какие виды разделяют действующие на жидкость внешние силы?
 - а) на силы инерции и поверхностного натяжения
 - б) на внутренние и поверхностные
 - в) на массовые и поверхностные
 - г) на силы тяжести и давления
4. В каких единицах измеряется давление в системе измерения СИ?
 - а) в паскалях в) в барах
 - б) в джоулях г) в стоксах
5. Если давление отсчитывают от относительного нуля, то его называют:
 - а) абсолютным в) избыточным
 - б) атмосферным г) вакуум
6. Какое давление обычно показывает манометр?
 - а) абсолютное в) атмосферное
 - б) избыточное г) вакуум
7. Выберите лишь тот набор приборов, которые служат для измерения давления в жидкости.
 - а) дифманометры, микроманометры, манометры, барометры
 - б) динамометры, манометры, вакуумметры, пьезометры
 - в) манометры, трубки Пито, пьезометры, барометры
 - г) манометры, пьезометры, вакуумметры
 - д) барометры, манометры, пьезометры

8. Давление определяется:

- а) отношением силы, действующей на жидкость к площади воздействия
- б) произведением силы, действующей на жидкость на площадь воздействия
- в) отношением площади воздействия к значению силы, действующей на жидкость
- г) отношением разности действующих усилий к площади воздействия

9. При увеличении температуры удельный вес жидкости:

- а) уменьшается
- б) увеличивается
- в) сначала увеличивается, а затем уменьшается
- г) не изменяется

10. Как вязкость воздуха зависит от температуры?

- а) не зависит от температуры
- б) с понижением температуры – вязкость уменьшается
- в) с повышением температуры – вязкость уменьшается
- г) сначала уменьшается, а затем остается постоянной

11. Коэффициент объемного сжатия определяется по формуле:

$$\text{а) } \beta = -\frac{1}{V} \frac{dV}{dp} \quad \text{б) } \beta = -\frac{1}{dV} \frac{dp}{dV} \quad \text{в) } \beta = -\frac{1}{V} \frac{dp}{dp} \quad \text{г) } \beta = -\frac{1}{p} \frac{dp}{dV}$$

12. Какие частицы жидкости испытывают наибольшее напряжение сжатия от действия гидростатического давления?

- а) находящиеся на дне резервуара
- б) находящиеся на свободной поверхности
- в) находящиеся у боковых стенок резервуара
- г) находящиеся в центре тяжести рассматриваемого объема жидкости

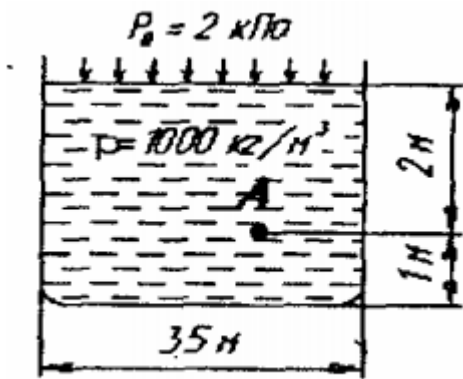
13. Первое свойство гидростатического давления гласит:

- а) в любой точке жидкости гидростатическое давление перпендикулярно площадке касательной к выделенному объему и действует от рассматриваемого объема
- б) в любой точке жидкости гидростатическое давление перпендикулярно площадке касательной к выделенному объему и действует внутрь рассматриваемого объема
- в) в каждой точке жидкости гидростатическое давление действует параллельно площадке касательной к выделенному объему и направлено произвольно
- г) гидростатическое давление неизменно во всех направлениях и всегда перпендикулярно в точке его приложения к выделенному объему

14. Основное уравнение гидростатики записывается в виде:

$$\begin{array}{ll} \text{а) } p = p_{атм} + p \cdot g \cdot h & \text{в) } p = p_0 - p \cdot g \cdot h \\ \text{б) } p = p_0 + p \cdot g \cdot h & \text{г) } p = p_0 + p \cdot \gamma \cdot h \end{array}$$

15. Чему равно гидростатическое давление в точке А?



- а) 19,62 кПа б) 31,43 кПа
 в) 21,62 кПа г) 103 кПа

КАРТОЧКА № 1 (первая 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 α , 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 λ и ξ . Что характеризуют коэффициенты λ и ξ от каких факторов в общем случае они зависят и как их определяют при гидравлических расчетах?
14. Объясните, что такое Δz и $\Delta z/d$, как найти величину Δz 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 не прямой 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 $Q-N$ 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 Δh 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?

7.4 Примерный тест ко второй рубежной аттестации

1. Что такое гидродинамический напор?
 - а) это скоростная характеристика движущейся жидкости
 - б) это давление, с которым поток жидкости набегае на обтекаемое тело
 - в) это энергетическая характеристика движущейся жидкости

- г) это характеристика напряжений в движущейся жидкости
- д) это сила, с которой поток жидкости набегае на обтекаемое тело

2. Энергетический смысл уравнения Бернулли для жидкости:

- а) энергия потока складывается из отдельных струй жидкости
- б) энергия потока равна энергии покоящейся жидкости плюс внешняя энергия
- в) энергия потока равна работе перемещающейся жидкости
- г) это уравнение показывает равенство входящего и выходящего расхода жидкости
- д) это уравнение отражает закон сохранения энергии для потока жидкости

3. Изменится ли скорость напорного потока в круглой трубе при переходе на диаметр втрое меньше?

- а) скорость увеличится в 3 раза
- б) скорость уменьшится в 3 раза
- в) скорость увеличится в 9 раз
- г) скорость уменьшится в 9 раз
- д) скорость не изменится

4. Показание уровня жидкости в трубке Пито отражает:

- а) разность между уровнем полной и пьезометрической энергией
- б) изменение пьезометрической энергии
- в) скоростную энергию
- г) уровень полной энергии

27. Значение коэффициента Кориолиса для ламинарного режима движения жидкости равно:

- а) 1,5
- б) 2
- в) 3
- г) 1

5. Критерий Рейнольдса определяется по формуле:

$$\begin{array}{llll}
 \text{а) } R_e = \frac{w \cdot d}{\mu} & \text{б) } R_e = \frac{w \cdot d}{\nu} & \text{в) } R_e = \frac{\nu \cdot d}{w} & \text{г) } R_e = \frac{\nu \cdot l}{w}
 \end{array}$$

6. Коэффициент гидравлического трения при ламинарном режиме движения определяется:

$$\begin{array}{ll}
 \text{а) } \lambda = \frac{0,3164}{R_e^{0,25}} & \text{в) } \lambda = 0,11 \left(\frac{\Delta z}{d} + \frac{68}{R_e} \right)^{0,25} \\
 \text{б) } \lambda = \frac{64}{R_e} & \text{г) } \lambda = 0,11 \left(\frac{\Delta z}{d} \right)^{0,25}
 \end{array}$$

7. Что такое совершенное сжатие струи?

- а) наибольшее сжатие струй при отсутствии влияния боковых стенок резервуара и свободной поверхности
- б) наибольшее сжатие струи при влиянии боковых стенок резервуара и свободной поверхности
- в) сжатие струи, при котором она не изменяет форму поперечного сечения потока
- г) наименьшее возможное сжатие струи в непосредственной близости от отверстия

8. Расход жидкости через отверстие определяется как:

$$\begin{array}{llll}
 \text{а) } V = S_0 \cdot w & \text{б) } V = \varphi \cdot w \cdot \varepsilon & \text{в) } V = S_c \cdot w & \text{г) } V = S_0 \cdot \mu
 \end{array}$$

9. Изменение формы поперечного сечения струи при истечении ее в атмосферу называется:

- а) кавитацией в) инверсией
- б) коррегированием г) полиморфией

10. Из какого сосуда за единицу времени вытекает больший объем жидкости (сосуды имеют одинаковые геометрические характеристики)?

- а) сосуд с постоянным напором
- б) сосуд с уменьшающимся напором
- в) расход не зависит от напора
- г) сосуд с увеличивающимся напором

11. Резкое повышение давления, возникающее в напорном трубопроводе при внезапном торможении рабочей жидкости называется:

- а) гидравлическим ударом в) гидравлическим скачком
- б) гидравлическим напором г) гидравлическим прыжком

12. Метод расчета трубопроводов с насосной подачей заключается:

- а) в нахождении максимально возможной высоты подъема жидкости путем построения характеристики трубопровода
- б) в составлении уравнения Бернулли для начальной и конечной точек трубопровода
- в) в совместном построении на одном графике кривых потребного напора и характеристики насоса с последующим нахождением точки их пересечения
- г) в определении сопротивления трубопровода путем замены местных сопротивлений эквивалентными длинами

КАРТОЧКА № 1 (вторая 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 экзамену по дисциплине «Гидравлика и гидравлические машины»

- 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 α , 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 λ и ξ . Что характеризуют коэффициенты λ и ξ от каких факторов в общем случае они зависят и как их определяют при гидравлических расчетах?

35. Объясните, что такое Δz и $\Delta z/d$, как найти величину Δz 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° , 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 Δh и как его определить при испытаниях?
48. Что называется критическим кавитационным запасом $\Delta h_{кр}$? Что называется допусаемым 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?

Примерный билет к экзамену

ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ АКАДЕМИКА М.Д. МИЛЛИОНЩИКОВА

КАФЕДРА "ТЕПЛОТЕХНИКА И ГИДРАВЛИКА"

Дисциплина **Гидравлика и гидравлические машины**

Группа **МСС**

БИЛЕТ № 1

1. Реальные и идеальные жидкости, основные понятия и определения. Поток жидкости. Средняя скорость. Уравнение расхода. Дифференциальное уравнение движения идеальной жидкости. Уравнение неразрывности.
2. Гидравлические потери. Каким образом при гидравлических расчётах определяют режим движения жидкости и, с какой целью?
3. Гидравлический удар.

Зав. кафедрой «Т и Г»

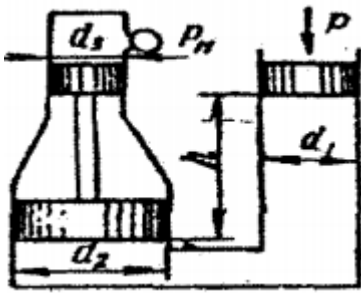
Р.А-В. Турлуев

7.5 Текущий контроль

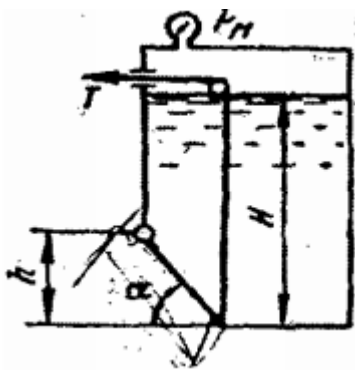
Вопросы к практическим занятиям

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.



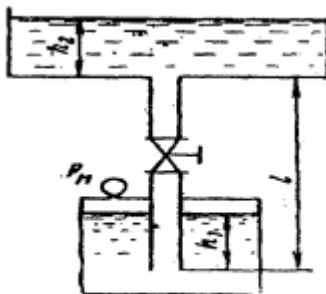
Задача 2. Поворотный клапан закрывает выход из бензохранилища в трубу квадратного сечения (см. рис.). Определить, какую силу T нужно приложить к тросу для открытия клапана при следующих данных: $h = 0,4$ м, $H = 1,1$ м, $\alpha = 30^\circ$; объемный вес бензина $\rho_b = 700$ кг/м³; манометрическое давление паров бензина в резервуаре $P_m = 5$ кПа



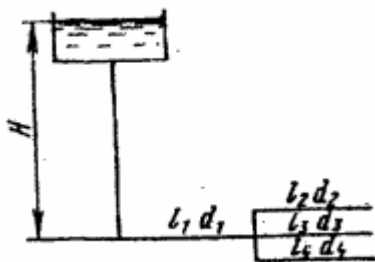
Задача 3. На поршень одного из сообщающихся сосудов, наполненных водой, действует сила P_1 0,70 кН. Какую силу P_2 нужно приложить ко второму поршню, чтобы уровень воды под ним был $h = 0,7$ м выше уровня воды под первым поршнем? Диаметр первого поршня $d_1 = 20$ мм, второго $d_2 = 300$ мм.

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/м³

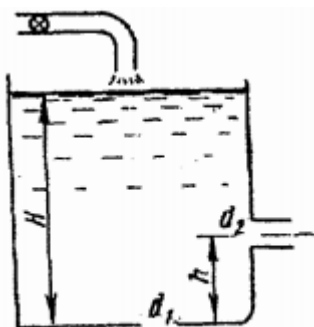
Задача 5. Вода подается из нижнего закрытого бака в верхний открытый бак по вертикальной трубе за счет избыточного давления в нижнем баке $p_m = 70$ кПа (см. рис.). Определить расход воды Q при следующих данных: $d = 125$ мм, $l = 3,5$ м, $h_1 = h_2$. Коэффициент сопротивления трения определить по эквивалентной 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 $\xi_{вых} = 1,0$.



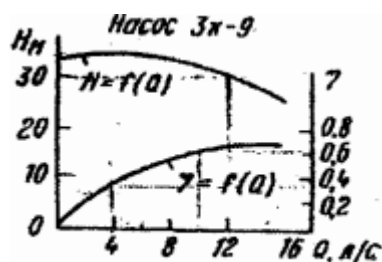
Задача 6. Определить общий расход воды Q , поступивший по системе труб под напором $H = 4,64$ м. Диаметры труб $d_1 = 150$ мм, $d_2 = d_3 = d_4 = 100$ мм. Длины труб $l_1 = 120$ м; $l_2 = l_3 = l_4 = 60$ м. Воспользоваться значениями расходных характеристик для новых водопроводных труб: $k_1 = 61,4$ 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 $\lambda = 0,025$.



8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература

6. 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»
7. 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»

8. 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»
9. 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»
10. 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.
11. Исаев Х.А. Решение типовых задач по гидравлике (гидростатика). Метод реком. Изд. ГГНИ 2008 г
12. Исаев Х.А. Решение типовых задач по гидродинамике. Метод реком. Изд. ГГНИ 2007 г.
13. 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 электронная библиотека ЭБС «IPRbooks», «Консультант студента»

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

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины


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

Гидравлика и гидравлические машины (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	Комплекты плакатов (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	Электронные плакаты 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.)
	Презентации:
1	Основы прикладной гидравлики;
2	Гидравлические потери по длине трубопровода;
3	Насосы и гидроприводы
4	Лекции по разделу гидравлические машины
5	Гидроэлектрстанции

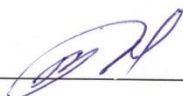
Составитель:

Доцент кафедры
«Теплотехника и гидравлика»

 / М.Х. Умарова /

СОГЛАСОВАНО:

Зав. выпускающей каф.
«Теплотехника и гидравлика»

 / Р.А-В. Турлуев /

Директор ДУМР

 / М.А. Магомаева /