

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**  
**«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Структурное подразделение «СДМ и гидравлических систем»

**УТВЕРЖДЕНА:**  
на заседании кафедры  
Протокол №6 от 24 февраля 2025 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**«ГИДРАВЛИКА»**

---

Направление: 21.03.01 Нефтегазовое дело

---

Эксплуатация и обслуживание объектов добычи нефти

---

Квалификация: Бакалавр

---

Форма обучения: очная

---

Документ подписан простой  
электронной подписью  
Составитель программы:  
Нижегородов Анатолий  
Иванович  
Дата подписания: 22.05.2025

Документ подписан простой  
электронной подписью  
Утвердил: Кривцов Сергей  
Николаевич  
Дата подписания: 29.05.2025

Документ подписан простой  
электронной подписью  
Согласовал: Буглов Николай  
Александрович  
Дата подписания: 10.06.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

**1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

**1.1 Дисциплина «Гидравлика» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения**

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ОПК ОС-1 Способность решать задачи профессиональной деятельности на основе применения знаний математических, естественных и технических наук	ОПК ОС-1.11
ОПК ОС-4 Способность участвовать в управлении профессиональной деятельностью, используя знания в области проектного менеджмента	ОПК ОС-4.3

**1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы**

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ОПК ОС-4.3	Используя знания гидравлики в области проектного менеджмента способен участвовать в управлении проектами профессиональной деятельностью	<b>Знать</b> основные положения и законы механики жидкости и газа, классификацию и общую характеристику, теорию расчета гидравлических емкостей, трубопроводов, основных типов насосов. <b>Уметь</b> использовать рациональные методы моделирования гидравлических процессов, рассчитывать величины, характеризующие движение жидкости, выбирать по назначению необходимые насосы, проводить испытания трубопроводных систем, вырабатывать стратегию действий. <b>Владеть</b> навыками проведения критического анализа проблемных ситуаций на основе системного подхода, методиками расчета и моделирования гидравлических процессов и трубопроводов.
ОПК ОС-1.11	На основе применения знаний гидравлики способен решать технические задачи добычи нефти	<b>Знать</b> основные положения и законы механики жидкости и газа, классификацию и общую характеристику, теорию расчета гидравлических емкостей, трубопроводов, основных типов насосов. <b>Уметь</b> рассчитывать величины, характеризующие движение жидкости, режимы работы и

		параметры трубопроводов, выбирать по назначению необходимые насосы, проводить испытания трубопроводных систем. <b>Владеть</b> методиками расчета и проведения экспериментальных исследований трубопроводных систем.
--	--	---

## 2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Гидравлика» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Математика», «Физика», «Теоретическая механика»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Нефтегазовая гидромеханика», «Термодинамика и теплопередача», «Проектная деятельность»

## 3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 4 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 3
Общая трудоемкость дисциплины	144	144
Аудиторные занятия, в том числе:	64	64
лекции	32	32
лабораторные работы	0	0
практические/семинарские занятия	32	32
Контактная работа, в том числе	0	0
в форме работы в электронной информационной образовательной среде	0	0
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	44	44
Трудоемкость промежуточной аттестации	36	36
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Экзамен, Курсовая работа	Экзамен, Курсовая работа

## 4 Структура и содержание дисциплины

### 4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

#### Семестр № 3

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)		№	Кол. Час.	
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Свойства	1	4			1, 2	8	2	3	Отчет

	жидкостей.									
2	Гидростатика.	2	4					3	6	Отчет
3	Кинематика и динамика жидкости.	3	6			3	4	2	3	Отчет
4	Гидравлический расчет трубопроводов.	4	6			4	4	1, 2	23	Отчет
5	Истечение жидкостей из отверстий и насадков.	5	4			5	4	2	3	Отчет
6	Основы теории гидродинамического подобия.	6	4			6	4	2	3	Отчет
7	Гидравлические машины. Подобие гидромашин.	7	4			7, 8	8	2	3	Отчет
	Промежуточная аттестация								36	Экзамен, Курсовая работа
	Всего		32				32		80	

#### 4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

##### Семестр № 3

№	Тема	Краткое содержание
1	Свойства жидкостей.	Предмет гидравлики. Силы, действующие на жидкость. Давление в жидкости. Относительные массовые и поверхностные силы. Физические свойства жидкостей.
2	Гидростатика.	Гидростатическое давление. Давление жидкости на наклонную и криволинейную стенку. Относительный покой жидкости. Гидростатические машины.
3	Кинематика и динамика жидкости.	Стационарное и нестационарное движение жидкости. Живое сечение и гидравлический радиус. Уравнение Бернулли для идеальной жидкости. Геометрический, пьезометрический, скоростной и полный напор. Уравнение Бернулли для реальной жидкости. Гидравлические потери. Режимы течения жидкости в трубах. Кавитация. Потери давления при различных режимах течения. Коэффициент гидравлического трения. Местные гидравлические сопротивления.
4	Гидравлический расчет трубопроводов.	Простые трубопроводы: постоянного сечения, с параллельным и последовательным соединением труб. Разветвленный трубопровод. Сложные трубопроводы. Трубопровод с насосной подачей. Гидравлический удар.
5	Истечение жидкостей из отверстий и насадков.	Истечение через малое отверстие в тонкой стенке. Совершенное сжатие струи. Истечение из различных видов насадков. Определение скорости струи и расхода. Истечение при переменном

		напоре. Давление струи на твердое тело.
6	Основы теории гидродинамического подобия.	Геометрическое, кинематическое и динамическое подобие. Классификация сил. Формула подобия Ньютона. Критерии подобия Фруда, Рейнольдса, Эйлера, Маха, Струхала, Вебера.
7	Гидравлические машины. Подобие гидромашин.	Классификация гидромашин. Баланс мощности в гидромашинах. Гидромашин динамического действия. Эксплуатационные характеристики динамических машин. Гидромашин объемного действия. Их свойства и характеристики. Индикаторная диаграмма объемного насоса. Основы подобия гидромашин.

#### 4.3 Перечень лабораторных работ

Лабораторных работ не предусмотрено

#### 4.4 Перечень практических занятий

##### Семестр № 3

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Изучение приборов для измерения расхода и давления. Изучение приборов для измерения вязкости жидкостей.	4
2	Решение задач на равновесие жидкостей.	4
3	Решение задач по динамике жидкостей.	4
4	Трубопроводы и резервуары: конструкции и расчет.	4
5	Решение задач на истечение жидкостей.	4
6	Практическое занятие по вопросам теории подобия.	4
7	Изучение устройства и принципа действия лопастных машин.	4
8	Изучение устройства и принципа действия роторных гидромашин	4

#### 4.5 Самостоятельная работа

##### Семестр № 3

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Написание курсового проекта (работы)	20
2	Подготовка к сдаче и защите отчетов	18
3	Проработка разделов теоретического материала	6

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: В ходе проведения лекций, практических работ используются следующие интерактивные методы обучения: групповая дискуссия, взаимопроверка результатов расчета между парами обучающихся

## 5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

### 5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

#### 5.1.1 Методические указания для обучающихся по курсовому проектированию/работе:

Методические рекомендации по выполнению курсовой работы по дисциплине «Гидравлика», (разработчик Нижегородов А.И.)

#### 5.1.2 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

Методические указания к выполнению лабораторно-практических работ по курсу «Гидравлика и гидропневмопривод», изд-во ИрГТУ, 2014 г. (разработчик Нижегородов А.И.)

#### 5.1.3 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Обучающиеся пользуются основной и дополнительной литературой.

## 6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

### 6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

#### 6.1.1 семестр 3 | Отчет

##### Описание процедуры.

Обучающийся описывает процесс выполнения практического занятия в соответствии с заданием, объясняет порядок проведения расчетов и построения соответствующих графиков. Формулирует выводы. Выполняет сравнительный анализ расчетных результатов с другими обучающимися.

##### Критерии оценивания.

Качество заполнения табличных данных (если они заданы) и выполнения расчетов, качество графических зависимостей, проверка знания размерностей параметров и величин, качество формулировок сделанных выводов по работе, общая оценка степени усвоения материала.

### 6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

#### 6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ОПК ОС-4.3	Демонстрирует знания рациональных методов моделирования гидравлических процессов, способность рассчитывать величины, характеризующие движение жидкости,	Экзамен Курсовая работа

	выбирать по назначению необходимые насосы.	
ОПК ОС-1.11	Демонстрирует знание основных законов естественнонаучных дисциплин. Применяет методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования гидравлических явлений и процессов.	Экзамен Курсовая работа

## 6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

### 6.2.2.1 Семестр 3, Типовые оценочные средства для курсовой работы/курсового проектирования по дисциплине

#### 6.2.2.1.1 Описание процедуры

Обучающийся допускается к защите курсовой работы, если работа выполнена в полном объеме в соответствии с требованиями, предъявляемыми к защите КР и обучающийся ответил на все задаваемые ему вопросы. Знания обучающегося оцениваются по пятибалльной шкале в соответствии с критериями оценивания.

#### Пример задания:

Вопросы для защиты курсовой работы:

1. Основное уравнение гидростатики, формула.
2. Геометрический, пьезометрический, скоростной и полный напор, формула.
3. Уравнение Бернулли для вязкой жидкости.
4. Гидравлические потери напора по длине трубопровода, формула.
5. Гидравлические потери напора на местных сопротивлениях, формула.
6. Потери напора (давления) при турбулентном течении жидкости, формула.
7. Формула Альтшуля для определения коэффициента гидравлического трения.
8. Расчет последовательно соединенных трубопроводов.
10. Расчет параллельно соединенных трубопроводов.
11. Расчет разветвленного трубопровода.

-

#### 6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительн о	Неудовлетворительно
КР выполнена в установленные сроки, оформлена в соответствии с требованиями, предъявляемыми к оформлению. Текст и графические построения	КР выполнена в установленные сроки, оформлена в соответствии с требованиями, предъявляемыми к оформлению. Текст и графические построения	КР выполнена в полном объеме. По оформлению и изложению материала имеются замечания. Допускает неточности в ответах, недостаточно	КР выполнена с нарушением сроков, имеются замечания по оформлению и изложению материала. При ответах на вопросы допускает существенные ошибки, не умеет увязывать теорию с практикой,

<p>выполнены грамотно. Свободно владеет материалом, понимает и может объяснить полученные расчётные значения, графические зависимости. Грамотно отвечает на поставленные вопросы. Умеет обосновывать и делать выводы.</p>	<p>выполнены в полном объеме. Владеет материалом. Допускает небольшие неточности при ответах на вопросы и. Умеет обосновывать и делать выводы.</p>	<p>правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении материала и выполнении работы, испытывает затруднения при ответах.</p>	<p>логически последовательно излагать материал, делать выводы.</p>
---	--	--	--

### 6.2.2.2 Семестр 3, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине

#### 6.2.2.2.1 Описание процедуры

Обучающийся допускается к экзамену, если получил допуск к экзамену (в процессе обучения успешно выполнил и защитил все практические работы, отчитался по самостоятельной работе). Экзаменационный билет по дисциплине содержит 2 теоретических вопроса и 1 практическое задание (задача) Знания обучающегося оцениваются по пятибалльной шкале в соответствии с критериями оценивания.

#### Пример задания:

Вопросы к экзамену:

1 Предмет гидравлики. Гипотеза сплошности. Капельные жидкости. Способы приложения законов равновесия и движения жидкостей к решению инженерных задач. Теоретические и экспериментальные методы исследований. Однородность жидкости. Свойство текучести. Капельные жидкости: подвижность частиц (текучесть), сцепление, сопротивление сдвигающим усилиям, смачивание, капиллярность.

2 Силы, действующие в жидких и газовых средах. Давление. Идеальная жидкость. Реальная жидкость. Массовые силы – силы тяжести и инерции. Поверхностные силы. Непрерывное распределение сил по поверхности. Относительные или единичные силы. Силы упругости. Архимедова сила. Определение давления. Единицы измерения.

3 Абсолютное, избыточное и атмосферное давление. Абсолютное давление отсчитывают от абсолютного нуля. Избыточное давление отсчитывают атмосферного давления. Манометрическое давление. Нормальные условия. Физическая атмосфера. Техническая атмосфера. Система единиц измерения СИ. Система единиц измерения МКГСС.

4 Свойства жидкостей: плотность, удельный вес, растворимость газов в жидкостях. Определение и формула плотности. Определение и формула удельного веса. Формула связи плотности и удельного веса. Количество газа в единице объема жидкости. Закон Генри. Коэффициент растворимости. Размерности величин.

5 Свойства жидкостей: сжимаемость жидкостей и газов. Свойство сжимаемости.

- Коэффициентом объемного сжатия. Модуль объемной упругости. Изменение плотности при сжатии жидкости и газа.
- Модуль упругости и частота деформации жидкости. Адиабатический модуль упругости. Объемная вязкость жидкости. Сжимаемость газов. Размерности величин.
- 6 Свойства жидкостей: температурное расширение и поверхностное натяжение. Изменение объема жидкости при увеличении температуры.
- Коэффициент температурного расширения. Формула Менделеева.
- Влияние температуры на плотность воздуха. Формула для определения плотности. Силы поверхностного натяжения. Давление в сферическом объеме жидкости. Коэффициент поверхностного натяжения. Влияние температуры на силы поверхностного натяжения. Смачивающие и несмачивающие жидкости. Мениск. Размерности величин.
- 7 Свойства жидкостей: вязкость жидкостей и газов. Свойство сопротивляться сдвигу. Тангенциальная вязкость. Вязкость по Ньютоновой модели. Коэффициент динамической вязкости. Коэффициент кинематической вязкости. Уменьшение вязкости жидкости при увеличении температуры. Вязкость воздуха и других газов. Размерности величин.
- 8 Свойства жидкостей: испаряемость в замкнутых объемах. Коэффициент динамической вязкости. Коэффициент кинематической вязкости.
- 9 Специальные свойства рабочих жидкостей гидросистем. Испарение жидкостей в замкнутых объемах. Давление насыщенных паров. Зависимость давления насыщенных паров от температуры. Условие образования каверн. Кавитация. Двухфазная среда. Размерности величин.
- 10 Гидростатическое давление. Основной закон гидростатики. Неподвижная жидкость. Равновесие. Гидростатическое давление. Напряжение сжатия. Давление на свободную поверхность жидкости. Основной закон гидростатики – уравнение. Гидростатический парадокс. Влияние давления на плотность жидкости. Размерности величин.
- 11 Закон Паскаля. Гидравлический пресс и мультипликатор. Формулировка закона Паскаля. Гидравлический пресс. Формулы для определения давления и усилий. Гидравлический мультипликатор. Формулы для определения давления и усилий.
- 12 Давление жидкости на плоские поверхности. Схема резервуара с наклонной стенкой. Изменение давления вдоль наклонной стенки. Среднее значение давления. Равнодействующая сил давления. Глубина погружения центра тяжести наклонной поверхности. Точка приложения равнодействующей силы. Размерности величин.
- 13 Прямолинейное равноускоренное движения сосуда с жидкостью. Относительный покой жидкости. Равновесие жидкости в сосуде при равноускоренном движении. Силы, действующие на жидкость при движении. Свободная поверхность. Поверхности уровня. Равнодействующая относительных массовых сил. Векторная сумма сил. Условие равновесия бесконечно малого объема жидкости. Аналог глубины.
- 14 Стационарное и нестационарное движение жидкости. Кинематика жидкости. Установившееся или стационарное движение. Математическое выражение стационарного движения. Неустановившееся или нестационарное движение. Математическое выражение нестационарного движения.
- 15 Гидравлический радиус и смоченный периметр. Живое сечение – определение. Гидравлический радиус – определение и формулы расчета. Смоченный периметр – определение. Формулы для определения смоченного периметра. Расход жидкости. Средняя скорость потока. Гидравлический радиус и диаметр в некруглых трубах. Размерности величин.
- 16 Элементарная струйка. Расход и скорость потока. Линия тока, как траектория частицы в потоке. Трубка тока. Элементарная струйка. Скорости частиц в элементарной струйке. Напорное течение. Безнапорное течение. Объемный расход жидкости. Массовый

расход. Уравнение объемного расхода для элементарной струйки.

17 Уравнение Бернулли для идеальной жидкости. Вывод уравнения Бернулли без учета гидравлических потерь. Теорема об изменении кинетической энергии для элементарной струйки. Работа сил давления в сечениях. Энергия положения (потенциальная) в сечениях. Кинетическая энергия в сечениях. Геометрическая интерпретация уравнения. Размерности величин.

18 Геометрический, пьезометрический, скоростной и полный напор. Геометрическая высота или геометрический напор. Пьезометрическая высота или пьезометрический напор. Скоростная высота или скоростной напор. Полный напор. Свойство полного напора для идеальной жидкости. Размерности величин.

19 Энергетическая интерпретация уравнения Бернулли. Полный напор, как закон сохранения энергии. Энергетическая интерпретация полного напора в удельных энергиях. Энергетическая интерпретация Уравнения Бернулли для идеальной жидкости. Энергия движущейся жидкости: энергия положения (потенциальная), энергия движения (кинетическая) и энергия давления внешних сил. Размерности величин.

20 Уравнение Бернулли для вязкой жидкости. Неравномерность распределения скоростей по сечению в потоке реальной жидкости. Гидравлические потери напора (энергии) в потоке реальной жидкости. Коэффициент Кариолиса. Формы записи уравнения Бернулли. Графическая иллюстрация уравнения Бернулли для вязкой жидкости. Размерности величин.

21 Гидравлические потери напора по длине трубопровода. Путевые гидравлические потери. Потеря напора (давления) по длине трубы. Формула Вейсбаха-Дарси. Коэффициент гидравлического трения. Размерности величин.

22 Гидравлические потери напора на местных сопротивлениях. Гидравлические потери на местных сопротивлениях. Понятие местного сопротивления. Коэффициент местного сопротивления. Формула Вейсбаха для потерь напора и давления. Размерности величин.

23 Режимы течения жидкости – ламинарный и турбулентный. Два режима течения жидкости в трубах. Ламинарное течение жидкости. Турбулентное течение жидкости. Критическое значение средней по сечению скорости потока. Число Рейнольдса, как критерий вида течения. Формула Рейнольдса. Границы ламинарного и турбулентного течения. Переходная зона. Размерности величин.

24 Кавитация в потоке жидкости. Условия возникновения кавитации. Изменением агрегатного состояния жидкости при кавитации. Давление насыщенных паров жидкости. Возникновение кавитации. Конденсация паров жидкости при повышении давления. Места возникновения кавитации. Последствия кавитации.

25 Потери напора (давления) при ламинарном течении жидкости. Эпюра распределения скоростей при ламинарном течении. Закон Пуазейля. Пропорциональность потерь напора кинематической вязкости, длине трубопровода и расходу. Коэффициент Дарси для ламинарного течения – формула. Формула Вейсбаха-Дарси. Размерности величин.

26 Потери напора (давления) при турбулентном течении жидкости. Эпюра распределения скоростей при турбулентном течении. Траектории частиц при турбулентном течении. Значение коэффициента Кариолиса. Формула Вейсбаха-Дарси для турбулентного течения жидкости. Формулы для определения коэффициента Дарси. Шероховатость стенок для различных труб. Формула Вейсбаха-Дарси для некруглых труб.

27 Местные гидравлические сопротивления: внезапное расширение и диффузор. Коэффициент местного сопротивления при внезапном расширении русла – формула. Образование завихрений. Предельный случай внезапного расширения.

Коэффициент местного сопротивления диффузора – формула. Оптимальный угол диффузора. Размерности величин.

28 Местные гидравлические сопротивления: внезапное сужение и конфузор.

Коэффициент местного сопротивления при внезапном сужении русла – формула. Образование завихрений. Предельный случай внезапного сужения. Коэффициент местного сопротивления конфузора – формула. Размерности величин.

29 Местные гидравлические сопротивления: поворот русла и диафрагма.

Поворот русла – колено. Зоны завихрений. Поворот русла – отвод. Зоны завихрений. Формулы для определения коэффициентов при разных углах поворота и соотношениях – радиус скругления и диаметр. Формула определения коэффициента местного сопротивления диафрагмы. Определение гидравлических сопротивлений при ламинарном течении жидкости.

30 Расчет трубопровода постоянного сечения. Схема простого трубопровода постоянного сечения. Уравнение Бернулли для трубопровода постоянного сечения. Равенство скоростных напоров. Гидростатический напор. Потребный напор. Сопротивление трубопровода – формула. Формула потерь напора. Характеристика трубопровода.

31 Расчет последовательно соединенных трубопроводов. Схема последовательного соединения трубопроводов. Равенство расходов в сечениях. Полная потеря напора. Гидростатический напор. Потребный напор. Коэффициент скоростного напора. Графики характеристик участ-ков трубопровода. График суммарных потерь.

32 Расчет параллельно соединенных трубопроводов. Схема параллельного соединения трубопроводов. Сумма расходов. Распределение расходов по участкам. Равенство потерь напора во всех трубопроводах. Не равенство гидравлических сопротивлений. Сопротивления трубопроводов. Графики потребных напоров. Суммарные потери напора – график.

33 Расчет разветвленного трубопровода. Схема разветвленного трубопровода. Уравнения Бернулли для разветвленного трубопровода. Гидростатический напор. Графики потребного напора. Суммарный график потребного напора.

34 Расчет сложного трубопровода. Схема сложного трубопровода. Сложный трубопровод, как соединение простых трубопроводов. Местные сопротивления. Геометрические высоты. Баланс расходов. Потребные напоры для ветвей. Суммарные графики потребных напоров.

35 Расчет трубопровода с насосной подачей. Совместная работа трубопровода с насосом. Расчетная схема. Уравнения Бернулли для входного патрубка насоса и для выходного патрубка насоса.

Удельная энергия жидкости перед насосом. Удельная энергия жидкости за насосом. Приращение энергии жидкости в насосе. Гидростатический напор. Напор насоса. Размерности величин.

36 Гидравлический удар. Гидравлический удар, как резкое повышение давления в трубопроводе. Быстротечность процесса. Гидравлический удар, как колебательный процесс (по стадиям). График колебаний давления. Ударное давление по формуле Жуковского. Скорость распространения ударной волны – формула.

37 Истечение жидкости из отверстия в тонкой стенке. Схема истечения. Совершенное сжатие струи. Коэффициентом сжатия. Расчетный напор. Скорость истечения струи. Коэффициент скорости струи. Коэффициент расхода. Формулы расчета скорости струи и расхода.

38 Истечение жидкости из цилиндрических насадков. Схема безотрывного истечения через цилиндрический насадок. Коэффициент сжатия струи. Коэффициент скорости и коэффициент расхода. Зависимость коэффициента расхода от числа Рейнольдса –

графики. Схема отрывного истечения через цилиндрический насадок. Коэффициент расхода.

39 Истечение через сопло и диффузорный насадок. Схема истечения через сопло (коноидальный насадок). Безотрывность течения и параллельноструйность. Коэффициент сжатия струи. Коэффициент расхода. Схема истечения через диффузорный насадок. Сужение потока и разряжение. Увеличение расхода. Коэффициент расхода.

40 Истечение жидкости при переменном напоре. Особенность истечения при переменном напоре. Не стационарный процесс. Схема истечения. Квазистационарное истечение. Формула времени полного опорожнения сосуда.

41 Геометрическое, кинематическое и динамическое подобие. Понятия «модель» и «натура». Геометрическое подобие. Линейный масштаб моделирования. Пропорциональность сходственных размеров. Кинематическое подобие: траектории, скорости и ускорения. Масштаб скорости. Масштаб ускорения. Масштаб времени. Динамическое подобие – пропорциональность сил, равенство коэффициентов местных сопротивлений и коэффициентов Дарси.

42 Основные критерии подобия: Ньютона, Фруда, Рейнольдса, Эйлера. Основной закон гидродинамического подобия – число Ньютона. Критерием Фруда – формула. Критерий Рейнольдса – формула. Критерий Эйлера – формула. Другие критерии (Вебера, Струхала, Маха).

43 Классификация и общая характеристика гидромашин. Насосы динамического и объемного действия. Давление, подача (расход), рабочий объем, рабочая камера, частота вращения вала, входная (потребляемая) мощность, выходная (гидравлическая) мощность. Объемный к. п. д. Гидравлический к. п. д. Механический к. п. д.

44 Баланс мощности в гидромашинах. Схема, иллюстрирующая баланс мощности в гидромашине. Трансформация подводимой (механической) мощности в гидравлическую (выходную). Преобразование мощности и потери мощности. Механические потери – формула мощности. Объемные потери – формула мощности. Гидравлические потери – формула мощности (в общем виде). Гидравлический, механический, объемный к. п. д. Полный к. п. д. – формула.

45 Центробежные насосы и их характеристики. Схема центробежного насоса. Его устройство. Проточность полостей насоса. Консольные насосы и насосы двухстороннего входа. Многоступенчатые насосы. Напор (давление), подача (расход) насоса. Частота вращения рабочего колеса. К. п. д. насоса. Пересчет характеристик центробежного насоса на другую скорость вращения. Формулы гидродинамического подобия для пересчета характеристик.

46 Осевые насосы и их характеристики. Схема осевого насоса. Направляющий аппарат. Закрутка жидкости. Рабочее колесо в регулируемом углом наклона лопастей. Графические характеристики – напор (давление), к. п. д. насоса в зависимости от его подачи (расхода).

47 Роторные насосы: шестеренные и пластинчатые. Устройство и работа шестеренного и пластинчатого насосов. Разновидности конструкций этих типов насосов. Рабочий объем – формула. Подача и давление насоса. Использование насосов данного типа. Размерности величин.

48 Роторные насосы: аксиально- и радиально поршневые. Устройство и работа радиально-поршневого и аксиально-поршневого насосов и гидромоторов. Разновидности конструкций этих типов насосов. Рядность насосов. Качающие узлы. Рабочий объем – формула. Подача и давление насоса. Использование насосов данного типа. Гидромоторы. Размерности величин.

Задачи к экзамену:

Студент на экзамене решает одну из четырех задач по гидростатике, или одну из

пяти по гидродинамике. Каждому студенту выдается расчетная схема и общие исходные данные. Некоторые исходные данные (выделены жирным шрифтом) задаются преподавателем студенту индивидуально.

Водопроводная сеть состоит из открытого водоема 1, насоса 2, фильтра 3 с обратным клапаном 4 и манометром 5, водонапорной башни 6, сливной трубы поддержания уровня 7, подводящей трубы 8, отводящей трубы 9, задвижек 10, 11, 14, 15, 18, 19, 20, 21 и 22, отводов 12 и фланцевых соединений 13, и резервуаров 16 и 17 для раздачи воды.

Исходные данные: жидкость – пресная вода; коэффициент гидравлического трения всех труб:  $\lambda = 0,02$ ,  $\lambda = 0,025$ ,  $\lambda = 0,03$ , режим течения во всех случаях турбулентный.

Трубы двух типоразмеров с диаметрами (задаются преподавателем):

$d_1 = 40$  мм (45 и 50) и  $d_2 = 40$  мм (30 и 35).

Высоты и длины (задаются преподавателем):

$H_1 = 12$  м (10, 11, 13, 14),  $H_0 = 4,5$  м (4,0, 4,5, 4,7).

$l_4 = 5$  м (4, 4,5 и 5,5),  $l_9 = 20$  м (17, 19, 22),  $l_{10} = 14$  м (12, 15, 17).

Высоты и длины общие для всех:

$H = 10,8$  м,  $h_1 = 4$  м,  $h_2 = 5,2$  м,  $h_3 = 1$  м,  $h_4 = 1,2$  м,  $h_0 = 0,8$  м,  $h_{1a} = 3,7$  м,  $h_{2a} = 4,85$  м,  $l_1 = 7,5$  м,  $l_2 = 7,5$  м,  $l_3 = 11,5$  м,  $l_5 = 0,25$  м,  $l_6 = 4$  м,  $l_7 = 0,25$  м,  $l_8 = 0,8$  м,  $l_{11} = 0,3$  м,  $l_{12} = 0,35$  м.

Выбор плоскости сравнения в каждом расчетном случае – произвольный.

Гидростатика.

1. При полном заполнении резервуара 6 и закрытых задвижках 10 и 11 определить абсолютное и избыточное давление в точках а и б считая, что давление над свободной поверхностью воды в резервуаре 6 равно атмосферному.

2. При закрытых задвижках 19 и 20 и полном заполнении резервуара 6 водой определить абсолютное и избыточное давление в точках в и г, считая, что задвижки 10 и 11 открыты.

3. Каким будет избыточное давление на дне резервуара 17 (в точке е), если задвижка 20 закрыта, а сам резервуар заполнен водой полностью? Каким будет абсолютное и избыточное давление в точке д? Каким будет избыточное давление перед задвижкой 15?

4. Если задвижки 11, 18, 14 и 15 закрыты, а задвижки 19 и 20 открыты, при этом резервуары 16 и 17 полностью заполнены, каким будет абсолютное и избыточное давление в точках е, ж и г? Какое давление покажут манометры резервуаров 16 и 17?

Гидродинамика.

1. Определить скорость вытекания струи из сливной трубы 7 (и расход в ней при диаметре 40, 45 или 50 мм), если резервуар 6 заполнен до уровня Н и этот уровень поддерживается за счет подачи воды насосом 2. Плоскость сравнения совместить с поверхностью земли.

2. Резервуар 6 заполнен доверху, уровень Н поддерживается насосом постоянным. Задвижки 18, закрыта, задвижки 10, 11, 19 и 20 открыты. Открыты и задвижки 14 и 15, при этом уровни жидкости в резервуарах 16 и 17 поддерживаются на уровне осей задвижек 14 и 15. Определить давление воды в сечении 1-1, если скорость потока в сечении 1-1 равна 1,1 м/с. Плоскость сравнения совместить с осью труб  $l_9$  и  $l_{10}$ .

3. Условие задачи прежнее, но над свободной поверхностью воды в резервуаре 6 поддерживается давление 1,5 кгс/см<sup>2</sup> (например с помощью компрессора), а скорость потока в сечении 1-1 равна 1,5 м/с.

4. Задвижки 14, 15, 10 и 19 закрыты. Вода из емкости 17 перетекает через задвижки 11 и 18 в насос и сливается в резервуар. Считаем, что уровень воды в емкости 17 поддерживается постоянным, а обратный клапан 4 отсутствует. Определить расход воды

через насос, пренебрегая гидравлическими потерями в нем. Вентиль 22 для спуска воздуха в резервуаре 17 открыт.

5. Задвижки 10, 11, 19 и 15 закрыты, а вентиль 22 открыт (аварийная ситуация). Насос перекачивает воду по трубам 14, 15, 16, 17, 18, 19, 110, 112 в резервуар 17, которая под давлением струей выбрасывается через вентиль 22, коэффициент местного сопротивления которого в полностью открытом состоянии равен 218. Какое давление покажет манометр 5? Плоскость сравнения совместить с осью труб 19 и 110.

Схема трубопроводной системы с насосной установкой, водонапорной башней и резервуарами выдается каждому студенту индивидуально.

#### 6.2.2.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Глубоко и прочно усвоил программный материал. Исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал учебной литературы, правильно обосновывает принятое решение.	Твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.	Имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при ответах.	Не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, не умеет увязывать теорию с практикой, логически последовательно излагать материал, делать выводы.

#### 7 Основная учебная литература

1. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы : учебник для вузов / Т. М. Башта [и др.], 2011. - 422.

2. Вакина Вера Васильевна. Машиностроительная гидравлика: Примеры расчетов : учеб. пособие для техн. спец. вузов / Вера Васильевна Вакина, Иван Давидович Денисенко, Анатолий Леонидович Столяров, 1987. - 206.

### **8 Дополнительная учебная литература и справочная**

1. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы : учебник для вузов / Т. М. Башта, С. С. Руднев, Б. Б. Некрасов [и др.], 2013. - 422.

2. Башта Т. М. Машиностроительная гидравлика : справ. пособие / Т. М. Башта, 1971. - 671.

### **9 Ресурсы сети Интернет**

1. <http://library.istu.edu/>

2. <https://e.lanbook.com/>

### **10 Профессиональные базы данных**

1. <http://new.fips.ru/>

2. <http://www1.fips.ru/>

### **11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем**

1. Microsoft Windows (XP Prof + Vista Bussines) rus VLK поставка 08\_2007

2. Microsoft Windows Seven Professional [1x100] RUS (проведен апгрейд с Microsoft Windows Seven Starter [1x100]) - поставка 2010

3. Microsoft Office 2007 Standard - 2003 Suites и 2007 Suites - поставка 2010

4. Microsoft Office Standard 2010\_RUS\_ поставка 2010 от ЗАО "СофтЛайн Трейд"

### **12 Материально-техническое обеспечение дисциплины**

1. Компьютер в сборе BN-Ir1811-3 iC2D/iG/2Gb/320Gb/DWD-RWCR/кл/мышь/LCD 19"/ИБП/МОП

2. 12928 Насос НАР 63/200

3. 14947 Насос ЭЦВ-8

4. 14217 Насос НР-Ф

5. 313914 Насос центробежный

6. 313913 Насос центробежный

7. Компрессор

8. Стенд для снятия нагрузочной и регулировочной характеристик объемного насоса

9. Установка для изучения совместной работы насоса
10. Установка для снятия характеристик центробежного насоса
11. Насос 435Ф 00-000000000053430
12. Насос вихревой 00-000000000053424
13. Насос ГУР 00-000000000053429
14. Насос МШ-8М 00-000000000053428
15. Насос центробежный 00-000000000053423
16. Насос шестеренный 00-000000000053427
17. Насос аксиально-поршневой 00-000000000053425
18. Счётчик водомерный ВСГ-20 00-000000000053422
19. Установка для геометрической интерпретации 00-000000000053405
20. Установка для определения времени 00-000000000053408
21. Установка для определения путевых потерь 00-000000000053407
22. Установка Рейнольдса 00-000000000053406