

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ  
И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»**

**УТВЕРЖДАЮ**

Ректор академии

\_\_\_\_\_ В.В. Великанов

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 г.

Регистрационный № \_\_\_\_\_ /уч.

**МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ И ГАЗА**

**Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности  
7-07-0732-01 Строительство зданий и сооружений**

Учебная программа составлена в соответствии с образовательным стандартом специального высшего образования по специальности 7-07-0732-01 Строительство зданий и сооружений (ОСВО 7-07-0732-01-2023), а также учебными планами СД-0732-01-4-23у от 29.03.2023 г., СДс-0732-01-4-23у от 29.03.2023 г., СЗ-0732-01-4-23у от 29.03.2023 г., СЗс-0732-01-4-23у от 29.03.2023 г.

### **СОСТАВИТЕЛЬ:**

Т. Н. Ткачева, ст. преподаватель кафедры гидротехнических сооружений и водоснабжения учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия».

### **РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

### **РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

кафедрой гидротехнических сооружений и водоснабжения учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» (протокол № 8 от 01.04.2024 г.);

методической комиссией мелиоративно-строительного факультета учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» (протокол № 8 от 22.04.2024 г.);

научно-методическим советом учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» (протокол № 9 от 29.05.2024 г.)

## 1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Для специальности 7-07-0732-01 Строительство зданий и сооружений» дисциплина «Механика жидкости и газа» является базовым теоретическим курсом, обеспечивающим фундаментальную подготовку студентов по избранной специальности и возможность изучать последующие дисциплины.

**Цель** учебной дисциплины – формирование профессиональных компетенций в области гидравлических и пневматических систем мобильных и технологических машин.

**Задачи** курса – дать студентам знания закономерностей течения жидкостей, газов и их смесей в трубопроводах, различных каналах гидравлических машин и механизмов, а также навыки исследования и расчета гидросистем.

Для этого изучаются физические основы гидростатики, кинематики жидкостей и газов, инженерной гидравлики, основы газовой динамики, гидродинамики вязких жидкостей, основы динамики обтекания твердых тел, основы гидравлического эксперимента, основы гидравлического расчета трубопроводов и гидроцепей гидросистемы.

Дисциплина «Механика жидкости и газа» базируется на усвоении студентами фундаментальных положений дисциплин «Высшая математика (дифференциальное и интегральное исчисление, дифференциальные уравнения, теория поля)», «Физика (механика, молекулярная физика)», «Теоретическая механика» и др.

Материал дисциплины служит теоретической основой для изучения специальных дисциплин, таких, как «Гидротехнические сооружения», «Энергоснабжение», а также при выполнении дипломного проектирования.

В результате изучения учебной дисциплины «Механика жидкости и газа» студент должен развить и закрепить следующую базовую профессиональную компетенцию: применять законы механики жидкости и газа при инженерных расчетах сетей и оборудования.

В результате изучения дисциплины, студенты должны:

**знать:**

- основные законы равновесия и движения жидкостей и газов;
- порядок расчета гидравлических и пневматических систем;
- виды течения жидкостей;

**уметь:**

- рассчитывать потери давления (напора) в гидросистемах;
- производить расчеты простых и сложных гидравлических трубопроводов и подбирать насосное оборудование;
- составлять математические модели при различных течениях жидкости;
- рассчитывать статику и динамику простейших пневматических звеньев и контуров;

**владеть:**

- методами расчета гидравлических и пневматических систем;
- критериями выбора насосного оборудования;
- критериями моделирования при возможных вариантах гидравлических расчетов.

В рамках образовательного процесса по данной учебной дисциплине студент должен не только приобрести теоретические и практические знания, умения и навыки по специальности, но и развить свой ценностно-личностный, духовный потенциал, сформировать качества патриота и гражданина, готового к активному участию в экономической, производственной и социально-культурной жизни страны.

### **Распределение аудиторного времени по курсам и семестрам:**

1. Форма получения высшего образования – дневная (полная).

Курс – 2.

Семестр – 4.

Общее количество часов по учебной дисциплине – 130.

Всего аудиторных часов по учебной дисциплине – 84.

Лекции – 34 часа.

Лабораторные занятия – 34 часа.

Практические занятия – 16 часов.

Самостоятельная работа – 46 часов.

Рекомендуемая форма промежуточной аттестации – экзамен.

2. Форма получения высшего образования – дневная с сокращенным сроком обучения.

Курс – 2.

Семестр – 3.

Общее количество часов по учебной дисциплине – 130.

Всего аудиторных часов по учебной дисциплине – 84.

Лекции – 34 часа.

Лабораторные занятия – 34 часа.

Практические занятия – 16 часов.

Самостоятельная работа – 46 часов.

Рекомендуемая форма промежуточной аттестации – экзамен.

3. Форма получения высшего образования – заочная.

Курс – 3.

Семестр – 3.

Общее количество часов по учебной дисциплине – 130.

Всего аудиторных часов по учебной дисциплине – 20.

Лекции – 8 часов.

Лабораторные занятия – 8 часов.

Практические занятия – 4 часа.

Самостоятельная работа – 110 часов.

Рекомендуемая форма промежуточной аттестации – экзамен.

4. Форма получения высшего образования – заочная с сокращенным сроком обучения.

Курс – 3.

Семестр – 3.

Общее количество часов по учебной дисциплине – 130.

Всего аудиторных часов по учебной дисциплине – 20.

Лекции – 8 часов.

Лабораторные занятия – 8 часов.

Практические занятия – 4 часа.

Самостоятельная работа – 110 часов.

Рекомендуемая форма промежуточной аттестации – экзамен.

## **2. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА**

### **Тема 1. Введение. Основные физические свойства жидкости**

Определение и задачи курса, его связь со специальными дисциплинами. Исторический обзор развития гидромеханики и газодинамики. Основные физические свойства жидкости: сжимаемость, вязкость, поверхностное натяжение, плотность, температурное расширение.

### **Тема 2. Силы, действующие в жидкости**

Классификация сил, действующих в жидкости. Напряжение сил, действующих в жидкости. Свойства напряжений внутренних сил, действующих в жидкости. Уравнение движения жидкости в напряжениях.

### **Тема 3. Гидростатика**

Дифференцированное уравнение равновесия жидкости (уравнение Эйлера). Поверхности уровня и их свойства. Основное уравнение гидростатики, его геометрическая интерпретация. Закон Паскаля и его практическое приложение. Абсолютное и манометрическое давление. Давление жидкости на плоские и цилиндрические поверхности. Закон Архимеда.

### **Тема 4. Кинематика**

Два метода изучения движения жидкости. Виды движения жидкости: установившееся и неустановившееся, равномерное и неравномерное, напорное и безнапорное. Плавноизменяющееся движение жидкости. Линия тока. Элементарная струйка. Трубка тока. Понятие тока, расхода, живого сечения, местного скорости, смоченного периметра, гидравлического радиуса. Уравнения неразрывности.

### **Тема 5. Динамика жидкости**

Уравнение Бернулли для элементарной струйки невязкой жидкости. Энергетическая интерпретация уравнения Бернулли для установившегося движения. Три формы записи уравнения Бернулли. Уравнение Бернулли для элементарной струйки вязкой жидкости. Уравнение Бернулли для потока реальной при плавно изменяющемся движении. Условия применения уравнения Бернулли. Коэффициент Кориолиса. Геометрическое толкование уравнения Бернулли. Пьезометрический и гидравлический уклоны.

## **Тема 6. Потери напора при равномерном движении жидкости в круглой трубе**

Классификация потерь напора. Формула Дарси – Вейсбаха. Коэффициент Дарси при ламинарном напорном движении в трубе. Шероховатость абсолютная и относительная. Режим гидравлически гладких и шероховатых труб. Зависимость коэффициента гидравлического трения от числа Рейнольдса и относительной шероховатости. Опыты Никурадзе. График Никурадзе. Обобщенные формулы для коэффициента Дарси. Коэффициенты Дарси для труб с естественной технической шероховатостью.

## **Тема 7. Потери напора при неравномерном движении жидкости**

Потери напора на начальных участках. Потери напора в местных сопротивлениях. Формула Вейсбаха. Потери напора при внезапном расширении. Формула Борда. Выход из трубы. Диффузор. Внезапное сужение. Вход в трубу. Конфузоры. Поворот. Эквивалентная длина. Взаимное влияние местных сопротивлений. Зависимость коэффициентов местных сопротивлений от числа Рейнольдса.

## **Тема 8. Гидравлические расчеты трубопроводов при напорном движении жидкости**

Простой трубопровод. Расчет простого трубопровода постоянного диаметра. Три задачи расчета трубопровода. Гидравлический удар в трубах. Формула Н. Е. Жуковского.

## **Тема 9. Истечение жидкости из отверстий и насадков**

Истечение жидкости из малого отверстия в тонкой стенке. Сжатие струи. Коэффициенты сопротивления, скорость, расход. Истечение через насадки. Типы насадок. Вакуум в насадках. Зависимость коэффициентов истечения из отверстия и насадков от числа Рейнольдса.

### 3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1. Форма получения высшего образования: дневная полная и дневная с сокращенным сроком обучения

	Название темы	Количество аудиторных часов	В том числе			Количество часов СР	Форма контроля
			лекции	практические занятия	лабораторные занятия		
1	Введение. Основные физические свойства жидкости	6	2	–	4	2	
2	Силы, действующие в жидкости	8	2	2	4	4	Защита лабораторных работ
3	Гидростатика	8	4	2	2	6	Сдача I модуля
4	Кинематика	10	4	2	4	6	
5	Динамика жидкости	10	4	2	4	6	Защита лабораторных работ
6	Потери напора при равномерном движении жидкости в круглой трубе	10	4	2	4	6	Сдача II модуля
7	Потери напора при неравномерном движении жидкости	10	4	2	4	6	
8	Гидравлические расчеты трубопроводов при напорном движении жидкости	10	4	2	4	6	Защита лабораторных работ
9	Истечение жидкости из отверстий и насадков	12	6	2	4	4	Сдача III модуля
<b>Всего</b>		<b>84</b>	<b>34</b>	<b>16</b>	<b>34</b>	<b>46</b>	<b>Экзамен</b>

**3.2. Форма получения высшего образования:**  
**заочная полная и заочная с сокращенным сроком обучения**

	Название темы	Количество аудиторных часов	В том числе			Количество часов СР	Форма контроля
			лекции	практические занятия	лабораторные занятия		
1	Введение. Основные физические свойства жидкости	0,5	0,5	–	–	4	
2	Силы, действующие в жидкости	1	0,5	0,5	–	10	
3	Гидростатика	3,5	1	0,5	2	18	
4	Кинематика	3,5	1	0,5	2	18	
5	Динамика жидкости	1,5	1	0,5	–	18	
6	Потери напора при равномерном движении жидкости в круглой трубе	1,5	1	0,5	–	10	
7	Потери напора при неравномерном движении жидкости	1,5	1	0,5	–	10	
8	Гидравлические расчеты трубопроводов при напорном движении жидкости	4	1	1	2	12	
9	Истечение жидкости из отверстий и насадков	3	1	–	2	10	Защита лабораторных работ
<b>Всего</b>		<b>20</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>110</b>	<b>Экзамен</b>

## 4. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 4.1. Литература

#### Основная

1. Нестеров, М. В. Гидравлика: учеб. пособие / М. В. Нестеров, Л. И. Мельникова, И. М. Нестерова. – Горки: БГСХА, 2016. – 223 с.
2. Васильева, Н. В. Гидравлика. Гидравлические расчеты открытых потоков и сооружений: учеб.-метод. пособие / Н. В. Васильева, Л. И. Мельникова. – Горки: БГСХА, 2022. – 161 с.
3. Мельникова, Л. И. Гидравлика. Практикум: учеб.-метод. пособие / Л. И. Мельникова. – Горки: БГСХА, 2020. – 147 с.
4. Штеренлихт, Д. В. Гидравлика: учебник / Д. В. Штеренлихт. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 2007. – 655 с.
5. Чугаев, Р. Р. Гидравлика: учебник / Р. Р. Чугаев. – 4-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоиздат, 1982. – 672 с.

#### Дополнительная

1. Доманский, И. В. Механика жидкости и газа: учеб. пособие для вузов / И. В. Доманский, В. А. Некрасов. – 2-е изд. – СПб.: Изд-во «Лань», 2023. – 140 с.
2. Некрасов Б.Б. Задачник по гидравлике, гидромашинам и гидроприводу: учебное пособие / Б.Б. Некрасов, И.В. Фатеев, Ю.А. Беленков и др. – М.: Высш. шк., 1989. – 192 с.
3. Гульков, Н. Ф. Гидравлика: лаб. практикум / Н. Ф. Гульков, М. А. Жарский. – Горки: БГСХА, 2010. – 133 с.
4. Гидравлические расчеты водосбросных гидротехнических сооружений: справ. пособие / А. Б. Векслер, Т. Г. Войнич-Сяноженский, Л. И. Высоцкий [и др.]. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 624 с.
5. Справочное пособие по гидравлике, гидромашинам и гидроприводам / Я. М. Вильнер, Я. Т. Ковалев, Б. Б. Некрасов [и др.]. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Минск: Вышэйш. шк., 1985. – 382 с.
6. Гульков, Н. Ф. Гидравлика: учеб.-метод. пособие / Н. Ф. Гульков, С. И. Понасенко. – Горки, 2007. – 115 с.

## **4.2. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы**

При изучении дисциплины используются следующие формы самостоятельной работы:

- решение индивидуальных задач в аудитории во время проведения практических занятий под контролем преподавателя в соответствии с расписанием;
- выполнение наблюдений и измерений на установках, в лаборатории и обработка материалов наблюдений во время проведения лабораторных занятий под контролем преподавателя в соответствии с расписанием;
- самостоятельная работа, в том числе в виде выполнения индивидуальных домашних заданий с консультациями преподавателя;
- подготовка рефератов по отдельным индивидуальным темам, в том числе с использованием последних научных достижений.
- подготовка к сдаче экзамена после завершения изучения дисциплины с использованием основных и дополнительных источников литературы.

## **4.3. Перечень рекомендуемых средств диагностики компетенций**

Оценка учебных достижений студента на экзамене производится по десятибалльной шкале. Оценка текущих учебных достижений студентов осуществляется по блочно-модульной системе обучения и рейтинговому учету деятельности по десятибалльной шкале.

Для оценки достижений студентов используется следующий диагностический инструментарий:

- проведение коллоквиумов по теоретическому курсу изучаемых тем дисциплины с использованием блочно-модульной системы;
- защита выполненных в рамках самостоятельной работы домашних заданий;
- защита выполненных во время занятий по расписанию лабораторных работ по дисциплине;
- выступление студента с подготовленным рефератом на конференции;
- сдача экзамена по учебной дисциплине.

#### 4.4. Примерный перечень практических занятий

№ п. п.	Наименование	Часы
1	Абсолютное равновесие жидкости. Гидравлический расчет простейших гидравлических машин (пресс, домкрат и др.)	2
2	Сила гидростатического давления и точка ее приложения на плоские, произвольно ориентированные поверхности	2
3	Сила гидростатического давления и точка ее приложения на криволинейные поверхности. Плавание тел	2
4	Основные гидравлические элементы потока. Расход потока и средняя скорость	2
5	Практическое применение уравнения Бернулли	2
6	Истечение через отверстия и насадки при постоянном и переменном напорах. Коэффициент расхода системы. Расчет времени шлюзования	2
7	Гидравлический расчет коротких трубопроводов. Типы задач при гидравлическом расчете коротких трубопроводов (I, II, III)	2
8	Гидравлический расчет длинных трубопроводов	2
	<b>Итого</b>	<b>16</b>

#### 4.5. Примерный перечень лабораторных работ

№ п. п.	Наименование	Часы
1	Определение коэффициентов истечения и сопротивления малого отверстия в тонкой стенке	2
2	Истечение через малое отверстие в тонкой стенке при постоянном напоре	2
3	Истечение через малое отверстие в тонкой стенке при переменном напоре	2
4	Истечение через насадки	2
5	Изучение методов определения расхода воды: сравнение ручного, полуавтоматического и автоматического способов	2
6	Изучение режима течения жидкости: визуализация ламинарного и турбулентного режимов течения	2
7	Исследование характеристик трубопроводов при различных режимах течения от ламинарного до турбулентного в круглой трубе и потерь напора	2
8	Исследование потерь давления (напора) при течении через местное сопротивление в виде резкого сужения потока. Определение коэффициента гидравлического сопротивления	2
9	Исследование потерь давления (напора) при течении через местное сопротивление в виде диафрагмы. Определение коэффициента гидравлического сопротивления	2
10	Исследование потерь давления (напора) при течении через местное сопротивление в виде задвижки. Определение коэффициента гидравлического сопротивления регулирующего устройства	2
11	Изучение силового воздействия незатопленной струи жидкости на механическую преграду	2
12	Иллюстрация уравнения Бернулли, диаграмма напоров	2
13	Определение напорных характеристик насоса	2
14	Исследование характеристик насосов при их параллельном соединении	2
15	Снятие характеристик насосов при последовательном их соединении	2
16	Приборы для измерения давлений. Измерение давления с помощью ртутного дифманометра	2
17	Определение взаимного влияния местных сопротивлений	2
	<b>Итого</b>	<b>34</b>

#### 4.6. Вопросы к экзамену по курсу «Механика жидкости и газа»

1. Дайте определение жидкости.
2. Дайте определение удельного веса жидкости.
3. Чем характеризуется сжимаемость жидкостей и газов?
4. Дайте определение вязкости жидкости.
5. Что вызывает вязкость жидкости при ее движении по трубам?
6. Сформулируйте гипотезу Ньютона.

7. Как изменяется вязкость капельных жидкостей при изменении их температуры.
8. Как изменяется вязкость газов при изменениях их температуры?
9. Что такое давление насыщенных паров? Как оно зависит от температуры?
10. Что такое кавитация?
11. Какие силы называются массовыми? Приведите примеры.
12. Что Вы понимаете под напряжением массовых сил?
13. Чему равно напряжение силы тяжести?
14. Какие силы называются поверхностными? Приведите примеры.
15. Какими напряжениями характеризуются поверхностные силы?
16. В каких случаях в жидкости не действуют касательные напряжения?
17. Что такое давление?
18. Какое равновесие называют абсолютным?
19. Какое равновесие называют относительным?
20. Запишите уравнение Эйлера.
21. Что называется поверхностью равного давления? Запишите дифференциальное уравнение поверхности равного давления.
22. Запишите основное уравнение гидростатики.
23. Что такое пьезометрическая высота?
24. Что такое вакуумметрическая высота?
25. Что называют гидростатическим напором?
26. Дайте формулировку закона Паскаля.
27. По какому закону изменяется давление с увеличением глубины погружения жидкости?
28. Что называется эпюрой давления?
29. Какое давление называется абсолютным?
30. Какое давление называется манометрическим?
31. Какое давление называется вакуумметрическим?
32. Покажите взаимосвязь между абсолютным, манометрическим и вакуумметрическим давлениями.
33. Как определить силу давления и точку ее приложения на плоскую наклонную стенку.
34. Как найти силу давления жидкости на цилиндрическую стенку?
35. Сформулируйте закон Архимеда.
36. Что изучает кинематика?
37. Какое различие между установившимся и неустановившимся движениями жидкости?
38. Какое различие между равномерным и неравномерным движениями жидкости?
39. Дайте определение линии тока.
40. Дайте определение трубки тока и элементарной струйки.
41. Что понимается под живым сечением?

42. Каковы единицы измерения расходы жидкости?
43. Дайте определение смоченного периметра.
44. Что называется гидравлическим радиусом?
45. Что показывает уравнение неразрывности?
46. Что изучает динамика?
47. Запишите уравнение Бернулли для элементарной струйки идеальной жидкости?
48. Запишите уравнение Бернулли для элементарной струйки реальной жидкости?
49. Запишите уравнение Бернулли для потока реальной жидкости?
50. Какие параметры потока жидкости связывает между собой уравнение Бернулли?
51. В чем состоит энергетический смысл уравнения Бернулли?
52. Покажите геометрический смысл уравнения Бернулли для потока вязкой жидкости?
53. Объясните физический смысл коэффициента Кориолиса  $\alpha$ .
54. Что такое пьезометрический уклон?
55. Что такое гидравлический уклон?
56. Почему напорная линия всегда нисходящая?
57. Почему пьезометрическая линия бывает нисходящей и восходящей?
58. На каком расстоянии друг от друга располагаются напорная и пьезометрическая линии?
59. Могут ли напорная и пьезометрическая линии пересекаться?
60. В каком случае пьезометрическая линия может проходить ниже оси трубопровода?
61. Как изменится расстояние между напорной и пьезометрическими линиями при увеличении расхода жидкости в трубопроводе?
62. Что такое напор жидкости, пьезометрический, скоростной и полный напор? Взаимосвязь между ними с точки зрения сохранения энергии жидкости.
63. Дайте определение ламинарного течения жидкости.
64. Дайте определение турбулентного течения жидкости.
65. Какую скорость называют критической?
66. Как определить режим движения жидкости?
67. При каких числах Рейнольдса наблюдается ламинарный режим движения жидкости?
68. При каких числах Рейнольдса наблюдается турбулентный режим движения жидкости?
69. В чем состоит физический смысл числа Рейнольдса?
70. Во сколько раз изменится число Рейнольдса, если диаметр изменить в два раза, а расход и температура не меняются?
71. Как изменится число Рейнольдса, если температура жидкости увеличится?

72. Опишите двухслойную модель турбулентного потока.
73. Как определить общие потери напора в системе труб?
74. Как зависит потеря напора по длине  $h_{дл}$  от скорости потока при равномерном движении жидкости в круглой трубе?
75. Объясните, как происходит движение жидкости на начальном участке трубопровода?
76. Оказывает ли влияние режим движения жидкости на потери напора по длине?
77. Что такое абсолютная шероховатость?
78. Что такое относительная шероховатость?
79. Дайте понятие гидравлически гладких и гидравлически шероховатых труб.
80. Чем обусловлены потери на трение?
81. Изобразите зависимость коэффициента  $\lambda$  от числа Рейнольдса и относительной гладкости и поясните ее.
82. Как изменится коэффициент гидравлического трения  $\lambda$  при увеличении температуры, транспортируемой с постоянным расходом жидкости при ламинарном режиме движения?
83. Как изменится коэффициент  $\lambda$  в квадратичной области сопротивления при увеличении температуры?
84. Как изменится коэффициент  $\lambda$  с увеличением скорости в переходной области?
85. Во сколько раз изменятся потери напора при ламинарном режиме, если расход увеличить в два раза?
86. Во сколько раз изменятся потери напора в области квадратичного сопротивления, если расход уменьшить в два раза?
87. Во сколько раз изменится коэффициент  $\lambda$  в квадратичной области сопротивления при увеличении расхода в два раза?
88. Что такое эквивалентная шероховатость?
89. Как изменится коэффициент  $\lambda$  при увеличении абсолютной шероховатости  $\Delta$ , если режим движения ламинарный?
90. Как изменится коэффициент  $\lambda$  в области гидравлически шероховатых труб при увеличении относительной шероховатости?
91. Что называется местным сопротивлением?
92. Почему возникают потери напора в местных сопротивлениях?
93. Опишите движение жидкости на начальном участке трубопровода.
94. Как определить длину начального участка при ламинарном режиме движения жидкости в круглой трубе?
95. Как определить длину начального участка при турбулентном режиме движения жидкости в круглой трубе?
96. Как Вы думаете, почему длина начального участка при ламинарном режиме движения больше, чем при турбулентном?
97. Опишите движение жидкости через местные сопротивления.
98. Изобразите схематически характер течения при внезапном расширении потока.

99. Выведите формулу Борда. Какой она имеет физический смысл?
100. Что такое эквивалентная длина?
101. Объясните, почему происходит взаимное влияние местных сопротивлений?
102. Что такое длина влияния местного сопротивления?
103. Как происходит изменение значения коэффициента  $\zeta$  от числа  $Re$ ?
104. При каких числах  $Re$  наблюдается автомодельность коэффициента  $\zeta$  от  $Re$ ?
105. Какой трубопровод называется простым?
106. При каких условиях в трубопроводе будет наблюдаться установившееся движение жидкости?
107. Какой трубопровод называется гидравлически длинным?
108. Какой трубопровод называется гидравлически коротким?
109. Проведите расчет простого трубопровода для случая истечения под уровень.
110. Проведите расчет простого трубопровода для случая истечения в атмосферу.
111. Расскажите порядок расчета задачи первого типа для простого трубопровода.
112. Расскажите порядок расчета задачи второго типа для простого трубопровода.
113. Расскажите порядок расчета задачи третьего типа для простого трубопровода.
114. Какой трубопровод называется сифонным?
115. Объясните, как происходит движение жидкости по сифонному трубопроводу.
116. В каком сечении сифонного трубопровода будет наблюдаться наибольшая величина вакуума? От чего зависит величина вакуума?
117. В каком случае сифон может прекратить работать?
118. Какое явление в трубопроводе называется гидравлическим ударом?
119. Какие причины могут привести к гидравлическому удару?
120. Расскажите, как происходит распространение фронта ударной волны при мгновенном закрытии затвора.
121. Расскажите, как формируется обратная отраженная волна при мгновенном закрытии затвора.
122. Что называется фазой удара при гидравлическом ударе?
123. Расскажите, как с течением времени происходит изменение давления в сечении трубопровода при гидравлическом ударе.
124. Запишите формулу, позволяющую определить скорость распространения ударной волны в трубопроводе.
125. Объясните, как возникает гидравлический удар при резком понижении давления (с разрывом сплошности потока).

**ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО**

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании рабочей программы по изучаемой дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей рабочую программу (с указанием даты и номера протокола)
Энергоснабжение	Сельского строительства и обустройства территорий	Дополнений и изменений нет	протокол № 8 от 01.04. 2024 г.
Гидротехнические сооружения	Гидротехнических сооружений и водоснабжения	Дополнений и изменений нет	протокол № 8 от 01.04. 2024 г.

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО  
на 2024 /2025 учебный год**

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры  
\_\_\_\_\_ (протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 202\_ г.)  
(название кафедры)

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_  
(ученая степень, ученое звание)

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

\_\_\_\_\_  
(ученая степень, ученое звание)

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(И.О.Фамилия)