

Учреждение образования  
«ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
учреждения образования  
«Полоцкий государственный университет»  
Д.В. Дук

“15” 06 2014 г.

Регистрационный № УД-986/14/р.

**МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ И ГАЗА**

**Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине  
для специальностей:**

1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство»  
1-70 02 02 «Экспертиза и управление недвижимостью»

Факультет – инженерно-технологический

Кафедра – трубопроводного транспорта, водоснабжения и гидравлики

Курс – 3

Семестр – 5

Лекции – 34 часа

Зачет – 5 семестр

Лабораторные занятия – 16 часов

Аудиторных часов  
по учебной дисциплине – 50

Всего часов  
по учебной дисциплине – 78

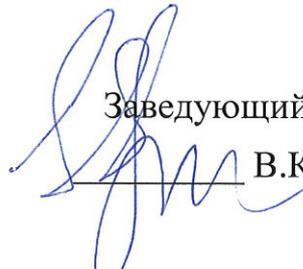
Форма получения  
высшего образования дневная

Составил Д.П. Комаровский, к.т.н., доцент

2014 г.

Учебная программа составлена на основе учебной программы учреждения высшего образования по дисциплине «Механика жидкости и газа», утвержденной 22.05.2014 г., регистрационный № УД-238/14 803

Рассмотрена и рекомендована к утверждению кафедрой трубопроводного транспорта, водоснабжения и гидравлики, протокол № 8 от "06" 06 2014 г.

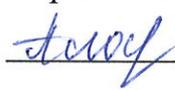
  
Заведующий кафедрой

В.К. Липский

Одобрена и рекомендована к утверждению методической комиссией инженерно-строительного факультета, протокол № 8 от "24" 06 2014 г.

Председатель методической комиссии

инженерно-строительного факультета

  
Р.М. Платонова

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Дисциплина «Механика жидкости и газа» относится к циклу естественнонаучных дисциплин для специальностей 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство» и 1-70 02 02 «Экспертиза и управление недвижимостью».

Предметом изучения являются законы равновесия и движения жидкостей и газов, а также методы применения этих законов для решения инженерных задач. Общие законы равновесия и движения жидкости и газов в различных средах и сооружениях являются основой расчетов используемых при проектировании и строительстве различных сооружений, машин, аппаратов и устройств.

«Механика жидкости и газа» наряду с математикой, физикой и теоретической механикой представляет собой дисциплину, изучение которой способствует расширению научного кругозора и повышению общей технической культуры будущего специалиста. Она является базой современной техники, которая дает тот необходимый объем фундаментальных знаний, на основе которого будущий специалист сможет овладеть всем новым, с чем ему придется столкнуться в ходе практической работы.

«Механика жидкости и газа» основывается на таких фундаментальных дисциплинах как математика, физика и теоретическая механика. Знания, полученные при изучении курса «Механика жидкости и газа», необходимы при изучении дисциплины «Инженерные сети и оборудование».

**Целью преподавания** является подготовка специалиста для производственно-технической, организационно-управленческой, проектно-конструкторской и исследовательской деятельности в области проектирования строительной деятельности и эксплуатации систем водоснабжения и водоотведение промышленных и гражданских зданий и сооружений.

**Основными задачами** изучения дисциплины являются:

– создание у студентов основ достаточно высокой теоретической подготовки в области гидромеханики, позволяющей будущим инженерам ориентироваться в потоке научно-технической информации и обеспечивающей их возможность использования гидромеханических методов в вопросах будущей специальности.

– формирование у студентов научного мышления в частности, правильного понимания границ применимости различных гидромеханических понятий, законов, теорий и умение оценивать степень достоверности результатов, полученных с помощью экспериментальных и математических методов исследования или инженерных расчетов.

– усвоение основных гидромеханических явлений и законов, методов гидромеханических исследований применительно к различным задачам будущей специальности.

– выработка у студентов приемов и навыков решения конкретных задач из разных областей гидромеханики, помогающих студентам в дальнейшем решать инженерные задачи.

## ТРЕБОВАНИЯ К ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение данной дисциплины должно обеспечивать формирование следующих групп компетенций будущего специалиста:

**проектная и научно-исследовательская деятельность:**

– проектировать конструктивные схемы зданий и сооружений различного функционального назначения в составе группы специалистов или самостоятельно.

– разрабатывать проекты организации строительства, проекты производства работ и технологические карты на отдельные виды работ.

– выполнять расчеты и конструирование строительных конструкций с использованием методов автоматизированного проектирования.

– осуществлять оценку эффективности применения различных средств механизации при проектировании технологии и организации строительно-монтажных работ.

– определять актуальные направления научных исследований в области строительства с целью внедрения в практику эффективных строительных материалов, конструкций и технологий.

– организовать работу по подготовке рефератов, научных статей и заявок на изобретения в области промышленного и гражданского строительства.

– производить патентно-информационный поиск, оценивать патентоспособность и патентную чистоту технических решений в области промышленного и гражданского строительства.

– осуществлять рационализаторскую и изобретательскую деятельность в области строительства в составе коллектива специалистов или самостоятельно.

**производственно-технологическая деятельность:**

– организовывать и осуществлять производственную деятельность по возведению зданий и сооружений в соответствии с проектной документацией и действующими нормативными документами.

– ставить задачи и обоснованно выбирать методы оптимизации производственных процессов при возведении зданий и сооружений.

– анализировать оперативную информацию о процессах производства работ на объекте и вырабатывать решения по их оптимизации.

В результате изучения курса «Механика жидкости и газа» студент *должен знать:*

- законы равновесия жидкости и их физическую сущность;
- методы расчета сил гидростатического давления на плоские и криволинейные поверхности и точки их приложения;
- законы движения жидкости и их физическую сущность;
- методы расчета простых и сложных трубопроводных систем;
- методы расчета равномерного движения в напорных трубопроводах;

В результате изучения курса «Механика жидкости и газа» студент *должен уметь:*

- рассчитывать величину давления в любой точке жидкости;

- рассчитывать силу давления и координату точки ее приложения на плоскую и криволинейную поверхность;
- производить расчет напорных трубопроводных систем с учетом реальных потерь напора (энергии);

**владеть:**

- методикой анализа гидравлических систем;
- методиками расчета гидравлических систем;
- методикой подбора оборудования для гидравлических систем.

При чтении лекций используются мультимедийные средства для визуализации лекционного материала.

**Самостоятельная работа студентов.** Цель самостоятельной работы - повышение качества подготовки и конкурентоспособности выпускников посредством формирования у них компетенций самообразования. Самостоятельная работа студентов предусматривает ознакомление с научной, научно-популярной, учебной литературой, подготовку к лабораторным работам и их защите.

**Методы (технологии) обучения.** В процессе обучения используются педагогические технологии, способствующие вовлечению студентов в поиск и управление знаниями, приобретению опыта самостоятельного решения различных задач:

- технологии проблемно-модульного обучения на лекционных и практических занятиях, в самостоятельной деятельности;
- технологии учебно-исследовательской деятельности на лабораторных занятиях, в самостоятельной деятельности;
- коммуникативные технологии (дискуссия, учебные дебаты и др.) на лекционных и лабораторных занятиях;
- метод анализа конкретных ситуаций на лекционных и лабораторных занятиях.

Для управления учебным процессом и организации контрольно-оценочной деятельности используется рейтинговая система оценки учебной деятельности студентов.

**Средства диагностики результатов учебной деятельности студентов.**

Для контроля качества образования по дисциплине используются следующие средства диагностики:

- рейтинговая система оценки знаний;
- письменный опрос во время занятий;
- защита лабораторных работ;
- зачет.

## 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**

Дифференциальное 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, местной и средней скорости, смоченного периметра, гидравлического радиуса. Уравнение 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 жидкости 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 Рейнольда и относительной ше-

роховатости. 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.

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА (дневная форма получения образования)

Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы, занятия	Количество аудиторных часов		Литература	Форма контроля знаний
		лекции	лабораторные занятия		
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>1.</b>	<b>МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ И ГАЗА</b>	<b>34</b>	<b>16</b>		
<b>1.1.</b>	<b>Введение. Основные физические свойства жидкости</b>	<b>2</b>	<b>2</b>		
<b>1.1.1.</b>	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.	2		[1, стр. 10]	
<b>1.1.2.</b>	Определение вязкости жидкости вискозиметром Энглера.		2		Защита лабораторной работы
<b>1.2.</b>	<b>Силы, действующие в жидкости</b>	<b>2</b>			
<b>1.2.1.</b>	Классификация сил, действующих в жидкости. Напряжение сил, действующих в жидкости. Свойства напряжений внутренних сил, действующих в жидкости. Уравнение движения жидкости в напряжениях.	2		[1, стр. 22]	
<b>1.3.</b>	<b>Гидростатика</b>	<b>4</b>	<b>2</b>		
<b>1.3.1.</b>	Дифференциальное уравнение равновесия жидкости (уравнение Эйлера). Поверхности уровня и их свойства. Основное уравнение гидростатики, его геометрическая интерпретация.	2		[1, стр. 31]	
<b>1.3.2.</b>	Закон Паскаля и его практическое приложение. Абсолютное и манометрическое давление. Давление жидкости на плоские и цилиндрические поверхности. Закон Архимеда.	2		[1, стр. 37]	

1.3.3.	Приборы для измерения давлений. Измерение давления с помощью ртутного дифманометра.		2		Защита лабораторной работы
1.4.	<b>Кинематика</b>	4			
1.4.1.	Два метода изучения движения жидкости. Виды движения жидкости: установившееся и неустановившееся, равномерное и неравномерное, напорное и безнапорное.	2		[1, стр. 62]	
1.4.2	Плавноизменяющееся движение жидкости. Линия тока. Элементарная струйка. Трубка тока. Понятие тока, расхода, живого сечения, местной и средней скорости, смоченного периметра, гидравлического радиуса. Уравнение неразрывности.	2		[1, стр. 67]	письменный опрос <sup>1</sup>
1.5.	<b>Динамика жидкости</b>	6	2		
1.5.1.	Уравнение Бернулли для элементарной струйки вязкой жидкости. Энергетическая интерпретация уравнения Бернулли для установившегося движения.	2		[1, стр. 76]	
1.5.2.	Три формы записи уравнения Бернулли. Уравнение Бернулли для элементарной струйки вязкой жидкости.	2		[1, стр. 78]	
1.5.3.	Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости при плавно изменяющемся движении. Условия применения уравнения Бернулли. Коэффициент Кориолиса. Геометрическое толкование уравнения Бернулли. Пьезометрический и гидравлический уклоны.	2		[1, стр. 81]	
1.5.4.	Исследование режимов движения жидкости в круглой трубе.	2			
1.6.	<b>Потери напора при равномерном движении жидкости в круглой трубе</b>	4	2		
1.6.1.	Классификация потерь напора. Формула Дарси-Вейсбаха. Коэффициент Дарси при ламинарном напорном движении в трубе. Шероховатость абсолютная и относительная. Режим гидравлически гладких и шероховатых труб.	2		[1, стр. 101]	
1.6.2.	Зависимость коэффициента гидравлического трения от числа Рейнольда и относительной шероховатости. Опыты Никурадзе. График Никурадзе. Обобщенные формулы для коэффициента Дарси.	2		[1, стр. 110]	

<sup>1</sup> письменный опрос по изученным темам проводится с целью промежуточного контроля знаний и выставления рейтинга студентов в связи с введением рейтинговой системы оценки знаний студентов (приказ ректора №294 от 06.06.2014г. «Об утверждении положений о рейтинговой системе оценки знаний и компетенций студентов»).

	Коэффициенты Дарси для труб с естественной технической шероховатостью.						
1.6.3.	Определение коэффициента гидравлического трения при движении жидкости в круглой трубе		2				Защита лабораторной работы
1.7.	<b>Потери напора при неравномерном движении жидкости</b>	4	4				
1.7.1.	Потери напора на начальных участках. Потери напора в местных сопротивлениях. Формула Вейсбаха. Потери напора при внезапном расширении. Формула Борда.	2			[1, стр. 10]		
1.7.2.	Выход из трубы. Диффузор. Внезапное сужение. Вход в трубу. Конфузоры. Поворот. Эквивалентная длина. Взаимное влияние местных сопротивлений. Зависимость коэффициентов местных сопротивлений от числа Рейнольдса.	2			[1, стр. 127]		
1.7.3.	Измерение потерь напора в местных сопротивлениях.		2				Защита лабораторной работы
1.7.4.	Определение взаимного влияния местных сопротивлений.		2				
1.8.	<b>Гидравлические расчеты трубопроводов при напорном движении жидкости</b>	4	2				
1.8.1.	Простой трубопровод. Расчет простого трубопровода постоянного диаметра.	2			[1, стр. 143]	письменный опрос <sup>2</sup>	
1.8.2.	Три задачи расчета трубопровода. Гидравлический удар в трубах. Формула Н.Е. Жуковского.	2			[1, стр. 145]		
1.8.3.	Построение диаграммы уравнения Бернулли.		2				Защита лабораторной работы
1.9.	<b>Истечение жидкости из отверстий и насадков</b>	4	2				
1.9.1.	Истечение жидкости из малого отверстия в тонкой стенке. Сжатие струи. Коэффициенты сопротивления, скорость, расход.	2			[1, стр. 181]		
1.9.2.	Истечение через насадку. Типы насадок. Вакуум в насадках. Зависимость коэффициентов истечения из отверстия и насадков от числа Рейнольдса.	2			[1, стр. 194]		
1.9.3.	Истечение жидкости через отверстие и насадки при постоянном		2				Защита ла-

<sup>2</sup> письменный опрос по изученным темам проводится с целью промежуточного контроля знаний и выставления рейтинга студентов в связи с введением рейтинговой системы оценки знаний студентов (приказ ректора №294 от 06.06.2014г. «Об утверждении положений о рейтинговой системе оценки знаний и компетенций студентов»).

	напоре.				борагорной работы
Всего:		34		16	

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Основная литература

1. Механика жидкости и газа: учеб.-метод. комплекс / сост. Д.П. Комаровский, В.К. Липский; под общ. Ред. В.К. Липского. – Новополоцк: ПГУ, 2008. – 356 с.
2. Ловкис, З.В. Гидравлика : учебное пособие. - Минск : Беларуская навука, 2012. – 438
3. Ухин, Б.В. Гидралика / Б.В. Ухин – М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2009. – 464 с.
4. Штеренлихт Д.В. Гидравлика : учебник для студ. вузов. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : КолосС, 2005. - 655 с.
5. Чугаев, Р.Р. Гидравлика / Р.Р. Чугаев – Л: Энергия, 1982. – 600 с.

### Дополнительная литература

6. Гейер, В.Г. Гидравлика и гидропривод : Учебник для вузов. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Недра, 1991. - 331 с.
7. Федяевский, К.К., Гидромеханика / К.К. Федяевский, Я.И. Войткунский, Ю.И. Фаддеев: Учебник для вузов. – Л: Судостроение, 1968. – 568 с.
8. Ботук, Б.О. Гидравлика / Б.О. Ботук – М: Высш. шк., 1962. – 450 с.
9. Медведев, В.Ф. Гидравлика и гидравлические машины / В.Ф. Медведев, Учеб. пособие. – Мн: Выш. шк., 1998. – 311 с.

### Перечень лабораторных работ

№	Наименование	Кол. ауд. часов
1.	Определение вязкости жидкости вискозиметром Энглера.	2
2.	Приборы для измерения давлений. Измерение давления с помощью ртутного дифманометра.	2
3.	Исследование режимов движения жидкости в круглой трубе.	2
4.	Определение коэффициента гидравлического трения при движении жидкости в круглой трубе (исследование $\lambda=f(Re)$ ).	2
5.	Измерение потерь напора в местных сопротивлениях.	2
6.	Построение диаграммы уравнения Бернулли.	2
7.	Истечение жидкости через отверстия и на-	2

	садки при постоянном напоре.		
8.	Определение взаимного влияния местных сопротивлений.	2	
	Всего	16	

### Вопросы к зачету 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 изменении 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 расхода 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 2 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

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Инженерные сети и оборудование	трубопроводного транспорта, водоснабжения и гидравлики	<p><i>Защитами нет.</i></p> <p><i>от. преподават. Е.В. Лесовая</i></p> 	