

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»  
Кафедра «Механика и анализ конструкций и процессов»



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

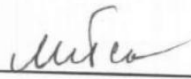
### дисциплины «Механика жидкости и газа»

основной профессиональной образовательной программы  
по специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и  
сооружений» профиль «Строительство высотных и большепролетных зданий  
и сооружений»

Форма обучения            Очная  
Технология обучения    Традиционная.


Комсомольск-на-Амуре 2018

Автор рабочей программы  
доцент, к.т.н.

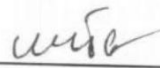
  
М.Р. Петров.  
«10» октября 2016 г.

СОГЛАСОВАНО

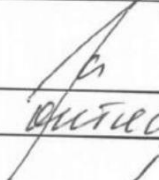
Директор библиотеки

  
И.А. Романовская  
«10» октября 2016 г.

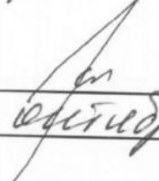
Заведующий кафедрой «МАКП»

  
А.А. Буренин  
«10» октября 2016 г.


Заведующий кафедрой «СиА»

  
Е.О. Сысоев  
«10» октября 2016 г.

Декан ФКС

  
О.Е. Сысоев  
«10» октября 2016 г.

Начальник учебно-методического  
управления

  
Е.Е. Поздеева  
«10» октября 2016 г.

## Введение

Рабочая программа дисциплины «Механика жидкости и газа» составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 11.08.2016 № 1030, и основной профессиональной образовательной программы подготовки специалистов. Специальность 08.05.01 "Строительство уникальных зданий и сооружений", специализация "Строительство высотных и большепролетных зданий и сооружений"

### 1 Аннотация дисциплины

Наименование дисциплины	Механика жидкости и газа
Цель дисциплины	Целью дисциплины является изучение основных физических свойств жидкостей и газов, общих законов и уравнений статики, кинематики и динамики жидкостей и газов; особенностей физического и математического моделирования одномерных, двумерных и трехмерных течений; течений несжимаемых и сжимаемых потоков идеальной и реальной жидкостей для использования в профессиональной деятельности.
	<p>Познакомить обучающихся теоретическими и экспериментальными исследованиями в области механики жидкости и газов в целях изыскания принципов и путей совершенствования существующих объектов профессиональной деятельности, обоснования их технических характеристик, определения условий применения;</p> <p>· Дать информацию о составлении уравнений расчета в дифференциальной и интегральной форме и записи граничных условий для задач динамики жидкости.</p>
Основные разделы дисциплины	1. Основные понятия и уравнения равновесия; 2. Одномерные и плоские течения жидкости; 3. Циркуляция скорости. Вязкость жидкости; 4. Решение задач с помощью уравнений Бернулли, Навье-Стокса
Общая трудоемкость дисциплины	3 зач ед/ 108 академических часа

	Семестр	Аудиторная нагрузка, ч				СРС, ч	Промеж уточная аттеста ция, ч	Всего за семестр, ч
		Лек ции	Пр. занятия	Лаб. работы	Курсовое проектирование			
	5 семестр	17	-	17	-	74	-	108
ИТОГО:		17	-	17	-	74	-	108

## 2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами образовательной программы

Дисциплина «Механика жидкости и газа» нацелена на формирование компетенций, знаний, умений и навыков, указанных в таблице 1.

Таблица 1 – Компетенции, знания, умения, навыки

Наименование и шифр компетенции, в формировании которой принимает участие дисциплина	Перечень формируемых знаний, умений, навыков, предусмотренных образовательной программой		
	Перечень знаний (с указанием шифра)	Перечень умений (с указанием шифра)	Перечень навыков (с указанием шифра)
ОПК-6 Обладать использованием основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применением методов математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования	31 (ОПК-6-5) Знать: Основные задачи, методы и уравнения МЖГ  32 (ОПК-6-5) Знать: Основные алгоритмы решения типовых задач гидроаэромеханики	У1 (ОПК-6-5) Уметь: Применять полученные знания к решению конкретных технических задач  У2 (ОПК-6-5) Уметь: Использовать теорию подобия и размерностей для моделирования гидрогазодинамических процессов	Н1 (ОПК-6-5) Владеть: Навыками построения физико-механических и математических моделей и решения задач МЖГ Н2 (ОПК-6-5) Владеть: Методами применения экспериментального подхода к решению технических задач

## 3 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Механика жидкости и газа» изучается на 2-м курсе в 4-ом семестре.

Она является обязательной дисциплиной, входит в состав блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к базовой части.

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения, навыки,

сформированные на предыдущих этапах освоения ОПК-6 в процессе изучения дисциплин Математика и Физика.

Входной контроль не проводится.

#### **4 Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 3 зачетные единицы или 108 академических часа.

Распределение объема дисциплины по видам учебных занятий представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Объем дисциплины по видам учебных занятий

<b>Объем дисциплины</b>	<b>Очная форма обучения</b>
Общая трудоемкость дисциплины	108
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего</b>	34
В том числе:	
<b>занятия лекционного типа</b> (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками):	17
<b>занятия семинарского типа</b> (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия)	17
<b>Самостоятельная работа обучающихся и контактная работа,</b> включающая групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателями (в том числе индивидуальные консультации); взаимодействие в электронной информационно-образовательной среде вуза	74
Промежуточная аттестация обучающихся	-

#### **5 Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

Таблица 3 – Структура и содержание дисциплины

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудо-емкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
<b>Раздел 1. Основные понятия и уравнения равновесия</b>					
<b>Тема 1</b> Основные понятия и определения курса МЖГ Решение задач по физическим свойствам жидкости Классификация сил, действующих в жидкости. Параметры потока	Лекция	2	Традиционная	ОПК-6	31 (ОПК-6-5) 32 (ОПК-6-5)
<b>Тема 2</b> Определения вязкости жидкости при помощи вискозиметра Энглера Решение задач по определению давления в покоящейся жидкости Методы изучения движения жидкости	Лекция	2	Традиционная	ОПК-6	31 (ОПК-6-5) 32 (ОПК-6-5)
<b>Тема 3</b> Сила подъема клапана	Лабораторная работа №1	4	Традиционная	ОПК-6	У1 (ОПК-6-5) У2 (ОПК-6-5) Н2 (ОПК-6-5)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудо-емкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
<b>Самостоятельная работа обучающихся</b>	РГР, подготовка к лекционным и практическим занятиям	14		ОПК-6	31 (ОПК-6-5) 32 (ОПК-6-5) У1 (ОПК-6-5) У2 (ОПК-6-5) Н1 (ОПК-6-5) Н2 (ОПК-6-5)
<b>ИТОГО по разделу 1</b>	Занятия лекционного типа	4	-	-	-
	Занятия семинарского типа	4	-	-	-
	Самостоятельная работа обучающихся	14	-	-	-
<b>Раздел 2. Одномерные и плоские течения жидкости</b>					

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудо-емкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
<b>Тема 4</b> Истечение жидкости из отверстия в тонкой стенке Деформационное движение жидкого элемента Решение задач по определению сил давления жидкости на плоские поверхности Вращательное движение жидкого элемента	Лекция	2	Традиционная	ОПК-6	31 (ОПК-6-5) 32 (ОПК-6-5)
<b>Тема 5</b> Построение свободной поверхности жидкости во вращающемся сосуде Линии и трубки тока. Вихревые линии и трубки Решение задач по определению сил давления жидкости на плоские поверхности Линии и трубки тока. Вихревые линии и трубки Определение силы давления клапан	Лекция	2	Традиционная	ОПК-6	31 (ОПК-6-5) 32 (ОПК-6-5)



Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудо-емкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компe-тенци и	Знания, умения, навыки
<b>Тема 6</b> Несовершенное сжатие струи	Лабораторная работа №2	4	Традиционная	ОПК-6	У1 (ОПК-6-5) У2 (ОПК-6-5) Н2 (ОПК-6-5)
<b>Самостоятельная работа обучающихся</b>	РГР, подготовка к лекционным и практическим занятиям	14			31 (ОПК-6-5) 32 (ОПК-6-5) У1 (ОПК-6-5) У2 (ОПК-6-5) Н1 (ОПК-6-5) Н2 (ОПК-6-5)
<b>ИТОГО по разделу 2</b>	Занятия лекционного типа	4	-	-	-
	Занятия семинарского типа	4	-	-	-
	Самостоятельная работа обучающихся	15	-	-	-
<b>Раздел 3. Циркуляция скорости. Вязкость жидкости</b>					

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудо-емкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
<b>Тема 7</b> Циркуляция скорости. Вязкость жидкости Решение задач по определению сил давления жидкости на криволинейные поверхности Циркуляция скорости. Вязкость жидкости Изучение режимов движения жидкости в круглой трубе	Лекция	2	Традиционная	ОПК-6	31 (ОПК-6-5) 32 (ОПК-6-5)
<b>Тема 8</b> Уравнение неразрывности Решение задач по определению сил давления жидкости на криволинейные поверхности Уравнения состояния	Лекция	2	Традиционная	ОПК-6	31 (ОПК-6-5) 32 (ОПК-6-5)
<b>Тема 9</b> Циркуляция скорости и вязкость жидкости	Лабораторная работа №3	1	Традиционная	ОПК-6	У1 (ОПК-6-5) У2 (ОПК-6-5) Н1 (ОПК-6-5-6) Н2 (ОПК-6-5)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудо-емкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
<b>Тема 10</b> Турбулентный и ламинарный потоки	Лабораторная работа №4	1	Традиционная	ОПК-6	У1 (ОПК-6-5) У2 (ОПК-6-5) Н1 (ОПК-6-5-6) Н2 (ОПК-6-5)
<b>Тема 11</b> Работа сифона	Лабораторная работа №5	1	Традиционная	ОПК-6	У1 (ОПК-6-5) У2 (ОПК-6-5) Н1 (ОПК-6-5-6) Н2 (ОПК-6-5)
<b>Тема 12</b> Вязкозиметр Энглера	Лабораторная работа №6	1	Традиционная	ОПК-6	У1 (ОПК-6-5) У2 (ОПК-6-5) Н1 (ОПК-6-5-6) Н2 (ОПК-6-5)
<b>Самостоятельная работа обучающихся</b>	РГР, подготовка к лекционным и практическим занятиям	14		ОПК-6	31 (ОПК-6-5) 32 (ОПК-6-5) У1 (ОПК-6-5) У2 (ОПК-6-5) Н1 (ОПК-6-5) Н2 (ОПК-6-5)
<b>ИТОГО по разделу 3</b>	Занятия лекционного типа	4	-	-	-
	Занятия	4	-	-	-

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудо-емкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компе-тенци и	Знания, умения, навыки
	семинарского типа				
	Самостоятельная работа обучающихся	15	-	-	-
<b>Раздел 4. Решение задач с помощью уравнений Бернулли, Навье-Стокса</b>					
<b>Тема 13</b> Уравнения Бернулли Уравнения движения идеальной жидкости. Уравнения движения идеальной несжимаемой жидкости в форме Громеко Интегралы дифференциальных уравнений движения идеальной жидкости.	Лекция	2	Традиционная	ОПК-6	31 (ОПК-6-5) 32 (ОПК-6-5)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудо-емкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
<b>Тема 14</b> Уравнение энергии Решение задач с использованием уравнения Бернулли для идеальной жидкости Уравнения Навье-Стокса Основы теории пограничного слоя, его количественные характеристики. Понятие о дивергенции вектора скорости Решение задач с использованием уравнения Бернулли для реальной жидкости	Лекция	3	Традиционная	ОПК-6	31 (ОПК-6-5) 32 (ОПК-6-5)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудо-емкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
<b>Тема 15</b> Уравнение Бернулли	Лабораторная работа №7	5	Традиционная	ОПК-6	У1 (ОПК-6-5) У2 (ОПК-6-5) Н1 (ОПК-6-5) Н2 (ОПК-6-5)
<b>Самостоятельная работа обучающихся</b>	РГР, подготовка к лекционным и практическим занятиям	30		ОПК-6	31 (ОПК-6-5) 32 (ОПК-6-5) У1 (ОПК-6-5) У2 (ОПК-6-5) Н1 (ОПК-6-5) Н2 (ОПК-6-5)
<b>ИТОГО по разделу 4</b>	Занятия лекционного типа	5	-	-	-

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудо-емкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
	Занятия семинарского типа	5	-	-	-
	Самостоятельная работа обучающихся	30	-	-	-
<b>Промежуточная аттестация по дисциплине</b>		Зачет		-	
	Лекции	17	-	-	-
	Лабораторные работы	17	-	-	-
	Самостоятельная работа обучающихся	74			
<b>ИТОГО:</b> общая трудоемкость дисциплины 108 часа, в том числе с использованием активных методов обучения 34 часов					

## **6 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

Самостоятельная работа обучающихся, осваивающих дисциплину «Механика жидкости и газа», состоит из следующих компонентов: изучения теоретических разделов дисциплины; подготовки к практическим занятиям; подготовки к защите лабораторных работ; выполнении контрольной работы.

Для успешного выполнения всех разделов самостоятельной работы учащимся рекомендуется использовать следующее учебно-методическое обеспечение:

1. РД 013-2016 «Текстовые студенческие работы. Правила оформления». – Введ. 2016-03-10. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГТУ», 2016. – 56 с.

2. СТО 7.5-17 Положение о самостоятельной работе студентов ФГБОУ ВПО «КнАГТУ». – Введ. 2015-04-06. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2015. – 24 с.

Рекомендуемый график выполнения самостоятельной работы представлен в таблице 4.

Таблица 4 – График выполнения самостоятельной работы студентов

Вид самостоятельной работы	Часов в неделю																		Итого по видам работ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Подготовка к практическим занятиям	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	24
Изучение теоретических разделов дисциплины	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	25
Выполнение Контрольной работы	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	25
<b>ИТОГО в 4 семестре</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>74</b>



**7 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля  
и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

Таблица 5 – Паспорт фонда оценочных средств для текущего контроля

<b>Контролируемые разделы дисциплины</b>	<b>Код контролируемой компетенции (или ее части)</b>	<b>Наименование оценочного средства</b>	<b>Показатели оценки</b>
Основные понятия и определения курса МЖГ	31 (ОПК-6-5) У1 (ОПК-6-5) У2 (ОПК-6-5) Н1 (ОПК-6-5) Н2 (ОПК-6-5)	РГР Лабораторная работа №3	Владеет основными понятиями и определениями курса МЖГ
Решение задач по физическим свойствам жидкости	32 (ОПК-6-5) У1 (ОПК-6-5) У2 (ОПК-6-5) Н1 (ОПК-6-5) Н2 (ОПК-6-5)	РГР	Владеет решением задач по физическим свойствам жидкости
Классификация сил, действующих в жидкости. Параметры потока	31 (ОПК-6-5) У1 (ОПК-6-5) У2 (ОПК-6-5) Н1 (ОПК-6-5) Н2 (ОПК-6-5)	РГР Лабораторная работа №1 Лабораторная работа №4	Классифицирует силы, действующих в жидкости. Параметры потока
Определения вязкости жидкости при помощи вискозиметра Энглера	31 (ОПК-6-5) 32 (ОПК-6-5) У1 (ОПК-6-5) У2 (ОПК-6-5) Н1 (ОПК-6-5) Н2 (ОПК-6-5)	Лабораторная работа №7	Умеет пользоваться вискозиметром Энглера
Решение задач по определению давления в покоящейся жидкости	32 (ОПК-6-5) У1 (ОПК-6-5) У2 (ОПК-6-5) Н1 (ОПК-6-5) Н2 (ОПК-6-5)	РГР Лабораторная работа №1	Владеет принципами решение задач по определению давления в покоящейся жидкости
Методы изучения движения жидкости	31 (ОПК-6-5)  У1 (ОПК-6-5) У2 (ОПК-6-5) Н1 (ОПК-6-5) Н2 (ОПК-6-5)	Лабораторная работа №6	Владеет методами изучения движения жидкости
Истечение жидкости из отверстия в тонкой стенке	31 (ОПК-6-5) У1 (ОПК-6-5) У2 (ОПК-6-5) Н1 (ОПК-6-5) Н2 (ОПК-6-5)	Лабораторная работа №6	Определяет силу напора и дивергенцию вектора скорости струи жидкости из отверстия в тонкой стенке

Деформационное движение жидкого элемента	31 (ОПК-6-5) У1 (ОПК-6-5) У2 (ОПК-6-5) Н1 (ОПК-6-5) Н2 (ОПК-6-5)	Лабораторная работа №5	Определяет внутренние силовые факторы, действующие на элемент жидкости со стороны потока
Решение задач по определению сил давления жидкости на плоские поверхности	31 (ОПК-6-5) 32 (ОПК-6-5) У1 (ОПК-6-5) У2 (ОПК-6-5) Н1 (ОПК-6-5) Н2 (ОПК-6-5)	РГР	Владеет принципами решения задач по определению сил давления жидкости на плоские поверхности
Вращательное движение жидкого элемента	31 (ОПК-6-5) У1 (ОПК-6-5) У2 (ОПК-6-5) Н1 (ОПК-6-5) Н2 (ОПК-6-5)	РГР	Определяет внутренние силовые факторы, действующие на частицы жидкости при вращательном движении, а так же кинематические характеристики частиц жидкости
Построение свободной поверхности жидкости во вращающемся сосуде	31 (ОПК-6-5) У1 (ОПК-6-5) У2 (ОПК-6-5) Н1 (ОПК-6-5) Н2 (ОПК-6-5)	РГР	Определяют силовые факторы, действующие на частицы жидкости при вращательном движении, а так же кинематические характеристики частиц жидкости
Линии и трубки тока. Вихревые линии и трубки	31 (ОПК-6-5) У1 (ОПК-6-5) У2 (ОПК-6-5) Н1 (ОПК-6-5) Н2 (ОПК-6-5)	Лабораторная работа №2	Владеет принципами образования линий и трубок тока, вихревых линий и трубок
Определение силы давления на клапан	32 (ОПК-6-5) У1 (ОПК-6-5) У2 (ОПК-6-5) Н1 (ОПК-6-5) Н2 (ОПК-6-5)	РГР Лабораторная работа №4	Владеет принципами решения задач по определению сил давления жидкости на плоские поверхности
Циркуляция скорости. Вязкость жидкости	31 (ОПК-6-5) 32 (ОПК-6-5) У1 (ОПК-6-5) У2 (ОПК-6-5) Н1 (ОПК-6-5) Н2 (ОПК-6-5)	Лабораторная работа №7	Определяют силовые факторы, действующие на частицы жидкости при вращательном движении, а так же кинематические характеристики частиц жидкости, и вязкость жидкости
Решение задач по	32 (ОПК-6-5)	РГР	Владеет принципами решения

определению сил давления жидкости на криволинейные поверхности	У1 (ОПК-6-5) У2 (ОПК-6-5) Н1 (ОПК-6-5) Н2 (ОПК-6-5)		задач по определению сил давления жидкости на криволинейные поверхности
Изучение режимов движения жидкости в круглой трубе	31 (ОПК-6-5) У1 (ОПК-6-5) У2 (ОПК-6-5) Н1 (ОПК-6-5) Н2 (ОПК-6-5)	Лабораторная работа №2	Владеет методами изучения режимов движения жидкости в круглой трубе
Уравнение неразрывности	31 (ОПК-6-5) У1 (ОПК-6-5) У2 (ОПК-6-5) Н1 (ОПК-6-5) Н2 (ОПК-6-5)	РГР	Владеет принципами определения силовых и кинематических факторов, а так же расход потока жидкости
Уравнения состояния	32 (ОПК-6-5) У1 (ОПК-6-5) У2 (ОПК-6-5) Н1 (ОПК-6-5) Н2 (ОПК-6-5)	РГР	Владеет принципами определения силовых и кинематических факторов, а так же расход потока жидкости
Уравнения Бернулли	31 (ОПК-6-5) 32 (ОПК-6-5) У1 (ОПК-6-5) У2 (ОПК-6-5) Н1 (ОПК-6-5) Н2 (ОПК-6-5)	Лабораторная работа №2	Владеет принципами определения силовых и кинематических факторов, а так же расход потока жидкости
Уравнения движения идеальной жидкости. Уравнения движения идеальной несжимаемой жидкости в форме Громеко	31 (ОПК-6-5) У1 (ОПК-6-5) У2 (ОПК-6-5) Н1 (ОПК-6-5) Н2 (ОПК-6-5)	РГР	Владеет принципами определения силовых и кинематических факторов, а так же расход потока жидкости
Интегралы дифференциальных уравнений движения идеальной жидкости. Уравнение энергии	31 (ОПК-6-5) У1 (ОПК-6-5) У2 (ОПК-6-5) Н1 (ОПК-6-5) Н2 (ОПК-6-5)	РГР	Владеет принципами определения силовых и кинематических факторов, а так же расход потока жидкости
Решение задач с использованием уравнения Бернулли для идеальной жидкости	31 (ОПК-6-5) У1 (ОПК-6-5) У2 (ОПК-6-5) Н1 (ОПК-6-5) Н2 (ОПК-6-5)	Лабораторная работа №2	Владеет принципами определения силовых и кинематических факторов, а так же расход потока жидкости
Уравнения Навье-Стокса	31 (ОПК-6-5) 32 (ОПК-6-5)	РГР	Владеет принципами

	У1 (ОПК-6-5) У2 (ОПК-6-5) Н1 (ОПК-6-5) Н2 (ОПК-6-5)		определения силовых и кинематических факторов, а так же расход потока жидкости
Основы теории пограничного слоя, его количественные характеристики. Понятие о дивергенции вектора скорости	31 (ОПК-6-5) 32 (ОПК-6-5) У1 (ОПК-6-5) У2 (ОПК-6-5) Н1 (ОПК-6-5) Н2 (ОПК-6-5)	РГР	Владеет принципами определения силовых и кинематических факторов частиц жидкости в пограничном слое, а так же владеет понятием дивергенции вектора скорости
Решение задач с использованием уравнения Бернулли для реальной жидкости	32 (ОПК-6-5) У1 (ОПК-6-5) У2 (ОПК-6-5) Н1 (ОПК-6-5) Н2 (ОПК-6-5)	Лабораторная работа №2	Владеет принципами определения силовых и кинематических факторов, а так же расход потока жидкости

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета.

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 6).

Таблица 6 – Технологическая карта

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
5 семестр <i>Промежуточная аттестация в форме зачета</i>				
1	Лабораторные работы №1-7	В течение семестра	5 баллов	<p>5. баллов – студент правильно выполнил задание. Показал отличный уровень знаний, умений и навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>4 балла – студент выполнил задание с небольшими неточностями. Показал хороший уровень знаний, умений и навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>3 балла – студент выполнил задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительный уровень знаний, умений и навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>2 балла – при выполнении задания студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний, умений и навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>1 баллов – задание не выполнено</p>

	<b>Наименование оценочного средства</b>	<b>Сроки выполнения</b>	<b>Шкала оценивания</b>	<b>Критерии оценивания</b>
2	РГР	В течение семестра	10 баллов	<p>5. 5 баллов – студент правильно выполнил задание. Показал отличный уровень знаний, умений и навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>4. 4 балла – студент выполнил задание с небольшими неточностями. Показал хороший уровень знаний, умений и навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>3 балла – студент выполнил задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительный уровень знаний, умений и навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>2 балла – при выполнении задания студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний, умений и навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>0 баллов – задание не выполнено</p>
<b>ИТОГО:</b>		-	45 баллов	
<p><b>Критерии выведения итоговой оценки промежуточной аттестации в виде зачета</b>  Максимальное количество баллов: 75  Для получения зачета необходимо 75% от максимального количества баллов - 75 баллов</p>				

## Задания текущего контроля

### Перечень лабораторных работ

- 1) Циркуляция вектора скорости и вязкость жидкости
- 2) Уравнение Бернулли
- 3) Турбулентные и ламинарный потоки
- 4) Сила подъема клапана
- 5) Несовершенное сжатие струи
- 6) Работа сифона
- 7) Вязкозиметр Энглера

### Вопросы к защите лабораторных работ

1. Лабораторная работа №1. Циркуляция вектора скорости и вязкость жидкости

1. Понятие сплошной среды.
2. Модели идеальной и вязкой жидкости
3. Примеры полей скоростей
4. Поток вектора скорости через поверхность.
5. Понятие и физический смысл циркуляции скорости.

2. Лабораторная работа №2. Уравнение Бернулли

1. Главный вектор и главный момент сил давления на твердую поверхность.
2. Система уравнений идеальной нетеплопроводной жидкости и постановка задач для нее.
3. Уравнение Бернулли
4. Закон сохранения энергии идеальной жидкости
5. Уравнение Бернулли для потока идеальной жидкости

3. Лабораторная работа №3. Турбулентные и ламинарный потоки

1. Линия тока. Траектория.
2. Что такое ламинарный поток?
3. Что такое турбулентный поток?
4. В чем разница между ламинарным и турбулентным потоками?
5. Число Рейнольдса

4. Лабораторная работа №4 Сила подъема клапана

1. Поверхностные и массовые силы.
2. Уравнения движения сплошной среды в напряжениях

3. Условие подъема клапана
4. Принцип действия клапана непрямого клапана
5. Принцип действия клапана редуccionного клапана

5. Лабораторная работа №5 Несовершенное сжатие струи

1. Понятие и важнейшие свойства функции тока.
2. Связь между потенциалом течения и его функцией тока.
3. Понятие и важнейшие свойства потенциала скорости.
4. Дивергенция скорости. Физический смысл дивергенции скорости.
5. Поверхностные и массовые силы.

6. Лабораторная работа №6 Работа сифона

1. Характеристика режимов течения жидкости.
2. Закон сохранения масс в интегральной и дифференциальной форме
3. Принцип работы сифона
4. Устройство сифона
5. Закон сохранения энергии в интегральной и дифференциальной форме

7. Лабораторная работа №7 Вязкозиметр Энглера

1. Принцип действия Вязкозиметра Энглера
2. Устройство Вязкозиметра Энглера
3. Течение вязкой жидкости при больших числах Рейнольдса.
4. Течение вязкой жидкости при малых числах Рейнольдса.
5. Подобие течений вязкой жидкости.





## РГР

Большинство задач механики жидкости и газа в строительной практике связано с движением жидкости разного по различного рода трубопроводным системам. При этом необходимо знать количество протекающей жидкости и энергетические характеристики, зависящие от давления и положения жидкости в поле силы тяжести (высот  $z$ ). Часто возникает и обратная задача – при известном расходе и энергетических характеристиках определить диаметр трубопровода. Расчетно-графическая работа включает в себя задачи по расчету давления, расхода и энергетических характеристик жидкости в трубопроводных системах

### **Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

1 Лойцянский, Л.Г. Механика жидкости и газа: Учебник для вузов / Л. Г. Лойцянский. - 7-е изд., испр. - М.: Дрофа, 2003; Наука: 1987. - 840с.: ил.

2 Гидравлика: Учебник: в 2 т. Т.1 : Основы механики жидкостей и газов / В. И. Иванов, И. И. Сазанов, А. Г. Схиртладзе, Г. О. Трифонова. - М.: Академия, 2012. - 190с.

#### **7.1 Дополнительная литература**

1. Механика сплошных сред: Учебное пособие для вузов / Сост. Б.Н.Марьин, С.И.Феоктистов, О.А.Грачева. - Комсомольск-на-Амуре: Изд-во Комсомольского-на-Амуре гос.техн.ун-та, 2011. - 194с.: ил/

2. Черняк, В.Г. Механика сплошных сред: Учебное пособие для вузов / В. Г. Черняк, П. Е. Суетин. - М.: Физматлит, 2006. - 352с.: ил.

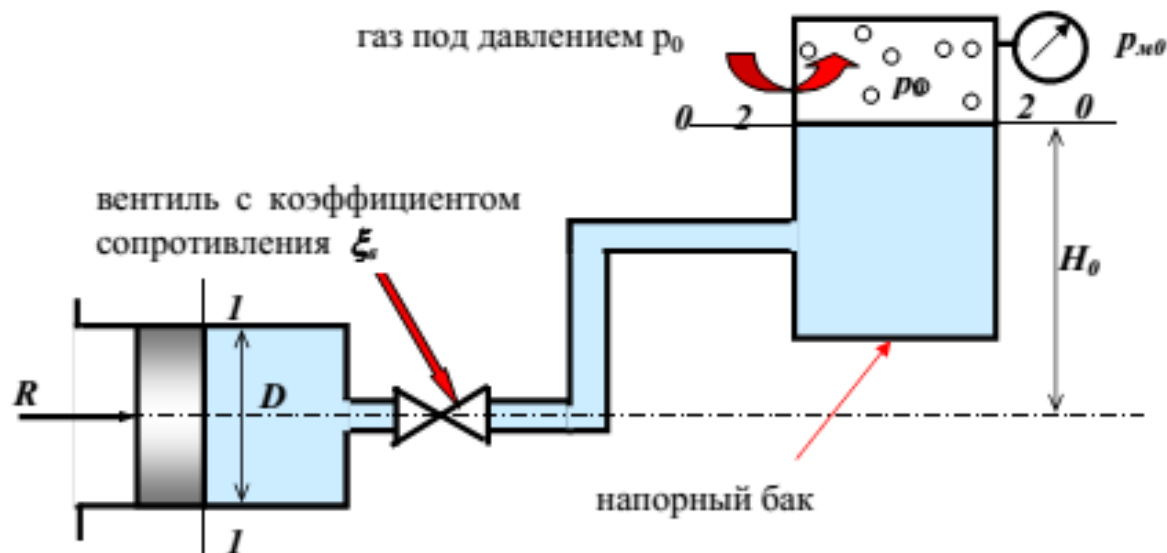
### **9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее – сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

1. Электронная библиотека [www.znanium.com](http://www.znanium.com)

**10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛЫ ИЛИ ДАВЛЕНИЯ**

Определить силу  $R$ , которую нужно приложить к поршню насоса диаметром  $D=65\text{мм}$ , чтобы подавать в бак бензин (плотность  $\rho = 765\text{кг/м}^3$ , кинематический коэффициент вязкости  $\nu = 0,4\text{сСт}$ ) с постоянным расходом  $Q = 2,5\text{л/с}$ . Высота подъёма жидкости в установке  $H_0 = 10\text{м}$ , показание манометра  $p_{м0} = 0,15\text{МПа}$ . Размеры трубопровода  $l = 60\text{м}$ ,  $d = 30\text{мм}$ ; его эквивалентная шероховатость  $\Delta_s = 0,03\text{мм}$ ; коэффициент сопротивления вентиля  $\xi_v = 5,5$ .



## Решение

1. Выбираем два сечения *I-I* и *2-2*, а также плоскость сравнения *0-0* и записываем в общем виде уравнение Бернулли:

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho \cdot g} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho \cdot g} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + h_{1-2}.$$

Здесь  $p_1$  и  $p_2$  – абсолютные давления в центрах тяжести сечений;  $v_1$  и  $v_2$  – средние скорости в сечениях;  $z_1$  и  $z_2$  – высоты центров тяжести сечений относительно плоскости отсчета *0-0*;  $h_{1-2}$  – потери напора при движении жидкости от первого до второго сечения.

### Правила выбора сечений:

- Сечения выбираются всегда перпендикулярно направлению движения жидкости и должны располагаться на прямолинейных участках потока.
- Одно из расчетных сечений необходимо брать там, где нужно определить давление  $p$ , высоту  $z$  или скорость  $v$ , второе, где величины  $p$ ,  $z$ , и  $v$  известны.
- Нумеровать расчетные сечения следует так, чтобы жидкость двигалась от сечения *I-I* к сечению *2-2*.

В нашей задаче сечение *I-I*, откуда начинается движение жидкости, выбрано по поверхности поршня, так как именно в центре тяжести этого сечения необходимо определить давление жидкости. Далее, из условия равномерного движения поршня, можно определить силу  $R$ .

Сечение *2-2* выбрано по поверхности жидкости в напорном баке, так как там известны все слагаемые, составляющие удельную энергию жидкости.

Для определения величин  $z$  нужно выбрать положение плоскости сравнения (или отсчета) *0-0*.

### Правила выбора плоскости отсчета *0-0* и определения величин $z$

- Плоскость *0-0* всегда проходит горизонтально.
- Для удобства её проводят через центр тяжести одного из сечений.
- Высота положения центра тяжести сечения  $z$  выше плоскости отсчета считается положительной, а ниже – отрицательной.

В нашей задаче проводим плоскость *0-0* горизонтально через центр тяжести второго сечения. Она совпадает с сечением *2-2*.

Итак:

Неизвестная величина – давление  $p_1$  вычисляется из уравнения Бернулли. Все остальные величины, входящие в уравнение, или известны по условию, или определяются.

2. Определяем слагаемые уравнения Бернулли в общем виде (не вычисляя). Далее подставляем их в уравнение Бернулли, приводим подобные члены, производим алгебраические преобразования и определяем из этого уравнения неизвестную величину (силу  $R$ ) в общем виде.

- Высоты центров тяжести сечений:  $z_1 = -H_0$ ;  $z_2 = 0$ ;
- Средние скорости в сечениях:  $\mathcal{V}_1 = Q/s_1 = 4 \cdot Q / \pi D^2$  ;  
 $\mathcal{V}_2 = Q/s_2$ . Так как  $s_2 \gg s_1$ , то  $\mathcal{V}_2 \ll \mathcal{V}_1$  и можно принять  $\mathcal{V}_2 = 0$ .

### Правила определения скоростей $\mathcal{V}_1$ и $\mathcal{V}_2$

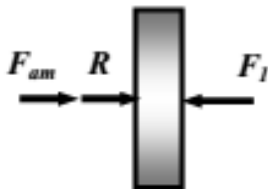
- Средняя скорость в сечении равна расход / площадь:

$$\mathcal{V} = Q/s. \quad (34)$$

- Если площадь одного из сечений много больше площади другого сечения, то скорость в этом сечении будет много меньше скорости в другом сечении и её можно принять равной нулю. Это следует из закона постоянства расхода жидкости:

$$\mathcal{V}_1 s_1 = \mathcal{V}_2 s_2 = \dots = Q = const.$$

- Коэффициенты Кориолиса  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  зависят от режима движения жидкости. При ламинарном режиме  $\alpha=2$ , а при турбулентном  $\alpha=1$ .
- Абсолютное давление в первом сечении  $p_1 = p_{1m} + p_{ам}$ .  $p_{1m}$  – избыточное (манометрическое) давление в первом сечении, оно неизвестно и подлежит определению. Давление  $p_{1m}$  можно связать с силой  $R$  через условие равномерного движения поршня.



$F_{ам} + R - F_1 = 0$  –при равномерном движении результирующая сила равна нулю. Это следствие второго закона Ньютона:  $F = ma$ ;  $\mathcal{V} = const$ ;  $a = 0$ .

$$R = F_1 - F_{ам} = (p_1 - p_{ам}) s_D = p_{1m} \cdot s_D$$

$$p_{1m} = R/s_D = 4 \cdot R / (\pi D^2).$$

Таким образом, при известной силе  $R$  можно определить манометрическое давление и, наоборот, зная манометрическое давление, можно вычислить силу.

- Абсолютное давление во втором сечении  $p_2 = p_{м0} + p_{ам}$

После подстановки абсолютных давлений в уравнение Бернулли атмосферное давление сократится.

### Правила определения

#### абсолютных давлений $p_1$ и $p_2$ в центрах тяжести сечений

- Абсолютное давление в центре тяжести сечения определяется через показания  $p_m$  или  $p_v$  приборов (мановакуумметров):

$$p = p_m + p_{ам}, \text{ если } p > p_{ам};$$

$$p = -p_v + p_{ам}, \text{ если } p < p_{ам}.$$

При этом атмосферное давление входит в левую и правую часть уравнения Бернулли и сокращается. Это неудивительно.

#### Параметры гидродинамического процесса не должны зависеть от атмосферного давления!

- Если известна внешняя сила, действующая на поршень, давление можно определить из условия : алгебраическая сумма всех сил равна нулю.

И наоборот, зная давление, можно определить внешнюю силу.

- Потери напора  $h_{1,2}$  складываются из потерь напора на трение по длине потока  $h_{дл}$  и потерь на местные гидравлические сопротивления  $\sum h_m$ :

$$h_{1,2} = h_{дл} + \sum h_m.$$

#### Определение потерь по длине трубопровода $h_{дл}$

$$h_{дл} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{g^2}{2g} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{Q^2}{s^2 \cdot 2g} \quad \text{- формула Дарси-Вейсбаха (35)}$$

- $l, d, s$  - длина, диаметр и площадь поперечного сечения трубопровода;
- $g, Q$  - средняя скорость и расход в сечении трубопровода;
- $\lambda$  - коэффициент гидравлического трения.

## Последовательность вычисления коэффициента трения $\lambda$ и коэффициента кориолиса $\alpha$

- Определяется режим движения жидкости, для чего вычисляется безразмерное число Рейнольдса:

$$Re = \frac{Q \cdot d \cdot \rho}{\eta} = \frac{Q \cdot 4 \cdot d \cdot \rho}{\pi \cdot d^2 \cdot \eta} = \frac{Q \cdot 4 \cdot \rho}{\pi \cdot d \cdot \eta} = \frac{Q \cdot 4}{\pi \cdot d \cdot \nu}, \quad (36)$$

где  $\eta$  и  $\nu = \eta/\rho$  - соответственно динамический и кинематический коэффициенты вязкости<sup>4</sup>, приводятся в справочной литературе (Приложение 1).

- Вычисленное значение числа Рейнольдса  $Re$  сравнивается с критическим значением  $Re_{кр}$ .

Если  $Re < Re_{кр}$  - имеет место ламинарный<sup>5</sup> режим.

Если  $Re > Re_{кр}$  - имеет место турбулентный<sup>6</sup> режим.

Критическое число Рейнольдса зависит от формы поперечного сечения канала. Для круглого сечения  $Re_{кр} = 2300$ .

При ламинарном режиме ( $Re < 2300$ ):

$$\lambda = 64 / Re, \quad \alpha = 2 \quad (37)$$

При турбулентном режиме ( $Re > 2300$ ):

$$\lambda = 0,11 \cdot (68/Re + \Delta/d)^{0,25}, \quad \alpha = 1 \quad (38)$$

где  $\Delta$  - эквивалентная шероховатость поверхности трубопровода, зависит от материала поверхности и способа её обработки, приводится в справочниках (Приложение 5).

---

<sup>4</sup> *Вязкость* – свойство газов и жидкостей, характеризующее сопротивление действию внешних сил, вызывающих их течение.

<sup>5</sup> *Ламинарное течение* (от лат. lamina – пластинка, полоска), течение, при котором жидкость или газ перемещается слоями без перемешивания.

<sup>6</sup> *Турбулентное течение* (от лат. turbulentus-бурный, беспорядочный), течение, при котором частицы жидкости совершают неупорядочные, хаотические движения по сложным траекториям и отличается от ламинарного течения интенсивным перемешиванием слоев.

В нашей задаче потери по длине необходимо записать так:

$$h_{дл} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{g^2}{2g} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{Q^2}{s^2 \cdot 2g}.$$

Далее необходимо определить местные<sup>7</sup> гидравлические сопротивления, возникающие при движении жидкости от сечения 1-1 к сечению 2-2. Обычно зона деформации потока в районе местного сопротивления невелика по сравнению с длиной труб. Поэтому считают, что местные потери имеют место как бы в одном сечении, а не на участке, имеющем некоторую длину.

Местные гидравлические сопротивления всегда возникают в тех сечениях потока, где скорость движения резко меняется по величине или по направлению. Согласно этому, в нашей задаче (Рис.16) имеют место сопротивление при внезапном сужении потока (выход из цилиндра в трубопровод) -  $h_{вн.суж.}$ , при прохождении жидкости через вентиль -  $h_e$ , в двух резких поворотах на угол 90° -  $2h_{пов.}$ , и при резком расширении потока при выходе из трубы в бак -  $h_{вых}$

$$\sum h_M = h_{вн.суж.} + h_e + 2h_{пов.} + h_{вых}$$

### Определение местных гидравлических сопротивлений

Потери напора в местных сопротивлениях определяют по формуле Вейсбаха:

$$h_M = \xi \cdot \frac{g^2}{2g} = \xi \cdot \frac{Q^2}{s^2 \cdot 2g}, \quad (39)$$

- где  $\xi$  - безразмерный коэффициент, зависит от вида и конструктивного выполнения местного сопротивления, состояния внутренней поверхности и  $Re$ , определяется по справочным данным (Приложение 6, 7).
- $g$  - скорость движения жидкости в трубопроводе, где установлено местное сопротивление.

Если между сечениями 1-1 и 2-2 потока расположено много местных сопротивлений и расстояние между ними больше длины их взаимного влияния ( $\approx 6d$ ), то местные потери напора суммируются. В большинстве случаев так и предполагается при решении задач.

$$\sum h_M = \sum_{i=1}^n \xi_i \cdot \frac{g^2}{2g} = \sum_{i=1}^n \xi_i \cdot \frac{Q^2}{s^2 \cdot 2g}.$$

- В нашей задаче местные потери напора равны:

<sup>7</sup> *Местные гидравлические сопротивления* – препятствия на пути движения жидкости, где происходит деформация потока, образуются вихри и затрачивается энергия. К ним относятся трубопроводная арматура и резкие изменения формы поперечных сечений.



$$\sum h_M = h_{\text{вн.суж.}} + h_e + 2h_{\text{пов.}} + h_{\text{вых.}} = (\xi_{\text{вн.суж.}} + \xi_e + 2\xi_{\text{пов.}} + \xi_{\text{вых.}}) \cdot Q^2 / (s^2 \cdot 2g);$$

$$\sum h_M = \sum \xi \cdot Q^2 / (s^2 \cdot 2g); \quad \text{где } \sum \xi = \xi_{\text{вн.суж.}} + \xi_e + 2\xi_{\text{пов.}} + \xi_{\text{вых.}}$$

- В нашей задаче суммарные потери напора равны:

$$h_{1-2} = (\lambda l/d + \sum \xi) \cdot Q^2 / (s^2 \cdot 2g).$$

### Определение коэффициента местного сопротивления

- При развитом турбулентном движении в местном сопротивлении ( $Re > 10^4$ ) имеет место турбулентная автомодельность - потери напора пропорциональны скорости во второй степени, и коэффициент сопротивления не зависит от числа  $Re$  (квадратичная зона для местных сопротивлений). При этом  $\xi_{\text{кр.}} = const$  и определяется по справочным данным (Приложение 6).
- В большинстве практических задач имеет место турбулентная автомодельность и коэффициент местного сопротивления - постоянная величина.
- При ламинарном режиме  $\xi = \xi_{\text{кр.}} \cdot \varphi$  где  $\varphi$  - функция числа  $Re$  (Прил. 7).
- При внезапном расширении трубопровода коэффициент внезапного расширения определяется так:

$$\xi_{\text{вн. расш}} = (1 - s_1/s_2)^2 = (1 - d_1^2/d_2^2)^2 \quad (40)$$

- Когда  $s_2 \gg s_1$ , что соответствует выходу жидкости из трубопровода в резервуар,  $\xi_{\text{вн. расш.}} = 1$ .
- При внезапном сужении трубопровода коэффициент внезапного сужения  $\xi_{\text{вн. суж.}}$  равен:

$$\xi_{\text{вн. суж.}} = 0,5 \cdot \left(1 - \frac{s_2}{s_1}\right) = 0,5 \cdot \left(1 - \frac{d_2^2}{d_1^2}\right), \quad (41)$$

где  $s_1$  - площадь широкого (входного) сечения, а  $s_2$  - площадь узкого (выходного) сечения.

- Когда  $s_1 \gg s_2$ , что соответствует входу жидкости из резервуара в трубопровод,  $\xi_{\text{вн. суж.}} = 0,5$  (при острой входной кромке).
- Коэффициент сопротивления вентиля  $\xi_v$  зависит от степени открытия крана (Приложение 6).

3. Подставляем определенные выше величины в уравнение Бернулли:

$$-H_0 + \frac{\frac{R}{\omega_1} + p_{ат}}{\rho \cdot g} + \frac{\alpha_1 \cdot Q^2}{s_1^2 \cdot 2g} = 0 + \frac{p_{м0} + p_{ат}}{\rho \cdot g} + 0 + (\lambda \cdot \frac{l}{d} + \sum \xi) \cdot \frac{Q^2}{s^2 \cdot 2g}.$$

Сокращаем слагаемые с атмосферным давлением, убираем нули и приводим подобные члены. В результате получим:

$$\frac{R}{s_1 \cdot \rho \cdot g} = H_0 + \frac{p_{м0}}{\rho \cdot g} + (\lambda \cdot \frac{l}{d} + \sum \xi - \frac{\alpha_1 \cdot s^2}{s_1^2}) \cdot \frac{Q^2}{s^2 \cdot 2g}; \quad (42)$$

Это расчетное уравнение для определения величины  $R$  – силы на штоке поршня.

4. Вычисляем величины, входящие в уравнение (42). Исходные данные подставляем в системе СИ.

- площадь сечения 1-1  $s_1 = \pi d_1^2 / 4 = 3,14 \cdot 0,065^2 / 4 = 3,32 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ .
- площадь сечения трубопровода  $s = \pi d^2 / 4 = 3,14 \cdot 0,03^2 / 4 = 0,71 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ .
- сумма коэффициентов местных сопротивлений  
 $\sum \xi = \xi_{вн.суж.} + \xi_e + 2\xi_{пов.} + \xi_{вых} = 0,39 + 5,5 + 2 \cdot 1,32 + 1 = 9,53$ .
- коэффициент внезапного сужения

$$\xi_{вн.суж.} = 0,5 \cdot (1 - \frac{s_2}{s_1}) = 0,5 \cdot (1 - \frac{0,71 \cdot 10^{-3}}{3,32 \cdot 10^{-3}}) = 0,39$$

- коэффициент резкого поворота на  $90^\circ$   $\xi_{пов.} = 1,32$  (Приложение 6);
- коэффициент сопротивления при выходе из трубы  $\xi_{вых.} = 1$  (формула 40);
- коэффициент трения  $\lambda$

$$Re = \frac{4Q}{\pi \cdot d \cdot v} = \frac{4 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,03 \cdot 0,4 \cdot 10^{-6}} = 2,65 \cdot 10^5;$$

$$\lambda = 0,11 \cdot (\frac{68}{Re} + \frac{A_2}{d})^{0,25} = 0,11 \cdot (\frac{68}{2,65 \cdot 10^5} + \frac{0,03 \cdot 10^{-3}}{30 \cdot 10^{-3}})^{0,25} = 2,1 \cdot 10^{-2};$$

Так как число Рейнольдса  $Re > Re_{кр}$  ( $2,65 \cdot 10^5 > 2300$ ), то коэффициент трения рассчитывался по формуле (38).

По условию кинематический коэффициент вязкости задан в сантистоксах (сСт).  $1 \text{ сСт} = 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ .

- Коэффициент Кориолиса  $\alpha_1$  в сечении 1-1

$$Re_1 = \frac{4Q}{\pi \cdot D \cdot v} = \frac{4 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,065 \cdot 0,4 \cdot 10^{-6}} = 1,22 \cdot 10^5;$$

Так как режим движения в сечении 1-1 турбулентный, то  $\alpha_1 = 1$ .

- Сила на штоке

$$R = 3,32 \cdot 10^{-3} \cdot 765 \cdot 9,8 \cdot \left(10 + \frac{0,15 \cdot 10^6}{765 \cdot 9,8} + \left(0,021 \cdot \frac{60}{0,03} + 9,53 - \frac{(0,71 \cdot 10^{-3})^2}{(3,32 \cdot 10^{-3})^2}\right) \cdot \frac{(2,5 \cdot 10^{-3})^2}{(0,71 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 2 \cdot 9,8}\right) = 1558 \text{ Н}$$

**Примечание:** на усмотрение ведущего преподавателя допускается выдавать задания аналогичные по трудоемкости из других учебно-методических пособий

**11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Освоение дисциплины «Механика жидкости и газа» основывается на активном использовании Microsoft PowerPoint в процессе изучения теоретических разделов дисциплины и подготовки к практическим занятиям. ПО расчетов MathCad

С целью повышения качества ведения образовательной деятельности в университете создана электронная информационно-образовательная среда. Она подразумевает организацию взаимодействия между обучающимися и преподавателями через систему личных кабинетов студентов, расположенных на официальном сайте университета в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» по адресу <https://student.knastu.ru>. Созданная информационно-образовательная среда позволяет осуществлять взаимодействие между участниками образовательного процесса посредством организации дистанционного консультирования по вопросам выполнения практических заданий.

**12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Для реализации программы дисциплины «Механика жидкости и газа» используется материально-техническое обеспечение, перечисленное в таблице 7.

Таблица 7 – Материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудитория	Наименование аудитории (лаборатории)	Используемое оборудование
Учебный корпус № 1, Хабаровский край, город Комсомольск-на-Амуре, ул. Ленина, 27, литер А,	Лаборатория компьютерного проектирования и моделирования	Помещение оснащено: специализированной (учебной) мебелью (столы, стулья, доска аудиторная комбинированная);

<p>помещение 17, аудитория 209/1</p>		<p>набором демонстрационного оборудования для представления информации: интерактивная доска Triumph Board с мультимедиа-проектором BenQ MX 518;</p> <p>МФУ HP LaserJet Professional M1212nf MFP;</p> <p>14 компьютеров Intel(R) Core (TM) i5-3330 CPU.</p> <p>Выход в интернет.</p>
--	--	---

### Лист регистрации изменений к РПД

№ п/п	Содержание изменения / основание / дата внесения изменения	Количество страниц РПД	Подпись автора РПД
