

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Комарова Светлана Юлиевна

Должность: Проректор по образовательной деятельности

Дата подписания: 04.07.2024 07:08:57

Уникальный программный ключ:

43ba42f5deae4116bbfcb9ac98e39108031227e81ad0102e41149f2008d7a

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования**

**«Омский государственный аграрный университет имени П.А.Столыпина»**

**Факультет агрохимии, почвоведения, экологии, природообустройства и водопользования**

**ОПОП по направлению подготовки  
20.03.01 Техносферная безопасность**

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по освоению учебной дисциплины

**Б1. О.29 Гидрогазодинамика**

**Направленность (профиль) «Техносферная безопасность»**

Внутренние эк Обеспечивающая преподавание дисциплины кафедры -

Природообустройства, водопользования и охраны водных ресурсов

Разработчик,  
Ст. преп.

П. С. Ткачев

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Место учебной дисциплины в подготовке выпускника .....	4
1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в результате освоения учебной дисциплины: .....	4
1.2. Описание показателей, критериев и шкал оценивания и этапов формирования компетенций в рамках дисциплины .....	6
2. Структура учебной работы, содержание и трудоёмкость основных элементов дисциплины .....	9
2.1. Организационная структура, трудоёмкость и план изучения дисциплины .....	9
2.2. Укрупнённая содержательная структура учебной дисциплины и общая схема её реализации в учебном процессе .....	9
3. Общие организационные требования к учебной работе обучающегося .....	10
3.1. Организация занятий и требования к учебной работе обучающегося .....	10
4. Лекционные занятия .....	10
5. Практические занятия по дисциплине и подготовка к ним .....	11
6. Общие методические рекомендации по изучению отдельных разделов дисциплины .....	12
Раздел 1. Основные физические свойства жидкостей и газов .....	13
6.1.1. Шкала и критерии оценивания .....	14
Раздел 2 Основы кинематики и динамики жидкости и газа .....	14
6.2.1. Шкала и критерии оценивания .....	16
7. Общие методические рекомендации по оформлению и выполнению отдельных видов ВАРС .....	16
7.1. Рекомендации по написанию расчетно-графической работы .....	16
7.1.1. Шкала и критерии оценивания .....	19
7.2. Рекомендации по самостоятельному изучению тем .....	19
7.2.1. Шкала и критерии оценки .....	20
8. Входной контроль и текущий (внутрисеместровый) контроль хода и результатов учебной работы .....	21
8.1. Вопросы для проведения входного контроля .....	21
8.1.1. Шкала и критерии оценивания .....	21
8.2. Текущий контроль успеваемости .....	22
8.2.1. Шкала и критерии оценки .....	24
8.3. Рекомендации по самостоятельной подготовке к лабораторным занятиям .....	24
8.3.1. Шкала и критерии оценки .....	26
9. Промежуточная (семестровая) аттестация по курсу .....	27
9.1. Нормативная база проведения промежуточной аттестации обучающихся по результатам изучения дисциплины .....	27
10.2. Процедура проведения зачета .....	27
10.2.1. Шкала и критерии оценивания .....	27
10.3. Заключительное тестирование по итогам изучения дисциплины .....	27
10.3.1. Шкала и критерии оценивания .....	32
9.4 Перечень примерных вопросов к зачету .....	32
10.4.1. Шкала и критерии оценивания .....	34
10. Информационное и методическое обеспечение учебного процесса по дисциплине .....	34
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 .....	36

## ВВЕДЕНИЕ

1. Настоящее издание является основным организационно-методическим документом учебно-методического комплекса по дисциплине в составе основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОПОП ВО). Оно предназначено стать для них методической основой по освоению данной дисциплины.

2. Содержательной основой для разработки настоящих методических указаний послужила Рабочая программа дисциплины, утвержденная в установленном порядке.

3. Методические аспекты развиты в учебно-методической литературе и других разработках, входящих в состав УМК по данной дисциплине.

4. Доступ обучающихся к электронной версии Методических указаний по изучению дисциплины, обеспечен в электронной информационно-образовательной среде университета.

При этом в электронную версию могут быть внесены текущие изменения и дополнения, направленные на повышение качества настоящих методических указаний.

### **Уважаемые обучающиеся!**

Приступая к изучению новой для Вас учебной дисциплины, начните с вдумчивого прочтения разработанных для Вас кафедрой специальных методических указаний. Это поможет Вам вовремя понять и правильно оценить ее роль в Вашем образовании.

Ознакомившись с организационными требованиями кафедры по этой дисциплине и соизмерив с ними свои силы, Вы сможете сделать осознанный выбор собственной тактики и стратегии учебной деятельности, уберечь самих себя от неразумных решений по отношению к ней в начале семестра, а не тогда, когда уже станет поздно. Используя эти указания, Вы без дополнительных осложнений подойдете к промежуточной аттестации по этой дисциплине. Успешность аттестации зависит, прежде всего, от Вас. Ее залог – ритмичная, целенаправленная, вдумчивая учебная работа, в целях обеспечения которой и разработаны эти методические указания.

## 1. Место учебной дисциплины в подготовке выпускника

Учебная дисциплина относится к дисциплинам ОПОП университета, состав которых определяется вузом и требованиями ФГОС.

**Цель дисциплины:** изучение законов равновесия и движения жидкостей и газов, и способы применения этих законов при решении практических инженерных задач.

**иметь целостное представление** о законах равновесия и движения жидкостей, приобретенные студентами навыков расчета сил, действующих на стенки резервуаров, гидравлического расчета трубопроводов различного назначения для стационарных и нестационарных режимов течения жидкостей, задач борьбы с осложнениями и авариями, которые могут возникнуть в гидродинамических системах;

**владеть:** навыками математического анализа и моделирования гидродинамических процессов, навыками проведения экспериментальной работы по заданной методике, обработки и анализа полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата;

**знать:** основные понятия и законы равновесия и движения капельной жидкости и газа, физическую сущность изучаемых процессов, явлений и закономерностей; факторы, соответствующий физико-математический аппарат; методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении задач гидрогазодинамики;

**уметь:** применять основные законы и закономерности гидрогазодинамики при решении прямой и обратной задачи гидрогазодинамики, а также практических и теоретических задач связанных с преобразованием энергий газа и жидкости.

### 1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в результате освоения учебной дисциплины:

Компетенции, в формировании которых задействована дисциплина		Код и наименование индикатора достижений компетенции	Компоненты компетенций, формируемые в рамках данной дисциплины (как ожидаемый результат ее освоения)		
код	наименование		знать и понимать	уметь (действовать)	владеть навыками (иметь навыки)
1			2	3	4
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>					
ПК-1	Способен учитывать современные тенденции развития техники и технологий в области техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий при решении типовых задач в области профессиональной деятельности, связанной с защитой окружающей среды и обеспечением безопасности человека	ИД-1 <sub>опк-1</sub> находит решения типовых ситуаций по обеспечению безопасности человека в среде обитания (производственной, окружающей) на основе знаний современных тенденций развития техники и технологий в области техносферной безопасности	Знает способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач в области защиты окружающей среды и обеспечения безопасности человека, реализуемые с помощью методов и средств измерений, испытаний и контроля.	Умеет учитывать современные тенденции развития техники и технологий в области обеспечения техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности	Владеет способностью применять основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации, иметь навыки работы с компьютером, как средством управления информацией
		ИД-2 <sub>опк-1</sub> применяет при решении типовых ситуаций по обеспечению безопасности человека в среде обита-	Знает современные тенденции развития техники и технологий в области обеспечения безопасности техносферной	Умеет применять измерительную и вычислительную технику, информационные технологии в своей профессиональ-	Владеет способностью учитывать современные тенденции развития техники и технологии в области обеспечения безопасности

		ния (производственной, окружающей) современные информационные технологии, измерительную и вычислительную технику	безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности	ной деятельности	
--	--	--	---	------------------	--

## 1.2. Описание показателей, критериев и шкал оценивания и этапов формирования компетенций в рамках дисциплины

Индекс и название компетенции	Код индикатора достижений компетенции	Индикаторы компетенции	Показатель оценивания – знания, умения, навыки (владения)	Уровни сформированности компетенций				Формы и средства контроля формирования компетенций
				компетенция не сформирована	минимальный	средний	высокий	
				Оценки сформированности компетенций				
				Не зачтено		Зачтено		
				Характеристика сформированности компетенции				
			Компетенция в полной мере не сформирована. Имеющихся знаний, умений и навыков недостаточно для решения практических (профессиональных) задач	1. Сформированность компетенции соответствует минимальным требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков в целом достаточно для решения практических (профессиональных) задач. 2. Сформированность компетенции в целом соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в целом достаточно для решения стандартных практических (профессиональных) задач. 3. Сформированность компетенции полностью соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в полной мере достаточно для решения сложных практических (профессиональных) задач.				
Критерии оценивания								
ОПК-1- способен учитывать современные тенденции развития техники и технологий в области техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники,	находит решения типовых ситуаций по обеспечению безопасности человека в среде обитания (производственной, окружающей) на основе знаний современных тенденций раз-	Полнота знаний	Знает способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач в области защиты окружающей среды и обеспечения безопасности человека, реализуемые с помощью методов и средств измерений, испытаний и контроля	Не знает способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач в области защиты окружающей среды и обеспечения безопасности человека, реализуемые с помощью методов и средств измерений, испытаний и контроля	1. Сформированность компетенции соответствует минимальным требованиям. Имеющихся знаний, в минимальном объеме достаточно для решения экспериментальных и теоретических задач в области техносферной безопасности. 2. Сформированность компетенции в целом соответствует требованиям. Имеющихся знаний, в целом достаточно для решения стандартных экспериментальных и теоретических задач в области техносферной безопасности. 3. Сформированность компетенции полностью соответствует требованиям. Имеющихся знаний, в полной мере достаточно для решения сложных экспериментальных и теоретических задач в области техносферной безопасности.			электронное тестирование, сдача РГР

информационных технологий при решении типовых задач в области профессиональной деятельности, связанной с защитой окружающей среды и обеспечением безопасности человека	вития техники и технологий в области техносферной безопасности	Наличие умений	Умеет учитывать современные тенденции развития техники и технологий в области обеспечения техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности	Не умеет учитывать современные тенденции развития техники и технологий в области обеспечения техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности	1. Сформированность компетенции соответствует минимальным требованиям. Имеющихся умений, в минимальном объеме достаточно для решения современных тенденций развития техники и технологий в области обеспечения техносферной безопасности. 2. Сформированность компетенции в целом соответствует требованиям. Имеющихся умений, в целом достаточно для решения стандартных современных тенденций развития техники и технологий в области обеспечения техносферной безопасности. 3. Сформированность компетенции полностью соответствует требованиям. Имеющихся умений, в полной мере достаточно для решения сложных современных тенденций развития техники и технологий в области обеспечения техносферной безопасности.	электронное тестирование, сдача РГР
		Наличие навыков (владение опытом)	Владеет способностью применять основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации, иметь навыки работы с компьютером как средством управления информацией	Не владеет способностью применять основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации, иметь навыки работы с компьютером как средством управления информацией	1. Сформированность компетенции соответствует минимальным требованиям. Имеющихся навыков в целом достаточно для получения, хранения, переработки информации. 2. Сформированность компетенции в целом соответствует требованиям. Имеющихся навыков и мотивации в целом достаточно для получения, хранения, переработки информации. 3. Сформированность компетенции полностью соответствует требованиям. Имеющихся навыков и мотивации в полной мере достаточно для получения, хранения, переработки информации.	электронное тестирование, сдача РГР
	ИД-2 <sub>Опк-1,2</sub> применяет при решении типовых ситуаций по обеспечению безопасности человека в среде обитания (производственной, окружающей) современные информационные	Полнота знаний	Знает современные тенденции развития техники и технологий в области обеспечения техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности	Не знает современные тенденции развития техники и технологий в области обеспечения техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности	1. Сформированность компетенции соответствует минимальным требованиям. Имеющихся знаний, в целом достаточно для решения современных тенденций развития техники и технологий в области обеспечения техносферной безопасности. 2. Сформированность компетенции в целом соответствует требованиям. Имеющихся знаний, в целом достаточно для решения современных тенденций развития техники и технологий в области обеспечения техносферной безопасности. 3. Сформированность компетенции полностью соответствует требованиям. Имеющихся знаний, в полной мере достаточно для решения сложных современных тенденций развития техники и технологий в области обеспечения техносферной безопасности.	электронное тестирование, сдача РГР

	технологии, измерительную и вычислительную технику	Наличие умений	Умеет применять измерительную и вычислительную технику, информационные технологии в своей профессиональной деятельности	Не умеет применять измерительную и вычислительную технику, информационные технологии в своей профессиональной деятельности	<p>1. Сформированность компетенции соответствует минимальным требованиям. Имеющихся умений, в целом достаточно для применения измерительной и вычислительной техники для решения практических (профессиональных) задач.</p> <p>2. Сформированность компетенции в целом соответствует требованиям. Имеющихся умений, в целом достаточно для применения измерительной и вычислительной техники для решения практических (профессиональных) задач.</p> <p>3. Сформированность компетенции полностью соответствует требованиям. Имеющихся умений, в полной мере достаточно для применения измерительной и вычислительной техники для решения практических (профессиональных) задач.</p>	электронное тестирование, сдача РГР
		Наличие навыков (владение опытом)	Владеет способностью учитывать современные тенденции развития техники и технологии в области обеспечения технологической безопасности	Не владеет способностью учитывать современные тенденции развития техники и технологии в области обеспечения технологической безопасности	<p>1. Сформированность компетенции соответствует минимальным требованиям. Имеющихся навыков в целом достаточно для учета современных тенденции развития техники и технологии при решении практических задач.</p> <p>2. Сформированность компетенции в целом соответствует требованиям. Имеющихся навыков и мотивации в целом достаточно для учета современных тенденции развития техники и технологии при решении практических задач.</p> <p>3. Сформированность компетенции полностью соответствует требованиям. Имеющихся навыков и мотивации в полной мере достаточно для учета современных тенденции развития техники и технологии при решении практических задач.</p>	электронное тестирование, сдача РГР

## 2. Структура учебной работы, содержание и трудоёмкость основных элементов дисциплины

### 2.1. Организационная структура, трудоёмкость и план изучения дисциплины

Вид учебной работы		Трудоёмкость 108, час	
		семестр, 2 курс*	
		очная форма	
		4 сем.	
<b>1. Контактная работа</b>		<b>54</b>	
<b>1.1. Аудиторные занятия, всего</b>		<b>54</b>	
- лекции		22	
- практические занятия (включая семинары)		22	
- лабораторные работы		10	
<b>1.2. Консультации</b> (в соответствии с учебным планом)		-	
<b>2. Внеаудиторная академическая работа</b>		<b>54</b>	
<b>2.1 Фиксированные виды внеаудиторных самостоятельных работ:</b>			
Выполнение и сдача/защита индивидуального/группового задания в виде**			
- расчетно-графическая работа		10	
<b>2.2 Самостоятельное изучение тем/вопросов программы</b>		<b>26</b>	
<b>2.3 Самоподготовка к аудиторным занятиям</b>		<b>12</b>	
<b>2.4 Самоподготовка к участию и участие в контрольно-оценочных мероприятиях</b> , проводимых в рамках текущего контроля освоения дисциплины (за исключением учтённых в пп. 2.1 – 2.2):		<b>6</b>	
<b>3. Получение зачёта по итогам освоения дисциплины</b>		<b>+</b>	
<b>ОБЩАЯ трудоёмкость дисциплины:</b>	<b>Часы</b>	<b>108</b>	
	<b>Зачетные единицы</b>	<b>3</b>	

*Примечание:*  
 \* – **семестр** – для очной и очно-заочной формы обучения, **курс** – для заочной формы обучения;  
 \*\* – КР/КП, реферата/эссе/презентации, контрольной работы (для обучающихся заочной формы обучения), расчетно-графической (расчетно-аналитической) работы и др.;

### 2.2. Укрупнённая содержательная структура учебной дисциплины и общая схема её реализации в учебном процессе

Номер и наименование раздела дисциплины. Укрупненные темы раздела	общая	Трудоёмкость раздела и ее распределение по видам учебной работы, час.							Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	№№ компетенций, на формирование которых ориентирован раздел	
		Контактная работа			ВАРС						
		Аудиторная работа		Консультации (в соответствии с учебным планом)	всего	Фиксированные виды	8	9			
		всего	лекции								практические (всех форм)
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
<b>Очная форма обучения</b>											
1	<b>Основные физические свойства жидкостей и газов</b>	26	16	8	8	-	-	10	2	РГР, Электронное тестирование	ОПК-1
	1.1 Основные физические свойства жидкостей и газов										
	1.2 Статика жидкости и газов										
	1.3 формулировка темы										
2	<b>Основы кинематики и динамики жидкости и газа</b>	82	38	14	14	10	-	44	8	РГР, Электронное тестирование	ОПК-1
	2.1 Основы кинематики и динамики жидкости и газа										
	2.2 Одномерные течения жидкости и газа										
	2.3 Истечение жидкости и газа через отверстия и насадки.										

	2.4 Газодинамика										
	Промежуточная аттестация	+	×	×	×	×	×	×	×	Зачет	
	Итого по дисциплине	108	54	22	22	10	-	54	10		

### 3. Общие организационные требования к учебной работе обучающегося

#### 3.1. Организация занятий и требования к учебной работе обучающегося

Организация занятий по дисциплине носит циклический характер. По двум разделам предусмотрена взаимоувязанная цепочка учебных работ: лекция – самостоятельная работа обучающихся (аудиторная и внеаудиторная). На занятиях студенческая группа получает задания и рекомендации.

Для своевременной помощи обучающимся при изучении дисциплины кафедрой организуются индивидуальные и групповые консультации, устанавливается время приема выполненных работ.

Учитывая статус дисциплины к её изучению предъявляются следующие организационные требования:

- обязательное посещение обучающимся всех видов аудиторных занятий;
- ведение конспекта в ходе лекционных занятий;
- качественная самостоятельная подготовка к практическим занятиям, активная работа на них;
- активная, ритмичная самостоятельная аудиторная и внеаудиторная работа обучающегося, своевременная сдача преподавателю отчетных документов по аудиторным и внеаудиторным видам работ;
- в случае наличия пропущенных обучающимся занятий, необходимо получить консультацию по подготовке и оформлению отдельных видов заданий.

Для успешного освоения дисциплины, обучающемуся предлагаются учебно-информационные источники в виде учебной, учебно-методической литературы по всем разделам.

#### 4. Лекционные занятия

Для изучающих дисциплину читаются лекции в соответствии с планом, представленным в таблице 3.

Таблица 3 - Лекционный курс.

№		Тема лекции. Основные вопросы темы	Трудоемкость по разделу, час.		Применяемые интерактивные формы обучения
раздела	лекции		очная форма	заочная форма	
1	2	3	4	5	6
1	1	Тема: Основные физические свойства жидкостей и газов	4		Электронная презентация
		1. Молекулярная структура и особенности жидкого и газообразного состояния среды. Плотность сплошной среды. Объемные свойства жидкостей и газов. Поверхностное натяжение жидкостей. 2. Скорость звука. Кипение жидкостей. Кавитация			
1	2	Тема: Статика жидкости и газов	4		Электронная презентация
		1. Общие условия равновесия. Основная теорема гидростатики			
		2. Основное уравнение гидростатики (уравнение Эйлера) 3. Силы давления покоящейся жидкости на криволинейные и плоские поверхности. Закон Архимеда и его приложение.			
2	3	Тема: Основы кинематики и динамики жидкости и газа	4		Электронная презентация
		1. Основные понятия и определения кинематики жидкости и газа. Уравнение неразрывности. Уравнение Д. Бернулли для линии тока, струйки, потока.			
		2. Режимы движения жидкости. 3. Параметры торможения. Газодинамические функции			
	4	Тема: Одномерные течения жидкости и газа	4		Электронная

		1. Общие сведения о гидравлических сопротивлениях. Классификация трубопроводов. Гидравлический расчет простых и сложных напорных трубопроводов.			презентация
		2. Расчет трубопроводов при движении газов. Работа нагнетателя в сети. Гидравлический удар в трубах.			
	5	Тема: Истечение жидкости и газа через отверстия и насадки.	4		Электронная презентация
		1. Истечение жидкости при постоянном напоре. Истечение жидкости из резервуара при переменном напоре.			
		2. Истечение газа из объема через отверстие.			
	6	Тема: Газодинамика	2		Электронная презентация
		1. Основные законы движения газа. Одномерные течения газа.			
		2. Установившееся движение газов в трубах.			
		3. Расчет трубопроводов при движении газов. Работа нагнетателя в сети.			
Общая трудоемкость лекционного курса			22	-	х
Всего лекций по дисциплине:		22 час.	Из них в интерактивной форме:		час.
- очная форма обучения		22	- очная/очно-заочная форма обучения		
- заочная форма обучения			- заочная форма обучения		
<i>Примечания:</i>					
- материально-техническое обеспечение лекционного курса – см. Приложение 6;					
- обеспечение лекционного курса учебной, учебно-методической литературой и иными библиотечно-информационными ресурсами и средствами обеспечения образовательного процесса – см. Приложения 1 и 2.					

### 5. Практические занятия по дисциплине и подготовка к ним

Практические занятия по курсу проводятся в соответствии с планом, представленным в таблице 4.

Таблица 4 - Примерный тематический план практических занятий по разделам учебной дисциплины

№	Тема занятия / Примерные вопросы на обсуждение (для семинарских занятий)	Трудоемкость по разделу, час.		Используемые интерактивные формы	Связь занятия с ВАРС*	
		очная форма	заочная форма			
1	2	3	4	5	6	7
1	<b>Практическое занятие 1</b>	<b>8</b>			<b>УЗ СРС</b>	
	1. Решение задач на физические свойства жидкости и газа.	4				
	2. Решение задач на статику жидкости и газа.	4				
2	<b>Практическое занятие 2.</b>	<b>6</b>			<b>УЗ СРС</b>	
	1. Использование уравнения Бернулли в гидрогазодинамических расчетах	2				
	2. Расчет ламинарного и турбулентного пограничного слоя на пластине (поверхности).	2				
	3. Расчет давлений, скоростей и сопротивлений при движении вязкой жидкости в гладких трубах.	2				
	<b>Практическое занятие 3</b>	<b>8</b>			<b>УЗ СРС</b>	
	1. Расчет коротких трубопроводов	1				
2. Расчет простых трубопроводов (прямая и обратные задачи)	1					
3. Расчет сложных трубопроводов (параллельные, последовательные и общий случай)	2					
	4. Истечение жидкости из насадок при неустановившемся движении.	2				

	5. Равномерное движение жидкости в открытых руслах.	2		
Всего практических занятий по дисциплине:	22 час.	Из них в интерактивной форме:		час.
- очная форма обучения	22	- очная/очно-заочная форма обучения		
- заочная форма обучения		- заочная форма обучения		
В том числе в форме семинарских занятий				
- очная/очно-заочная форма обучения				
- заочная форма обучения				
* Условные обозначения: <b>ОСП</b> – предусмотрена обязательная самоподготовка к занятию; <b>УЗ СРС</b> – на занятии выдается задание на конкретную ВАРС; <b>ПР СРС</b> – занятие содержательно базируется на результатах выполнения обучающимся конкретной ВАРС.				
<i>Примечания:</i> - материально-техническое обеспечение практических занятий – см. Приложение 6; - обеспечение практических занятий учебной, учебно-методической литературой и иными библиотечно-информационными ресурсами и средствами обеспечения образовательного процесса – см. Приложения 1 и 2.				

Подготовка обучающихся к практическим занятиям осуществляется с учетом общей структуры учебного процесса. На практических занятиях осуществляется входной и текущий аудиторный контроль в виде опроса, по основным понятиям дисциплины.

Подготовка к практическим занятиям подразумевает выполнение домашнего задания к очередному занятию по заданиям преподавателя, выдаваемым в конце предыдущего занятия, а также изучение литературы.

Для осуществления работы по подготовке к занятиям, необходимо ознакомиться с методическими указаниями по дисциплине, внимательно ознакомиться с литературой и электронными ресурсами, с рекомендациями по подготовке, вопросами для самоконтроля.

## 6. Общие методические рекомендации по изучению отдельных разделов дисциплины

При изучении конкретного раздела дисциплины, из числа вынесенных на лекционные и практические занятия, обучающемуся следует учитывать изложенные ниже рекомендации. Обратите на них особое внимание при подготовке к аттестации.

Работа по теме прежде всего предполагает ее изучение по учебнику или пособию. Следует обратить внимание на то, что в любой теории, есть либо неубедительные, либо чересчур абстрактные, либо сомнительные положения. Поэтому необходимо вырабатывать самостоятельные суждения, дополняя их аргументацией, что и следует демонстрировать на семинарах. Для выработки самостоятельного суждения важным является умение работать с научной литературой. Поэтому работа по теме кроме ее изучения по учебнику, пособию предполагает также поиск по теме научных статей в научных журналах. Такими журналами являются: Водные ресурсы, Экология. Выбор статьи, относящейся к теме, лучше делать по последним в году номерам, где приводится перечень статей, опубликованных за год.

При изучении раздела 1 и 2 обучающемуся требуется освоить материалы рекомендуемой литературы.

Самостоятельная подготовка предполагает использование ряда методов.

1. Конспектирование. Конспектирование позволяет выделить главное в изучаемом материале и выразить свое отношение к рассматриваемой автором проблеме.

Техника записей в конспекте индивидуальна, но есть ряд правил, которые могут принести пользу его составителю: начиная конспект, следует записать автора изучаемого произведения, его название, источник, где оно опубликовано, год издания. Порядок конспектирования:

- а) внимательное чтение текста;
- б) поиск в тексте ответов на поставленные в изучаемой теме вопросы;
- в) краткое, но четкое и понятное изложение текста;
- г) выделение в записи наиболее значимых мест;
- д) запись на полях возникающих вопросов, понятий, категорий и своих мыслей.

2. Записи в форме тезисов, планов, аннотаций, формулировок определений. Все перечисленные формы помогают быстрой ориентации в подготовленном материале, подборе аргументов в пользу или против какого-либо утверждения.

3. Словарь понятий и категорий. Составление словаря помогает быстрее осваивать новые понятия и категории, увереннее ими оперировать. Подобный словарь следует вести четко, разборчиво, чтобы удобно было им пользоваться. Из приведенного в УМК глоссария нужно к каждому семинару выбирать понятия, относящиеся к изучаемой теме, объединять их логической схемой в соответствии с вопросами семинарского занятия.

## Раздел 1. Основные физические свойства жидкостей и газов

### Краткое содержание

Определение жидкости, её физическая модель. Отличительное свойство жидкости – текучесть. Жидкости несжимаемые (капельные) и сжимаемые (газообразные). Макроскопическая однородность и изотропность жидкости. Модель сплошной материальной среды, её математическое представление. Объемная, поверхностная и массовая плотность распределения физических величин в сплошной среде. Скалярные и векторные поля плотности распределения массы, энергии, количества движения. Силы и напряжения в сплошной среде. Классификация сил, их определение. Плотность распределения объемных сил. Векторное поле плотности распределения сил тяжести. Поверхностные силы. Нормальные и касательные напряжения. Гидродинамическое давление, градиент давления. Формула Остроградского, выражающая связь между поверхностным интегралом от нормального напряжения, объемным интегралом от градиента давления. Свойство упругости. Объемный модуль упругости и его значение для капельных и газообразных сред. Скорость распространения упругих деформаций в сплошной среде. Свойство вязкости. Закон Ньютона о внутреннем трении при плоскопараллельном течении жидкости. Аналогия с законом Гука. Коэффициенты вязкости и их размерность. Зависимость вязкости от температуры и давления. Неньютоновские жидкости.

Определение и задачи гидростатики. Гидростатическое давление. Система дифференциальных уравнений гидростатики Эйлера и их интегрирование при равновесии однородной несжимаемой жидкости в поле действия объемных и поверхностных сил, сил инерции и при отсутствии действия объемных сил. Манометрическое давление и статический вакуум. Гидростатический парадокс. Закон Паскаля. Приборы для измерения давления. Статическое давление жидкости на твердые поверхности и в замкнутых объемных. Закон Архимеда. Потенциальная энергия и гидростатический напор покоящейся жидкости.

### Вопросы для самоконтроля по разделу:

1. Определение жидкости, ее основные физические свойства.
2. Модель сплошной среды.
3. Силы, действующие в жидкости, их классификация.
4. Напряжения в жидкости нормальные и касательные.
5. Давление, градиент давления.
6. Свойство вязкости жидкости.
7. Закон Ньютона о внутреннем трении при плоскопараллельном течении жидкости.
8. Особенности ньютоновской жидкости.
9. Коэффициенты вязкости, их размерность.
10. Зависимость вязкости от температур.
11. Понятие о неньютоновской жидкости.
12. Определение гидростатики.
13. Гидростатическое давление.
14. Дифференциальные уравнения гидростатики.
15. Равновесие однородной несжимаемой жидкости в поле сил тяжести.
16. Основное уравнение гидростатики.
17. Закон Паскаля и его применение.
18. Манометрическое давление и вакуум.
19. Приборы для измерения гидростатического давления.
20. Сила давления на погруженное в жидкость тело. Закон Архимеда.

### Процедура оценивания

После изучения каждого раздела проводится рубежный контроль. Рубежный контроль осуществляется с целью определения качества проведения образовательных услуг по дисциплине, для оценки степени достижения обучающимися состояния, определяемого целевыми установками дисциплины, а также для формирования корректирующих мероприятий. Рубежный контроль осуществляется по разделам дисциплины в соответствии с планом. Рубежный контроль состоит из выполнения заданий на практических занятиях и выполнения тестов по разделам дисциплины.

### 6.1.1. Шкала и критерии оценивания

Результаты изучения конкретного раздела дисциплины, из числа вынесенных на лекционные и практические занятия, оцениваются по следующей шкале.

- Оценка «Зачтено» выставляют обучающемуся, глубоко и прочно освоившему теоретический и практический материал дисциплины. Ответ должен быть логичным, грамотным. Обучающемуся необходимо показать знание не только основного, но и дополнительного материала. Обучающийся должен свободно справляться с поставленными задачами, правильно обосновывать принятые решения.

- Оценка «Не зачтено» ставится в случае, когда обучающийся не знает значительной части материала по дисциплине, допускает существенные ошибки в ответах, не может решить практические задачи или решает их с затруднениями.

## Раздел 2 Основы кинематики и динамики жидкости и газа

### Краткое содержание

Определение, задачи и методы кинематики. Силы, обуславливающие движение жидкости и газа. Задание кинематических характеристик движения по Лагранжу и Эйлеру. Условие непрерывности движения сплошной среды. Приложение закона сохранения массы к механике сплошной среды. Дифференциальное уравнение неразрывности движения сплошной среды и его физический смысл. Струйная модель движения – основа гидравлики. Векторное поле скоростей, заданное по Эйлеру, и его упорядочение. Стационарное, нестационарное (неустановившееся) движение. Линии тока и траектории. Внешние и внутренние течения. Трубка тока и струйка тока. Объемный расход. Интегральное уравнение неразрывности движения вдоль струйки тока. Модель одномерного течения. Средняя скорость. Уравнение баланса расхода. Понятие об ускорении при движении сплошной среды. Ускорение как полная (субстанциональная) производная от вектора скорости по времени при движении сплошной среды, заданного полем скоростей по Эйлеру. Локальная и конвективная составляющие ускорения, и их физический смысл.

Дифференциальные уравнения движения идеальной сплошной среды. Понятие об идеальной сплошной среде. Граничное условие для потока на твердой стенке. Закон сохранения количества движения и его приложение к движению идеальной сплошной среды. Дифференциальные уравнения движения, их физический смысл. Уравнения Бернулли. Преобразование дифференциальных уравнений Эйлера для стационарного движения несжимаемой жидкости в поле объемных сил, имеющих потенциал. Интегрирование уравнения вдоль линии тока. Интеграл Бернулли как первый интеграл движения, его физический смысл. Распространение интеграла Бернулли на струйку тока идеальной сплошной среды при движении в поле сил тяжести. Потенциальный и скоростной напор в сечении струйки тока, диаграмма уравнения Бернулли. Уравнение Бернулли в единицах объемной плотности 10 механической энергии. Гидравлические уравнения. Гидравлическое уравнение Бернулли для одномерного потока вязкой жидкости. Значения потенциального и скоростного напора в поперечном сечении потока. Коэффициент кинетической энергии. Баланс напоров для двух сечений потока. Потеря напора. Общий вид гидравлического уравнения Бернулли и примеры его применения. Гидравлическое уравнение количества движения. Приращение количества движения вдоль струйки тока и вдоль потока жидкости. Коэффициент количества движения. Выражение импульса внешних сил. Общий вид гидравлического уравнения количества движения и примеры его применения. Конечно-разностные формы уравнений Навье-Стокса и Рейнольдса. Общая схема применения численных методов на ЭВМ. Элементы теории гидродинамического подобия. Критерии подобия Ньютона, Эйлера, Рейнольдса, Фруда. Моделирование гидравлических явлений.

Ламинарное движение в круглой трубе. Распределение касательных напряжений и скоростей в поперечном сечении потока. Формула Пуазейля для расхода. Средняя скорость. Закон гидравлического сопротивления для потока в круглой трубе. Законы гидравлического сопротивления для потоков с некруглым поперечным сечением.

Особенности турбулентного движения жидкости. Пульсация скоростей. Модель осредненного турбулентного течения. Турбулентные напряжения. Турбулентное течение в круглой трубе. Турбулентное ядро и пристеночная область течения. Роль шероховатости стенки. Зернистая и технологическая шероховатости. График Никурадзе. Закон сопротивления гладкой стенки. Формула Блазиуса. Доквадратичный закон сопротивления «шероховатой» стенки. Формула Колбрука. Квадратичный закон сопротивления «шероховатой» стенки. Формула Прандтля – Никурадзе. График Колбрука.

Потери напора. Потери напора по длине. Расчетная формула Вейсбаха-Дарси. Гидравлические коэффициенты потерь напора, коэффициент гидравлического трения и общий вид их функциональных зависимостей. Основные виды местных сопротивлений. Местные потери напора. Расчетная формула Вейсбаха. Коэффициент местных потерь. Местные потери напора при больших числах Рейнольдса. Резкое расширение и резкое сужение потока. Течения в диффузорах, конфузорах, коленах. Местные потери напора при малых числах Рейнольдса.

Расчет при установившемся (стационарном) движении жидкости. Применение гидравлических уравнений и расчетных формул. Точность гидравлического расчета. Трубопроводы. Классификация трубопроводов. Трубопроводы с последовательным и параллельным соединением линий. Основные

задачи гидравлического расчета трубопроводов. Гидравлический расчет трубопроводов при установившемся движении жидкости. Коэффициент потерь напора в трубопроводах. Гидравлическая характеристика. Системы трубопровод-резервуар. Всасывающая линия насоса. Сифон. Напорная линия насоса. Разветвленный трубопровод.

Неустановившееся напорное движение в трубопроводах. Гидравлический удар. Неустановившееся напорное движение при работе гидроцилиндра. Учет сил инерции. Гидравлическое уравнение баланса энергии при неустановившемся движении. Инерционный напор. Явление гидравлического удара. Уравнение Жуковского для давления жидкости при гидравлическом ударе. Скорость распространения упругих деформаций. Неполный гидравлический удар. Защита систем от гидравлического удара.

Отверстия в резервуарах и насадки. Явление истечения жидкости через отверстие в стенке резервуара. Сжатие струи. Расчетные зависимости для определения скорости и расхода при постоянном напоре. Коэффициенты истечения. Особенности истечения через насадки. Истечение при переменном напоре. Проходные отверстия в элементах дросселирующих и клапанных аппаратов. Элементы дросселирующих аппаратов. Назначение и классификация. Дроссели с постоянным и регулируемым проходным отверстием. Расчетная формула истечения. Элементы клапанных аппаратов. Назначение и классификация. Пропускная способность. Статический расчет клапанов. Реактивная сила струи при истечении жидкости, её расчет.

Параметры состояния газа. Простейшие термодинамические процессы. Массовый расход газового потока. Установившееся изотермическое давление газа в трубопроводах, скорость звука и критическое отношение давлений, весовой расход газа. Истечение газа из резервуара при адиабатном (изоэнтропном) процессе, критическая скорость истечения, подкритическая и надкритические области истечения, число Маха. Истечение газа из резервуара в трубопровод при политропном процессе с учетом гидравлического сопротивления трубопровода.

Уравнение неразрывности. Уравнения Эйлера. Интеграл Бернулли. Уравнение Бернулли – Сен-Венана. Скорость звука в движущемся газе. Температура торможения. Истечение газа из котла под большим давлением. Формула Сен - Венана - Ванцеля. Максимальная скорость истечения

Вопросы для самоконтроля по разделу:

1. Задание движения сплошной среды по Лагранжу и Эйлеру.
2. Струйная модель движения жидкости.
3. Линия тока, траектория, трубка тока, струйка тока.
4. Объемный расход.
5. Интегральное уравнение неразрывности движения вдоль струйки тока.
6. Средняя скорость.
7. Понятие об ускорении при движении жидкости как сплошной среды.
8. Локальная и конвективная составляющая ускорения и их физический смысл.
9. Закон сохранения массы и уравнение непрерывности движения сплошной среды.
10. Закон сохранения количества движения и основное уравнение динамики сплошной среды.
11. Режимы движения жидкости, число Рейнольдса.
12. Уравнения Эйлера движения идеальной жидкости и граничные условия.
13. Интегрирование дифференциальных уравнений движения идеальной жидкости для элементарной струйки.
14. Интеграл Бернулли и его физический смысл.
15. Распространение уравнения Бернулли для струйки тока на поток вязкой жидкости.
16. Гидравлическое уравнение Бернулли, его физический смысл и условия применимости.
17. Потери напора при движении жидкости.
18. Классификация потерь, расчетные.
19. формулы для их определения.
20. Гидравлические коэффициенты потерь напора, коэффициент гидравлического трения.
21. Местные гидравлические сопротивления.
22. Основные виды сопротивлений.
23. Коэффициент местных потерь и его зависимость от числа Рейнольдса.
24. Ламинарное движение жидкости в круглой трубе.
25. Ламинарное течение жидкости в щелях.
26. Облитерация щелей.
27. Турбулентное движение и его особенности.
28. Модель осредненного турбулентного течения.
29. Структура турбулентного потока в круглой трубе.
30. Закон сопротивления при турбулентном движении.
31. Расчетный график для определения коэффициента гидравлического трения.
32. Гидравлический удар в трубах.
33. Формулы Жуковского для прямого удара.
34. Скорость ударной волны.
35. Истечение жидкости через отверстия и насадки при постоянном напоре.
36. Параметры состояния газа.

37. Простейшие термодинамические процессы.
38. Массовый расход газового потока.
39. Установившееся изотермическое давление газа в трубопроводах, скорость звука и критическое отношение давлений, весовой расход газа.
40. Истечение газа из резервуара при адиабатном (изоэнтропном) процессе,
41. критическая скорость истечения, подкритическая и надкритические
42. области истечения, число Маха.
43. Истечение газа из резервуара в трубопровод при политропном процессе с
44. учетом гидравлического сопротивления трубопровода.
45. Уравнение неразрывности.
46. Уравнения Эйлера. Интеграл Бернулли.
47. Уравнение Бернулли – Сен-Венана. Скорость звука в движущемся газе.
48. Температура торможения.
49. Истечение газа из котла под большим давлением

#### Процедура оценивания

После изучения каждого раздела проводится рубежный контроль. Рубежный контроль осуществляется с целью определения качества проведения образовательных услуг по дисциплине, для оценки степени достижения обучающимися состояния, определяемого целевыми установками дисциплины, а также для формирования корректирующих мероприятий. Рубежный контроль осуществляется по разделам дисциплины в соответствии с планом. Рубежный контроль состоит из выполнения заданий на практических занятиях и выполнения тестов по разделам дисциплины.

#### 6.2.1. Шкала и критерии оценивания

Результаты изучения конкретного раздела дисциплины, из числа вынесенных на лекционные и практические занятия, оцениваются по следующей шкале.

- Оценка «Зачтено» выставляют обучающемуся, глубоко и прочно освоившему теоретический и практический материал дисциплины. Ответ должен быть логичным, грамотным. Обучающемуся необходимо показать знание не только основного, но и дополнительного материала. Обучающийся должен свободно справляться с поставленными задачами, правильно обосновывать принятые решения.

- Оценка «Не зачтено» ставится в случае, когда обучающийся не знает значительной части материала по дисциплине, допускает существенные ошибки в ответах, не может решить практические задачи или решает их с затруднениями.

### 7. Общие методические рекомендации по оформлению и выполнению отдельных видов ВАРС

#### 7.1. Рекомендации по написанию расчетно-графической работы

Задание на расчетно-графическую работу (далее по тексту – РГР) следует брать по последней цифре шифра зачетной книжки.

Текстовый материал РГР должен быть оформлен в виде пояснительной записки объемом 15...20 страниц на листах формата А4. Текст должен быть написан разборчивым почерком или распечатан на принтере. Записи производят на одной стороне листа с полями шириной 20 мм слева и 5 мм справа.

Текст должен быть стилистически и орфографически правильным без сокращений слов. Все формулы приводятся сначала в буквенном выражении с последующей расшифровкой входящих в формулу величин, а затем уже в них проставляют цифровые значения и производят решение относительно искомой величины.

При использовании нормативных и справочных данных следует делать ссылку на источники. В конце расчетно-графической работы необходимо привести перечень использованной литературы с указанием автора, названия книги, издательства и года издания.

Текст РГР должен начинаться с титульного листа, выполненного на обычной писчей бумаге. Титульный лист должен быть оформлен в соответствии с требованиями стандарта.

Решение каждой задачи следует начинать с новой страницы. Текст задач пишется полностью, без сокращений. После чего следует составить краткие условия задачи с рисунком, выполненным чертежными инструментами. Вычисления должны соответствовать необходимой точности (до сотых).

Графическую часть работы (графики) необходимо выполнять на миллиметровой бумаге или на компьютере.

При решении задач чрезвычайно важно следить за соблюдением единства размерности всех входящих в расчетные формулы величин. Недостаточное внимание к размерностям – наиболее частая причина ошибок.

Выполненную РГР обучающийся обязан представить преподавателю на проверку не позже, чем за 10 дней до начала экзаменационной сессии. В возвращенной РГР обучающийся должен исправить все отмеченные ошибки и выполнить все данные ему указания.

### Задача 1

В резервуар прямоугольного сечения с размерами  $a$ , м;  $b$ , м (рис. 1) налита жидкость, плотностью  $\rho$ ,  $\text{кг/м}^3$ , высота жидкости в резервуаре  $h$ , м. Построить эпюру гидростатического избыточного давления на дно и стенки резервуара. Определить силы давления на дно и стенки, и точки приложения сил. Данные, необходимые для решения задачи, выбрать из таблицы 1.

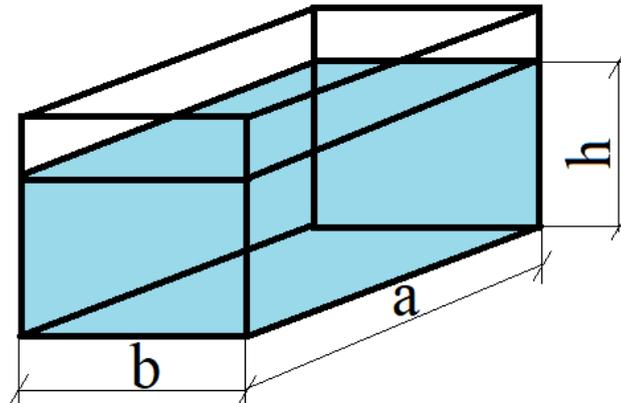


Рис. 1

Таблица 1.

Исходные данные	Последняя цифра номера зачетной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$a$ , м	1,5	1,3	1,2	1,9	1,6	2,0	2,0	3,0	3,0	3,0
$b$ , м	0,8	0,9	1,0	1,0	1,0	1,4	1,2	1,2	1,4	2,0
$h$ , м	0,6	0,8	1,0	1,0	1,1	1,2	1,1	1,1	1,2	1,5
$\rho$ , $\text{кг/м}^3$	1350	1350	1030	1030	930	930	900	1000	1000	1000

### Задача 2

Для заливки центробежного насоса используется вакуумный насос (рис. 2). Какой следует создать вакуум, если верх корпуса центробежного насоса находится над уровнем воды в резервуаре на расстоянии  $H$ , м. Расчеты выполнить для одного из вариантов по данным, приведенным в таблице 2.

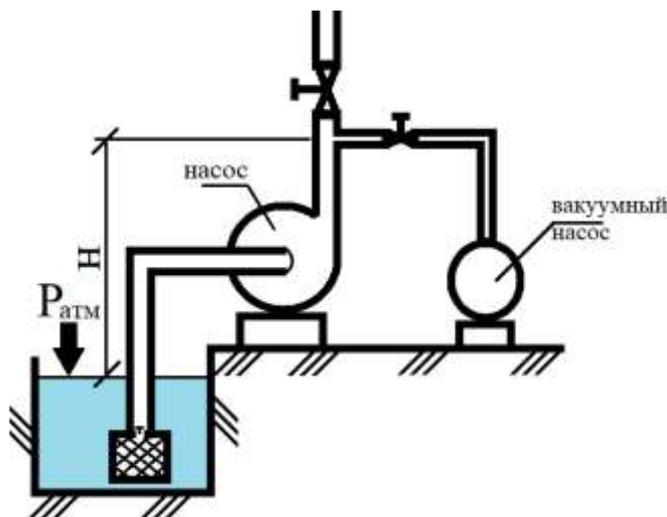


Рис. 2

Таблица 2.

Исходные данные	Последняя цифра номера зачетной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$H$ , м	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	3	3,5	2
Атмосферное давление, мм рт.ст.	753	748	746	754	755	756	758	759	749	760

### Задача 3

Определить гидравлический радиус и эквивалентный диаметр живого сечения потока, движущегося между двумя concentric трубами (рис. 3), если наружный диаметр внутренней трубы равен  $d$ , мм, а внутренний диаметр наружной трубы равен  $D$ , мм.

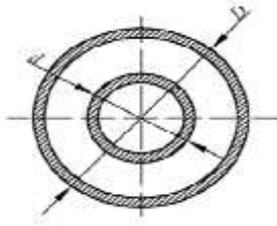


Рис. 3

Исходные данные	Последняя цифра номера зачетной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$d$ , мм	50	75	100	150	200	250	300	350	400	450
$D$ , мм	100	125	200	250	300	350	400	450	500	600

### Задача 4

Определить расход  $Q$  воды в канале, имеющий трапецеидальное поперечное сечение (рис. 4) следующих размеров: ширина по дну  $b$ ; глубина наполнения  $h$ ; коэффициент откоса  $m$ . Уклон дна канала  $i$  и коэффициент шероховатости  $n$ . Данные, необходимые для решения задачи, выбрать из таблицы 4.

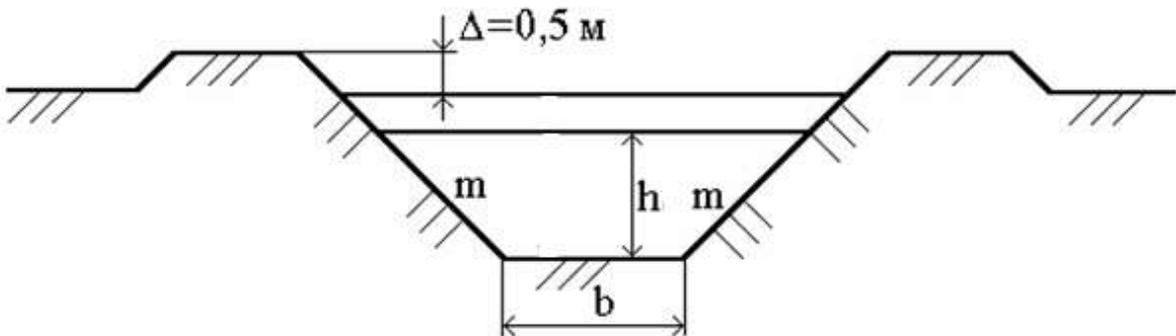


Рис. 4

Таблица 4.

Исходные данные	Предпоследняя цифра номера зачетной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Коэффициент шероховатости канала, $n$	0,0330	0,0300	0,0275	0,0250	0,0220	0,0275	0,0225	0,0200	0,0260	0,0290
Коэффициент заложения откоса канала, $m$	1,0	1,25	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	2,5	2,0	1,5
Глубина $h$ , м	1,48	1,58	1,62	1,28	1,32	1,56	1,44	1,65	1,38	1,46
Ширина канала по дну $b$ , м	10,0	8,0	7,5	9,0	6,5	7,4	5,2	4,8	7,3	8,2
Уклон дна канала $i$	0,00014	0,00016	0,0003	0,00032	0,00018	0,0002	0,00026	0,00028	0,00022	0,00024

### Задача 5

Подобрать диаметры участков разветвленного трубопровода (рис. 5) и установить необходимую высоту водонапорной башни в точке 1 при следующих данных. Длины участков:  $L_{1-2}$ , м,  $L_{2-3}$ , м,  $L_{3-4}$ , м,  $L_{2-5}$ , м,  $L_{3-6}$ , м; расходы в конце участков сети:  $Q_4$ , л/с,  $Q_5$ , л/с,  $Q_6$ , л/с. Местность горизонтальная. Необходимый свободный напор в конечных точках должен быть не менее 10м. Скорость движения воды по трубам принять  $V=1,1-1,5$  м/с.

Расчеты выполнить для одного из вариантов по данным, приведенным в таблице 5.

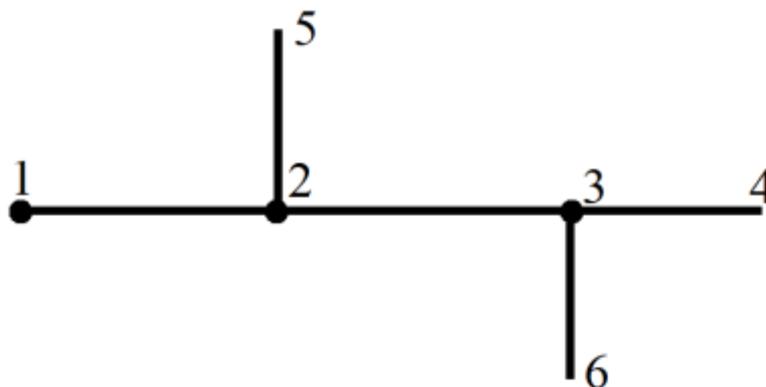


Рис. 5

Таблица 5.

Исходные данные	Предпоследняя цифра номера зачетной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Длина $L_{1-2}$ , м	460	1600	1200	800	600	600	300	200	150	1250
Длина $L_{2-3}$ , м	350	300	300	400	500	500	600	200	200	150
Длина $L_{3-4}$ , м	450	200	350	300	200	700	700	250	150	125
Длина $L_{2-5}$ , м	150	100	200	150	250	160	1100	250	150	150
Длина $L_{3-6}$ , м	250	250	240	200	260	210	100	250	200	150
Расходе в точке 4 $Q_4$ , л/с	25	40	14	120	24	12	30	12	18	30
Расходе в точке 5 $Q_5$ , л/с	16	32	16	85	42	10	40	16	12	20
Расходе в точке 6 $Q_6$ , л/с	12	20	18	40	18	14	20	18	16	10

### 7.1.1. Шкала и критерии оценивания

Выполненная расчетно-графическая работа, состоящая из расчетной части и графической части на 1 листе формата А4, сдается на проверку преподавателю за две недели до окончания семестра. После проверки РГР обучающийся должен внести в него исправления по всем отмеченным преподавателем замечаниям.

Собеседование со обучающимся по РГР проводится в соответствии графиком, составленным преподавателем и утвержденным на заседании кафедры. После сообщения обучающегося о содержании работы и принятых инженерных решениях он отвечает на вопросы преподавателя и обучающихся.

Оценка работы рейтинговая. Максимальное количество баллов – 100 – распределяется следующим образом:

- за защиту (собеседование) – 30;
- содержание работы – 50;
- оформление работы – 20.

Баллы за содержание и оформление выставляются преподавателем при проверке и после исправления замечаний по работе корректировке не подлежат.

Обучающемуся, набравшему суммарно:

- более 60 баллов – «зачтено».

Если количество баллов менее 60, то обучающийся проходит процедуру собеседования повторно, дату и время которой устанавливает преподаватель.

### 7.2. Рекомендации по самостоятельному изучению тем

В процессе самостоятельного изучения темы обучающийся изучает представленные ниже вопросы по темам. На занятии обучающийся демонстрирует свои знания по изученным вопросам в форме устного или письменного ответа.

#### ВОПРОСЫ

##### для самостоятельного изучения темы

«Тема: Центр давления. Эпюры гидростатического давления. Гидростатический парадокс. Определенные силы гидростатического давления на криволинейные поверхности.»

1. Равновесие жидкости в случае относительного покоя жидкости.

2. Гидростатическое давление жидкости на плоские и цилиндрические стенки.
3. Гидростатическое давление на замкнутые поверхности (тела).

### **ВОПРОСЫ**

#### **для самостоятельного изучения темы**

«Тема: Законы гидравлического сопротивления при турбулентном движении. Уравнение Бернулли для потока жидкости, его энергетическая и графическая интерпретация. Частные случаи уравнения Бернулли.»

1. Интегрирование дифференциальных уравнений движения идеальной жидкости для элементарной струйки.
2. Интеграл Бернулли и его физический смысл.
3. Распространение уравнения Бернулли для струйки тока на поток вязкой жидкости.
4. Гидравлическое уравнение Бернулли, его физический смысл и условия применимости.
5. Гидравлические коэффициенты потерь напора, коэффициент гидравлического трения.
6. Местные гидравлические сопротивления.
7. Основные виды сопротивлений.
8. Коэффициент местных потерь и его зависимость от числа Рейнольдса.

### **ВОПРОСЫ**

#### **для самостоятельного изучения темы**

«Тема: Гидравлический удар. Полное, неполное, совершенное, несовершенное сжатие струи. Инверсия струи. Классификация гидравлических насадков Параллельное и последовательное соединение труб, непрерывная задача расхода. Гидравлический удар в трубопроводах. Способы борьбы с гидравлическим ударом.»

1. Гидравлический удар в трубах.
2. Формулы Жуковского для прямого удара.
3. Скорость ударной волны.

### **ВОПРОСЫ**

#### **для самостоятельного изучения темы**

«Тема: Уравнение Бернулли – Сен-Венана и его приложения. Рассмотрены специальные задачи газодинамики: движение газа в трубах, соплах, диффузорах и решетках профилей.»

1. Уравнение Бернулли – Сен-Венана. Скорость звука в движущемся газе.
2. Температура торможения.
3. Истечение газа из котла под большим давлением.
4. Формула Сен-Венана Ванцеля. Максимальная скорость истечения.

### **ОБЩИЙ АЛГОРИТМ**

#### **самостоятельного изучения темы**

1) Ознакомиться с рекомендованной учебной литературой и электронными ресурсами по теме (ориентируясь на вопросы для самоконтроля).
2) На этой основе составить развёрнутый план изложения темы
3) Выбрать форму отчетности конспектов (план – конспект, текстуальный конспект, свободный конспект, конспект – схема)
2) Оформить отчётный материал в установленной форме в соответствии методическими рекомендациями
3) Провести самоконтроль освоения темы по вопросам, выданным преподавателем
4) Предоставить отчётный материал преподавателю по согласованию с ведущим преподавателем
5) Подготовиться к предусмотренному контрольно-оценочному мероприятию по результатам самостоятельного изучения темы
6) Принять участие в указанном мероприятии, пройти рубежное тестирование по разделу на аудиторном занятии и заключительное тестирование в установленное для внеаудиторной работы время

#### **7.2.1. Шкала и критерии оценки самостоятельного изучения темы**

- оценка «зачтено» выставляется, если обучающий на основе самостоятельно изученного материала, смог всесторонне раскрыть содержание темы при рубежном тестировании по разделам в ИОС.
- оценка «не зачтено» выставляется, если на основе самостоятельно изученного материала, не смог раскрыть содержание темы, не прошел рубежное тестирование в ИОС.

## **8. Входной контроль и текущий (внутрисеместровый) контроль хода и результатов учебной работы**

Входной контроль проводится в рамках семинарских занятий с целью выявления реальной готовности бакалавров к освоению данной дисциплины за счет знаний, умений и компетенций, сформированных на предшествующих дисциплинах. Входной контроль разрабатывается при подготовке рабочей программы учебной дисциплины. Входной контроль проводится в форме тестирования.

### **8.1. Вопросы для проведения входного контроля**

1. Системы отсчета в механике Ньютона, эталоны длины и времени.
2. Относительность движения.
3. Векторы перемещения, скорости.
4. Проекции вектора скорости на координатные оси.
5. Траектория движения и пройденный путь.
6. Вычисление пройденного пути.
7. Принцип независимости движений.
8. Равномерное и равноускоренное прямолинейное движение.
9. Первый закон Ньютона.
10. Понятие о силе. Принцип независимости действия сил.
11. Силы в природе.
12. Второй закон Ньютона.
13. Импульс силы. Импульс тела.
14. Закон сохранения импульса.
15. Принцип относительности Галилея.
16. Третий закон Ньютона.
17. Работа силы, мощность, энергия.
18. Закон сохранения и превращения механической энергии.
19. Твердое тело как система материальных точек.
20. Абсолютно твердое тело.
21. Поступательное и вращательное движение абсолютно твердого тела.
22. Момент силы.
23. Момент силы относительно точки оси.
24. Момент пары сил.
25. Момент инерции.
26. Физическая величина.
27. Единица, размер и значение физической величины.
28. Истинное и действительное значение физической величины.
29. Системы единиц физических величин.
30. Основные единицы системы СИ.
31. Эталоны единиц физических величин.
32. Общие сведения о передаче размеров единиц
33. физических величин и поверочных схемах.
34. Измерения.
35. Виды измерений.
36. Принципы, методы и методики измерений.
37. Классификации погрешностей измерений.
38. Частные производные и полный дифференциал.
39. Первообразная и неопределённый интеграл.
40. Первообразные, их свойства.
41. Неопределенный интеграл
42. Таблица основных интегралов.
43. Задачи, приводящие к появлению дифференциальных уравнений.
44. Дифференциальное уравнение 1-го порядка, различные способы задания.

#### **8.1.1. Шкала и критерии оценивания ответов на вопросы входного контроля**

- оценка «зачтено» выставляется обучающемуся, если вопрос раскрыт, во время дискуссии высказывается собственная точка зрения на обсуждаемую проблему, демонстрируется способность аргументировать доказываемые положения и выводы.

- оценка «не зачтено» выставляется, если обучающийся не способен доказать и аргументировать собственную точку зрения по вопросу, не способен сослаться на мнения ведущих специалистов по обсуждаемой проблеме

## 8.2. Текущий контроль успеваемости

В течение семестра, проводится текущий контроль успеваемости по дисциплине, к которому обучающийся должен быть подготовлен.

Отсутствие пропусков аудиторных занятий, активная работа на практических занятиях, общее выполнение графика учебной работы являются основанием для получения положительной оценки по текущему контролю.

### Рекомендации по самостоятельной подготовке к практическим занятиям

В процессе подготовки к практическому занятию обучающийся изучает представленные ниже вопросы по темам. На занятии обучающийся демонстрирует свои знания по изученным вопросам в форме устного или письменного ответа.

## ВОПРОСЫ

### для самоподготовки к практическим занятиям

**Тема практического занятия:** Решение задач на физические свойства жидкости и газа. Решение задач на статику жидкости и газа.

1. Закон Паскаля и его применение.
2. Равновесие жидкости в случае относительного покоя жидкости.
3. Гидростатическое давление жидкости на плоские и цилиндрические
4. стенки.
5. Гидростатическое давление на замкнутые поверхности (тела).

#### Задача 1.

Стальной трубопровод длиной  $l = 300$  м и диаметром  $D = 500$  мм испытывается на прочность гидравлическим способом. Определить объем воды, который необходимо дополнительно подать в трубопровод за время испытания для подъема давления от  $p_1 = 0,1$  МПа до  $p_2 = 5$  МПа. Расширение трубопровода не учитывать. Объемный модуль упругости воды  $E = 2060$  МПа

#### Задача 2

Определить плотность жидкости, полученной смешиванием 10 л жидкости плотностью  $\rho_1 = 900$  кг/м<sup>3</sup> и 20 л жидкости плотностью  $\rho_2 = 870$  кг/м<sup>3</sup>.

#### Задача 3

Определить повышение давления в закрытом объеме гидропривода при повышении температуры масла от 20 до 40 °С, если температурный коэффициент объемного расширения  $\beta_t = 7 \cdot 10^{-4}$  °С<sup>-1</sup>, коэффициент объемного сжатия  $\beta_p = 6,5 \cdot 10^{-10}$  Па<sup>-1</sup>. Утечками жидкости и деформацией элементов конструкции объемного гидропривода пренебречь.

#### Задача 4

Определить силу  $P$ , приложенную к поршню цилиндра диаметром  $D = 100$  мм, если ртуть в пьезометре поднялась на высоту  $h_{рт} = 500$  мм,  $\rho_{рт} = 13\,600$  кг/м<sup>3</sup>.

#### Задача 5

В емкости для хранения нефти ( $\rho_n = 900$  кг/м<sup>3</sup>) в наклонном днище под углом  $\alpha = 60^\circ$  имеется квадратный люк со стороной  $a = 0,6$  м. Определить силу, действующую на верхние А и нижние болты В, если уровень нефти  $H = 2$  м, а избыточное давление на поверхности  $p_m = 15$  кПа.

**Тема практического занятия:** Использование уравнения Бернулли в гидрогазодинамических расчетах. Расчет ламинарного и турбулентного пограничного слоя на пластине (поверхности). Расчет давлений, скоростей и сопротивлений при движении вязкой жидкости в гладких трубах

1. Задание движения сплошной среды по Лагранжу и Эйлеру.
2. Интегральное уравнение неразрывности движения вдоль струйки тока.
3. Понятие об ускорении при движении жидкости как сплошной среды.
4. Локальная и конвективная составляющая ускорения и их физический смысл.
5. Закон сохранения массы и уравнение непрерывности движения сплошной среды.
6. Закон сохранения количества движения и основное уравнение динамики сплошной среды.

#### Задача 1

Определить гидравлический радиус канала трапецеидального сечения при следующих размерах: ширина по верху водной поверхности  $AD = 4$  м, ширина по низу  $BC = 1$  м, глубина воды  $h = 1$  м.

#### Задача 2

Определить высоту всасывания центробежного насоса  $h_s$  над уровнем воды в колодце, если подача воды насосом  $Q = 30$  л/с, диаметр всасывающей трубы  $d = 150$  мм, величина вакуума, создаваемого насосом,  $p_v = 66,6$  кПа. Потери напора во всасывающей трубе  $h_{тр} = 0,9$  м, плотность жидкости  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>.

### Задача 3

Определить критическую скорость, соответствующую переходу от ламинарного режима к турбулентному в трубе диаметром  $d = 0,03$  м при движении воды, воздуха и глицерина при температуре  $25\text{ }^\circ\text{C}$ .

### Задача 4

Определить число Рейнольдса и режим движения воды в водопроводной трубе диаметром  $d = 300$  мм при расходе  $Q = 0,136$  м<sup>3</sup>/с и температуре воды  $10\text{ }^\circ\text{C}$  ( $\nu = 1,306 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с).

### Задача 5

Определить потери напора по длине при равномерном движении жидкости по трубопроводу со средней скоростью  $V_{\text{ср}} = 0,4$  м/с, если кинематический коэффициент вязкости  $\nu = 0,4 \cdot 10^{-4}$  м<sup>2</sup>/с, диаметр трубопровода  $d = 100$  мм и длина  $l = 1000$  м.

**Тема практического занятия: Расчет коротких трубопроводов Расчет простых трубопроводов (прямая и обратные задачи). Расчет сложных трубопроводов (параллельные, последовательные и общий случай). Истечение жидкости из насадок при неустановившемся движении. Равномерное движение жидкости в открытых руслах.**

1. Типы решаемых задач.
2. Выбор сечений для составления уравнения Бернулли.
3. Методика расчета короткого трубопровода.
4. Гидравлический расчет длинных трубопроводов.
5. Тупиковые трубопроводы.
6. Гидравлический удар в трубах.
7. Формулы Жуковского для прямого удара.
8. Скорость ударной волны.
9. Объяснить следующие понятия: малое отверстие, тонкая стенка, сжатие струи, полное сжатие, совершенное сжатие, инверсия струи.
10. Вывести формулу для определения скорости истечения жидкости через отверстие в тонкой стенке в атмосферу при постоянном напоре.
11. Дать понятия коэффициентов скорости, сжатия, расхода.
12. Формулы для определения расхода и скорости истечения при истечении жидкости под уровень
13. Классификация насадков.
14. Особенности истечения через насадки.
15. Методы и приборы для измерения расхода жидкости.

### Задача 1

Определить потери напора на трение в трубопроводе диаметром  $d = 250$  мм, длиной  $l = 1000$  м, с абсолютной шероховатостью стен  $\Delta = 0,15$  мм, служащего для транспортирования нефти с весовым расходом  $G = 2 \cdot 10^6$  Н/ч, плотностью  $\rho = 880$  кг/м<sup>3</sup> и коэффициентом кинематической вязкости  $\nu = 0,3$  см<sup>2</sup>/с.

### Задача 2

Вода из реки по самотечному трубопроводу длиной  $L = 100$  м и диаметром  $d = 150$  мм подается в водоприемный колодец с расходом  $Q = 26,2$  л/с. Определить общие потери напора  $h_{\text{тр}}$  в трубопроводе, если эквивалентная шероховатость трубы  $\Delta_{\text{экв}} = 1$  мм, коэффициент кинематической вязкости  $\nu = 0,01$  см<sup>2</sup>/с, коэффициент местного сопротивления входа в трубу  $\zeta_{\text{вх}} = 3$ , а выхода  $\zeta_{\text{вых}} = 1$ .

### Задача 3

Найти диаметр трубопровода для транспортирования водорода при массовом расходе  $G = 120$  кг/ч. Длина трубопровода  $1000$  м, допустимое падение давления  $\Delta p = 1080$  Па. Плотность водорода  $\rho = 0,0825$  кг/м<sup>3</sup>. Коэффициент трения  $\lambda = 0,03$ .

### Задача 4

Определить расход воды  $Q$  через круглое отверстие в тонкой боковой стенке мерного бака диаметром  $D = 1$  м, если диаметр отверстия  $d = 5$  см и постоянный напор над его центром тяжести  $H = 1,5$  м, принимаем коэффициент расхода  $\mu = 0,62$ .

### Задача 5

Определить время, необходимое для выравнивания уровней в двух сообщающихся емкостях А и В, с постоянными по высоте поперечными сечениями  $\Omega_1 = 3$  м<sup>2</sup>,  $\Omega_2 = 2$  м<sup>2</sup>, если диаметр отверстия  $d = 10$  см и первоначальная разность уровней  $H = 1,5$  м.

### Задача 6

По сифону диаметром  $d = 10$  см, длина которого  $L = 20$  м, вода поступает из резервуара А в резервуар В. Разность уровней воды в резервуарах  $H = 1$  м, а расстояние от уровня воды в резервуаре А до наивысшей точки сифона  $h = 3$  м. Определить расход воды  $Q$  и величину наибольшего вакуума в сифоне. Труба старая стальная

### Задача 7

Всасывающий трубопровод насоса имеет длину  $l = 5$  м и диаметр  $d = 32$  мм, высота всасывания  $h = 0,8$  м. Определить давление в конце трубопровода (перед насосом), если расход масла ( $\rho = 890$  кг/м<sup>3</sup>;  $\nu = 10$  мм<sup>2</sup>/с),  $Q = 50$  л/мин, коэффициент сопротивления колена  $\zeta_k = 0,3$ , вентиля  $\zeta_v = 4,5$ , фильтра  $\zeta_\phi = 10$ .

#### 8.2.1. Шкала и критерии оценки самоподготовки по темам практических занятий

- оценка «зачтено» выставляется, если обучающийся на основе самостоятельного изученного материала, смог всесторонне раскрыть теоретическое содержание темы. Владеет методиками при решении практических задач.
- оценка «не зачтено» выставляется, если обучающийся на основе самостоятельного изученного материала, не смог всесторонне раскрыть теоретическое содержание темы. Затрудняется решать практические задачи.

#### 8.3. Рекомендации по самостоятельной подготовке к лабораторным занятиям

В процессе подготовки к лабораторному занятию обучающийся изучает представленные ниже вопросы по темам. На занятии обучающийся демонстрирует свои знания по изученным вопросам в форме устного или письменного ответа.

#### ВОПРОСЫ для самоподготовки к лабораторным занятиям

##### Тема лабораторной работы: Исследование режимов движения жидкости в круглой трубе.

1. Назовите режимы движения жидкости и укажите их характерные особенности.
2. Поясните, что такое критерий Рейнольдса, и назовите факторы, от которых он зависит, и укажите, в чем заключается его физический смысл?
3. Поясните, что такое критическое число Рейнольдса?
4. Поясните, каким образом при гидравлических расчётах определяют режим движения жидкости и, с какой целью?
5. Какие существуют режимы движения жидкости?
6. Чем они визуально отличаются друг от друга?
7. Что называется, числом Рейнольдса?
8. Каково его критическое значение?
9. Что называется, критической скоростью?
10. Как определить режим движения в трубе по величине критической скорости? Как установить наличие того или другого режима не визуально, а расчетным путем?
11. Как влияют геометрические размеры потока на установление того или иного режима движения жидкости?
12. Как влияет вязкость на режим движения?
13. Как влияет температура на режим движения?
14. Что называется, вязкостью? Сформулируйте закон Ньютона о трении.
15. Какими коэффициентами оценивается вязкость жидкости?
16. Каково практическое приложение знания режимов жидкости?

##### Тема лабораторной работы: Определение потерь напора и коэффициентов сопротивления трубопровода.

1. На преодоление каких потерь затрачивается энергия при движении жидкости по трубопроводу?
2. В какую форму переходит механическая энергия потока, теряемая при движении?
3. Что такое средняя скорость потока?
4. Как влияет шероховатость на потери энергии?
5. Как экспериментально определить коэффициент трения и коэффициент местного сопротивления?

6. Как проявляются на изменение величины коэффициента трения условия протекания жидкости при различных режимах движения?
7. Как определить шероховатость трубы?
8. Почему сужение, расширение, вентиль, муфтовое закругление оказывают различные сопротивления?
9. Как в работе измеряют расход воды, текущей по трубопроводу?
10. Физический смысл критериев Эйлера и Рейнольдса?
11. Как определить полный перепад давления (напор) в системе?
12. Записать формулу пьезометрического напора.
13. Что называется гидродинамическим напором?
14. Записать формулу гидродинамического напора.
15. Какие есть виды потерь напора?
16. От каких факторов зависят потери напора? Записать и пояснить формулу Дарси-Вейсбаха.
17. В чем разница между гидравлически гладкой и гидравлически шероховатой трубой?
18. В чем разница между гидравлически гладкой и технической гладкой трубой?
19. Пояснить влияние шероховатости стенок трубы на величину путевых потерь.
20. Что называется гидравлическим уклоном? пьезометрическим уклоном?

**Тема лабораторной работы: Исследование уравнения Д. Бернулли на примере водомера Вентури.**

1. Каково назначение водомера Вентури?
2. На каком принципе основана работа водомерных устройств?
3. Запишите уравнение Бернулли и дайте геометрическую и физическую интерпретацию уравнения.
4. Что называется пьезометрической высотой и пьезометрическим (статическим) напором?
5. Покажите на рисунке разность пьезометрических высот и пьезометрических напоров при горизонтальном и наклонном положении водомера.
6. Изменяются ли формулы для определения расхода водомера при наклонном положении водомера?
7. Записать и пояснить уравнение неразрывности потока.
8. В какой зависимости находится соотношение между скоростями в сечениях водомера от соотношения диаметров в этих сечениях?
9. Как определить константу  $\alpha$  и чему она равна?
10. Какого рода потери имеются в водомере?
11. Пояснить влияние потерь при вычислении теоретического расхода.
12. Чем вызвано введение коэффициента в формулу расхода?
13. Пояснить, зачем устраивается суженная вставка между конусами водомера.
14. Что называется диффузором и конфузуром?

**Тема лабораторной работы: Исследование истечения жидкости через насадки.**

1. Что называют насадком?
2. Перечислите известные типы насадков. Каково их назначение?
3. Почему пропускная способность цилиндрического насадка больше, чем отверстия?
4. Почему скорость струи, вытекающей из цилиндрического насадка, меньше, чем из отверстия? Изменится ли скорость струи, если несколько изменить размеры отверстия, сохраняя тот же напор истечения?
5. Изменится ли расход при изменении размера отверстия?
6. Как измерить вакуум внутри насадка?
7. Что называется полным напором? Как его определить?
8. Какова область практического применения насадков?

**Тема лабораторной работы: Исследование истечения жидкости через отверстия и насадки.**

1. Дайте определение терминов: «тонкая стенка», «малое отверстие».
2. Объясните виды сжатия струи при истечении из отверстия в тонкой стенке.
3. Чем обусловлено сжатие струи?
4. Какими коэффициентами характеризуется истечение жидкости из малого отверстия в тонкой стенке и какова их взаимосвязь?
5. Что характеризует коэффициент скорости и от чего он зависит?
6. Напишите формулу скорости и расхода из отверстия в атмосферу.
7. Чем отличаются формулы скорости и расхода при истечении через незатопленное и затопленное отверстие?
8. Что называется свободной и затопленной струей?

### **8.3.1. Шкала и критерии оценки самоподготовки по темам лабораторных занятий**

- оценка «зачтено» выставляется, если обучающийся на основе самостоятельного изученного материала, смог всесторонне раскрыть теоретическое содержание темы. Владеет методиками при решении практических задач.
- оценка «не зачтено» выставляется, если обучающийся неаккуратно оформил отчетный материал на основе самостоятельного изученного материала, не смог всесторонне раскрыть теоретическое содержание темы. Затрудняется решать практические задачи.

## 9. Промежуточная (семестровая) аттестация по курсу

### 9.1. Нормативная база проведения промежуточной аттестации обучающихся по результатам изучения дисциплины

<b>Нормативная база проведения промежуточной аттестации обучающихся по результатам изучения дисциплины:</b>	
1) действующее «Положение о текущем контроле успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования (бакалавриат, специалитет, магистратура) и среднего профессионального образования в ФГБОУ ВО Омский ГАУ»	
<b>Основные характеристики промежуточной аттестации обучающихся по итогам изучения дисциплины</b>	
<b>Цель промежуточной аттестации -</b>	установление уровня достижения каждым обучающимся целей и задач обучения по данной дисциплине, изложенным в п.1.1 настоящего документа
<b>Форма промежуточной аттестации -</b>	зачёт
<b>Место процедуры получения зачёта в графике учебного процесса</b>	1) участие обучающегося в процедуре получения зачёта осуществляется за счёт учебного времени (трудоемкости), отведённого на изучение дисциплины 2) процедура проводится в рамках ВАРС, на последней неделе семестра
<b>Основные условия получения обучающимся зачёта:</b>	1) обучающийся выполнил все виды учебной работы (включая самостоятельную) и отчитался об их выполнении в сроки, установленные графиком учебного процесса по дисциплине; 2) прошёл заключительное тестирование;

#### 9.1. Процедура проведения зачета

Зачет по дисциплине основывается на результатах выполнения предыдущих индивидуальных заданий обучающегося по данной дисциплине (лабораторные работы, практические занятия, расчетно-графической работы). Форма проведения зачета определяется преподавателем, ведущим данную дисциплину, утверждается на заседании кафедры, оформляется в виде фонда оценочных средств, входящего в учебно-методический комплекс дисциплины и доводится до обучающихся на первом занятии по дисциплине. При недостаточном охвате всех модулей дисциплины предыдущим контролем, во время зачета может проводиться дополнительный контроль, в том числе в форме теста. Зачет по дисциплине проводится на последнем занятии по дисциплине.

#### 9.1.1. Шкала и критерии оценивания

- оценка «зачтено» выставляется, если обучающийся выполнил все виды учебной работы (включая самостоятельную) и отчитался об их выполнении в сроки, установленные графиком учебного процесса по дисциплине. Прошёл заключительное тестирование.

- оценка «не зачтено» выставляется, если обучающийся не выполнил все виды учебной работы (включая самостоятельную) и не отчитался об их выполнении в сроки, установленные графиком учебного процесса по дисциплине.

#### 9.2. Заключительное тестирование по итогам изучения дисциплины

По итогам изучения дисциплины, обучающиеся проходят заключительное тестирование. Тестирование является формой контроля, направленной на проверку владения терминологическим аппаратом и конкретными знаниями в области фундаментальных и прикладных дисциплин.

#### Подготовка к заключительному тестированию по итогам изучения дисциплины

Тестирование осуществляется по всем темам и разделам дисциплины, включая темы, выносимые на самостоятельное изучение. Процедура тестирования ограничена во времени и предполагает максимальное сосредоточение обучающегося на выполнении теста, содержащего несколько тестовых заданий.

Тестирование проводится в электронной форме. Тест включает в себя 30 вопросов. Время, отводимое на выполнение теста - 30 минут. В каждый вариант теста включаются вопросы разных типов (одиночный и множественный выбор, открытые (ввод ответа с клавиатуры), на упорядочение, соответствие и др.). На тестирование выносятся вопросы из каждого раздела дисциплины.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина»

**Тестирование по итогам освоения дисциплины «Гидрогазодинамика»  
Для обучающихся направления подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность  
ФИО \_\_\_\_\_ группа \_\_\_\_\_**

Дата \_\_\_\_\_

Уважаемые обучающиеся!

Прежде чем приступить к выполнению заданий внимательно ознакомьтесь с инструкцией:

1. Отвечая на вопрос с выбором правильного ответа, правильный, на ваш взгляд, ответ (ответы) обведите в кружок.
2. В заданиях открытой формы впишите ответ в пропуск.
3. В заданиях на соответствие заполните таблицу.
4. В заданиях на правильную последовательность впишите порядковый номер в квадрат.
4. Время на выполнение теста – 30 минут
5. За каждый верный ответ Вы получаете 1 балл, за неверный – 0 баллов. Максимальное количество полученных баллов 30.

Желаем удачи!

1. Относительным покоем жидкости

- а) называется равновесие жидкости при постоянном значении действующих на нее сил тяжести и инерции
- б) называется равновесие жидкости при переменном значении действующих на нее сил тяжести и инерции
- в) называется равновесие жидкости при неизменной силе тяжести и изменяющейся силе инерции
- г) называется равновесие жидкости только при неизменной силе тяжести

2. Массовыми силами

- а) называют силы тяжести и сила инерции
- б) называют силы молекулярная и сила тяжести
- в) называют силы инерции и сила гравитационная
- г) называют силы давления и сила поверхностная

3. Давление, отсчитываемое от относительного нуля:

- а) называют абсолютным
- б) называют атмосферным
- в) называют избыточным
- г) называют вакуумметрическим

4. Поверхность уровня жидкости -

- а) поверхность, во всех точках которой давление изменяется по одинаковому закону
- б) поверхность, во всех точках которой давление одинаково
- в) поверхность, во всех точках которой давление увеличивается прямо пропорционально удалению от свободной поверхности
- г) свободная поверхность, образующаяся на границе раздела воздушной и жидкой сред при относительном покое жидкости

5. Дифференциальное уравнение равновесия жидкости

$$а) \begin{cases} -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} + F_x = 0 \\ -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial y} + F_y = 0 \\ -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial z} + F_z = 0 \end{cases}$$

$$в) \begin{cases} -\frac{1}{\gamma} \frac{\partial P}{\partial x} + F_x = 0 \\ -\frac{1}{\gamma} \frac{\partial P}{\partial y} + F_y = 0 \\ -\frac{1}{\gamma} \frac{\partial P}{\partial z} + F_z = 0 \end{cases}$$

$$\text{б) } \begin{cases} -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} + F_x = 0 \\ -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial y} + F_y = 0 \\ -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial z} + F_z = 0 \end{cases} \quad \text{г) } \begin{cases} -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} + F_0 = 0 \\ -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial y} + F_0 = 0 \\ -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial z} + F_0 = 0 \end{cases}$$

6. Основное уравнение гидростатического давления записывается в виде

а)  $P = P_{атм} + \rho gh;$                       в)  $P = P_0 + \rho gh;$

б)  $P = P_0 - \rho gh;$                       г)  $P = P_0 + \rho \gamma h;$

7. Второе свойство гидростатического давления гласит

- а) гидростатическое давление постоянно и всегда перпендикулярно к стенкам резервуара
- б) гидростатическое давление изменяется при изменении местоположения точки
- в) гидростатическое давление неизменно в горизонтальной плоскости
- г) гидростатическое давление неизменно во всех направлениях

8. Сила, действующая со стороны жидкости на погруженное в нее тело равна

а)  $F = W_{тела} \rho_{тела} g$                       в)  $F = g \gamma \rho_{ж}$

б)  $F = W \gamma$                       г)  $F = \rho_{ж} g h_{погр}$

9. Поверхностными называются силы

- а) вызванные воздействием объемов, лежащих на поверхности жидкости
- б) вызванные воздействием соседних объемов жидкости и воздействием других тел
- в) вызванные воздействием давления боковых стенок сосуда
- г) вызванные воздействием атмосферного давления

10. Жидкость

- а) это физическое вещество, способное заполнять пустоты
- б) это физическое вещество, способное изменять форму под действием сил
- в) это физическое вещество, способное изменять свой объем
- г) это физическое вещество, способное течь

11. Вязкость газа при увеличении температуры

- а) увеличивается
- б) уменьшается
- в) остается неизменной
- г) сначала уменьшается, а затем остается постоянной

12. Понятие «идеальная» жидкость означает

- а) невязкая
- б) несжимаемая
- в) не текучая
- г) движущаяся равномерно

13. Единицами измерения коэффициента кинематической вязкости являются

- а)  $\text{м}^2/\text{с}^2$
- б) Па
- в) Па·с
- г)  $\text{м}^2/\text{с}$

14. Особенностью ньютоновских жидкостей является то, что для них...

- а) вязкость не зависит от температуры и давления
- б) несправедлив закон внутреннего трения Ньютона
- в) справедлив закон внутреннего трения Ньютона
- г) модуль упругости не изменяется с увеличением температуры

15. Совершенный газ

- а) давление, плотность и абсолютная температура удовлетворяет уравнению Клапейрона  $P/\rho=RT$
- б) давление, удельный вес и абсолютная температура удовлетворяет уравнению Клапейрона  $P/\gamma=RT$
- в) абсолютное давление, плотность и температура удовлетворяет уравнению Клапейрона  $P/\rho=Rt$
- г) атмосферное давление, удельный вес и температура удовлетворяет уравнению Клапейрона  $P_{ат}/\gamma=Rt$

16. Гидравлическим ударом

- а) называют давления при внезапном изменении скорости движения жидкости в трубе
- б) называют резкое изменение давления при внезапном изменении скорости движения жидкости в трубе
- в) называют резкое изменение напора при внезапном уменьшении скорости движения жидкости в трубе
- г) называют изменение давления при изменении скорости движения жидкости в трубе

17. Если расход воды равен 14 л/с, а диаметр отверстия составляет 5 см, то перепад уровней воды при истечении из внешнего цилиндрического насадка, расположенного в стенке открытого бака при истечении под уровень, равен ... м.

- а) 7,72
- б) 2,3
- в) 3,86
- г) 4,6

18. Расход жидкости при истечении через отверстие равен

а)  $Q = \mu \cdot \omega_0 \cdot \sqrt{2gH}$

б)  $Q = \mu \cdot \omega_c \cdot \sqrt{2gH}$

в)  $Q = 2\varphi \cdot \omega \cdot \sqrt{2gH}$

г)  $Q = g \cdot \omega_0 \cdot \sqrt{2\mu H}$

19. Давление струи жидкости на ограждающую площадку определяется по формуле

а)  $P = \frac{V}{g} Q\gamma$       б)  $P = \frac{\gamma}{g} QV$

б)  $P = \frac{g}{\gamma} QV$       г)  $P = \frac{\gamma}{V} Qg$

20. Изменение формы поперечного сечения струи при истечении её в атмосферу называется

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

21. Скорость истечения жидкости через отверстие равна

а)  $V = \varphi^2 \cdot \sqrt{2gH}$

б)  $V = \sqrt{2gH}$

в)  $V = 2 \cdot \sqrt{2gH}$

г)  $V = \varphi \cdot \sqrt{2gH}$

22. Сжатие струи жидкости, вытекающей из резервуара через отверстие, обусловлено

- а) вязкостью жидкости
- б) движением жидкости к отверстию от различных направлений
- в) давлением соседних с отверстием слоев жидкости
- г) силой тяжести и силой инерции

23. Сложными называются трубопроводы

- а) имеющие значительную протяженность
- б) не имеющие ответвлений
- в) имеющие ответвления
- г) в которых местные потери напора малы
- д) в которых местные потери напора велики

24. Два открытых бака соединены простым длинным трубопроводом постоянного диаметра 150 мм (модуль расхода  $K = 160,62$  л/с). Если перепад уровней в баках составляет 4,5 м, а длина его 55 м, то расход жидкости в трубе равен ... л/с.

- а) 17,05
- б) 4,6
- в) 34,1
- г) 45,95

25. Режим движения жидкости определяется

- а) по графику Никурадзе
- б) по номограмме Колбрука-Уайта
- в) по числу Рейнольдса
- г) по формуле Вейсбаха-Дарси

26. Гидравлические сопротивления делятся на

- а) линейные и квадратичные виды
- б) местные и нелинейные виды
- в) нелинейные и линейные виды
- г) местные и линейные виды

27. Максимальная скорость движения жидкости при ламинарном режиме

- а) у стенок трубопровода
- б) в центре трубопровода
- в) может быть максимальной в любом месте
- г) в начале трубопровода

28. Если ввести в движущуюся жидкость, находящуюся в стеклянной трубе (см. рисунок), подкрашенную жидкость и обнаружится, что жидкость движется как на данном рисунке, то речь идет о ... режиме движения.



- а) переходном
- б) ламинарном
- в) турбулентном
- г) кавитация

29. Установившееся движение характеризуется уравнениями

а)  $u = f(x, y, z, t); P = \varphi(x, y, z)$

б)  $u = f(x, y, z, t); P = \varphi(x, y, z, t)$

в)  $u = f(x, y, z); P = \varphi(x, y, z, t)$

г)  $u = f(x, y, z); P = \varphi(x, y, z)$

30. В закрытом сосуде эюра избыточного давления в общем виде имеет вид ...

а) треугольника

б) трапеции

### 9.2.1. Шкала и критерии оценивания

ответов на тестовые вопросы тестирования по итогам освоения дисциплины

- «зачтено» *выставляется обучающемуся, если получено более 70% правильных ответов.*

- «не зачтено» - *выставляется обучающемуся, если получено менее 70% правильных ответов.*

### 9.4 Перечень примерных вопросов к зачету

1. Какие вы знаете сходства и различия в свойствах жидкости и твердого тела?
2. Какие вы знаете сходства и различия в свойствах жидкости и газа?
3. Как найти объем жидкости, плотность и масса которой известны?
4. В чем различие понятий «плотность» и «удельный вес»?
5. Что такое сжимаемость капельной жидкости или газа?
6. Как определяется коэффициент термического расширения?
7. Если жидкость, полностью заполняющую закрытый недеформируемый сосуд, подогреть, то что произойдет с давлением в ней?
8. Какое из действий (увеличение или снижение давления над поверхностью жидкости) приведет к прекращению начавшегося кипения?
9. Как определяется коэффициент динамической вязкости? Какую размерность он имеет?
10. Какая связь существует между коэффициентами динамической и кинематической вязкости?
11. Если предположить, что вода и бензин имеют одинаковые значения кинематического коэффициента вязкости, то одинаковы ли при этом значения динамического коэффициента вязкости?
12. Дайте определения понятий «поверхностное натяжение» и «краевой угол смачивания».
13. Что такое гидростатическое давление?
14. Назовите свойства гидростатического давления.
15. Равновесие жидкости нарушится, когда минимальное абсолютное давление будет равно давлению насыщенного пара жидкости.
16. Запишите дифференциальные уравнение равновесия Эйлера.
17. Какой вид имеет дифференциальное уравнение поверхности уровня?
18. Перечислите и интерпретируйте свойства поверхности уровня равного давления.
19. Назовите условие равновесия невесомой жидкости.
20. Назовите условие равновесия жидкости в поле силы тяжести.
21. Дайте геометрическую и энергетическую интерпретацию основного уравнения гидростатики.
22. Как выглядят условия относительного равновесия жидкости в поле силы тяжести?
23. Какие условия равновесия газа в поле силы тяжести вы знаете?
24. В соответствии с какой формулой можно описать распределение давления воздуха по высоте?
25. Что описывает формула барометрического нивелирования?
26. Что такое равнодействующая сил давления, воспринимаемая стенкой?
27. Что называется центром давления?
28. Как определяется равнодействующая сил давления на плоскую горизонтальную поверхность?
29. Как выглядит поверхность равного давления для случая плоской горизонтальной поверхности?
30. На основании какого баланса определяется равнодействующая сил давления на произвольно ориентированную плоскую поверхность?
31. Каким выражением определяется положение центра давления относительно пьезометрической плоскости?
32. Каким выражением нужно использовать, чтобы определить расстояние между центром давления и центром тяжести смоченной поверхности?
33. Что называется телом давления?
34. Дайте словесное выражение закона Архимеда.
35. Что называется относительным покоем жидкости?

42. Какие массовые силы действуют на частицы жидкости в состоянии относительного покоя?
43. Каким соотношением описывается распределение давления в состоянии относительного покоя при равноускоренном движении сосуда с жидкостью?
44. Что представляют собой поверхности уровня равного давления при равноускоренном движении сосуда с жидкостью?
45. Каким соотношением описывается распределение давления в состоянии относительного покоя при равномерном вращении сосуда с жидкостью?
46. Что представляют собой поверхности уровня равного давления при равномерном вращении сосуда с жидкостью?
47. Какую систему уравнений называют уравнениями Эйлера?
48. Какую систему уравнений называют уравнениями Лагранжа?
49. Может ли кинематика одного и того же потока изучаться как методом Эйлера, так и методом Лагранжа?
50. Каким образом связаны друг с другом координаты Эйлера и
51. Лагранжа?
52. Какие движения называются установившимися и
53. неустановившимися?
54. Какие движения называются равномерными и неравномерными?
55. Что такое живое сечение, смоченный периметр гидравлический радиус, средняя скорость потока?
56. Дайте определение понятий «линия тока», «трубка тока».
57. Запишите уравнение линии тока.
58. Какой метод кинематического исследования преимущественно используется на практике?
59. Проявлением какого закона сохранения является уравнение неразрывности?
60. Какой вид имеет уравнение неразрывности для неустановившегося и установившегося движения несжимаемой среды?
61. Запишите обобщенную форму уравнения неразрывности.
62. На основании какого закона динамики исследуется кинематика потоков жидкости и газа?
63. Какой баланс сил рассматривается при выводе уравнения движения невязких жидкостей?
64. Как выглядит уравнение движения невязких жидкостей в обобщенной форме?
65. Напишите уравнение движения невязкой жидкости вдоль линии тока (одномерные уравнения Эйлера, Бернулли).
66. Какой баланс сил рассматривается при выводе уравнения движения вязких жидкостей?
67. Как преобразуется уравнение движения невязких жидкостей в уравнение движения вязкой жидкости с использованием компонент напряжений (нормальных и касательных)?
68. Запишите пространственную форму уравнения движения вязких жидкостей.
69. Как выглядит уравнение Бернулли (одномерная форма уравнения Эйлера) для вязкой жидкости при равенстве скоростей в каждой точке проходного сечения?
70. Как выглядит уравнение Бернулли для потока вязкой среды?
71. Что такое коэффициент Кориолиса?
72. На какие составляющие можно разложить сопротивление жидкостей и газов движущимся в них телам?
73. Какое явление называют кризисом сопротивления?
74. Каким образом распределяется давление по поверхности обтекаемого тела?
75. Что называют пограничным слоем?
76. Как определяется толщина пограничного слоя?
77. Каков механизм отрыва пограничного слоя?
78. Что такое гидродинамический (аэродинамический) след?
79. Дайте определение понятия «сопротивление при течении вязких жидкостей в каналах».
80. Как называется и как выглядит уравнение для расчета потерь напора на трение?
81. Для чего используется уравнение Никурадзе?
82. Как выглядит уравнение для расчета местных сопротивлений?
83. Какие местные сопротивления вы знаете?
84. Что понимается под обобщенным коэффициентом сопротивления?
85. Какие два случая необходимо различать при рассмотрении скорости распространения возмущений в газовой среде?
86. Какие колебания называются звуковыми?
87. Какое уравнение сохранения используется при рассмотрении скорости звука?
88. Как можно определить скорость звука при адиабатическом, изоэнтропном течении газа?
89. Какой вид будет иметь закон сохранения полной (механической и внутренней) энергии газового потока, при условии адиабатичности процесса распространения колебаний в газовой среде, в любом сечении сужающегося канала?
90. Что такое кризис течения в сужающемся канале? Какими параметрами он характеризуется?
91. Чему будет равняться скорость течения в выходном сечении сужающегося канала при значении давления окружающей среды, меньшем критического давления?

92. Чему будет равняться скорость течения в выходном сечении сужающегося канала при значении давления окружающей среды, большем критического давления?
93. Можно ли получить в сужающемся канале скорость больше критической?
94. Что нужно для того, чтобы в выходном канале устанавливалось давление окружающей среды меньше критического давления?
95. Какой канал называют соплом Лаваля?
96. Что означает понятие «скачок уплотнения» и при каких режимах течения газа он возникает?
97. Что означает понятие «торможение потока»?
98. Какое значение для различных сечений имеют параметры торможения адиабатического изоэнтропного потока газа?
99. Какое значение для различных сечений имеют параметры торможения адиабатического изоэнтропного потока газа с трением, для которого энтропия вдоль потока меняется?
100. Какая связь между критическими параметрами и параметрами торможения?
101. Что называется газодинамической функцией?
102. Что описывает число Маха?
103. Что называется коэффициентом скорости?

### **9.2.2. Шкала и критерии оценивания ответов на вопросы по итогам освоения дисциплины**

- оценка «зачтено» выставляется обучающемуся, если вопрос раскрыт, во время дискуссии высказывается собственная точка зрения на обсуждаемую проблему, демонстрируется способность аргументировать доказываемые положения и выводы.

- оценка «не зачтено» выставляется, если обучающийся не способен доказать и аргументировать собственную точку зрения по вопросу, не способен сослаться на мнения ведущих специалистов по обсуждаемой проблеме

## **10. Информационное и методическое обеспечение учебного процесса по дисциплине**

В соответствии с действующими государственными требованиями для реализации учебного процесса по дисциплине обеспечивающей кафедрой разрабатывается и постоянно совершенствуется учебно-методический комплекс (УМКД), соответствующий данной рабочей программе и прилагаемый к ней. При разработке УМКД кафедра руководствуется установленными университетом требованиями к его структуре, содержанию и оформлению. В состав УМКД входят перечисленные ниже и другие источники учебной и учебно-методической информации, средства наглядности.

Электронная версия актуального УМКД, адаптированная для обучающихся, выставляется в электронной информационно-образовательной среде университета.

<b>ПЕРЕЧЕНЬ литературы, рекомендуемой для изучения дисциплины</b>	
Автор, наименование, выходные данные	Доступ
Гидрогазодинамика : учебно-методическое пособие / составители И. В. Верхотурова, О. А. Агапотова. — Благовещенск : АмГУ, 2017 — Часть 1 : Гидромеханика — 2017. — 82 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/156559">https://e.lanbook.com/book/156559</a> . — Режим доступа: для авториз. пользователей.	<a href="https://e.lanbook.com">https://e.lanbook.com</a>
Гидрогазодинамика : учебно-методическое пособие / составители И. В. Верхотурова. — Благовещенск : АмГУ, 2017 — Часть 2 : Газовая динамика — 2019. — 73 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/156560">https://e.lanbook.com/book/156560</a> . — Режим доступа: для авториз. пользователей.	<a href="https://e.lanbook.com">https://e.lanbook.com</a>
Дюкова, И. Н. Теплотехника. Контрольная работа по курсу «Гидрогазодинамика»: методические указания для студентов очной и заочной форм обучения по направлению 280700.62 «Техносферная безопасность» : методические указания / И. Н. Дюкова. — Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2013. — 20 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/45382">https://e.lanbook.com/book/45382</a> . — Режим доступа: для авториз. пользователей.	<a href="https://e.lanbook.com">https://e.lanbook.com</a>
Карпов, К. А. Прикладная гидрогазодинамика : учебное пособие / К. А. Карпов, Р. О. Олехнович. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 100 с. — ISBN 978-5-8114-3180-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/213017">https://e.lanbook.com/book/213017</a> . — Режим доступа: для авториз. пользователей.	<a href="https://e.lanbook.com">https://e.lanbook.com</a>

Килина, М. С. Газодинамика : учебное пособие / М.С. Килина, Д.Д. Дымочкин. — Москва : ИНФРА-М, 2021. — 50 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-109746-5. - Текст : электронный. - URL: <a href="https://znanium.com/catalog/product/1816755">https://znanium.com/catalog/product/1816755</a> . — Режим доступа: по подписке.	<a href="https://new.znanium.com">https://new.znanium.com</a>
Кудинов, А. А. Газодинамика : учебное пособие / А.А. Кудинов. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 336 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-010326-6. - Текст : электронный. - URL: <a href="https://znanium.com/catalog/product/1876254">https://znanium.com/catalog/product/1876254</a> . — Режим доступа: по подписке.	<a href="https://new.znanium.com">https://new.znanium.com</a>
Куликов, А. А. Газодинамика : учебное пособие / А. А. Куликов, И. В. Иванова, И. Н. Дюкова. — Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2015. — 64 с. — ISBN 978-5-9239-0760-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/68444">https://e.lanbook.com/book/68444</a> . — Режим доступа: для авториз. пользователей.	<a href="https://e.lanbook.com">https://e.lanbook.com</a>
Шейпак, А. А. Гидравлика и гидропневмопривод. Основы механики жидкости и газа : учебник / А. А. Шейпак. — 6-е изд., испр. и доп. — Москва : ИНФРА-М, 2024. — 272 с. — (Высшее образование). - ISBN 978-5-16-019380-9. - Текст : электронный. - URL: <a href="https://znanium.com/catalog/product/2113849">https://znanium.com/catalog/product/2113849</a> . — Режим доступа: по подписке.	<a href="https://new.znanium.com">https://new.znanium.com</a>
Штеренлихт Д. В. Гидравлика : учебник для вузов / Д. В. Штеренлихт. — 3-е изд., перераб. и доп. - Москва : КолосС, 2004. -656 с. — Текст : непосредственный.	НСХБ
Водные ресурсы. — Москва : Академкнига, 1972. — . — Выходит 6 раз в год. — ISSN 0321-0596. — Текст : непосредственный.	НСХБ
Экология. — Екатеринбург : Объединенная редакция, 1970 — . — Выходит раз в два месяца. — ISSN 0367-0597. — Текст : электронный. — URL: <a href="https://dlib.eastview.com/browse/publication/79320">https://dlib.eastview.com/browse/publication/79320</a> . — Режим доступа: по подписке.	<a href="https://eivis.ru">https://eivis.ru</a>

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Омский государственный аграрный университет

имени П.А. Столыпина»

Факультет агрохимии, почвоведения,  
экологии, природообустройства и водопользования

Кафедра природообустройства,  
водопользования и охраны водных ресурсов

Направление – 20.03.01 – Техносферная безопасность»

Индивидуальное задание

по дисциплине Гидрогазодинамика

на тему: \_\_\_\_\_

Выполнил(а): ст. \_\_\_\_ группы

ФИО \_\_\_\_\_

Проверил(а): *уч. степень, должность*

ФИО \_\_\_\_\_

Омск – \_\_\_\_\_г.