

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
Воркутинский филиал
Ухтинского государственного технического университета
(ВФ УГТУ)



УТВЕРЖДАЮ

Директор ВФ УГТУ

Л. П. Полякова

(подпись)

(И. О. Фамилия)

22 " февраля 20 24 г.

(подпись)

(И.О. Фамилия)

" " 20 г.

(подпись)

(И. О. Фамилия)

" " 20 г.

(подпись)

(И.О. Фамилия)

" " 20 г.

(подпись)

(И. О. Фамилия)

" " 20 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины **Гидравлика и нефтегазовая гидромеханика**

Кафедра **Недропользования, строительства и менеджмента**

Направление подготовки **21.03.01 Нефтегазовое дело**

Профиль подготовки: **Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки**

Форма обучения: **очная**

Курс **2**

Семестр **3**

Год начала подготовки **2024**

Рабочая программа по дисциплине **Термодинамика и теплопередача** разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки **21.03.01 Нефтегазовое дело**, утвержденным Приказом Минобрнауки России от 09.02.2018 № 96, учебным планом, одобренным Учебно-методическим советом университета (заседание УМС от 27.02.2024, протокол № 03).

Разработчик
Старший преподаватель кафедры



Г. И. Коломоец

Рассмотрено на заседании					
кафедры, реализующей ОПОП			Ученого совета филиала		
Дата, номер протокола	ФИО зав. кафедрой	Подпись зав. кафедрой	Дата, номер протокола	ФИО председателя совета	Подпись председателя совета
Протокол № 06 от 16.02.2024.	Полякова Л.П.		Протокол №07 от 21.02.2024.	Полякова Л.П.	

Согласовано:

Руководитель ОПОП
Старший преподаватель каф. НСиМ



В. А. Михайлов

Аннотация рабочей программы по дисциплине «Гидравлика и нефтегазовая гидромеханика»

Цель преподавания дисциплины

приобретение обучаемыми теоретических знаний и практических навыков по применению законов механики жидкости для решения конкретных инженерных задач.

Задачи изучения

- изучить законы гидростатического давления жидкости на различные стенки сосудов, резервуаров и труб;
- изучить виды и законы движения жидкости в трубах;
- изучить уравнения и законы внешнего потока жидкости;
- научиться определять потери давления и силы, возникающие при движении жидкости;
- приобрести знания и навыки, позволяющие выполнять гидравлические расчёты нефтегазопроводов, трубопроводов систем водоснабжения.

В ходе изучения дисциплины у обучающегося формируются следующие компетенции:

ОПК-1. Способен решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общинженерные знания

ОПК-4.Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные.

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1. Цель преподавания дисциплины

Цель преподавания дисциплины «Гидравлика и нефтегазовая гидромеханика» состоит в обучении студентов основным законам движения и покоя жидкостей и газов, а также в применении этих законов для решения конкретных инженерных задач.

1.2. Задачи изучения дисциплины

При изучении курса «Гидравлика и нефтегазовая гидромеханика» перед студентами ставятся следующие задачи:

- изучить законы гидростатического давления жидкости на различные стенки сосудов, резервуаров и труб;
- изучить виды и законы движения жидкости в трубах;
- изучить уравнения и законы внешнего потока жидкости;
- научиться определять потери давления и силы, возникающие при движении жидкости;
- приобрести знания и навыки, позволяющие выполнять гидравлические расчёты нефти - и газопроводов.

1.3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)

№	Содержание формируемых компетенций	Индекс компетенции
Общепрофессиональные (ОПК)		
1	Способен решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общеинженерные знания	ОПК-1
2	Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные.	ОПК-4

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

знать:

- основные физические свойства жидкостей и газов; основы кинематики; общие законы и уравнения статики и динамики жидкостей и газов; одномерные потоки жидкостей и газов; элементы подобия гидродинамических процессов; теория гидродинамических сопротивлений; реология; потоки вязких жидкостей; основы диффузионного массопереноса; роль гидравлики в нефтегазовом деле;

уметь:

- рассчитывать силы давления жидкости на плоские и криволинейные стенки
- сформулировать и решить внутреннюю задачу течения жидкости по трубопроводной сети в соответствии с техническим заданием;

владеть:

- навыками гидравлического расчёта участков нефтегазопроводов.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

2.1. Перечень дисциплин, освоение которых студентами необходимо для изучения данной дисциплины:

Высшая математика (дифференциальное и интегральное исчисление, обыкновенные дифференциальные уравнения, векторный анализ, уравнения в частных производных); Физика (механика, молекулярная физика); Теоретическая механика (статика и динамика); Прикладная математика (программирование и расчёты на ЭВМ).

2.2. Перечень дисциплин, изучение которых базируется на материале данной дисциплины:

В свою очередь, данный курс, помимо самостоятельного значения, является предшествующей дисциплиной для специальных курсов: Основы автоматизации технологических процессов нефтегазового производства, Метрология, стандартизация и сертификация, Эксплуатация газонефтепроводов, Сооружение газонефтепроводов и газонефтехранилищ,

3. Структура и содержание дисциплины:

Общая трудоемкость дисциплины: зачетные единицы – 5

часы – 180

3.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Семестр	Всего часов	Итого контактные часы	В том числе					СРС	Контроль	КП, КР, РГР, контр. раб, реферат	Экзамен	Зачет
			Лек.	Лаб.	Пр.	ИЗ	АК					
3	180	52	16	-	32	2	2	101	27	-	+	-
ИТОГО	180	52	16	-	32	2	2	101	27	-	+	-

3.1.1. Объем часов и зачетных единиц по дисциплине

Наименование темы дисциплины	Всего часов	Формируемые компетенции	Аудиторные занятия	в том числе			СРС
				лекции	практические	лабораторные	
1.Введение	6,5	ОПК-1 ОПК-4	0,5	0,5	-	-	6
2.Физические свойства жидкости и газа.	8,5		2,5	0,5	2	-	6
3.Давление в покое жидкости.	11,5		5,5	1,5	4	-	6
4.Силы давления жидкости на поверхности.	9,5		1,5	1,5	-	-	8
5.Основные понятия кинематики и динамики жидкости.	9,5		1,5	1,5	-	-	8
6.Основные уравнения гидродинамики.	15,5		5,5	1,5	4	-	10
7.Основы теории гидравлических сопротивлений	11,5		1,5	1,5	-	-	10
8.Ламинарное течение жидкости.	9,5		1,5	1,5	-	-	8
9.Турбулентное течение жидкости.	15,5		5,5	1,5	4	-	10
10.Гидравлический расчет трубопроводов.	21,5		11,5	1,5	10	-	10
11.Подобие гидромеханических процессов .	11,5		1,5	1,5	-	-	10
12.Истечение жидкости из отверстий и насадков. Безнапорное движение жидкости	18,5		9,5	1,5	8	-	9
ИЗ	2	х	х	х	х	х	х
АК	2	х	х	х	х	х	х
Контроль	27	х	х	х	х	х	х
Всего часов	180	х	48	16	32		101

3.1.2. Наименование тем, их содержание, объем в часах лекционных занятий (по семестрам)

№ темы	Наименование темы	Основное содержание темы	Кол-во часов
1	Введение	Цели и задачи курса и его связь со смежными дисциплинами. Роль отечественных ученых в развитии гидравлики и аэродинамики	0,5
2	Физические свойства жидкости и газа.	Модель сплошной среды и границы её расширение, давление насыщенного пара, уравнение состояния газа. Закон Ньютона внутреннего трения в жидкости.	0,5
3	Давление в покоящейся жидкости.	Массовые и поверхностные силы. Напряжения. Гидростатическое давление и его свойства. Основное уравнение гидростатики. Абсолютное, манометрическое, избыточное давления. Вакуум. Закон Паскаля.	1,5
4	Силы давления жидкости на поверхности.	Силы давления жидкости на плоские поверхности. Центр давления. Силы давления жидкости на криволинейные поверхности. Горизонтальная и вертикальная составляющие. Закон Архимеда. Условия равновесия плавающих тел.	1,5
5	Основные понятия кинематики и динамики жидкости.	Установившееся движение, линия и трубка тока, элементарная струйка и поток. Виды потоков: напорный, безнапорный, гидравлические струи. Поперечные сечения. Площадь, смоченный периметр и эквивалентный диаметр.	1,5
6	Основные уравнения гидродинамики.	Уравнение неразрывности потока. Уравнение Бернулли для элементарной струйки и потока идеальной и реальной жидкости. Физический смысл и графическое представление уравнения Бернулли. Виды гидравлических сопротивлений.	1,5
7	Основы теории гидравлических сопротивлений	Основные законы равномерного движения и вязкого трения. Режимы движения. Местные сопротивления и напоры.	1,5
8	Ламинарное течение жидкости.	Распределение скорости в поперечном сечении круглой трубы. Расход, средняя скорость. Формула Пуазейля. Коэффициент гидравлического сопротивления.	1,5
9	Турбулентное течение жидкости.	Структура турбулентного потока. Осредненные скорости. Пульсации скоростей. Касательные напряжения. Опыты Никурадзе. Определение потерь напора в круглой трубе при турбулентном режиме.	1,5
10	Гидравлический расчет трубопроводов.	Классификация трубопроводов: короткие и длинные; простые и сложные. Основные задачи расчета трубопроводов. Расчет короткого трубопровода. Расчет длинного трубопровода.	1,5
11	Подобие гидромеханических процессов .	Общие принципы. Подобие преобразований уравнений Навье-Стокса. Основные критерии гидродинамического подобия.	1,5
12	Истечение жидкости из отверстий и насадков. Безнапорное движение жидкости	Истечение через малое отверстие и внешний цилиндрический насадок... Расчет скоростей и расходов. Формулы Шези. Расчет безнапорных труб.	1,5
		Всего	16

3.1.3. Наименование тем (вопросов), выделенных для самостоятельной работы студентов

№№ тем	Наименование темы (вопроса)	Основное содержание темы (вопроса)	Объем в часах	Литература
1	Введение	Цели и задачи курса и его связь со смежными дисциплинами. Роль отечественных ученых в развитии гидравлики и аэродинамики.	6	ОЛ-1-4 ДЛ-5-9 М-1-2
2	Физические свойства жидкости и газа.	Модель сплошной среды и границы её расширения, давление насыщенного пара, уравнение состояния газа. Закон Ньютона внутреннего трения в жидкости.	6	ОЛ-1-4 ДЛ-5-9 М-1-2
3	Давление покоящейся жидкости.	Массовые и поверхностные силы. Напряжения. Гидростатическое давление и его свойства. Основное уравнение гидростатики. Абсолютное, манометрическое, избыточное давления. Вакуум. Закон Паскаля.	6	ОЛ-1-4 ДЛ-5-9 М-1-2
4	Силы давления жидкости на поверхности.	Силы давления жидкости на плоские поверхности. Центр давления. Силы давления жидкости на криволинейные поверхности. Горизонтальная и вертикальная составляющие. Закон Архимеда. Условия равновесия плавающих тел.	8	ОЛ-1-4 ДЛ-5-9 М-1-2
5	Основные понятия кинематики и динамики жидкости.	Установившееся движение, линия и трубка тока, элементарная струйка и поток. Виды потоков: напорный, безнапорный, гидравлические струи. Поперечные сечения. Площадь, смоченный периметр и эквивалентный диаметр.	8	ОЛ-1-4 ДЛ-5-9 М-1-2
6	Основные уравнения гидродинамики.	Потери напора при резком расширении потока. Формула Борда - Карно	10	ОЛ-1-4 ДЛ-5-9 М-1-2
7	Режимы движения жидкости.	Опыты Рейнольдса. Ламинарный и турбулентный режим движения. Физический смысл числа Рейнольдса.	10	ОЛ-1-4 ДЛ-5-9 М-1-2
8	Ламинарное течение жидкости.	Распределение скорости в поперечном сечении круглой трубы. Расход, средняя скорость. Формула Пуазейля. Коэффициент гидравлического сопротивления.	8	ОЛ-1-4 ДЛ-5-9 М-1-2
9	Турбулентное течение жидкости.	Структура турбулентного потока. Осредненные скорости. Пульсации скоростей. Касательные напряжения. Опыты Никурадзе. Определение потерь напора в круглой трубе при турбулентном режиме.	10	ОЛ-1-4 ДЛ-5-9 М-1-2
10	Гидравлический расчет трубопроводов.	Расчет газопроводов при малых и больших перепадах давлений.	10	ОЛ-1-4 ДЛ-5-9 М-1-2

11	Гидравлический удар в трубах.	Скорость распространения гидравлического удара. Прямой и не прямой гидравлический удар. Повышение давления.	10	ОЛ-1-4 ДЛ-5-9 М-1-2
12	Истечение жидкости из отверстий и насадков.	Истечение через большое отверстие. Истечение при переменном напоре. Давление струи жидкости на твердые поверхности.	9	ОЛ-1-4 ДЛ-5-9 М-1-2
		Всего:	101	

Самостоятельная работа студентов направлена на закрепление и углубление полученных теоретических и практических знаний, развитие навыков практической работы и выполняется в соответствии с методическими указаниями.

3.1.4. Практические занятия, их содержание и объем в часах (по семестрам)

№№ тем	Наименование практических занятий (семинаров)	Основное содержание практических занятий (семинаров)	Кол-во часов
2	Физические свойства жидкости и газа.	Решение задач на физические свойства жидкости: плотность, сжимаемость, температурное расширение, вязкость и др.	2
3	Давление в покоящейся жидкости.	Решение задач на тему определения давления в покоящейся жидкости на основании показаний приборов и с использованием законов гидравлики.	4
6	Основные уравнения гидравлики.	Решение задач на тему: уравнение Бернулли и уравнение неразрывности.	4
9	Расчёт потерь напора в трубах.	Решение задач на тему: расчет потерь напора по длине и на местных сопротивлениях.	4
10	Расчёт коротких трубопроводов.	Решение задач на тему: определение давлений, расходов и диаметров труб.	5
10	Расчёт длинных трубопроводов.	Решение задач на тему: определение напоров трубопроводов диаметра труб.	5
12	Истечение жидкости	Решение задач на тему: истечение жидкости через отверстия и насадки.	8
		Всего	32

3.1.5. Лабораторные занятия - не предусмотрено учебным планом.

3.2. Перечень тем курсовых проектов (работ) - не предусмотрено учебным планом.

3.3. Перечень тем РГР – Гидравлический расчет трубопроводов (по вариантам)

3.4. Перечень тем рефератов – не предусмотрено учебным планом

3.5. Перечень тем контрольных работ – не предусмотрено учебным планом

3.6. Интерактивные образовательные технологии, используемые при проведении учебных занятий

Изучение дисциплины обеспечивается путем чтения лекций по основным разделам программы, обсуждения дискуссионных вопросов, проведения деловых и ролевых игр, «мозговых штурмов», решения задач и работа с тестами.

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки реализация компетентностного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (компьютерных симуляций, разбор конкретных ситуаций с использованием лабораторного оборудования), в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

4. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине, основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

4.1. Основная и дополнительная литература

№№ п-п	Автор и наименование	Вид пособия	Год издания	Кол-во экз. в библи.
Основная литература				
ОЛ-1	Пономарева, И. Н. Нефтегазовая гидромеханика: учебное пособие / И. Н. Пономарева, Д. А. Мартюшев. — Пермь: ПНИПУ, 2020. — 182 с. — ISBN 978-5-398-02312-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система.	УП	2020	https://e.lanbook.com/book/239666
ОЛ-2	Кузнецов, В. В. Гидромеханика и основы гидравлики. (Теоретический курс с примерами практических расчетов) : учебное пособие / В. В. Кузнецов, К. А. Ананьев. — Кемерово: КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2013. — 266 с. — ISBN 978-5-89070-905-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система.	УП	2013	https://e.lanbook.com/book/69473
ОЛ-3	Телков, А. П. Гидромеханика пласта применительно к прикладным задачам разработки нефтяных и газовых месторождений: учебное пособие / А. П. Телков, С. И. Грачёв. — Тюмень: ТюмГНГУ, 2009. — 240 с. — ISBN 978-5-9961-0056-9. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система.	УП	2009	https://e.lanbook.com/book/39404
ОЛ-4	Вольвак, С. Ф. Гидравлика: учебное пособие / С. Ф. Вольвак. — Москва: ИНФРА-М, 2021. — 438 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-015659-0. - Текст : электронный.	УП	2021	https://znanium.com/catalog/product/1045063
Дополнительная литература				
ДЛ-5	Попков, В. И. Газодинамика: основные понятия, формулы и уравнения: учебное пособие / В. И. Попков. - Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. - 212 с. - ISBN 978-5-9729-0922-3. - Текст: электронный.	УП	2022	https://znanium.com/catalog/product/1902584

ДЛ-6	Юдаев, В. Ф. Гидравлика: учебное пособие / В.Ф. Юдаев. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: ИНФРА-М, 2021. — 423 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — ISBN 978-5-16-014497-9. - Текст: электронный. -	УП	2021	https://znanium.com/catalog/product/996354
ДЛ-7	Мартюшев, Д. А. Современные методы гидродинамических исследований скважин и пластов: учебное пособие / Д. А. Мартюшев, И. Н. Пономарева. — Пермь: ПНИПУ, 2019. — 160 с. — ISBN 978-5-398-02134-9. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система.	УП	2019	https://e.lanbook.com/book/160509
ДЛ-8	Манжай, В.Н. Нефтяные дисперсные системы: учеб. пособие / В.Н. Манжай, Л.В. Чеканцева; Томский политехнический университет. — Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. - 148 с. - ISBN 978-5-4387-0720-2. - Текст: электронный.	УП	2016	https://znanium.com/catalog/product/1043930
ДЛ-9	Гидромеханика, гидравлика, механика жидкости и газа: учебное пособие / В. В. Кузнецов, К. А. Ананьев, А. Н. Ермаков, Ю. В. Дрозденко. — Кемерово: КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2019. — 109 с. — ISBN 978-00137-066-6. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система.	УП	2019	https://e.lanbook.com/book/122213

4.2. Методические пособия и указания

№№ п-п	Наименование	Год издания (состава)	Кол-во экз.
М-1	Пятибрат, В. П. Гидравлика [Электронный ресурс]: Задания к расчетно-графической работе для студентов дневной формы обучения : Методические указания / Владимир Павлович Пятибрат. - Ухта : Изд-во Ухтинского государственного технического университета, 2016. - 34 с. : табл.	2016	http://lib.ugtu.net/book/27708
М-2	Пятибрат, В. П. Гидравлика [Электронный ресурс]: Задания на контрольные работы для безотрывной формы обучения : Методические указания / Владимир Павлович Пятибрат, Галина Александровна Еске. - Ухта: Изд-во Ухтинского государственного технического университета, 2016. - 35 с. : табл	2016	http://lib.ugtu.net/book/27709
М-3	Основные физические свойства жидкостей и газов [Электронный ресурс]: Методические указания / Василий Георгиевич Сансиев. - Ухта: Изд-во Ухтинского государственного технического университета, 2009. - 24 с.	2009	: http://lib.ugtu.net/book/509

M-4	Рочев, А. Н. Сборник задач по гидравлике [Электронный ресурс]: Методические указания / Алексей Николаевич Рочев, Галина Александровна Еске. - Ухта: Изд-во Ухтинского государственного технического университета, 2013. - 27 с.	2013	http://lib.ugtu.net/book/1399 2
-----	---	------	--

5. Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

5.1. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины,

http://www.ph4s.ru/book_ph_gidravlika.html
<http://www.techgidravlika.ru/>
<http://www.progidravliku.ru/>
<http://letitbit.net/download>

Рекомендуется использовать подключенные в УГТУ электронно-библиотечные системы:

<http://lib.ugtu.net/>
<http://e.lanbook.com/books;>
<http://nglib.ru/index.jsp>
<http://ibooks.ru;>

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

6. Фонд оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине представлен в Приложении.

В филиале действует балльно-рейтинговая система оценки знаний студентов.

При разработке оценочных средств для контроля качества изучения дисциплин учитываются все виды связей между включенными в них знаниями, умениями, навыками, позволяющие установить качество сформированных у обучающихся компетенций по видам деятельности.

При проектировании оценочных средств необходимо предусматривать оценку способности обучающихся к творческой деятельности, их готовности вести поиск решения новых задач, связанных с недостаточностью конкретных специальных знаний и отсутствием общепринятых алгоритмов профессионального поведения.

Помимо индивидуальных оценок используются групповые и взаимные оценки: рецензирование студентами работ друг друга; оппонирование студентами рефератов, проектов, выпускных, исследовательских работ и др.; экспертные оценки группами, состоящими из студентов, преподавателей и работодателей и т.п.

7. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для проведения:

– *лекционных занятий* имеются аудитории, оснащенные современным оборудованием (мультипроектор, DVD, компьютер и т.п.);

– *практических занятий* – компьютерные классы, специально оснащенные аудитории;

– *самостоятельной учебной работы* студентов – внеаудиторная работа обучающихся сопровождается методическим обеспечением и обоснованием времени, затрачиваемого на ее выполнение. Реализация основных образовательных программ обеспечивается доступом каждого обучающегося к базам данных и библиотечным фондам, формируемым по полному перечню дисциплин основной образовательной программы. При самостоятельной подготовке обучающиеся обеспечены доступом к сети Интернет.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Ухтинский государственный технический университет»
ФГБОУ ВО «УГТУ»

Воркутинский филиал УГТУ

Кафедра разработки и эксплуатации месторождений полезных ископаемых

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

«Гидравлика и нефтегазовая гидромеханика»

21.03.01 Нефтегазовое дело

Бакалавр

Год поступления 2024

1. Перечень компетенций и этапы их формирования

Код и наименование компетенции	Этапы формирования компетенции (семестр/раздел/тема дисциплины)	Дескрипторные характеристики компетенции (основные признаки)
ОПК-1 Способен решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общетехнические знания	3 семестр, Темы 1-12	Знать основные принципы культуры общения. Уметь: рассчитывать и анализировать термодинамические процессы Владеть: методами расчета и анализа термодинамических процессов
		Знать способы оптимизации общения и компетентное общение в целом. Уметь анализировать температурные режимы систем и оборудования добычи, транспорта, хранения и переработки углеводородов Владеть математическим аппаратом, используемый в технической термодинамике
ОПК-4 Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные	3 семестр, Темы 1-12	Знать основные законы и расчетные соотношения термодинамики и теплопередачи Уметь применять их в профессиональной деятельности. Владеть методиками составления энергетических и тепловых балансов процессов производстве,
		Знать особенности тепловых процессов трубопроводов и энерготехнологического оборудования; Уметь применять их в профессиональной деятельности. Владеть методами расчета тепловых режимов систем и оборудования, способами прогнозирования теплового режима работы оборудования

2. Паспорт фонда оценочных средств

№ п/п	Контролируемые дидактические единицы (разделы, темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Форма контроля	Наименование оценочного средства
1	Темы 1-12	ОПК-1, ОПК-4	экзамен	Задачи для самостоятельной работы, вопросы для собеседования, вопросы к экзамену, тест

3. Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

Код компетенции	Показатели сформированности	Шкала оценивания	Критерии оценивания
ОПК-1 Способен решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и инженерные знания	Знать	Пороговый уровень (обязательный)	основные законы гидродинамики
		Повышенный уровень (по отношению к пороговому уровню)	принципы и расчетные соотношения механики жидкости
	Уметь	Пороговый уровень (обязательный)	рассчитывать и анализировать гидродинамические процессы
		Повышенный уровень (по отношению к пороговому уровню)	анализировать температурные режимы систем и оборудования добычи, транспорта, хранения и переработки углеводородов
	Владеть	Пороговый уровень (обязательный)	навыками работы с основными российскими и зарубежными приборами
		Повышенный уровень (по отношению к пороговому уровню)	методиками составления гидродинамических режимов при проектировании и эксплуатации трубопроводов
ОПК-4 Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные	Знать	Пороговый уровень (обязательный)	составы и свойства рабочих тел трубопроводного транспорта и свойства газов и жидкостей,
		Повышенный уровень (по отношению к пороговому уровню)	особенности гидравлических процессов трубопроводов и энерготехнологического оборудования;
	Уметь	Пороговый уровень (обязательный)	применять основные закономерности при решении задач гидромеханики;
		Повышенный уровень (по отношению к пороговому уровню)	использовать современное оборудование при эксплуатации трубопроводов
	Владеть	Пороговый уровень (обязательный)	навыками использования ресурсов информационно-телекоммуникационных сетей

		Повышенный уровень (по отношению к пороговому уровню)	методами применения современного оборудования, применяющегося при гидромеханических исследованиях
--	--	---	---

4. Компетентностно-ориентированные задания (КОЗ)

Основным средством формирования компетентностей выступают компетентностно-ориентированные задания: вопросы для собеседования по темам 1-12; задачи для выполнения самостоятельной работы, вопросы для подготовки к экзамену.

Данные КОЗ представляют собой комплексные задания, предназначенные для контроля уровня успеваемости и освоения компетенций у студента по всем разделам дисциплины. Для текущего контроля применяются собеседования и выполнение самостоятельной работы.

Собеседование - это средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с магистрантами на темы по каждому разделу дисциплины и рассчитанное на выяснение объема полученных знаний.

Рубежный контроль представляет собой экзамен.

4.1 Задачи для самостоятельной работы

ЗАДАЧА № 1

Исходные данные	Вариант				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
q , л/с	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7

Поток воды движется по напорному трубопроводу диаметром 40 мм с расходом q , л/с. Определить среднюю скорость потока при переходе на диаметр вдвое меньший.

ЗАДАЧА № 2

Исходные данные	Вариант				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
q , л/с	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
$p_{ман}$, кгс/см ²	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5

По горизонтальной трубе диаметром 20 мм движется вода с расходом q , л/с. Манометр показывает давление $p_{ман}$, кгс/см². Определить гидродинамический напор воды в трубе относительно её оси.

ЗАДАЧА № 3

Исходные данные	Вариант				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
p_1 , кгс/см ²	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5
V_1 , м/с	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
V_2 , м/с	21	22	23	24	25

В водоструйном насосе избыточное давление на подходе рабочей жидкости (воды) составило p_1 , кгс/см² при скорости потока V_1 , м/с. Определить избыточное давление в струе сопла, если скорость в ней составила V_2 , м/с (использовать уравнение Бернулли, пренебрегая потерями напора).

ЗАДАЧА № 4

Исходные данные	Вариант				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
$d, \text{мм}$	15	20	25	32	40
$q, \text{л/с}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5

Какой режим движения воды будет при температуре $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ в круглой напорной трубе диаметром $d, \text{мм}$, если расход равен $q, \text{л/с}$?

ЗАДАЧА № 5

Исходные данные	Вариант				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
$d, \text{мм}$	40	32	25	20	15

По напорной трубе диаметром $d, \text{мм}$ движется вода, температура которой составляет $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Определить расход в л/с , при котором наступает смена режима движения.

ЗАДАЧА № 6

Исходные данные	Вариант				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
$l, \text{м}$	100	200	300	400	500
$V, \text{м/с}$	0,6	0,9	0,6	0,9	0,6
$\nu, \text{см}^2/\text{с}$	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2

Определить потерю напора при движении нефти по прямолинейному участку напорной трубы диаметром 50 мм , длиной $l, \text{м}$ со скоростью $V, \text{м/с}$. Коэффициент кинематической вязкости нефти $\nu, \text{см}^2/\text{с}$.

ЗАДАЧА № 7

Исходные данные	Вариант				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
$l, \text{м}$	50	60	70	80	90
$t, \text{ }^{\circ}\text{C}$	10	20	30	40	50

По прямолинейному участку трубы диаметром 40 мм с абсолютной шеро-ховатостью стенок $\Delta = 1,2 \text{ мм}$ перекачивают воду со скоростью $1,2 \text{ м/с}$. Найти потерю напора, если длина трубы $l, \text{м}$ и температура воды $t, \text{ }^{\circ}\text{C}$.

ЗАДАЧА № 8

Исходные данные	Вариант				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
$d, \text{мм}$	50	100	50	100	50
$q, \text{л/с}$	2,0	9,0	2,6	10,0	3,0

В середине прямолинейного участка напорной трубы диаметром $d, \text{мм}$ и длиной 100 м установлена задвижка с коэффициентом гидравлического сопротивления $\zeta_m = 4$. Расход жидкости в трубе $q, \text{л/с}$, а коэффициент гидравлического трения $\lambda = 0,036$. Найти общую (суммарную) потерю напора.

ЗАДАЧА № 9

Исходные данные	Вариант				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
$l, м$	20	17	15	12	10
i	0,11	0,15	0,21	0,27	0,35

Гидравлический уклон у горизонтального напорного трубопровода длиной $l, м$ равен i . Определить потерю напора и построить напорную линию с трубопроводом в масштабе 1:100 при условии, что начальный напор на этом участке трубопровода составляет относительно оси трубы 15 м.

ЗАДАЧА № 10

Исходные данные	Вариант				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
$q, м^3/с$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5

Определить режим движения жидкости с вязкостью $\nu = 10^{-6} м^2/с$ в лотке прямоугольного сечения при расходе потока $q, м^3/с$. Ширина лотка 1 м, глубина безнапорного потока в нём 0,5 м.

ЗАДАЧА № 11

Исходные данные	Вариант				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
$d, мм$	100	150	200	250	300

Рассчитать уклон трубы, если скорость потока в ней $V = 1,5 м/с$, диаметр $d, мм$, коэффициент шероховатости стенок $n = 0,013$. Поток заполняет сечение трубы наполовину.

Фильтрация

ЗАДАЧА № 1

Исходные данные	Вариант				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
$h, м$	2	3	4	5	6

В бетонном резервуаре глубина воды составляет $h, м$. Площадь днища $100 м^2$, толщина 0,2 м, коэффициент фильтрации бетона $0,001 м/сут$. Под резервуаром имеется доступ воздуха. Определить, насколько понизится уровень воды в резервуаре за сутки при фильтрации воды в днище.

ЗАДАЧА № 2

Исходные данные	Вариант				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
$k_f, м/сут$	10	12	14	16	18
μ_v	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25

Определить приток грунтовых вод в котлован размером в плане 20 на 20 метров и глубиной 6 метров, из которого производится откачка. Дно котлована доходит до водоупора. Мощность грунтовых вод $H_e = 5 м$, коэффициент фильтрации грунта $k_f, м/сут$,

коэффициент его водоотдачи $\mu_в$. Время от начала откачки $t = 12$ сут. Уровень воды в котловане совпадает с поверхностью водоупора.

ЗАДАЧА № 3

Исходные данные	Вариант				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
$L, м$	10	15	20	25	30
$\delta, мм$	200	300	400	500	600

Через стену подвала длиной $L, м$ и толщиной $\delta, мм$ просочилось $25 м^3$ воды за сутки, причём с наружной стороны стены уровень грунтовых вод находится на 2 метра выше уровня пола подвала, по которому растеклась вода. Найти коэффициент фильтрации материала стены в $м/сут$.

Аэродинамика

ЗАДАЧА № 1

Исходные данные	Вариант				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
$t_в, ^\circ C$	20	20	20	20	20
$t_н, ^\circ C$	-20	-10	0	5	10

Определить естественную тягу вентиляционной шахты высотой $h = 10 м$, если температура воздуха в помещении $t_в, ^\circ C$, а снаружи $t_н, C$.

ЗАДАЧА № 2

Исходные данные	Вариант				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
$h, м$	10	12	14	16	18
l	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06

Определить потери давления в вентиляционной шахте сечением $140 \times 140 мм$, высотой $h, м$, при скорости движения воздуха в ней $V = 1 м/с$, если сопротивление на входе в шахту $\zeta_{вх} = 0,5$, а на выходе из неё $\zeta_{вых} = 1$. Коэффициент гидравлического трения стенок шахты λ .

ЗАДАЧА № 3

Исходные данные	Вариант				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
$V, м/с$	20	25	30	35	40

Определить, с какой силой действует ветер на щит размером $2 \times 2 м$. Скорость ветра равна $V, м/с$, коэффициент ветрового давления $k_g = 1$, а температура воздуха составляет $-40 ^\circ C$.

4.2 Вопросы для собеседования

- 1 Реальные и идеальные жидкости, основные понятия и определения.
- 2 Физические свойства жидкостей. Плотность, удельный вес, объем, удельный объем.

- 3 Сжимаемость жидкости, Коэффициент объемного сжатия, температурного расширения.
- 4 Упругость паров жидкости.
- 5 Назовите режимы движения жидкости и укажите их характерные особенности.
- 6 Поясните, что такое критерий Рейнольдса, и назовите факторы, от которых он зависит.
- 7 Поверхностное натяжение. Формула Лапласа.
- 8 Гидростатика. Гидростатическое давление (среднее, истинное). Единицы измерения давления.
- 9 Поясните, что такое абсолютное и избыточное гидростатическое давление и какова связь между ними?
- 10 Поясните, что такое критическое число Рейнольдса?
- 11 Поясните, каким образом при гидравлических расчётах определяют режим движения жидкости и, с какой целью?
- 12 Гидростатическое давление и его свойства? Объясните, что понимают под терминами:
- 13 «внешнее давление» и «весовое давление»?
- 14 Что такое техническая и физическая атмосфера, в каких единицах выражается.
- 15 Основное уравнение гидростатики. Напишите и поясните основное уравнение гидростатики.
- 16 Сформулируйте закон Паскаля.
- 17 Поясните, что такое критическая скорость, от каких факторов она зависит и как её определяют?
- 18 Какие приборы для измерения давления Вам известны?
- 19 Сформулируйте понятия гидравлического удара.
- 20 Прямой и не прямой гидравлический удар.
- 21 Чем отличается по назначению пьезометр от ртутного манометра?
- 22 Что называют относительным покоем жидкости?
- 23 Что такое фаза удара?
- 24 Объясните процесс изменения давления в трубопроводе, питаемом из резервуара,
- 25 при прямом гидравлическом ударе.
- 26 Что называют поверхностями равного давления?
- 27 Сформулируйте закон Архимеда.
- 28 Что называют насадкой, типы насадок, их назначение?
- 29 Коэффициент скорости. Что он учитывает, как определяется?
- 30 По какой формуле определяется сила давления жидкости на криволинейную поверхность?
- 31 Коэффициент расхода. Что он учитывает, как определяется?
- 32 Коэффициент сопротивления (отверстия, насадка). Как он определяется по опытными данным?
- 33 Что называют телом давления?

4.3. Вопросы для подготовки к экзамену

- 1 Что называется жидкостью?
- 2 Какие вы знаете жидкости?
- 3 Что такое плотность жидкости?
- 4 Что такое объёмный вес жидкости и как он связан с плотностью жидкости?
- 5 Что такое коэффициент объёмного сжатия жидкости?
- 6 Что такое коэффициент температурного расширения жидкости?

- 7 Какие вы знаете основные свойства капельных жидкостей?
- 8 Как рассчитать плотность идеального газа?
- 9 Какой процесс называется изотермическим? Запишите уравнение этого процесса.
- 10 Какой процесс называется политропическим? Запишите уравнение этого процесса.
- 11 Какой процесс называется адиабатическим? Запишите уравнение этого процесса.
- 12 Каково общее свойство капельных и газообразных жидкостей и что является их отличительным признаком?
- 13 Что такое вязкость жидкости?
- 14 В чем состоит сущность закона Ньютона внутреннего трения в жидкости?
- 15 Какая связь существует между динамической и кинематической вязкостью и какова их размерность в Международной системе единиц?
- 16 Какими приборами определяется вязкость жидкости?
- 17 Как изменяется кинематическая вязкость жидкостей и газов при изменении температуры?
- 18 Что понимают в гидравлике под идеальной жидкостью?
- 19 Какие законы изучает гидростатика?
- 20 Какие силы действуют в жидкости и чем они характеризуются?
- 21 Что называется абсолютным гидростатическим давлением?
- 22 Каковы основные свойства гидростатического давления?
- 23 В каких единицах измеряется гидростатическое давление?
- 24 Какими приборами измеряется гидростатическое давление?
- 25 Что называется манометрическим давлением и как оно измеряется?
- 26 Что называется давлением вакуума и как оно измеряется?
- 27 В чем заключается физический смысл величин, входящих в дифференциальные уравнения гидростатики Эйлера?
- 28 Напишите уравнение поверхности уровня (поверхности равного давления) в общем виде.
- 29 Какими свойствами обладает поверхности уровня (поверхности равного давления)?
- 30 Как записывается основное уравнение гидростатики?
- 31 В чем состоит сущность закона Паскаля?
- 32 Как рассчитать силу давления на плоскую наклонную стенку?
- 33 Что такое центр давления?
- 34 Как рассчитать горизонтальную составляющую силу давления жидкости на криволинейную поверхность?
- 35 Как рассчитать вертикальную составляющую силу давления жидкости на криволинейную поверхность?
- 36 В чем состоит сущность закона Архимеда?
- 37 В чем различие между установившимся и неустановившимся движением жидкости?
- 38 Что называется местной скоростью?
- 39 Что такое поле скоростей?
- 40 Что называется линией тока?
- 41 В чем отличие траектории жидкой частицы и линии тока?
- 42 Что называется трубкой тока?
- 43 Что называется элементарной стружкой?
- 44 Что называется потоком жидкости?
- 45 Что называется поперечным сечением потока?
- 46 Как рассчитываются площади поперечного сечения трубы, вентиляционного канала и межтрубного пространства соосных труб?
- 47 Что такое гидравлический радиус и что он характеризует?
- 48 Что такое эквивалентный диаметр и зачем он нужен?
- 49 Что объемный расход?
- 50 Что массовый расход?

- 51 Как рассчитать среднюю скорость в поперечном сечении?
- 52 Как записывается уравнение неразрывности потока при установившемся движении сжимаемой жидкости или газа?
- 53 Как записывается уравнение неразрывности потока при установившемся движении несжимаемой жидкости?
- 54 Какая разница между средней и местной скоростью?
- 55 Как записывается уравнение Бернулли для потока реальной жидкости?
- 56 В чем заключается геометрический смысл уравнения Бернулли?
- 57 В чем заключается энергетический смысл уравнения Бернулли?
- 58 Что такое гидравлический уклон? Когда он совпадает с пьезометрическим уклоном?
- 59 Приведите определение местных сопротивлений, по какой формуле находятся потери напора на местные сопротивления?
- 60 Как выражаются потери напора при внезапном расширении трубопровода?
- 61 На чем основан принцип работы измерительной диафрагмы?
- 62 Какие режимы движения существуют? Как определить режим движения в трубе?
- 63 Что такое число Рейнольдса, в чем его физический смысл и практическое значение?
- 64 По какой формуле определяются потери напора по длине при ламинарном течении в трубах?
- 65 Что такое пульсация скорости?
- 66 Что такое абсолютная и относительная шероховатость?
- 67 Что такое гидравлически гладкая и гидравлически шероховатая труба?
- 68 От каких факторов зависит коэффициент гидравлического трения при турбулентном режиме движения. По каким формулам его можно определить?
- 69 Что такое квадратичная область сопротивления?
- 70 Дайте определение, короткого, длинного, простого и сложного трубопроводов?
- 71 Какие основные виды расчетов встречаются при расчете трубопроводов?
- 72 Приведите порядок расчета перепада давлений в коротком трубопроводе при известных значения расхода и диаметра?
- 73 Приведите порядок расчета расхода короткого трубопровода при известных значения перепада давлений и диаметра?
- 74 Приведите порядок расчета диаметра короткого трубопровода при известных значения перепада давлений и расхода?
- 75 Что такое модуль расхода длинного трубопровода?
- 76 Как учитываются местные потери давления при расчете длинных трубопроводов?
- 77 Как рассчитываются потери напора в длинном трубопроводе?
- 78 Чему равна потеря давления на трение при последовательном соединении труб?
- 79 Какими гидравлическими особенностями характеризуется параллельное соединение труб?
- 80 Как найти повышение давления в трубе при внезапном закрывании задвижки?
- 81 Каковы особенности расчета воздухопроводов и газопроводов при малых разностях давления?
- 82 Как находятся потери давления в газопроводах высокого давления?
- 83 Как определяются потери давления в трубе при непрерывной раздаче расхода по пути?
- 84 Каким образом определяются потери давления на трение в трубах некруглого сечения?
- 85 Как можно учесть изменение пропускной способности трубопроводов в процессе их эксплуатации?
- 86 Почему опасно допускать большое загрязнение труб?
- 87 Какими особенностями характеризуется истечение через малое отверстие в тонкой стенке?
- 88 Что такое коэффициент сжатия струи?
- 89 Что такое коэффициент скорости? Какая связь существует между коэффициентом скорости и коэффициентом сопротивления при истечении?

- 90 Что учитывает коэффициент расхода при истечении из отверстия?
- 91 Как изменяется расход и скорость при истечении жидкости через наружный цилиндрический насадок по сравнению с истечением ее из малого круглого отверстия того же сечения в тонкой стенке сосуда?
- 92 Какое влияние оказывает напор на величину коэффициента расхода при истечении через цилиндрические насадки?
- 93 Какое влияние оказывает вязкость на истечение из отверстий и насадок?
- 94 Как влияет на расход жидкости затопление отверстия?
- 95 Какая связь существует между коэффициентами сопротивления, сжатия струи скорости и расхода при истечении из отверстий?
- 96 Какова причина увеличения расхода при истечении через наружный цилиндрический насадок (по сравнению с отверстием в тонкой стенке).

4.4 Образец тестового задания экзамена в форме тестирования

№ вопр.	Вопросы	№ отв	Варианты ответов
1	Что называется плотностью жидкости?	1	масса единицы объема
		2	вес единицы объема
		3	объем единицы массы
		4	энергия единицы веса
		5	все выше перечисленное
2	Какой процесс называется адиабатическим?	1	процесс, протекающий при постоянной температуре
		2	процесс, протекающей при постоянном объеме
		3	медленно протекающий процесс
		4	процесс, протекающей при постоянном давлении
		5	процесс, протекающий без теплообмена
3	Какова единица измерения кинематического коэффициента вязкости в СИ?	1	паскаль-секунда
		2	безразмерный
		3	Пуаз
		4	м ² /с
		5	теплопроводность
4	Укажите основное уравнение гидростатики	1	$p = p_0 + p_{ж} = p_0 + \rho h$
		2	$p = p_{атм} + \rho h_p$
		3	$p = p_0 + \rho h$
		4	$p_{изб} = p_{ман} = p - p_{атм} = \rho h_p$
		5	все выше перечисленное
5	Укажите формулу гидростатического напора	1	$H = z + h_p = z + \frac{p_{изб}}{\gamma}$
		2	$H = z + h_p + h_v = z + \frac{p_{изб}}{\gamma} + \frac{V^2}{2g}$
		3	$\frac{p_{изб1}}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{p_{изб2}}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g}$

		4	$H_1 = H_2 + \Delta H$
		5	$\Delta H = \sum h_l + \sum h_m$
6	Как называется касательная к вектору скорости?	1	вихревая линия
		2	линия тока
		3	трубка тока
		4	вихревая трубка
		5	элементарная струйка
7	Что представляет собой выражение $Q=VF$?	1	формулу напора
		2	формулу объемного расхода
		3	уравнение неразрывности для жидкости
		4	формулу массового расхода
		5	уравнение неразрывности для газа
8	Укажите формулу для определения давления в любой точке жидкости:	1	$p = p_0 + \left[h_0 - z + \frac{\omega^2 r^2}{2g} \right] \cdot \rho g$
		2	$p = p_{атм} + \Delta h_p$
		3	$\frac{p_{изб1}}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{p_{изб2}}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g}$
		4	$p = p_{атм} + \Delta h_p$
		5	$p = p_0 + \frac{\omega^2 (r^2 - r_0^2)}{2} \cdot \rho$
9	Как называется уравнение: $z + \frac{p}{\rho g} + \frac{v^2}{2g} = H = const$	1	уравнение Бернулли для потока вязкой жидкости
		2	уравнение Бернулли для потока жидкости
		3	уравнение Бернулли для газа
		4	уравнение Бернулли для элементарной струйки идеальной жидкости
		5	уравнение неразрывности для газа

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Формы контроля	Показатель	Краткая характеристика оценочного средства
Собеседование по вопросам тем	зачтено	Бакалавр демонстрирует формируемых компетенции ОПК-1, ОПК-4 как минимум на пороговом уровне.
	не зачтено	Не соответствует указанным критериям.
Самостоятельная работа	зачтено	Бакалавр демонстрирует формируемые компетенции ОПК-1, ОПК-4; как минимум на пороговом уровне.
	не зачтено	Оценка «не зачтено» ставится при невыполнении указанных критериев.
Экзамен	Неудовлетв.	ставится при освоении магистрантом пороговых уровней менее 50 % компетенций ОПК-1, ОПК-4
	Удовлетвор.	ставится при освоении магистрантом пороговых уровней более 50 % компетенций ОПК-1, ОПК-4
	Хорошо	ставится при освоении магистрантом повышенных уровней менее 50 % компетенций ОПК-1, ОПК-4
	Отлично	ставится при освоении магистрантом повышенных уровней более 50 % компетенций ОПК-1, ОПК-4

При этом в своих ответах студент демонстрирует:

- полноту знаний теоретического и практического материала;
- умение собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из различных источников;
- умение четко, ясно, логично и грамотно излагать свои мысли, делать умозаключения и выводы;
- умение пользоваться нормативными документами в области безопасности в чрезвычайных ситуациях;
- умение определять, формулировать проблему по рассматриваемому вопросу и находить пути её решения;
- умение самостоятельно принимать решения на основе проведенных исследований;
- умение и готовность к использованию прикладных программных средств;
- умение создавать содержательную презентацию выполненной работы;
- способность к публичной коммуникации;
- способность интегрировать знания из новых и междисциплинарных областей для решения поставленных задач.

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**1. Рабочая программа по дисциплине «Гидравлика и нефтегазовая гидромеханика»
определение содержания, объема, порядка**

Обучение проводится последовательно путем чтения лекций с углублением и закреплением полученных знаний в ходе самостоятельной работы с последующим переводом знаний в умения в ходе клинических практических занятий. На лекциях излагаются лишь основные, имеющие принципиальное значение и наиболее трудные для понимания и усвоения вопросы. Теоретические знания, полученные студентами на лекциях и при самостоятельном изучении курса по литературным источникам, закрепляются на практических занятиях. Следует также учитывать, что конспект лекций отражает лишь основные моменты по изучаемой теме и без проработки учебной литературы не может дать требуемый объем знаний. Особое внимание следует уделить приводимым практическим работам и соответствующим комментариям, изложенным в учебно-методических указаниях.

ФОС дисциплины – предназначены для использования обучающимися, вузом, для оценивания результативности и качества учебного процесса, образовательных программ, степени их адекватности условиям будущей профессиональной деятельности.

ФОС промежуточной (семестровой) аттестации обучающихся по модулю (дисциплине) предназначен для оценки степени достижения запланированных результатов обучения по завершению изучения дисциплины в установленной учебным планом форме: (Приложение 1. Вопросы для проведения промежуточной и итоговой аттестации).

Для самостоятельной работы важное значение имеют разделы «Содержание дисциплины» и «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины». В первом разделе указываются все разделы и темы изучаемой дисциплины, а также виды занятий и планируемый объем в академических часах, рекомендуемая литература и электронные образовательные ресурсы. Работая с РПД, необходимо обратить внимание на следующее:

- отдельные разделы или темы дисциплины не разбираются на лекциях, но отводятся на самостоятельное изучение по рекомендуемой учебной литературе и учебно-методическим разработкам;

- усвоение теоретических положений, методик, расчетных формул и др., входящих в самостоятельно изучаемые темы дисциплины необходимо самостоятельно контролировать по вопросам для самоконтроля в учебных изданиях и в разделе 5 настоящих методических указаний;

- материалы тем, отведенных на самостоятельное изучение, в обязательном порядке входят составной частью в темы текущего и промежуточного контроля;

- на каждое практическое занятие отводится один час самостоятельной работы для выполнения домашнего задания, полученного в аудитории;

- учебные материалы различного вида и назначения, разработанные сотрудниками кафедры или взятые из внешних источников, которые рекомендуются для использования студентами при изучении теоретического курса, подготовке рефератов. Эти материалы доступны студенту в электронной форме в режиме чтения. Запрещается фрагменты Методических рекомендаций сканировать и вставлять в свою работу.

1.1. Описание последовательности действий студента

Приступая к изучению дисциплины, необходимо в первую очередь ознакомиться содержанием РП дисциплины студентами

При изучении и проработке теоретического материала для студентов обучения

необходимо:

- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- при самостоятельном изучении теоретической темы сделать конспект, используя рекомендованные в РП литературные источники и ЭОР.
- ответить на контрольные вопросы, по теме представленные в Конспекте лекций РПД.
- при подготовке к итоговому контролю использовать материалы ФОС (Приложение 1)

Практические занятия проводятся с целью углубления и закрепления знаний, полученных на лекциях и в процессе самостоятельной работы над нормативными документами, учебной и научной литературой.

При подготовке к практическому занятию для студентов необходимо:

- изучить, повторить теоретический материал по заданной теме;
- изучить материалы Практикума по заданной теме, уделяя особое внимание расчетным формулам;
- при выполнении домашних расчетных заданий, изучить, повторить типовые задания, выполняемые в аудитории.

1.2 Рекомендации по работе с научной и учебной литературой

Работа с учебной и научной литературой является главной формой самостоятельной работы и необходима при подготовке к устному опросу на семинарских занятиях, к модульным контрольным работам, тестированию, зачету. Она включает проработку лекционного материала – изучение рекомендованных источников и литературы по тематике лекций. Конспект лекции должен содержать реферативную запись основных вопросов лекции, предложенных преподавателем схем (при их демонстрации), основных источников и литературы по темам, выводы по каждому вопросу. Конспект должен быть выполнен в отдельной тетради по предмету. Он должен быть аккуратным, хорошо читаемым, не содержать не относящуюся к теме информацию или рисунки.

Конспекты научной литературы при самостоятельной подготовке к занятиям должны быть выполнены также аккуратно, содержать ответы на каждый поставленный в теме вопрос, иметь ссылку на источник информации с обязательным указанием автора, названия и года издания используемой научной литературы. Конспект может быть опорным (содержать лишь основные ключевые позиции), но при этом позволяющим дать полный ответ по вопросу, может быть подробным. Объем конспекта определяется самим студентом.

В процессе работы с учебной и научной литературой студент может

- делать записи по ходу чтения в виде простого или развернутого плана (создавать перечень основных вопросов, рассмотренных в источнике);
- составлять тезисы (цитирование наиболее важных мест статьи или монографии, короткое изложение основных мыслей автора);
- готовить аннотации (краткое обобщение основных вопросов работы);
- создавать конспекты (развернутые тезисы, которые).

Работу с литературой следует начинать с анализа РП **«Гидравлика и нефтегазовая гидромеханика»**, в которой перечислены основная и дополнительная литература, учебно-методические издания необходимые для изучения дисциплины и работы на практических занятиях.

Выбрав нужный источник, следует найти интересующий раздел по оглавлению или алфавитному указателю, а также одноименный раздел конспекта лекций или учебного пособия. В случае возникших затруднений в понимании учебного материала следует обратиться к другим источникам, где изложение может оказаться более доступным.

Необходимо отметить, что работа с литературой не только полезна как средство более глубокого изучения любой дисциплины, но и является неотъемлемой частью профессиональной деятельности будущего выпускника.

3 . Самостоятельная работа

Методические указания по организации внеаудиторной самостоятельной работы на занятии способствуют организации последовательного изучения материала, вынесенного на самостоятельное освоение в соответствии с учебным планом, программой учебной дисциплины/профессионального модуля (РП п. 4.1.3.) и имеет такую структуру как:

- тема;
- вопросы и содержание материала для самостоятельного изучения;
- форма выполнения задания;
- алгоритм выполнения и оформления самостоятельной работы;
- критерии оценки самостоятельной работы;
- рекомендуемые источники информации (литература основная, дополнительная, нормативная, ресурсы Интернет и др.).

Самостоятельная работа (СР) как вид деятельности студента многогранна. В качестве форм СР при изучении дисциплины предлагаются:

- работа с научной и учебной литературой;
- подготовка доклада к практическому занятию;
- более глубокое изучение с вопросами, изучаемыми на практических занятиях;
- подготовка к тестированию и зачету;

Задачи самостоятельной работы:

- обретение навыков самостоятельной научно-исследовательской работы на основании анализа текстов литературных источников и применения различных методов исследования;
- выработка умения самостоятельно и критически подходить к изучаемому материалу.

Технология СР должна обеспечивать овладение знаниями, закрепление и систематизацию знаний, формирование умений и навыков. Апробированная технология характеризуется алгоритмом, который включает следующие логически связанные действия студента:

- чтение текста (учебника, пособия, конспекта лекций);
- конспектирование текста;
- решение задач и упражнений;
- подготовка к деловым играм;
- ответы на контрольные вопросы;
- составление планов и тезисов ответа.

4. Рекомендации и указания для выполнения практических работ студентами

Модуль 1 «Основные физические свойства жидкости и газа»

Тренировочные задачи и упражнения

Для освоения теоретического материала и материала учебников приведены примеры решения задач по первой теме.

Пример 0.1.

Плотность и объем первой жидкости равны 1000 кг/м^3 и 6 см^3 . Плотность и объем второй жидкости 800 кг/м^3 и 4 см^3 . Определить плотность смеси этих жидкостей.

Решение:

По определению плотности масса первой и второй жидкости равны:

$$M_1 = \rho_1 V_1, M_2 = \rho_2 V_2 .$$

Плотность смеси находим по определению:

$$\rho_{см} = \frac{M_{см}}{V_{см}} = \frac{M_{см}}{V_{см}} = \frac{M_1 + M_2}{V_1 + V_2} = \frac{\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2}{V_1 + V_2} =$$

$$= \frac{1000 \cdot 6 \cdot 10^{-6} + 800 \cdot 4 \cdot 10^{-6}}{6 \cdot 10^{-6} + 4 \cdot 10^{-6}} = 920 \text{ кг/м}^3$$

Ответ: плотность смеси равна 920 кг/м³

Пример 0.2.

Проводятся гидравлические испытания водопровода длиной 5 км и диаметром 2 м. Необходимо повысить давление в нём до 4 МПа. Какой объём воды необходимо дополнительно закачать в водопровод? Коэффициенты объёмного сжатия принять равными $5 \cdot 10^{-10}$ 1/Па.

Решение:

Из определения коэффициента объёмного сжатия жидкости следует, что изменение объёма воды равно $dV = -\beta_p V dp$. Объём жидкости в трубе – это объём цилиндра диаметром D и длиной ℓ . Поэтому

$$\Delta V = \beta_p V \Delta p = \beta_p \frac{\pi D^2}{4} \ell \Delta p = 5 \cdot 10^{-10} \frac{3,14 \cdot 2^2}{4} 5000 \cdot 4 \cdot 10^6 = 31,4 \text{ м}^3$$

Ответ: необходимо закачать 31,4 м³ воды.

Пример 0.3.

Определить плотность воды при температуре 44 С°, если при температуре 4 С° плотность воды 1000 кг/м³. Коэффициент температурного расширения воды принять равным $4,8 \cdot 10^{-4}$ 1/С°.

Решение:

Обозначим величины при температуре 4 С° индексом 1, а при температуре 44 С° индексом 2. Тогда плотность жидкости при температуре 44 С° равна:

$$\rho_2 = \frac{M}{V_2} = \frac{M}{V_1 + \Delta V}.$$

Изменение объёма воды при изменении температуры найдём из определения коэффициента температурного расширения: $\Delta V = \beta_t V_1 (t_2 - t_1)$.

Тогда плотность воды будет равна:

$$\rho_2 = \frac{M}{V_2} = \frac{M}{V_1 + \beta_t V_1 (t_2 - t_1)} = \frac{\rho_1}{1 + \beta_t (t_2 - t_1)} =$$

$$= \frac{1000}{1 + 4,8 \cdot 10^{-4} (44 - 4)} = 981 \text{ кг/м}^3.$$

Ответ: плотность воды при температуре 44 С° равна 981 кг/м³.

Пример 0.4.

В баке компрессора воздух находится при давлении 0,2 МПа и температуре 20 С°. В баке образовалось отверстие, через которое происходит истечение воздуха в атмосферу ($p_{ат} = 0,1$ МПа). Определить температуру вытекающего воздуха. Указание: процесс истечения считать адиабатическим ($k = 1,5$).

Решение:

Обозначим величины в баке компрессора индексом 1, а истекающего воздуха индексом 2. Запишем уравнения состояния и уравнение процесса:

$$\rho_1 = \frac{p_1}{R' T_1}; \quad \rho_2 = \frac{p_2}{R' T_2}; \quad \frac{p_1}{\rho_1^k} = \frac{p_2}{\rho_2^k}.$$

Из этих уравнений исключаем плотности:

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{p_1 T_2}{p_2 T_1}; \quad \frac{p_1}{p_2} = \frac{\rho_1^k}{\rho_2^k}.$$

Отсюда

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{\rho_1}{\rho_2} \frac{p_2}{p_1} = \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{1}{k}} \frac{p_2}{p_1} = \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{1}{k}-1}.$$

Тогда температура воздуха при истечении равна

$$T_2 = T_1 \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{1}{k}-1} = (273 + 20) \left(\frac{0,2 \cdot 10^6}{0,1 \cdot 10^6} \right)^{\frac{1}{1,5}-1} = 293 \cdot 2^{\frac{1}{3}} = 233 \text{ К}.$$

или $t_2 = T_2 - 273 = -40 \text{ C}^\circ$

Ответ: температура истекающего воздуха равна -40°C .

Защита по данной теме

Проверка уровня знаний студентов по данной теме осуществляется с помощью решения контрольных задач.

Ниже приведены несколько вариантов контрольных задач.

Задача 0.1

Плотность и объем первой жидкости равны 1000 кг/м^3 и 5 см^3 . Плотность второй жидкости 700 кг/м^3 . Какой объем второй жидкости необходимо взять, чтобы плотность смеси была равна первой 750 кг/м^3 .

Задача 0.2

Плотность первой, второй жидкости и их смеси равны: 1000 кг/м^3 , 800 кг/м^3 , 825 кг/м^3 . Определить отношение объемов первой жидкости ко второй в смеси.

Задача 0.3

Определить плотность воды при давлении $2,1 \text{ МПа}$, если при давлении $0,1 \text{ МПа}$ плотность воды 1000 кг/м^3 . Коэффициенты объёмного сжатия и температурного расширения принять равными: $5 \cdot 10^{-10} \text{ 1/Па}$ и $4,8 \cdot 10^{-4} \text{ 1/C}$.

Задача 0.4

Определить плотность воды при температуре 54 C , если при температуре 4 C плотность воды 1000 кг/м^3 . Коэффициенты объёмного сжатия и температурного расширения принять равными: $5 \cdot 10^{-10} \text{ 1/Па}$ и $4,8 \cdot 10^{-4} \text{ 1/C}$.

Задача 0.5

Определить модуль упругости жидкости, если при увеличении давления на 15 МПа её объём изменился с 200 см^3 до $198,6 \text{ см}^3$.

Задача 0.6

Определить коэффициент температурного расширения воздуха, если при увеличении температуры с 20 до 50 C плотность воздуха изменилась с $1,20$ до $1,14 \text{ кг/м}^3$.

Задача 0.7

Определить повышение давления в жестком полностью закрытом сосуде, если его нагреть на 60 C . Коэффициенты объёмного сжатия и температурного расширения принять равными: $5 \cdot 10^{-10} \text{ 1/Па}$ и $4,8 \cdot 10^{-4} \text{ 1/C}$.

Задача 0.8

Определить повышение давления в водопроводе длиной 4 км и диаметром 720 мм , если в него дополнительно закачать 20 л воды. Коэффициенты объёмного сжатия и температурного расширения принять равными: $5 \cdot 10^{-10} \text{ 1/Па}$ и $4,8 \cdot 10^{-4} \text{ 1/C}$.

Задача 0.9

При гидравлических испытаниях водопровода длиной 3 км и диаметром 500 мм

необходимо повысить давление в нём до 10 МПа. Какой объём воды необходимо дополнительно закачать в водопровод? Коэффициенты объёмного сжатия и температурного расширения принять равными $5 \cdot 10^{-10}$ 1/Па и $4,8 \cdot 10^{-4}$ 1/С.

Задача 0.10

При истечении воздуха из бака давление уменьшилось в 1,5 раза. Во сколько раз уменьшилась абсолютная температура, если процесс истечения адиабатический ($k = 1,33$).

Задача 0.11

При истечении воздуха из бака абсолютная температура уменьшилось в 2 раза. Во сколько раз уменьшилась плотность воздуха, если процесс истечения адиабатический ($k = 1,5$)?

Задача 0.12

При истечении воздуха из бака плотность уменьшилось в 2 раза. Во сколько раз уменьшилась абсолютная температура воздуха, если процесс истечения адиабатический ($k = 1,5$).

Задача 0.13

Определить плотность воздуха на таком расстоянии от поверхности земли, где температура равна - 43 С, а давление 0,04 МПа.

Задача 0.14

Плотность и объём жидкости равны 1000 кг/м^3 и 4 см^3 . Плотность второй жидкости 1200 кг/м^3 . Какой объём второй жидкости необходимо взять, чтобы плотность смеси была равна первой 1150 кг/м^3 .

Задача 0.15

Плотность первой, второй жидкости и их смеси равны: 1000 кг/м^3 , 1200 кг/м^3 , 1125 кг/м^3 . Определить отношение объёмов первой жидкости ко второй в смеси.

Задача 0.16

Определить плотность воды при давлении 4,1 МПа, если при давлении 0,1 МПа плотность воды 1000 кг/м^3 . Коэффициенты объёмного сжатия и температурного расширения принять равными: $5 \cdot 10^{-10}$ 1/Па и $4,8 \cdot 10^{-4}$ 1/С.

Задача 0.17

Определить плотность воды при температуре 54 С, если при температуре 4 С плотность воды 1000 кг/м^3 . Коэффициенты объёмного сжатия и температурного расширения принять равными: $5 \cdot 10^{-10}$ 1/Па и $4,8 \cdot 10^{-4}$ 1/С.

Задача 0.18

Определить модуль упругости жидкости, если при увеличении давления на 15 МПа её объём изменился с 400 см^3 до 398 см^3 .

Задача 0.19

Определить коэффициент температурного расширения воздуха, если при увеличении температуры с 20 до 60 С плотность воздуха изменилась с $1,20$ до $1,06 \text{ кг/м}^3$.

Задача 0.20

Определить повышение давления в жестком полностью закрытом сосуде, если его нагреть на 20 С. Коэффициенты объёмного сжатия и температурного расширения принять равными: $5 \cdot 10^{-10}$ 1/Па и $4,8 \cdot 10^{-4}$ 1/С.

Задача 0.21

Определить повышение давления в водопроводе длиной 5 км и диаметром 200 мм, если в него дополнительно закачать 10 л воды. Коэффициенты объёмного сжатия и температурного расширения принять равными: $5 \cdot 10^{-10}$ 1/Па и $4,8 \cdot 10^{-4}$ 1/С.

Задача 0.22

При гидравлических испытаниях водопровода длиной 5 км и диаметром 200 мм необходимо повысить давление в нём до 5 МПа. Какой объём воды необходимо дополнительно закачать в водопровод? Коэффициенты объёмного сжатия и температурного расширения принять равными $5 \cdot 10^{-10}$ 1/Па и $4,8 \cdot 10^{-4}$ 1/С.

Задача 0.23

При истечении воздуха из бака давление уменьшилось в 1,5 раза. Во сколько раз уменьшилась абсолютная температура, если процесс истечения адиабатический ($\kappa = 1,5$).

Задача 0.24

При истечении воздуха из бака абсолютная температура уменьшилась в 2 раза. Во сколько раз уменьшилась плотность воздуха, если процесс истечения адиабатический ($\kappa = 1,33$)?

Задача 0.25

При истечении воздуха из бака плотность уменьшилось в 2 раза. Во сколько раз уменьшилась абсолютная температура воздуха, если процесс истечения адиабатический ($\kappa = 1,33$).

Задача 0.26

Определить плотность воздуха на таком расстоянии от поверхности земли, где температура равна - 50 С, а давление 0,02 МПа.

Данная методика проведения практических занятий сохраняется и для остальных тем практических занятий.

Гидравлический расчет трубопроводов

Задача 1

Заданные параметры	Обозначение	Единицы измерения
Расход жидкости через трубопровод:	Q	л /мин (см ³ /с)
Высота уровня жидкости в пьезометре сечении I:	$p_1/\rho g$	см
Геометрическая высота в i-м сечении:	$Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5, Z_6$	см
Длина гидролиний:	$L_{1-2}, L_{2-3}, L_{3-4}, L_{4-5}, L_{5-6}$	м
Диаметры гидролиний:	$d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6$	мм
Местные сопротивления:		
Вид местного сопротивления/ номер сечения трубопровода		
присоединительные штуцера		
плавные колена 90°;		
угольники сверленные;		
разъемные муфты		
всасывающий клапан		
фильтр		
дроссель		
золотниковый распределитель.		
Материал трубопровода		
Рабочая жидкость.		

При расчетах напорных трубопроводов основной задачей является либо определение пропускной способности (расхода), либо потери напора на том или ином участке, равно как и на всей длине, либо диаметра трубопровода на заданных расходе и потерях напора.

Учитывая гидравлическую схему работы длинных трубопроводов, их можно разделить также на *простые* и *сложные*. Простыми называются последовательно соединенные трубопроводы одного или различных сечений, не имеющих никаких ответвлений. К сложным трубопроводам относятся системы труб с одним или несколькими ответвлениями, параллельными ветвями и т.д.

Жидкость по трубопроводу движется благодаря тому, что ее полная энергия (полная удельная энергия) в начале трубопровода больше, чем в конце. Это может создаваться несколькими способами: работой насоса, разностью уровней жидкости, давлением газа.

Для расчета трубопровода, определения потерь напора по длине трубопровода, в местных сопротивлениях и построения гидродинамической (напорной) и пьезометрической линий необходимы следующие основные исходные данные:

- расход жидкости через трубопровод;
- геометрическое положение центров тяжести поперечных сечений трубопровода;
- конструктивные параметры трубопровода: диаметры и длина трубопровода;
- физические свойства рабочей жидкости.

При расчете трубопровода принимается ряд допущений, основными из которых являются следующие: рабочая жидкость считается несжимаемой;

температура жидкости, основные физические свойства жидкости (плотность, вязкость, модуль объемной упругости и др.) принимаются постоянными; рассматривается установившееся движение жидкости;

коэффициенты гидравлических сопротивлений постоянны; разрыва потока жидкости не происходит.

Справочные данные приведены в таблицах.

Таблица 2. Значения абсолютной шероховатости Δ (в мм) для трубопроводов из различных материалов

Значения абсолютной шероховатости Δ , мм	
Стекло	0
Трубы, тянутые из латуни, свинца, меди	0...0,002
Высококачественные бесшовные стальные трубы	0,06...0,2
Стальные трубы	0,1...0,5
Чугунные асфальтированные трубы	0,1...0,2
Чугунные трубы	0,2...1,0

Таблица 3. Значения коэффициентов часто встречающихся местных сопротивлений

Тип местного сопротивления	ζ
Вход в трубу при острых кромках	0,5
Вход в трубу со скруглёнными кромками	0,2
Резкий поворот трубы на 90° (колено)	1,1
Плавный поворот трубы на 90° (колено)	0,15
Задвижка при полном открытии	0,15
Дроссель при полном открытии	4,0
Всасывающий клапан с сеткой при насосах	2,5÷12,0
Различные краны при полном открытии	5,0
Фильтр	2...3
Золотниковый распределитель	2...4

Построение напорной (гидродинамической) и пьезометрической линий

Правила применения уравнения Бернулли:

1. Уравнение Бернулли справедливо для установившегося плавно изменяющегося движения.
2. Уравнение Бернулли составляется с учётом получения одного неизвестного; если это невозможно, то в качестве второго используют уравнение неразрывности потока.
3. Сечения выбираются перпендикулярно направлению движения жидкости.
4. Сечения нумеруются по ходу движения жидкости.
5. Плоскость сравнения желательно проводить через центр тяжести нижнего сечения. В этом случае расстояние от плоскости сравнения до центра тяжести нижнего сечения $z_{нс} = 0$, а остальные z – положительные.

Напорная линия – это линия, соединяющая полные напоры (полную удельную энергию) в каждом сечении при графическом построении.

Пьезометрическая линия – это линия, соединяющая пьезометрические напоры в каждом сечении при графическом построении.

Замечания к построению напорной и пьезометрической линий:

1. Напорная линия для движения идеальной жидкости всегда горизонтальна. Её нужно провести прежде, чем приступить к построению напорной линии для движения реальной жидкости.
2. Анализируя изменение скорости по длине потока, откладываем вниз от напорной линии величину скоростного напора $\alpha v^2 / 2g$ и получаем пьезометрическую линию.
3. При истечении в атмосферу пьезометрическая линия всегда приходит в центр тяжести выходного сечения, так как избыточное давление на выходе в этом случае равно нулю ($p = 0$).

Задача 2

Бензол с расходом 200 т/час и средней температуре 40.С поступает в трубный пучок одноходового кожухотрубчатого теплообменника, состоящего из 717 труб диаметром $d.\delta = 20.2$ мм. Определить скорость бензола в трубах трубного пучка и режим его движения в них.

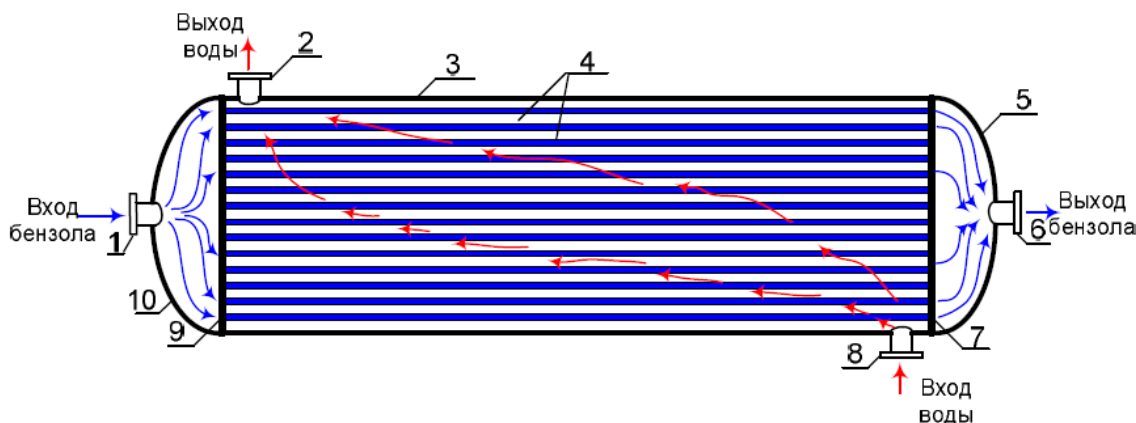
Решение

Нам необходимо воспользоваться уравнением расхода, но теперь это будет **уравнение массового расхода**! Почему массового? Да потому, что по заданию нам дан **массовый расход** бензола – 200 т/час. Уравнение массового расхода имеет вид:

$$G = V \times \rho = Sw\rho = n \frac{\pi d^2}{4} w\rho. \quad (1)$$

В уравнении (1) n – число труб, по которым движется поток.

Пора изобразить наш аппарат – так будет проще представлять движение потоков в нём. Кожухотрубчатый теплообменник – это аппарата, в котором происходит переход теплоты от одного потока к другому. Вот его эскиз:



Уж, коли, мы заговорили про кожухотрубчатый теплообменник, назовём основные элементы его конструкции.

1, 2, 6, 8 – штуцера для входа и выхода потоков. Слово **штуцер** происходит от немецкого *Stutzen* – ружьё, обрез. В промышленности под штуцером понимается отрезок трубы, предназначенный для крепления аппарата с трубопроводом или другим аппаратом.

3 – кожух теплообменника.

4 – трубы трубного пучка.

5 и 10 – крышки теплообменника.

7 и 9 – трубные решётки, в которых закреплены трубы трубного пучка.

Сейчас нам в принципе всё равно, какой процесс происходит в нашем аппарате.

Нам важна гидродинамика потоков в нём! Продолжим рассмотрение этого вопроса.

Из уравнения вычислим среднюю скорость бензола в трубах аппарата:

$$w_{mp} = \frac{4G_{\delta}}{n\pi d^2 \rho_{\delta}} = \frac{4 \times 200000}{3600 \times 717 \times 3,14 \times 0,016^2 \times 858} = 0,45 \frac{м}{с}. \quad (2)$$

Напомню: 3600 – это перевод из часов в секунды, 0,016 – внутренний диаметр труб трубного пучка в метрах! Значение плотности бензола при средней его температуре 40.С (взято из справочника).

Определим теперь режим движения бензола в трубах. Для этого вычислим значение критерия Рейнольдса

$$Re_{mp} = \frac{w_{mp} d \rho_{\delta}}{\mu_{\delta}} = \frac{0,45 \times 0,016 \times 858}{0,000492} = 12556.$$

Ответ: скорость бензола в трубах трубного пучка 0,45 м/с, режим движения – турбулентный, т.к. критерий Рейнольдса равен 12556.