

Документ подписан простой электронной подписью
 Информация о владельце:
 ФИО: Нестерова Людмила Викторовна
 Должность: Директор филиала Инди (филиал) ФГБОУ ВО ЮГУ
 Дата подписания: 31.10.2023 12:32:08
 Уникальный программный ключ:
 381fbe5f0c4ccc6e500e8bc981c25bb218288e83

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
 ФЕДЕРАЦИИ**

ЮГОРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ
 Директор института нефти и газа
 В.И. Зеленский
 Подпись _____ ФИО
 М.П.
 " ____ " _____ 20__ г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)
К.М.05.03 Гидравлика и подземная гидромеханика
21.03.01 Нефтегазовое дело

Направленность (профиль) Эксплуатация и обслуживание объектов добычи нефти

Форма обучения

Очная, очно-заочная

Квалификация (степень) выпускника бакалавр

Год набора 2019

Виды занятий	Объём занятий, час/з.е., очная форма обучения		Объём занятий, час/з.е., очно-заочная форма обучения		
	всего	5 семестр	всего	6 семестр	7 семестр
Лекции	48	48	26	14	12
Практические занятия в т.ч. интерактивные формы обучения	48	48	30	18	12
Лабораторные работы в т.ч. интерактивные формы обучения					
Самостоятельная работа	93	93	124	40	84
Контрольные работы					+
Курсовой (ая) проект/работа					
Итоговый контроль:	Экзамен 27	Экзамен 27	экзамен (36)	зачет реферат	экзамен (36)
Итого:	216/6	216/6	216/6	72/2	144/4

Дата разработки
 « ____ » _____ 20__ г.

Дата актуализации
 « ____ » _____ 20__ г.

« ____ » _____ 20__ г.

« ____ » _____ 20__ г.

Номер и дата
 регистрации в АкО:

№ 21.03.01 - 34 от 10.08.

2019г.

№ _____ от _____

Ханты-Мансийск,
 2019 год

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Предисловие

1. Программа разработана в соответствии с требованиями Федерального закона от 27.12.2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации», федерального государственного образовательного стандарта высшего образования /высшего профессионального образования ФГОС ВО по направлению подготовки 21.03.01 Нефтегазовое дело, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 9 февраля 2018 г. N 96.

2. Одобрена на заседании учебно-методического совета института нефти и газа протокол № 10 от 30.05.2019

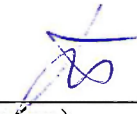
(институт)

(дата)

3. Разработчик

преподаватель

(ученое звание, ученая степень)



(подпись)

Квач И.В.

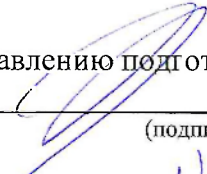
(И. О. Фамилия)

4. СОГЛАСОВАНО:

4.1 Руководитель ОПОП по направлению подготовки 21.03.01 Нефтегазовое дело

к.т.н., доцент

(ученое звание, ученая степень)



(подпись)

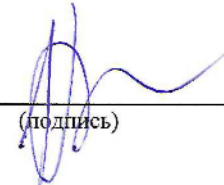
Аюпов Р.ИИ.

(И. О. Фамилия)

4.2 Курс - лидер

к.г.н

(ученое звание, ученая степень)



(подпись)

Игенбаева Н.О.

(И. О. Фамилия)

2. Цели освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины (модуля) К.М.05.03 Гидравлика и подземная гидромеханика является формирование необходимой начальной базы знаний о законах равновесия и движения жидкостей, приобретение студентами навыков расчета сил, действующих на стенки резервуаров, гидравлического расчета трубопроводов различного назначения для стационарных и нестационарных режимов течения жидкостей, решения технологических задач нефтегазового производства, задач борьбы с осложнениями и авариями, которые могут возникнуть в гидродинамических системах

3. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина (модуль) К.М.05.03 Гидравлика и подземная гидромеханика относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, входит в К.М.05 Инженерный модуль учебного плана.

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

Таблица 1

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

Планируемые результаты освоения ОПОП (компетенции), достижение которых обеспечивает дисциплина (модуль)		Индикаторы обучения по дисциплине (модулю)
Коды компетенции	Содержание компетенций	
ОПК-1	готовностью использовать теоретические знания при выполнении производственных, технологических и инженерных исследований в соответствии со специализацией	Знать: законы гидравлики, гидромеханики, способы решения задач, относящихся к профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общеинженерные знания, современные проблемы подземной флюидодинамики Уметь: выполнять гидродинамические расчеты, применяемые при проектировании и анализе разработки нефтяных и газовых месторождений; решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общеинженерные знания; выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических, и технологических процессов Владеть навыками: методами решения прямой и обратной задачи гидравлики, методикой расчета сил давления на стенки сосудов, методикой применения уравнения Бернулли, методикой расчета трубопроводов для жидкости и газа; методами определения соответствия и опытом применения требований технических стандартов; навыками решения прикладных задач гидромеханики, встречающихся в нефтегазовом деле

5. Структура и содержание дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 6 зачетных единиц 216 часов.

4.1 Содержание теоретического раздела дисциплины (модуля)

Таблица 2

Лекции		
№ п/п	Наименование и краткое содержание	Трудоемкость, часов ОФО/ОЗФО
1.	Введение. Краткий исторический обзор. Роль технической гидромеханики в нефтегазовой промышленности. Гипотеза сплошной среды. Силы, действующие в жидкости	2/1
2.	Основные физические свойства жидкости: сжимаемость, вязкость. Плотность, коэффициент объёмного сжатия, давление насыщенных паров жидкости.	2/1
3.	Касательные и нормальные напряжения. Гидростатическое давление и его свойства. Давление абсолютное, избыточное, вакуум. Термодинамические уравнения состояния.	2/1
4.	Гидростатика. Дифференциальные уравнения гидростатики.	2/1
5.	Изобарические поверхности. Равновесие капельной жидкости в поле силы тяжести.	2/1
6.	Основное уравнение гидростатики несжимаемых жидкостей. Закон Паскаля	2/1
7.	Гидростатика неньютоновских жидкостей, обладающих динамическим напряжением сдвига.	2/1
8.	Гидростатика сжимаемой жидкости. Гидростатика двухфазной жидкости.	1/1
9.	Давление жидкости на твердые плоские поверхности. Давление жидкости на твердые криволинейные поверхности. Закон Архимеда.	1/1
10.	Основные понятия и определения гидродинамики. Уравнения движения идеальной и вязкой жидкостей	1/1
11.	Интеграл Бернулли. Уравнение Бернулли для струйки и потока несжимаемой жидкости	1/1
12.	Два вида потерь напора. Графическая и энергетическая интерпретация уравнения Бернулли.	1/1
13.	Примеры технического приложения уравнения Бернулли.	1/0
14.	Виды гидравлических сопротивлений. Схема их экспериментального определения.	1/0
15.	Опыты Рейнольдса. Режимы течения жидкости. Ламинарное движение несжимаемой жидкости в цилиндрической трубе	1/1

16.	Распределение скоростей и напряжений. Коэффициент гидравлического сопротивления. Турбулентное течение жидкости.	1/1
17.	Структура потока. Осредненные местные скорости.	1/1
18.	Потери напора. Коэффициент гидравлических сопротивлений.	1/1
19.	Перепад давлений при турбулентном течении. Шероховатость труб. Ламинарное и турбулентное течение в трубах вязкопластической и степенной жидкости.	1/0
20.	Формулы для определения перепада давлений в трубах для жидкостей разной реологии.	1/0
21.	Экспериментальное определение коэффициента местных сопротивлений. Эквивалентная длина.	1/0
22.	Взаимное влияние местных сопротивлений. Классификация трубопроводов..	1/0
23.	ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОДЗЕМНОЙ ГИДРОМЕХАНИКИ Понятие о моделировании. Модели фильтрационного течения и коллекторов	1/1
24.	Скорость фильтрации. Законы фильтрации.	2/1
25.	ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ ФИЛЬТРАЦИИ. Уравнения течения для пористой среды. Уравнения фильтрации для трещиновато-пористой среды. Начальные и граничные условия. Замыкающие соотношения	2/1
26.	УСТАНОВИВШАЯСЯ ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ОДНОМЕРНАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ. Виды одномерных потоков. Исследование одномерных течений	2/1
27.	Анализ основных видов одномерного течения по закону Дарси	2/1
28.	ПЛОСКИЕ ЗАДАЧИ ТЕОРИИ ФИЛЬТРАЦИИ ОБ УСТАНОВИВШЕМСЯ ПРИТОКЕ К СКВАЖИНЕ. Приток к совершенной скважине. Фильтрационный поток от нагнетательной скважины к эксплуатационной. Приток к группе скважин с удаленным контуром питания	2/1
29.	Приток к несовершенным скважинам. Виды несовершенств скважин. Приведённый радиус. Добавочное фильтрационное сопротивление. Экспериментальные и теоретические исследования притока жидкости к гидродинамически несовершенной скважине.	2/1
30.	Взаимодействие скважин в неоднородно проницаемом и анизотропном пластах. Влияние радиуса скважины на её производительность	2/1
31.	НЕСТАЦИОНАРНАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ УПРУГОЙ ЖИДКОСТИ И ГАЗА. Упругая жидкость. Понятия об упругом режиме пласта. Основные параметры теории упругого режима. Дифференциальное уравнение неустановившейся фильтрации упругой жидкости (уравнение пьезопроводности)	2/1
32.	Приток к скважине в пласте конечных размеров в	2/1

	условиях упруговодонапорного и замкнуто- упругого режима. Круглый горизонтальный пласт с закрытой внешней границей	
итого		48/26

4.3 Содержание практического раздела дисциплины (модуля)

Таблица 3

Лабораторные работы

№ ЛР	№ раздела	Наименование и краткое содержание лабораторных работ	Трудоемкость, часов	Формы отчетности

Таблица 4

Практические занятия

№ занятия	№ раздела	Наименование и краткое содержание	Трудоемкость, часов	Формы отчетности
1.	1.	Физические свойства жидкостей и газов. Гидростатическое давление	4/2	Собеседование, доклад на тему реферата, реферат
2.	2.	Сила давления жидкости на плоские поверхности	2/2	Собеседование, доклад на тему реферата, реферат
3.	3.	Сила давления жидкости на криволинейные поверхности.	2/2	Собеседование, доклад на тему реферата, реферат
4.	4.	Относительный покой. Равновесие жидкости в движущемся сосуде	2/2	Собеседование, доклад на тему реферата, реферат
5.	5.	Кинематика жидкости	2/2	Собеседование, доклад на тему реферата, реферат
6.	6.	Динамика жидкости	2/2	Собеседование, доклад на тему реферата, реферат
7.	7.	Расход. Уравнение расхода токи жидкости	4/2	Собеседование, доклад на тему реферата, реферат
8.	8.	Основы гидродинамического подобия	2/2	Собеседование, доклад на тему реферата,

				реферат
9.	9.	Режимы течения жидкости	4/2	Собеседование, доклад, реферат
10.	10.	Определение фильтрационно-ёмкостных параметров коллекторов	4/2	Собеседование, доклад, реферат
11.	11.	Закон Дарси	2/2	Собеседование, доклад, реферат
12.	12.	Границы применимости закона Дарси	4/2	Собеседование, доклад, реферат
13.	13.	Установившаяся потенциальная одномерная фильтрация	6/2	Собеседование, доклад, реферат
14.	14.	Движение жидкости в пласте с неоднородной проницаемостью	4/2	Собеседование, доклад, реферат
15.	15.	Установившаяся плоская фильтрация жидкости. интерференция скважин	4/2	Собеседование, доклад, реферат
ИТОГО: 48/30				

Таблица 5

Организованная самостоятельная работа

№ раздела	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение	Трудоемкость, часов	Формы отчетности
1.	Аксонметрические проекции.	0/7	Собеседование, доклад, реферат
2.	Примеры технического приложения уравнения Бернулли.	0/7	Собеседование, доклад, реферат
3.	Основные задачи расчета простых трубопроводов и методы их решения.	3/3	Собеседование, доклад, реферат
4.	Особенности трубопроводов, работающих под вакуумом. Принципы расчета сложных трубопроводов	3/3	Собеседование, доклад, реферат
5.	Установившееся истечение жидкости из малого отверстия в "тонкой" стенке.	3/3	Собеседование, доклад, реферат
6.	Равновесие твердых частиц и пузырьков в ньютоновских и неньютоновских жидкостях, газе, газожидкостной смеси.	3/3	Собеседование, доклад, реферат
7.	Формулы для витания частиц в различных жидкостях.	3/3	Собеседование, доклад, реферат
8.	Понятие динамического напряжения	3/3	Собеседование,

	малого отверстия в "тонкой" стенке.		доклад на тему реферата, реферат
6.	Равновесие твердых частиц и пузырьков в ньютоновских и неньютоновских жидкостях, газе, газожидкостной смеси.	3/3	Собеседование, доклад на тему реферата, реферат
7.	Формулы для витания частиц в различных жидкостях.	3/3	Собеседование, доклад на тему реферата, реферат
8.	Понятие динамического напряжения сдвига. Реологические законы.	3/3	Собеседование, доклад на тему реферата, реферат
9.	Степенная, вязкопластическая жидкость, вязкоупругие и тиксотропные жидкости.	3/3	Собеседование, доклад на тему реферата, реферат
10.	Насадки, их виды и области применения.	3/3	Собеседование, доклад на тему реферата, реферат
11.	Шероховатость труб.	3/3	Собеседование, доклад на тему реферата, реферат
12.	Жидкости несжимаемые, капельные, газообразные.	3/3	Собеседование, доклад на тему реферата, реферат
13.	Коэффициенты сжатия струи, скорости и, расхода.	3/3	Собеседование, доклад на тему реферата, реферат
14.	Взаимодействие струи жидкости с твердыми поверхностями.	3/3	Собеседование, доклад на тему реферата, реферат
15.	Неустановившееся движение в трубах. Инерционный напор. Виды неустановившихся процессов в технике, в том числе в скважинах.	4/4	Собеседование, доклад на тему реферата, реферат
16.	Основы фильтрации неньютоновских жидкостей. Реологические модели фильтрующихся жидкостей и нелинейные законы фильтрации. Одномерные задачи фильтрации вязкопластичной жидкости. Образование застойных зон при вытеснении нефти водой	4/4	Собеседование, доклад на тему реферата, реферат

17.	Приток к скважине в пласте неограниченных размеров	4/4	Собеседование, доклад на тему реферата, реферат
18.	Приток к скважине в пласте с прямолинейным контуром питания.	4/4	Собеседование, доклад на тему реферата, реферат
19.	Метод эквивалентных фильтрационных сопротивлений	4/4	Собеседование, доклад на тему реферата, реферат
20.	Приток к скважине в пласте с произвольным контуром питания, Приток к бесконечным цепочкам и кольцевым батареям скважин	4/4	Собеседование, доклад на тему реферата, реферат
21.	Приток к скважине, расположенной вблизи непроницаемой прямолинейной границы.	4/4	Собеседование, доклад на тему реферата, реферат
22.	Течение реального газа по двухчленному закону. Интерференция скважин	4/4	Собеседование, доклад на тему реферата, реферат
23.	Взаимодействие скважин. Определение коллекторских свойств пласта по данным исследования скважин нестационарными методами	5/5	Собеседование, доклад на тему реферата, реферат
24.	Неустановившаяся фильтрация газа в пористой среде Уравнение Лейбензона	5/4	Собеседование, доклад на тему реферата, реферат
25.	Исходные уравнения многофазной фильтрации. Одномерные модели вытеснения несмешивающихся жидкостей.	5/4	Собеседование, доклад на тему реферата, реферат
26.	Задача Баклея - Леверетта и ее обобщения. Задача Рапопорта – Лиса	5/4	Собеседование, доклад на тему реферата, реферат
27.	Основы теории фильтрации многофазных систем. Связь с проблемой нефтегазоотдачи пластов. Основные характеристики многофазной фильтрации	5/4	Собеседование, доклад на тему реферата, реферат
28.	Перепад давлений при турбулентном течении. Шероховатость труб. Ламинарное и турбулентное течение в трубах вязкопластической и степенной жидкости.	0/4	Собеседование, доклад на тему реферата, реферат
29.	Формулы для определения	0/4	Собеседование,

	перепада давлений в трубах для жидкостей разной реологии.		доклад на тему реферата, реферат
30.	Экспериментальное определение коэффициента местных сопротивлений. Эквивалентная длина.	0/4	Собеседование, доклад на тему реферата, реферат
31.	Взаимное влияние местных сопротивлений. Классификация трубопроводов..	0/4	Собеседование, доклад на тему реферата, реферат
32.		0/4	Собеседование, доклад на тему реферата, реферат
ИТОГО:		93/124	

5. Образовательные технологии, используемые при различных видах организации образовательного процесса.

Таблица 6

Образовательные технологии

Вид занятия	Тема	Формы обучения
практическое	Режимы течения жидкости	учебная (управляемая) дискуссия
практическое	Определение фильтрационно-ёмкостных параметров коллекторов	учебная (управляемая) дискуссия
практическое	Закон Дарси	учебная (управляемая) дискуссия

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины (модуля).

Самостоятельная работа должна носить творческий и планомерный характер. Нельзя надеяться только на тот материал, который был озвучен в ходе практических занятий, необходимо закрепить его и расширить в ходе самостоятельной работы. Наибольший эффект достигается при использовании «системы опережающего чтения», то есть предварительного самостоятельного изучения материала следующего занятия.

В процессе организации самостоятельной работы большое значение имеют консультации преподавателя. Они могут быть как индивидуальные, так и в составе учебной группы. С графиком консультаций преподавателей можно ознакомиться на кафедре.

Самостоятельная работа является одним из основных видов работы по изучению дисциплины. Она включает изучение материала установочных занятий и рекомендованной литературы, выполнение заданий преподавателя.

Самостоятельную работу по изучению дисциплины целесообразно начинать с изучения установленных требований к знаниям, умениям и навыкам, ознакомления с разделами и темами дисциплины в порядке, предусмотренном учебной программой.

Получив представление об основном содержании раздела, темы, необходимо изучить данную тему по учебнику, придерживаясь рекомендаций преподавателя по методике работы над учебным материалом, данных в ходе установочных занятий.

Затем полезно ознакомиться с первоисточниками (или извлечениями из них), т. е. работами выдающихся специалистов в этой области. Соответствующую литературу можно найти в библиотеке ФГБОУ ВО «ЮГУ», в т.ч. в электронном зале воспользоваться, а также электронными ресурсами – п. 7 настоящей рабочей программы. При желании или по рекомендации преподавателя можно составить их краткий конспект.

Для приобретения навыков исследовательской деятельности по дисциплине предусмотрена подготовка обучающимися рефератов. Работа над рефератом активизирует развитие самостоятельного, творческого мышления, учит применять полученные знания при анализе тех или иных проблем.

Все методические указания по дисциплине:

- рекомендации по изучению дисциплины;
- материалы для самостоятельной работы обучающихся;
- перечень контрольных вопросов, примерных тем рефератов, докладов;
- процедуры оценивания уровня освоения дисциплины;
- перечень фондов оценочных средств;
- критерии прохождения аттестации по дисциплине представлены в приложении 2 к РП.

6.1 Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Обучение обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья при необходимости осуществляется с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся (обучающегося).

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья представлено:

- электронный учебно-методический комплект документов по дисциплине (модулю) *Гидравлика и подземная гидромеханика* размещен в системе «Moodle».
- в научной библиотеке Университета в печатной форме с увеличенным шрифтом в виде рекомендаций к изучению дисциплины (модуля), рекомендаций для самостоятельной работы, лекций, рекомендаций по выполнению КР.

6.2 Перечень оценочных средств для текущего контроля освоения дисциплины (модуля)

Текущая аттестация обучающихся производится в дискретные временные интервалы лектором и НПП, ведущими практические занятия по дисциплине (модулю) в формах:

- Рефераты
- доклады
- собеседование

Форма текущей аттестации для обучающихся инвалидов и обучающихся с ограниченными возможностями здоровья устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей (устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п.).

6.3 Состав фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Промежуточная аттестация обучающихся:

для очной формы обучения осуществляется в форме экзамена в 5 семестре;

для очно-заочной формы обучения осуществляется в форме зачета и реферата в 5 семестре и экзамена в 5 семестре;

Фонд оценочных средств, перечень заданий для проведения промежуточной аттестации, а также методические указания для проведения промежуточной аттестации приводятся в Приложении 2.

Форма ответа для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей (устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, обучающимся инвалидам и обучающимся с ограниченными возможностями здоровья при необходимости предоставляется право выбора формы ответа с учетом текущего состояния здоровья и индивидуальных возможностей и т.п.). Обучающимся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья увеличивается время на подготовку ответов к зачёту и/или экзамену, разрешается готовить ответы с использованием дистанционных образовательных технологий.

Для проведения промежуточной аттестации для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматриваются виды (тест, контрольные вопросы, контрольные задания и т.п.) и формы (письменная или устная проверка результатов обучения, использование электронных систем (например, Moodle)) оценочных средств, адаптированные к ограничениям их здоровья.

Примерные темы рефератов

1. Предмет гидравлики. Вводные сведения.
2. Методы исследования, применяемые в гидравлике.
3. модель идеальной (невязкой) жидкости. Определение жидкости.
4. Силы, действующие в жидкостях. Поверхностные и массовые силы.
5. Основные физические свойства жидкостей и газов.
6. Вопросы по разделу
7. Гидростатика.
8. Абсолютный и относительный покой (равновесие) жидких сред,
9. Гидростатическое давление и его свойства.
10. Силы, действующие в жидкости. Понятие единичных сил.
11. Дифференциальное уравнение гидростатики Эйлера.
12. Основное уравнение гидростатики: его физический смысл.
13. Измерение давления. Жидкостные приборы давления.
14. Давление жидкости на плоскую поверхность. Сила давления. Центр давления.
15. Давление жидкости на криволинейные поверхности. Тело давления.
16. Закон Архимеда. Плавание тел.
17. Общие законы и уравнения статики жидкостей и газов.
18. Кинематика.
19. Основы кинематики жидкостей.
20. Методы описания движения сред. Метод Эйлера для описания потока жидкости.

21. Виды движения жидкости. Траектории, скорости, ускорения. Местная скорость. Поле скоростей.
 22. Элементарная струйка. Линия тока. Свойства элементарной струйки.
 23. Уравнение неразрывности для элементарной струйки и потока жидкости в дифференциальной форме
 24. Уравнение неразрывности для одномерных потоков жидкости в гидравлической форме.
Вопросы по разделу
 25. Общие теоремы и уравнения динамики жидкости.
 26. Гидродинамика. Струйная модель потока. Уравнение неразрывности.
 27. Общие законы и уравнения динамики жидкостей и газов.
 28. Общая интегральная форма уравнений количества движения и момента количества движения.
 29. Подобие гидромеханических процессов
 30. Общее уравнение энергии в интегральной и дифференциальной формах.
 31. Турбулентность и её основные статистические характеристики
 32. Геометрическая и энергетическая интерпретация уравнения Бернулли.
 33. Уравнение Бернулли для потока вязкой жидкости.
 34. Конечно-разностные формы уравнений Навье-Стокса и Рейнольдса.
 35. Одномерные потоки жидкостей и газов.
 36. Практическое применение уравнения Бернулли: трубка Пито-Прандтля, расходомер Вентури.
 37. Режимы движения жидкости. Опыты Рейнольдса.
 38. Закон гидравлического сопротивления Дарси-Вейсбаха.
 39. Определение коэффициента гидравлического сопротивления.
 40. Вопросы по разделу
 41. Гидравлический расчет трубопроводов.
 42. Гидравлический расчет простого трубопровода.
 43. Три основные задачи расчета простого трубопровода.
 44. Характеристика простого трубопровода. График потребного напора.
 45. Сложные трубопроводы. Графоаналитическое определение расхода при параллельном и последовательном соединении трубопроводов.
 46. Вопросы по разделу
 47. Истечение жидкостей из отверстий и насадок.
 48. Истечение из малого отверстия в тонкой стенке.
 49. Совершенное и несовершенное сжатие.
 50. Коэффициенты сжатия, скорости, расхода. Влияние на них числа Рейнольдса.
 51. Истечение жидкости через насадки. Истечение жидкости при переменном напоре.
 52. Вопросы по разделу
 53. Одномерное неустановившееся движение несжимаемой жидкости.
 54. Одномерное неустановившееся движение несжимаемой жидкости.
 55. Прямой и не прямой гидравлический удар. Формула Жуковского.
 56. Способы ослабления гидравлического удара.
- 6.4 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Методические указания для обучающихся по проведению практических занятий и самостоятельной работы, методические указания по выполнению курсовых проектов и иных видов письменных работ, предусмотренных учебным планом по направлению подготовки/специальности приведены в Приложении 1.

Методические указания для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ в доступной для них форме представлены в электронном виде в системе «Moodle». по ссылке <https://eluniver.ugrasu.ru>

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

7.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Таблица 7

Обеспечение дисциплины (модуля) основной и дополнительной литературой

N п/п	Автор	Название	Место издания	Наименование издательства	Год издания	Ссылка на электронный ресурс (в случае если книга из ЭБС)
1.	Гусев Александр Андреевич	Гусев. Александр Андреевич. Механика жидкости и газа [Электронный ресурс] : Учебник / Гусев А.А. - 3-е изд., испр. и доп. - Электрон. дан.col. - М : Издательство Юрайт, 2018. - 232 с. http://www.biblio-online.ru/book/EF2AFE91-A1BD-4566-9C59-DC60266518B5?	Москва	Юрайт	2018	http://www.biblio-online.ru/book/EF2AFE91-A1BD-4566-9C59-DC60266518B5?
2.	Кадет, В. В	Кадет. В. В. Методы математической физики в решении задач нефтегазового производства: Курс лекций. [Текст] / В. В. Кадет. - 1. - Москва-Ижевск : Институт компьютерных исследований (ИКИ), 2004. - 148 с. http://znanium.com/go.php?id=345149	Москва-Ижевск	Институт компьютерных исследований (ИКИ),	2004	http://znanium.com/go.php?id=345149
3.	Дмитриев. Николай Михайлович	Дмитриев. Николай Михайлович. Подземная гидромеханика. Пособие для семинарских занятий. [Электронный ресурс] / Н. М. Дмитриев, В. В. Кадет. - Москва : Интерконтакт Наука, 2008. - 174 с. http://znanium.com/go.php?id=345214	Москва	Интерконтакт Наука,	2008	http://znanium.com/go.php?id=345214
4.	Дмитриев. Николай Михайлович	Дмитриев. Николай Михайлович. Лекции по подземной гидромеханике. Выпуск 1. [Электронный ресурс] / Н. М. Дмитриев, В. В. Кадет. - Москва : Издательство "Нефть и газ" РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина, 2002. - 149 с. http://znanium.com/go.php?id=345099	Москва	Нефть и газ" РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина,	2002	http://znanium.com/go.php?id=345099

Для освоения дисциплины (модуля) обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предоставляются основная и дополнительная учебная литература в виде электронного документа в фонде научной библиотеки и / или в электронно-библиотечных системах. А также предоставляются бесплатно специальные

учебники и учебные пособия, иная учебная литература и специальные технические средства обучения коллективного и индивидуального пользования.

7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет»

№ п/п	ссылка на информационный ресурс	наименование информационного ресурса	доступность
1	http://e.lanbook.com	ЭБС издательства «Лань»	Авторизованный доступ
2	http://znanium.com/	Знаниум, электронно-библиотечная система	Авторизованный доступ
3	http://www.garant.ru/	Гарант	Авторизованный доступ
4	http://www.consultant.ru/	Консультант+	Авторизованный доступ

7.3. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости).

Информационные технологии – это совокупность методов, способов, приемов и средств обработки документированной информации, включая прикладные программные средства, и регламентированного порядка их применения.

Информационные технологии – это совокупность методов, способов, приемов и средств обработки документированной информации, включая прикладные программные средства, и регламентированного порядка их применения.

Под информационными технологиями понимается использование компьютерной техники и систем связи для создания, сбора, передачи, хранения и обработки информации для всех сфер общественной жизни.

При освоении дисциплины используются такие информационные технологии, как использование на занятиях электронных изданий (графических объектов, видео- аудио-материалов (через Интернет)), офисных программ, информационных (справочных) систем, баз данных, организация взаимодействия с обучающимися посредством электронной почты, форумов, Интернет-групп.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля).

Таблица 8

№ п/п	Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий и пр.	Перечень основного оборудования		№ кабинета	Вид работ (лекции, практики, лабораторные)
		ТСО и компьютерной техники (их количество)	Наименование оборудования, приборов и т.п. (их количество)		
	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и	подключение к сети INTERNET, доступом к Справочно-правовой системе	Проектор (переносной), ноутбук (переносной). Лицензионное ПО: Microsoft Imagine Premium	1-ой учебный корпус аудитория 314	лекции

	индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации оснащенная специализированной мебелью,	«Гарант», справочно-правовой системе «Консультант +» и электронно-библиотечным системам	Electronic Software Delivery (Сублицензионный договор № Д-223/17-ЮГУ-203 от 01.03.2017г., срок действия 3 года)		
	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации оснащенная специализированной мебелью,	подключение к сети INTERNET, доступом к Справочно-правовой системе «Гарант», справочно-правовой системе «Консультант +» и электронно-библиотечным системам	Проектор (переносной), ноутбук (переносной). Лицензионное ПО: Microsoft Imagine Premium Electronic Software Delivery (Сублицензионный договор № Д-223/17-ЮГУ-203 от 01.03.2017г., срок действия 3 года)	1-ой учебный корпус аудитория 423	Практическое занятие
	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации оснащенная специализированной мебелью	подключение к сети INTERNET, доступом к Справочно-правовой системе «Гарант», справочно-правовой системе «Консультант +» и электронно-библиотечным системам	Проектор (переносной), ноутбук (переносной). Лицензионное ПО: Microsoft Imagine Premium Electronic Software Delivery (Сублицензионный договор № Д-223/17-ЮГУ-203 от 01.03.2017г., срок действия 3 года)	1-ой учебный корпус аудитория 341	Самостоятельная работа

9. Лист дополнений и изменений, внесенных в рабочую программу

1. Дополнения изменения в рабочей программе

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

- 1) _____ ;
- 2) _____ ;
- 3) _____ .

2. Разработчик (и)

_____ (ученое звание, ученая степень) _____ (подпись) _____ (И. О. Фамилия)

3. СОГЛАСОВАНО:

3.1 Руководитель ОПОП по направлению подготовки/специальности

_____ (ученое звание, ученая степень) _____ (подпись) _____ (И. О. Фамилия)

3.2 Курс лидер

_____ (ученое звание, ученая степень) _____ (подпись) _____ (И. О. Фамилия)

4. Изменения, внесенные в рабочую программу, одобрены на заседании учебно-методического совета _____ протокол № ____ от _____.
(институт) (дата)

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

ЮГОРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**Методические указания по организации
практических занятий и самостоятельной работы обучающихся**

К.М.05.03 Гидравлика и подземная гидромеханика

21.03.01. – «Нефтегазовое дело»

Направленность(профиль): Эксплуатация и обслуживание объектов добычи нефти

Квалификация (степень) выпускника:
бакалавр

ОГЛАВЛЕНИЕ

1 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА.....	4
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПОДГОТОВКЕ К УСТНОМУ ОПРОСУ.....	6
3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ.....	6
4 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ.....	8
5 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЭКЗАМЕНУ.....	10

ВВЕДЕНИЕ

Целью освоения дисциплины (модуля) К.М.05.03 Гидравлика и подземная гидромеханика является формирование необходимой начальной базы знаний о законах равновесия и движения жидкостей, приобретение студентами навыков расчета сил, действующих на стенки резервуаров, гидравлического расчета трубопроводов различного назначения для стационарных и нестационарных режимов течения жидкостей, решения технологических задач нефтегазового производства, задач борьбы с осложнениями и авариями, которые могут возникнуть в гидродинамических системах

Целью методических указаний является методическое сопровождение обучающихся при изучении теоретического материала, выполнении практических работ, подготовки к устным опросам и самостоятельной работе

1 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

Знакомство с академической системой образования происходит уже на первой лекции, где от обучающихся требуется не просто внимание, но и самостоятельное оформление конспекта обучающимся. Чтобы грамотно его составить, а затем - с максимальной пользой использовать, обучающийся должен знать о видах читаемых лекций. Обычный вузовский курс (в котором последовательно излагается материал по учебной программе) включает следующие виды лекций.

1. Вводная лекция, где лектор дает общие представления о дисциплине, ее предмете и объекте, определяет цели и задачи курса, методологию и методы, периодизацию дисциплины, рекомендует литературу, дает ее критический анализ. Ценность таких лекций для обучающихся состоит не только в содержании. Преподаватель на конкретном примере своей дисциплины показывает, как нужно обобщать, выделять основное в научном исследовании.

2. Текущие лекции по конкретным темам курса, которые также разделяются на виды. Преподаватель может ознакомить аудиторию с новой темой, выделить основные моменты, объяснить причинно-следственные связи, сделать выводы, - это обычный вариант лекции. Как правило, она не вызывает затруднений в конспектировании.

3. Заключительная лекция, в которой преподаватель делает выводы по прочитанной дисциплине, характеризует итоги и результаты, определяет тенденции, анализирует перспективы. Такая лекция поднимает знания обучающихся на более высокий, методологический, уровень.

4. Установочные (характерны для заочной формы обучения в качестве введения в дисциплину) и обзорные лекции (применяются для повторения и обновления материала перед государственными экзаменами). Как правило, в них проводится обобщение, выделяются наиболее важные или спорные аспекты изучаемой дисциплины.

Таким образом, при работе с конспектом лекции нужно учитывать ее разновидность. Одни лекции дают ответы на конкретные вопросы темы, другие – лишь выявляют взаимосвязи между явлениями.

Несмотря на наличие разных видов лекций, можно дать несколько общих советов по их конспектированию и дальнейшей работе с записями.

1. Следует помнить, что конспект должен легко восприниматься зрительно, поэтому он должен быть аккуратным. Следует выделять заголовки, отделять один вопрос от другого, соблюдать абзацы, подчеркивать термины.

2. При прослушивании лекции следует обращать внимание на интонацию лектора и вводные слова «таким образом», «итак», «необходимо отметить» и т.п., которыми он акцентирует наиболее важные моменты.

3. Не следует записывать каждое слово лектора, иначе можно потерять основную нить изложения и начать писать автоматически, не вникая в смысл. Техника прочтения лекций преподавателем такова, что он повторяет свою мысль два-три раза. Постарайтесь вначале понять ее, а затем записать, используя сокращения.

4. Рекомендуется создать собственную систему сокращений, аббревиатур и символов.

5. Конспектируя лекцию, следует оставлять поля, на которых позднее, при самостоятельной работе с конспектом, можно сделать дополнительные записи, отметить непонятные места.

6. Перед семинарским занятием необходимо прочитать лекцию по соответствующей теме.

Темы, выносимые для теоретического изучения:

1. Введение. Краткий исторический обзор. Роль технической гидромеханики в нефтегазовой промышленности. Гипотеза сплошной среды. Силы, действующие в жидкости

2. Основные физические свойства жидкости: сжимаемость, вязкость. Плотность, коэффициент объёмного сжатия, давление насыщенных паров жидкости.
3. Касательные и нормальные напряжения. Гидростатическое давление и его свойства. Давление абсолютное, избыточное, вакуум. Термодинамические уравнения состояния.
4. Гидростатика. Дифференциальные уравнения гидростатики.
5. Изобарические поверхности. Равновесие капельной жидкости в поле силы тяжести.
6. Основное уравнение гидростатики несжимаемых жидкостей. Закон Паскаля
7. Гидростатика неньютоновских жидкостей, обладающих динамическим напряжением сдвига.
8. Гидростатика сжимаемой жидкости. Гидростатика двухфазной жидкости.
9. Давление жидкости на твердые плоские поверхности. Давление жидкости на твердые криволинейные поверхности. Закон Архимеда.
10. Основные понятия и определения гидродинамики. Уравнения движения идеальной и вязкой жидкостей
11. Интеграл Бернулли. Уравнение Бернулли для струйки и потока несжимаемой жидкости
12. Два вида потерь напора. Графическая и энергетическая интерпретация уравнения Бернулли.
13. Примеры технического приложения уравнения Бернулли.
14. Виды гидравлических сопротивлений. Схема их экспериментального определения.
15. Опыты Рейнольдса. Режимы течения жидкости. Ламинарное движение несжимаемой жидкости в цилиндрической трубе
16. Распределение скоростей и напряжений. Коэффициент гидравлического сопротивления. Турбулентное течение жидкости.
17. Структура потока. Осредненные местные скорости.
18. Потери напора. Коэффициент гидравлических сопротивлений.
19. Перепад давлений при турбулентном течении. Шероховатость труб. Ламинарное и турбулентное течение в трубах вязкопластической и степенной жидкости.
20. Формулы для определения перепада давлений в трубах для жидкостей разной реологии.
21. Экспериментальное определение коэффициента местных сопротивлений. Эквивалентная длина.
22. Взаимное влияние местных сопротивлений. Классификация трубопроводов..
23. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОДЗЕМНОЙ ГИДРОМЕХАНИКИ ПОНЯТИЕ о моделировании. Модели фильтрационного течения и коллекторов
24. Скорость фильтрации. Законы фильтрации.
25. Дифференциальные уравнения фильтрации. Уравнения течения для пористой среды. Уравнения фильтрации для трещиновато-пористой среды. Начальные и граничные условия. Замыкающие соотношения
26. Установившаяся потенциальная одномерная фильтрация. Виды одномерных потоков. Исследование одномерных течений

27. Анализ основных видов одномерного течения по закону Дарси
28. Плоские задачи теории фильтрации об установившемся притоке к скважине. Приток к совершенной скважине. Фильтрационный поток от нагнетательной скважины к эксплуатационной. Приток к группе скважин с удаленным контуром питания
29. Приток к несовершенным скважинам. Виды несовершенств скважин. Приведённый радиус. Добавочное фильтрационное сопротивление. Экспериментальные и теоретические исследования притока жидкости к гидродинамически несовершенной скважине.
30. Взаимодействие скважин в неоднородно проницаемом и анизотропном пластах. Влияние радиуса скважины на её производительность
31. Нестационарная фильтрация упругой жидкости и газа. Упругая жидкость. Понятия об упругом режиме пласта. Основные параметры теории упругого режима. Дифференциальное уравнение неустановившейся фильтрации упругой жидкости (уравнение пьезопроводности)
32. Приток к скважине в пласте конечных размеров в условиях упруговодонапорного и замкнуто- упругого режима. Круглый горизонтальный пласт с закрытой внешней границей

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПОДГОТОВКЕ К УСТНОМУ ОПРОСУ

Подготовка к опросу проводится в ходе самостоятельной работы обучающихся и включает в себя повторение пройденного материала по вопросам предстоящего опроса. Помимо основного материала обучающийся должен изучить дополнительную рекомендованную литературу и информацию по теме, в том числе с использованием Интернет-ресурсов. В среднем, подготовка к устному опросу по одному семинарскому занятию занимает от 2 до 3 часов в зависимости от сложности темы и особенностей организации обучающимся своей самостоятельной работы. Опрос предполагает устный ответ обучающегося на один основной и несколько дополнительных вопросов преподавателя. Ответ обучающегося должен представлять собой развёрнутое, связанное, логически выстроенное сообщение. При выставлении оценки преподаватель учитывает правильность ответа по содержанию, его последовательность, самостоятельность суждений и выводов, умение связывать теоретические положения с практикой, в том числе и с будущей профессиональной деятельностью.

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Практические работы предполагают проработку в аудитории основных тем курса.

Практические работы — это форма организации обучения, доминирующим компонентом которой является самостоятельная исследовательско-аналитическая работа обучающихся с учебной литературой и последующим активным обсуждением проблемы под руководством педагога, решение прикладных задач.

Порядок выполнения работы

1. Получить задание. Последняя цифра номера зачетки является номером варианта обучающегося.

2. Произвести необходимые действия на тренажере - имитаторе освоения и эксплуатации скважин АМТ 601(для заданий 1-5) Выполнить требуемые расчеты и при необходимости графическое отображение задачи
3. Дать характеристику изучаемых понятий.
4. Выполнить дополнительное задание для конкретного варианта (ответить на теоретические вопросы к зачету и к самостоятельному изучению).
5. По результатам освоения материала обучающийся представляет: отчет по практической работе.

Практические работы проводятся по наиболее сложным вопросам (темам, разделам) учебной дисциплины и имеют целью ее углубленное изучение, привитие обучающимся навыков самостоятельного поиска и анализа учебной информации, формирование и развитие у них научного мышления, умения активно участвовать в творческой дискуссии, делать правильные выводы, аргументировано излагать и отстаивать свое мнение. Подготовка обучающихся к практическим занятиям осуществляется на основе задания, которое разрабатывается преподавателем и доводится до обучающихся перед проведением первых занятий по теме практического занятия.

Коллективное обсуждение изучаемых вопросов, докладов и защита отчетов проводится на занятиях. Практические работы ориентируют обучаемых на большую самостоятельность в учебно-познавательной деятельности. В ходе практических занятий знания учащихся углубляются, систематизируются и контролируются в результате самостоятельной внеаудиторной работы с первоисточниками, документами, дополнительной литературой; укрепляются их компетентностные навыки, позиции; формируются оценочные суждения.

Принципы проведения практических работ:

1. Комментарий основных вопросов плана работы.
2. Указать обучающимся страницы в конспекте лекций, разделы учебников и учебных пособий, чтобы они получили общее представление о месте и значении темы в изучаемом курсе. Затем следует рекомендовать им поработать с дополнительной литературой, сделать записи по рекомендованным источникам.
3. Развивать у обучающихся умение сопоставлять источники, продумывать изучаемый материал. Большое значение имеет совершенствование навыков конспектирования у обучающихся.
4. В ходе защиты доклада, обучающийся учится публично выступать, видеть реакцию слушателей, логично, ясно, четко, грамотным литературным языком излагать свои мысли, проводить доводы, формулировать аргументы в защиту своей позиции.

Практические работы как развивающая, активная форма учебного процесса способствует выработке самостоятельного мышления обучающегося, формированию информационной культуры. Этому во многом помогают создающиеся спонтанно или создаваемые преподавателем и отдельными обучающимися в ходе работы проблемные ситуации.

В заключение преподаватель, как руководитель практического занятия, подводит итоги работы: обучающийся готов к семинару: подробно раскрывает содержание одного вопроса; поддерживает дискуссию по всем вопросам семинара; делает выводы и заключения

Темы и вопросы, выносимые на практические работы.

1. Физические свойства жидкости и газа
2. Гидростатическое давление

3. Сила давления жидкости на плоские и криволинейные поверхности
4. Уравнение неразрывности потока
5. Уравнение Бернулли
6. Потери напора
7. Расчёт коротких трубопроводов
8. Определение фильтрационно-ёмкостных параметров коллекторов
9. Закон Дарси
10. Границы применимости закона Дарси
11. Установившаяся потенциальная одномерная фильтрация
12. Движение жидкости в пласте с неоднородной проницаемостью
13. Установившаяся плоская фильтрация жидкости. интерференция скважин

4 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ

К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие обучающихся в практических занятиях, и выполнение контрольных заданий. При этом самостоятельная работа обучающихся играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Самостоятельная работа обучающегося заключается в подборе литературы по заданной теме, проработке теоретического материала, подбор материалов практики и подготовку конспекта, написание рефератов, подготовку докладов на темы рефератов.

Самостоятельная работа предполагает нормирование культуры умственного труда, самостоятельности и инициативы в поиске и приобретении знаний, закрепление знаний и навыков, полученных на всех видах учебных занятий, подготовку к предстоящим экзаменам, подготовке самостоятельных выступлений с докладом. Самостоятельный труд, а также опыт работы в коллективе, развивает такие качества, как организованность, дисциплинированность, волю, упорство в достижении поставленной цели, вырабатывает умение анализировать факты и явления, учит самостоятельному мышлению, что приводит к развитию и созданию собственного мнения, своих взглядов. Умение работать без помощи преподавателя необходимо не только для успешного усвоения содержания учебной программы, но и для дальнейшей творческой научной деятельности.

Цель самостоятельной работы студентов заключается в глубоком, полном усвоении учебного материала и в развитии навыков самообразования. В целом разумное сочетание самостоятельной работы с иными видами учебной деятельности позволяет реализовать три основных компонента академического образования:

1. познавательный, который заключается в усвоении студентами необходимой суммы знаний по избранной специальности, а также способности самостоятельно их пополнять;
2. развивающий, то есть выработка навыков аналитического и логического мышления, способности профессионально оценить ситуацию и найти правильное решение;

3. воспитательный - формирование профессионального инженерного сознания, мировоззренческих установок, связанных не только с выбранной ими специальностью, но и с общим уровнем развития личности.

Все виды самостоятельной работы по дидактической цели можно разделить на пять групп:

- 1) приобретение новых знаний, овладение умением самостоятельно приобретать знания;
- 2) закрепление и уточнение знаний;
- 3) выработка умения применять знания в решении учебных и практических задач
- 4) формирование умений и навыков практического характера;
- 5) формирование творческого характера, умения применять знания в усложненной ситуации.

Самостоятельная работа студентов складывается из нескольких составляющих:

- работа с текстами: учебниками, нормативными материалами, дополнительной литературой, в том числе материалами интернета, а также проработка конспектов лекций;
- подготовка к экзамену непосредственно перед ним.

Таким образом, самостоятельная работа студентов является необходимым компонентом получения полноценного высшего образования.

Темы, выносимые на самостоятельное изучение

1. Примеры технического приложения уравнения Бернулли.
2. Основные задачи расчета простых трубопроводов и методы их решения.
3. Особенности трубопроводов, работающих под вакуумом. Принципы расчета сложных трубопроводов
4. Установившееся истечение жидкости из малого отверстия в "тонкой" стенке.
5. Равновесие твердых частиц и пузырьков в ньютоновских и неньютоновских жидкостях, газе, газожидкостной смеси.
6. Формулы для витания частиц в различных жидкостях.
7. Понятие динамического напряжения сдвига. Реологические законы.
8. Степенная, вязкопластическая жидкость, вязкоупругие и тиксотропные жидкости.
9. Насадки, их виды и области применения.
10. Шероховатость труб.
11. Жидкости несжимаемые, капельные, газообразные.
12. Коэффициенты сжатия струи, скорости и, расхода.
13. Взаимодействие струи жидкости с твердыми поверхностями.
14. Неустановившееся движение в трубах. Инерционный напор. Виды неустановившиеся процессов в технике, в том числе в скважинах.
15. Основы фильтрации неньютоновских жидкостей. Реологические модели фильтрующихся жидкостей и нелинейные законы фильтрации. Одномерные задачи фильтрации вязкопластичной жидкости. Образование застойных зон при вытеснении нефти водой
16. Приток к скважине в пласте неограниченных размеров
17. Приток к скважине в пласте с прямолинейным контуром питания.

18. Метод эквивалентных фильтрационных сопротивлений
19. Приток к скважине в пласте с произвольным контуром питания, Приток к бесконечным цепочкам и кольцевым батареям скважин
20. Приток к скважине, расположенной вблизи непроницаемой прямолинейной границы.
21. Течение реального газа по двухчленному закону. Интерференция скважин
22. Взаимодействие скважин. Определение коллекторских свойств пласта по данным исследования скважин нестационарными методами
23. Неустановившаяся фильтрация газа в пористой среде Уравнение Лейбензона
24. Исходные уравнения многофазной фильтрации. Одномерные модели вытеснения несмешивающихся жидкостей.
25. Задача Баклея - Леверетта и ее обобщения. Задача Рапопорта – Лиса
26. Основы теории фильтрации многофазных систем. Связь с проблемой нефтегазоотдачи пластов. Основные характеристики многофазной фильтрации
27. Перепад давлений при турбулентном течении. Шероховатость труб. Ламинарное и турбулентное течение в трубах вязкопластической и степенной жидкости.
28. Формулы для определения перепада давлений в трубах для жидкостей разной реологии.
29. Экспериментальное определение коэффициента местных сопротивлений. Эквивалентная длина.
30. Взаимное влияние местных сопротивлений. Классификация трубопроводов..
31. По результатам освоения материала обучающийся представляет: доклады, рефераты, презентации, конспект преподаватель проводит устный опрос.

5 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЭКЗАМЕНУ.

Изучение дисциплины завершается экзаменом. Подготовка к экзамену способствует закреплению, углублению и обобщению знаний, получаемых, в процессе обучения, а также применению их к решению практических задач. Готовясь к экзамену, обучающийся ликвидирует имеющиеся пробелы в знаниях, углубляет, систематизирует и упорядочивает свои знания. На экзамене обучающийся демонстрирует то, что он приобрел в процессе обучения по конкретной учебной дисциплине.

За 3-4 дня нужно систематизировать уже имеющиеся знания. На консультации перед экзаменом обучающихся познакомят с основными требованиями, ответят на возникшие у них вопросы. Поэтому посещение консультаций обязательно.

Требования к организации подготовки к экзаменам те же, что и при занятиях в течение семестра, но соблюдаться они должны более строго.

Вначале следует просмотреть весь материал по сдаваемой дисциплине, отметить для себя трудные вопросы. Обязательно в них разобраться. В заключение еще раз целесообразно повторить основные положения, используя при основную и дополнительную литературу, конспект лекций..

Оценивая знания обучаемого, экзаменатор должен проявлять объективность, доброжелательность, принципиальность, справедливость, демонстрировать уважение

аргументированного мнения экзаменуемого, исходить из принципа научного плюрализма, стимулировать желание обучаемого, к творческой учебе.

Обучаемый, при подготовке должен усвоить и запомнить важнейшие определения понятий и категорий дисциплины, уяснить смысл специфической терминологии, которая используется для обозначения тех или иных понятий дисциплины. В процессе экзамена преподаватель должен проверить не только наличие суммы знаний, но и способность студента правильно их использовать, аргументировать собственную позицию.

Экзамен проводится по билетам в устной форме. В каждом билете по 2 вопроса и практическое задание

На подготовку к ответу отводится 60-80 минут.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

ЮГОРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**Фонд оценочных средств по учебной дисциплине (модулю)
«Гидравлика и подземная гидромеханика», 4 семестр**

21.03.01 Нефтегазовое дело
Эксплуатация и обслуживание объектов добычи нефти

Квалификация (степень) выпускника:
бакалавр

Ханты-Мансийск,
2019

ПАСПОРТ
фонда оценочных средств
по дисциплине Гидравлика и подземная гидромеханика

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) модули дисциплин	Контролируемые компетенции	Наименование оценочного средства	
			вид	количество
1	Физические свойства жидкости и газа	ОПК-1	Текущий контроль Отчет, собеседование, реферат Промежуточный контроль вопросы к экзамену	12 заданч 7 вопросов к собеседованию 4 вопроса к экзамену
2	Гидростатическое давление	ОПК-1	Текущий контроль Отчет, собеседование, реферат Промежуточный контроль вопросы к экзамену	12 заданч 7 вопросов к собеседованию
3	Сила давления жидкости на плоские и криволинейные поверхности	ОПК-1	Текущий контроль Отчет, собеседование, реферат Промежуточный контроль вопросы к экзамену	12 задач 7 вопросов к собеседованию 4 темы рефератов 4 вопроса к экзамену
4	Уравнение неразрывности потока	ОПК-1	Текущий контроль Отчет, собеседование, реферат Промежуточный контроль вопросы к экзамену	12 задач 7 вопросов к собеседованию 4 темы рефератов
5	Уравнение Бернулли	ОПК-1	Текущий контроль Отчет, собеседование, реферат Промежуточный контроль вопросы к экзамену	12 задач 7 вопросов к собеседованию 4 темы рефератов 4 вопроса к экзамену
6	Потери напора	ОПК-1	Текущий контроль Отчет, собеседование, реферат Промежуточный контроль вопросы к экзамену	12 задач 12 вопросов 4 вопроса к экзамену
7	Расчёт коротких трубопроводов	ОПК-1	Текущий контроль Отчет, собеседование, реферат Промежуточный контроль вопросы к экзамену	12 задач 7 вопросов к собеседованию 4 темы рефератов 4 вопроса к экзамену

8	Определение фильтрационно-ёмкостных параметров коллекторов	ОПК-1	Текущий контроль Отчет, собеседование, реферат Промежуточный контроль вопросы к экзамену	3 задачи 7 вопросов к собеседованию 4 темы рефератов 4 вопроса к экзамену
9	Закон Дарси	ОПК-1	Текущий контроль Отчет, собеседование, реферат Промежуточный контроль	4 задачи 7 вопросов к собеседованию 4 темы рефератов 4 вопроса к экзамену
10	Границы применимости закона Дарси	ОПК-1	Текущий контроль Отчет, собеседование, реферат Промежуточный контроль вопросы к экзамену	4 задачи 7 вопросов к собеседованию 4 темы рефератов 4 вопроса к экзамену
11	Установившаяся потенциальная одномерная фильтрация	ОПК-1	Текущий контроль Отчет, собеседование, реферат Промежуточный контроль вопросы к экзамену	13 задач 7 вопросов к собеседованию 4 темы рефератов 4 вопроса к экзамену
12	Движение жидкости в пласте с неоднородной проницаемостью	ОПК-1	Текущий контроль Отчет, собеседование, реферат Промежуточный контроль вопросы к экзамену	8 задач 7 вопросов к собеседованию 4 темы рефератов
13	Установившаяся плоская фильтрация жидкости. интерференция скважин	ОПК-1	Текущий контроль Отчет, собеседование, реферат Промежуточный контроль вопросы к экзамену	6 задач 7 вопросов к собеседованию 4 темы рефератов 4 вопроса к экзамену
			вопросы к экзамену	63 вопросов

Составитель _____ Доцент, к.г.н. Игенбаева Н.О.
(подпись)

« ____ » _____ 2016г.

Контрольные задания
Дисциплина Гидравлика и подземная гидромеханика

Практическая работа 1: Физические свойства жидкости и газа

Задача 1.1. Плотность и объем первой жидкости равны 1000 кг/м^3 и 10 см^3 . Плотность второй жидкости ρ_2 и объем V_2 . Жидкости смешали. Определить плотность смеси.

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\rho_2, \text{ кг/м}^3$	800	840	880	920	960	1040	1080	1120	1160	1200
$V_2, \text{ см}^3$	20	18	16	14	12	10	8	6	4	2

Задача 1.2. При гидравлических испытаниях водопровода длиной ℓ и диаметром D необходимо повысить давление в нём на Δp . Какой объем воды необходимо дополнительно закачать в водопровод?

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\ell, \text{ км}$	0,5	1,00	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5
$D, \text{ мм}$	1400	1200	1100	1000	900	800	700	610	460	260
$\Delta p, \text{ МПа}$	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,0	1,0	0,5

Коэффициенты объёмного сжатия жидкости принять равными $5 \cdot 10^{-10} \text{ 1/Па}$.

Задача 1.3. Определить плотность воды при давлении p , если при давлении $0,1 \text{ МПа}$ плотность воды 1000 кг/м^3 .

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$p, \text{ МПа}$	6,1	5,6	5,1	4,5	4,1	3,6	3,1	2,1	1,1	0,6

Коэффициенты объёмного сжатия принять равными: $5 \cdot 10^{-10} \text{ 1/Па}$.

Задача 1.4. Определить модуль упругости жидкости, если при увеличении давления на Δp её объем изменился с V_1 до V_2 .

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\Delta p, \text{ МПа}$	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11
$V_1, \text{ см}^3$	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	2000
$V_2, \text{ см}^3$	198	297	396	496	595,2	695	794	894	994	1989

Задача 1.5. Определить плотность воды при температуре t , если при температуре 4 С плотность воды 1000 кг/м^3 . Сравнить с табличными значениями (см. Приложение).

Последняя цифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-----------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

зачетки										
t, C	40	45	50	55	60	65	70	75	80	90

Коэффициенты температурного расширения принять равными $4,8 \cdot 10^{-4} \text{ 1/C}$.

Задача 1.6. Определить коэффициент температурного расширения воздуха, если при увеличении температуры с 20 C до t_2 плотность воздуха изменилась с $1,20 \text{ кг/м}^3$ до ρ_2 .

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t_2, C	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
$\rho_2, \text{кг/м}^3$	1,12	1,09	1,06	1,03	0,996	0,969	0,943	0,918	0,895	0,872

Задача 1.7. Для периодического аккумулирования прироста объема воды, возникающего при изменении температуры, в системах центрального водяного отопления устраивают резервуары, которые присоединяются к системе в верхней ее точке и сообщаются с атмосферой. Определить наименьший объем расширительного резервуара, чтобы он полностью не опорожнялся. Допустимое колебание температуры воды от 25°C до t_2 . Объем воды в системе V . Значение плотности воды взять из таблицы 1 приложения.

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t_2, C	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
$V, \text{м}^3$	10	20	30	40	50	60	70	80	150	200

Задача 1.8. Определить плотность воздуха на таком расстоянии от поверхности земли, где температура равна t , а давление p .

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t, C	-10	-15	-20	-30	-40	-50	-60	-65	-70	-75
$p, \text{МПа}$	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,045	0,04	0,03	0,02	0,01

Газовая постоянная воздуха равна 287 Дж/(кг К)

Задача 1.9. Газ перекачивается по газопроводу при политропическом процессе с коэффициентом политропы $1,33$. Давление и плотность газа в начале газопровода 5 МПа и 30 кг/м^3 . Определить плотность газа в конце газопровода, где давление газа равно p_2 .

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$p_2, \text{МПа}$	4,0	3,8	3,6	3,4	3,2	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2

Задача 1.10. Давление в данной точке газопровода равно p_1 , а температура 27°C . В газопроводе образовалось отверстие, через которое происходит истечение газа в атмосферу ($p_2 = 0,1 \text{ МПа}$) при адиабатическом

процессе с коэффициентом адиабаты $k = 1,33$. Определить температуру газа на выходе.

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P_1 , МПа	2,0	1,95	1,9	1,85	1,8	1,75	1,7	1,65	1,6	1,5

Задача 1.11. На слой жидкости толщиной y и плотностью ρ , положена невесомая пластина площадью ω , которая движется со скоростью u . Для этого на пластинку приложена сила T . Определить коэффициент динамической и кинематической вязкости жидкости.

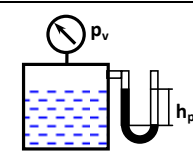
Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
y , см	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
ρ , кг/м ³	800	820	840	860	880	900	920	940	960	980
ω , см ²	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
u , м/с	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20
T , Н	20	30	40	50	60	70	80	90	100	20

Задача 1.12. Определить касательные напряжение в Ньютонской жидкости в точке с координатой y , если эпюра скоростей имеет вид $u(y) = u_0 (y/y_0)^2$

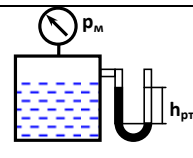
Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
y , см	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
y_0 , см	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
u_0 , м/с	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20

Практическая работа 2: Гидростатическое давление

Задача 2.1. Определить абсолютное давление и показание вакуумметра в баке, если разность уровней ртути равно $h_{рт}$.

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
$h_{рт}$, мм	300	340	380	420	460	500	540	580	620	640	

Задача 2.2. Определить абсолютное давление и показание манометра в баке, если разность уровней ртути равно $h_{рт}$.

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
$h_{рт}$, мм	100	140	180	220	260	340	380	420	460	500	

Задача 2.3. Определить показание манометра, если абсолютное давление на свободной поверхности трубки p_0 , уровень жидкости в трубке H , а уровень жидкости в баке h .

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
p_0 , МПа	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1	0,11	
H , м	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
h , м	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	
ρ , кг/м ³	800	800	800	800	900	900	900	950	950	950	

Задача 2.4. Определить на какую высоту h поднимется уровень воды в трубке пьезометра, если на поршень диаметром D действует сила R , уровень воды в баке h_1 .

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
R , Н	20	25	30	35	40	45	50	157	314	628	
D , мм	15	20	25	30	35	40	45	100	200	300	
h_1 , м	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	

Задача 2.5. Определить показание манометра, если поршень диаметром D , действует сила R , уровень жидкости в цилиндре h , а плотность жидкости ρ .

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
R , Н	20	25	30	35	40	45	50	157	314	628	
D , мм	15	20	25	30	35	40	45	100	200	300	
h , м	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	
ρ , кг/м ³	800	820	840	860	880	900	920	940	960	980	

Задача 2.6. Уровень жидкости в трубке вакуумметра поднялся на высоту h . Плотность жидкости ρ . Определить абсолютное давление p_0 и давление вакуума.

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
h , м	0,1	0,2	0,3	0,4	1	2	3	0,25	0,30	0,40	
ρ , кг/м ³	800	800	800	800	1000	1000	1000	13600	13600	13600	

Задача 2.7. Определить показание манометра p_m и абсолютное давление, если уровни керосина, воды и ртути соответственно равны h_1 , h_2 и h_3 , а плотности этих жидкостей 800, 1000 и 13600 кг/м³.

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	

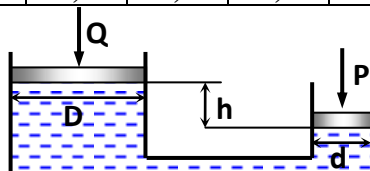
h_1 , м	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	
h_2 , м	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	
h_3 , м	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,1	0,2	0,3	0,4	

Задача 2.8. Определить показание манометра p_m и абсолютное давление, если уровни керосина, воды и ртути соответственно равны h_1 , h_2 и h_3 , а плотности этих жидкостей 800, 1000 и 13600 кг/м³.

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
h_1 , м	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	
h_2 , м	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	
h_3 , м	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,1	0,2	0,3	0,4	

Задача 2.9. Определить усилие Q , создаваемое большим поршнем гидравлического пресса, если на малый поршень действует сила P . Диаметры поршней D и d , а разность уровней жидкостей h . Плотность масла принять равной 800 кг/м³.

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P , Н	4,0	3,8	3,6	3,4	3,2	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2
d , мм	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0
D , мм	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125
h , м	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0



Задача 2.10. Определить высоты жидкостей в коленах U – образной трубки h_1 и h_2 , если известна разница уровней h и плотности жидкостей ρ_1 , ρ_2 .

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
h , м	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	
ρ_1 , кг/м ³	800	820	840	860	1000	1100	1200	1300	1400	1500	
ρ_2 , кг/м ³	13600	13600	13600	13600	1500	1500	1500	2000	2000	2000	

Задача 2.11. Определить показание манометра p_{m1} , если дано показание манометра p_{m2} , диаметры поршней D и d . Поршень находится в равновесии.

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
p_{m2} , МПа	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	
D , мм	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	

d, мм	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	
--------------	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	--

Задача 2.12. Определить тягу Δp через дымовую трубу высотой H , если плотность наружного воздуха $\rho_1 = 1,2 \text{ кг/м}^3$. Плотность дымовых газов рассчитывать, как плотность воздуха при температуре t и давлении 0,1 МПа по уравнению состояния.

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
H, м	20	30	40	50	60	70	80	90	100	120
t, °C	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550

Практическая работа 3: Сила давления жидкости на плоские и криволинейные поверхности

Задача 3.1. Определить силу давления воды на круглую крышку люка диаметром d , закрывающую отверстие на наклонной плоской стенке. Угол наклона стенки α . Длина наклонной стенки от уровня воды до верха люка a . Найти точку приложения равнодействующей. Атмосферное давление, действующее на поверхности воды, учитывать не следует.

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
d, м	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4	
α, град	90	90	60	60	60	45	45	45	30	30	
a, м	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,0	

Задача 3.2. Круглая труба диаметром D перекрыта плоским дисковым затвором, который наклонен под углом α к оси трубы. Определить силу гидростатического давления воды на затвор и точку ее приложения (центр давления), если манометрическое гидростатическое давление на оси трубы слева от затвора равно p_m .

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
D, м	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4	
α, град	90	90	60	60	60	45	45	45	30	30	
p_м, кПа	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,0	

Задача 3.3. Котел системы водяного отопления имеет лаз для осмотра диаметром D . Лаз закрыт плоской крышкой, прикрепленной n болтами. Уровень воды в расширительном баке находится на высоте H , а центр тяжести крышки на высоте h от осевой линии котла. Определить необходимый диаметр болтов. Предел прочности стали принять равной $\tau = 400 \text{ МПа}$.

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
D , м	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4	
n , шт	30	28	26	24	22	20	18	16	14	12	
H , м	30,0	28,0	26,0	24,0	22,0	20,0	18,0	16,0	14,0	12,0	
h , м	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2	

Задача 3.4. Круглое отверстие в плоской вертикальной стенке сосуда, наполненного водой, закрывается плоской крышкой. Диаметр крышки d . Расстояние от поверхности воды до верхней точки крышки l . Определить силу суммарного давления воды на крышку и точку ее приложения. Выражение для момента инерции взять из справочных данных.

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
D , м	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4	
l , м	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2	

Задача 3.5 Квадратное отверстие в плоской вертикальной стенке сосуда, наполненного водой, закрывается плоской крышкой. Размеры отверстия $a \times a$. Расстояние от поверхности воды до верхней точки крышки l . Определить силу суммарного давления воды на крышку и точку ее приложения. Выражение для момента инерции взять из справочных данных.

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
a , м	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4
l , м	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2

Задача 3.6. Определить силу, действующую на 1 метр длины водопровода, диаметром D , который находится под давлением p_m . Также определить толщину стенок трубопровода δ , которая выдержит это давление. Предел прочности стали принять равной τ .

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
D , мм	400	375	350	325	300	275	250	225	200	100
p_m , МПа	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2
τ , МПа	600	560	520	480	440	400	360	320	280	240

Задача 3.7. Определить силу, отрывающую верхнюю часть цистерны (сечение а-а), если диаметр её D , длина L , а показание манометра p_m .

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	p_m
-------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-------

цифра зачетки											
D, м	4,0	3,6	3,2	2,8	2,4	2,0	1,6	1,2	0,8	0,4	
L, м	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2	
p_m , МПа	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2	

Задача 3.8. Определить силу, разрывающую цистерны горизонтально (сечение а-а), если диаметр её D , длина L , а показание манометра p_m .

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
D, м	4,0	3,6	3,2	2,8	2,4	2,0	1,6	1,2	0,8	0,4	
L, м	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2	
p_m , МПа	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2	

Задача 3.9. Определить уровень воды H_1 , при котором стенка опрокинется, если заданы геометрические размеры уровень жидкости в справа от стенки H_2 , высота стенки H , толщина стенки L . Плотность материала стенки 2000 кг/м^3 .

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
H_2 , м	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2	
H , м	5,0	4,8	4,6	4,4	4,0	3,8	3,6	3,2	3,0	2,8	
L , м	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	

Задача 3.10. Определить вертикальную и горизонтальные составляющие силы давления воды на 1 метр ширины указанной криволинейной поверхности, если заданы значения H и R . Показать направление действия сил.

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Поверхность	AB C	AB C	AB C	AB C	AB C	B C	B C	B C	B C	B C	
R , м	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4	
H , м	30,0	28,0	26,0	24,0	22,0	20,0	18,0	16,0	14,0	12,0	

Задача 3.11. Определить вертикальную и горизонтальные составляющие силы давления воды на 1 метр ширины указанной криволинейной поверхности, если заданы значения H и R . Показать направление действия сил.

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Поверхность	В	В	В	В	В	АВ	АВ	АВ	АВ	АВ	
R, м	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4	
H, м	30,0	28,0	26,0	24,0	22,0	20,0	18,0	16,0	14,0	12,0	

Задача 3.12. Песок на строительство доставляется на деревянной шаланде, которая имеет вертикальные борта и площадь дна ω . Собственный масса шаланды M . Определить, сможет ли пройти шаланда: а) в порожнем состоянии; б) с грузом песка объемом W , если наименьшая глубина по фарватеру равна h_{\min} . Плотность песка взять равным 2000 кг/м^3 .

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\omega, \text{ м}^2$	50	60	70	80	90	100	150	200	250	300
$M, \text{ т}$	30	32	34	38	42	45	80	120	150	200
$W, \text{ м}^3$	20,0	22,0	24,0	26,0	28,0	35,0	50,0	70,0	90,0	100
$h_{\min}, \text{ м}$	1,2	1,2	1,3	1,1	1,0	1,3	1,4	1,6	1,2	0,9

Практическая работа 4: Уравнение неразрывности потока

Задача 4.1. Идеальный газ движется в сужающейся трубе. Во сколько раз скорость газа в узком сечении больше, чем в широком, если заданы диаметры первого и второго сечения D_1, D_2 , а также давления в первом и втором сечениях P_1 и P_2 . Движение газа изотермическое.

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
$D_1, \text{ мм}$	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	
$D_2, \text{ мм}$	20,0	20,0	25,0	25,0	30,0	30,0	40,0	40,0	60,0	60,0	
$P_1, \text{ МПа}$	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2	
$P_2, \text{ МПа}$	1,0	0,9	0,8	0,6	0,5	0,4	0,3	0,25	0,2	0,15	

Задача 4.2. По тройнику движется жидкость. Определить скорости движения жидкости в сечениях, если заданы расходы в ответвлениях Q_1, Q_2, Q_3 и диаметры ответвлений d_1, d_2, d_3 .

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
$Q_1, \text{ л/с}$	-	1,0	4,0	-	12,0	2,0	-	22,0	10,0	-	
$Q_2, \text{ л/с}$	0,5	-	4,0	12,0	-	10,0	18,0	-	30,0	30,0	
$Q_3, \text{ л/с}$	2,0	4,0	-	10,0	14,0	-	18,0	20,0	-	50,0	
$d_1 = d_3, \text{ мм}$	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	125,0	150,0	

d₂, мм	20,0	40,0	30,0	60,0	50,0	80,0	80,0	100,0	100	150,0	
--------------------------	------	------	------	------	------	------	------	-------	-----	-------	--

Задача 4.3. Вода из трубы диаметром **d** вытекает в лоток шириной **b** и глубиной жидкости в нем **h**. За время **t** по поперечным сечениям проходит масса воды **M**. Определить скорости воды в трубе и лотке, и эквивалентные диаметры трубы и лотка.

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
d, м	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4
b, м	2,0	2,0	1,6	1,4	1,0	2,0	1,0	0,8	0,4	0,5
h, м	3,0	2,5	1,0	1,2	1,4	0,5	1,0	0,4	0,4	0,6
t, с	1,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	120	180	240
M, т	10	90	100	150	180	150	130	90	150	20

Задача 4.4. После компрессорной станции давление газа равно **p**, температура **t**, скорость газа **v**, а диаметр газопровода **d**. Определить массовый расход газа. Газовую постоянную принять равной **520 дж/кг К**.

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
p, МПа	7,0	6,8	6,6	5,4	5,2	5,0	4,8	3,6	2,5	1,4
t, С°	40	37	33	30	28	26	24	22	20	18
v, л/с	30	28	26	24	22	20	18	16	14	12
d, м	1,5	1,4	1,3	1,2	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4

Задача 4.5. По прямоугольному вентиляционному каналу размером **a** х **b** за время **t** подаётся объём воздуха **W**. Определить скорость воздуха, гидравлический радиус и эквивалентный диаметр.

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
a, м	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2
b, м	0,5	0,5	0,6	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,4	0,3
t, мин	1,0	5,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60	100	200
W, м³	300	2000	3000	5000	6000	7000	6000	6000	8000	7000

Задача 4.6. По тройнику движется жидкость. Определить скорости движения жидкости в сечениях, если заданы расходы в ответвлениях **Q₁**, **Q₂**, **Q₃** и диаметры ответвлений **d₁**, **d₂**, **d₃**.

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Q₁, л/с	-	1,0	4,0	-	12,0	2,0	-	22,0	10,0	-	
Q₂, л/с	0,5	-	4,0	12,0	-	10,0	18,0	-	30,0	30,0	
Q₃, л/с	2,0	4,0	-	10,0	14,0	-	18,0	20,0	-	50,0	
d₁ = d₂, мм	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	125,0	150,0	
d₃, мм	20,0	40,0	30,0	60,0	50,0	80,0	80,0	100,0	100	150,0	

Задача 4.7. В трубу диаметром d подается вода с расходом Q_0 . В двух точках производится отбор воды с расходами Q_1 и Q_2 . Из трубопровода выходит расход Q_3 . Определить скорости на участках трубопровода V_{0-1} , V_{1-2} , V_{2-3} и неизвестный расход.

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Q_0 , л/с	5,0	6,0	7,0	-	15,0	17,0	18,0	-	30,0	40,0
Q_1 , л/с	-	1,0	4,0	3,0	-	2,0	10,0	12,0	-	20,0
Q_2 , л/с	0,5	-	4,0	2,0	4,0	-	8,0	8,0	10,0	-
Q_3 , л/с	2,0	4,0	-	5,0	10,0	10,0	-	5,0	15,0	25,0
d , мм	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	125,0	150,0

Задача 4.8. В водо-водяном подогревателе внешним диаметром D проходят n латунных трубок с внешним диаметром 18 мм (на рисунке показано только четыре). По межтрубному пространству (затемненная область) за время t прокачивается объём жидкости W . Определить эквивалентный диаметр для потока в межтрубном пространстве и скорость движения жидкости.

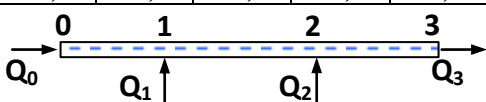
Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
D , мм	57	76	89	114	168	219	273	325	377	426
n , -	4	7	12	19	37	64	109	151	216	283
t , мин	1,0	5,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60	70	80
W , м ³	0,5	4,0	10,0	30,0	60,0	200	600	900	1500	1700

Задача 4.9. К узлу подходят воды с расходами Q_2 , Q_3 , а выходит с расходами Q_1 , Q_4 . Диаметры сечений равны $d_1 = d_2$, $d_3 = d_4$. Определить скорости движения жидкости во всех четырех сечениях, и неизвестный расход.

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Q_1 , л/с	5,0	6,0	7,0	-	15,0	17,0	18,0	-	30,0	40,0
Q_2 , л/с	-	1,0	4,0	3,0	-	2,0	10,0	12,0	-	20,0
Q_3 , л/с	0,5	-	4,0	2,0	4,0	-	8,0	8,0	10,0	-
Q_4 , л/с	2,0	4,0	-	5,0	10,0	10,0	-	5,0	15,0	25,0
$d_1 = d_2$, мм	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	125,0	150,0
$d_3 = d_4$, мм	20,0	30,0	40,0	50,0	70,0	80,0	100,0	110,0	150,0	175,0

Задача 4.10. В трубу диаметром d подается вода с расходом Q_0 . В двух точках производится закачка воды с расходами Q_1 и Q_2 . Из трубопровода выходит расход Q_3 . Определить скорости на участках трубопровода V_{0-1} , V_{1-2} , V_{2-3} и неизвестный расход.

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Q_0 , л/с	2,0	4,0	1,0	-	10,0	10,0	1,0	-	10,0	25,0
Q_1 , л/с	-	1,0	2,0	3,0	-	2,0	10,0	12,0	-	20,0
Q_2 , л/с	0,5	-	4,0	2,0	4,0	-	8,0	8,0	10,0	-
Q_3 , л/с	5,0	6,0	-	5,0	15,0	17,0	-	25,0	30,0	40,0
d , мм	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	125,0	150,0

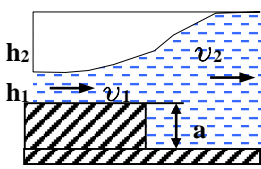


Задача 4.11. По газопроводу диаметром d движется газ с массовым расходом Q_m . Давления в начале и конце газопровода соответственно равны p_1 и p_2 , а температура газа t . Определить скорости газа в начале и конце газопровода. Газовую постоянную принять равной 520 дж/кг К.

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
d , м	1,5	1,4	1,3	1,2	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4
Q_m , кг/м ³	500	400	400	300	200	200	100	50	25	10
p_1 , МПа	7,0	6,8	6,6	5,4	5,2	5,0	4,8	3,6	2,5	1,4
p_2 , МПа	5,0	4,8	4,6	3,4	3,2	2,5	2,8	1,6	1,5	0,4
t , С°	40	35	30	25	20	15	10	9	8	7


Задача 4.12. По каналу шириной b (перпендикулярно рисунку) движется вода с расходом Q . Высота выступа канала равна a , уровень жидкости над выступом h_1 , высота подъёма жидкости после выступа h_2 . Определить скорости воды над выступом и после выступа.

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
b , м	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8	1,6	1,5	1,4
Q , м ³ /с	6,0	5,5	4,0	3,0	2,5	2,0	1,5	1,4	0,7	0,6
a , м	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
h_1 , м	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1
h_2 , м	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,21



Практическая работа 5: Уравнение Бернулли

Задача 5.1. Насос за время t перекачивает объём воды W , по трубе диаметром d . Высота подъёма жидкости H_f . Потери напора рассчитываются по формуле $h_{1-2} = 3 V^2/2g$, где V – скорость в трубе. Рассчитать показание вакуумметра.

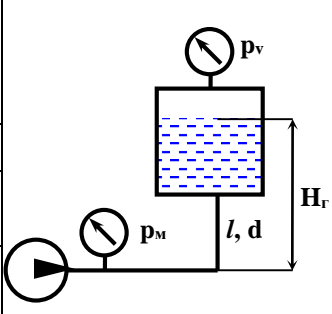
Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	p_v 
-------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

цифра зачетки										
t, мин	1,0	5,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60	70	80
W, м ³	0,5	4,0	10,0	30,0	60,0	200	600	900	1500	1700
d, мм	40	50	60	70	100	150	180	200	250	300
H _г , м	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5

Задача 5.2. Насос перекачивает нефть с плотностью ρ , по трубопроводу диаметром d , на высоту H_g . Давление на выходе из насоса p_m , показание вакуумметра p_v . Потери напора в трубопроводе рассчитываются по формуле $h_{1-2} = 20 V^2/2g$, где V – скорость в трубе.

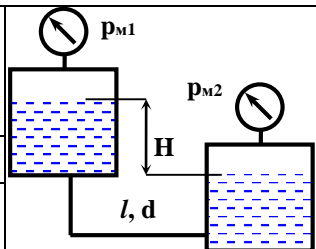
Рассчитать скорость движения нефти в трубе и расход нефти.

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ρ , кг/м ³	800	810	820	830	840	850	860	870	880	890
d, мм	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	125,0	150,0
H _г , м	3,0	4,0	5,0	6,5	8,0	9,5	11,0	12,5	15,0	17,5
P_m , МПа	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4
P_v , МПа	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	0,00	0,03	0,03	0,04	0,04




Задача 5.3. Керосин, плотностью ρ по самотечному трубопроводу диаметром d перетекает из правого бака в левый с расходом Q . Давления в баках p_{m1} , p_{m2} . Потери напора в трубопроводе рассчитываются по формуле $h_{1-2} = 30 V^2/2g$, где V – скорость в трубе. Рассчитать разность уровней керосина в баках H .

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ρ , кг/м ³	700	710	720	730	740	750	760	770	780	790
d, мм	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	125,0	150,0
Q, л/с	5,0	6,0	7,0	10,0	15,0	17,0	18,0	25,0	30,0	40,0
P_{m1} , МПа	0,02	0,05	0,1	0,12	0,15	0,17	0,18	0,25	0,3	0,4
P_{m2} , МПа	0,15	0,17	0,18	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55



Задача 5.4. Насос перекачивает воду по трубопроводу диаметром d с расходом Q . Высота уровня жидкости в баке H . Давление в баке p_m , показание вакуумметра на входе в насос p_v . Потери напора в трубопроводе рассчитываются по формуле $h_{1-2} = 7 V^2/2g$, где V – скорость в трубе.

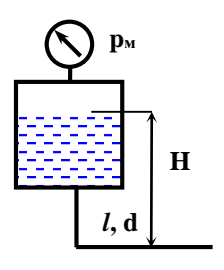
Рассчитать давление в баке p_m .

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
-------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

цифра зачетки											
d, мм	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	125,0	150,0	
Q, л/с	5,0	6,0	7,0	10,0	15,0	17,0	18,0	25,0	30,0	40,0	
H, м	3,0	4,0	5,0	6,5	8,0	9,5	11,0	12,5	15,0	17,5	
P_v, МПа	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	0,0	0,03	0,03	0,04	0,04	

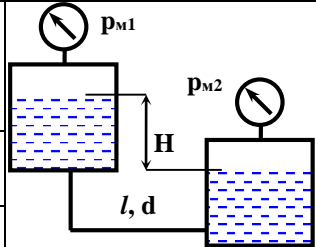
Задача 5.5. Вода по самотечному трубопроводу диаметром **d** вытекает в атмосферу с расходом **Q**. Высота уровня жидкости в баке **H**. Давление в баке **p_m**. Потери напора в трубопроводе рассчитываются по формуле $h_{1-2} = \xi_m V^2/2g$, где **V** – скорость в трубе, а ξ_m – коэффициент сопротивлений. Рассчитать **H**.

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
d, мм	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	125,0	150,0
Q, л/с	5,0	6,0	7,0	10,0	15,0	17,0	18,0	25,0	30,0	40,0
H, м	3,0	4,0	5,0	6,5	8,0	9,5	11,0	12,5	15,0	17,5
$\xi_m, -$	5	7	8	9	11	13	15	17	18	20



Задача 5.6. Вода по самотечному трубопроводу диаметром **d** перетекает из левого бака в правый. Давления в баках **p_{m1}**, **p_{m2}**, разность уровней керосина в баках **H**. За время **t** перетекает объем воды **W**. Потери напора в трубопроводе рассчитываются по формуле $h_{1-2} = 15 V^2/2g$, где **V** – скорость в трубе. Рассчитать показание манометра **p_{m1}**.

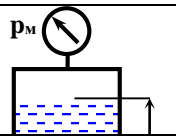
Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
d, мм	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	125,0	150,0
P_{m2}, МПа	0,10	0,15	0,17	0,20	0,23	0,26	0,30	0,35	0,40	0,45
H, м	3,0	4,0	5,0	6,5	8,0	9,5	11,0	12,5	15,0	17,5
t, мин	1,0	5,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0
W, м³	0,5	4,0	10,0	30,0	60,0	200,0	600,0	900,0	1500,0	1700,0



Задача 5.7. Насос перекачивает нефть с плотностью ρ , по трубопроводу диаметром **d**. Высота уровня жидкости в баке **H**. Давление в баке **p_m**, показание вакуумметра на входе в насос **p_v**. Потери напора в трубопроводе рассчитываются по формуле $h_{1-2} = 7 V^2/2g$, где **V** – скорость в трубе.

Рассчитать скорость движения нефти в трубе **V** и расход **Q**.

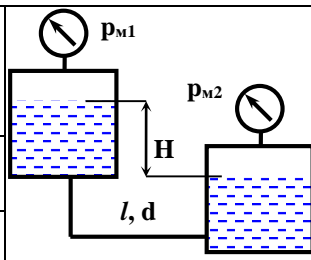
Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



ρ , кг/м ³	800	810	820	830	840	850	860	870	880	890
d , мм	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	125,0	150,0
H , м	3,0	4,0	5,0	6,5	8,0	9,5	11,0	12,5	15,0	17,5
P_m , МПа	0,02	0,05	0,1	0,12	0,15	0,17	0,1	0,15	0,2	0,25
p_v , МПа	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	0,0	0,03	0,03	0,04	0,04

Задача 5.8. Вода по самотечному трубопроводу диаметром d перетекает из правого бака в левый. Давления в баках p_{m1} , p_{m2} , разность уровней керосина в баках H . За время t перетекает объём воды W . Потери напора в трубопроводе рассчитываются по формуле $h_{1-2} = 10 V^2/2g$, где V – скорость в трубе. Рассчитать разность уровней воды в баках H .

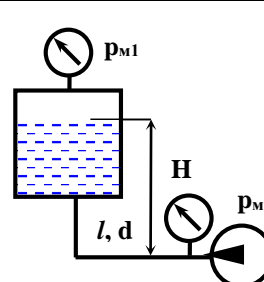
Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
d , мм	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	125,0	150,0
P_{m1} , МПа	0,02	0,05	0,1	0,12	0,15	0,17	0,1	0,15	0,2	0,25
P_{m2} , МПа	0,1	0,15	0,17	0,2	0,23	0,26	0,3	0,35	0,4	0,45
H , м	3,0	4,0	5,0	6,5	8,0	9,5	11,0	12,5	15,0	17,5
t , мин	1,0	5,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60	70	80
W , м ³	0,5	4,0	10,0	30,0	60,0	200	600	900	1500	1700



Задача 5.9. Насос перекачивает воду по трубопроводу диаметром d , на высоту H с расходом Q . Давление на выходе из насоса p_m , в баке p_{m1} . Потери напора в трубопроводе рассчитываются по формуле $h_{1-2} = \xi_m V^2/2g$, где V – скорость в трубе, а ξ_m – коэффициент сопротивлений.

Рассчитать коэффициент сопротивлений ξ_m .

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
d , мм	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	125,0	150,0
H , м	3,0	4,0	5,0	6,5	8,0	9,5	11,0	12,5	15,0	17,5
Q , л/с	5,0	6,0	7,0	10,0	15,0	17,0	18,0	25,0	30,0	40,0
P_m , МПа	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4
P_{m1} , МПа	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	0,0	0,03	0,03	0,04	0,04



Задача 5.10. В водомере Вентури уровни жидкости в пьезометрах относительно оси трубы равна h_1 , h_2 , а диаметры d_1 , d_2 (нумерация по направлению движения жидкости). Потери напора в трубопроводе

рассчитываются по формуле $h_{1-2} = 0,06 V_2^2/2g$, где V_2 – скорость в узкой части водомера. Рассчитать скорость движения жидкости в трубе V_1 , V_2 и расход Q .

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
h_1 , мм	800	750	720	630	540	450	360	270	180	90	
h_2 , мм	400	350	320	330	240	250	160	170	80	40	
d_1 , мм	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	125,0	150,0	
d_2 , мм	20,0	30,0	40,0	50,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	

Задача 5.11. В водомере Вентури уровни жидкости в пьезометрах относительно оси трубы равна h_1 , h_2 , а диаметры d_1 , d_2 (нумерация по направлению движения жидкости). Потери напора в трубопроводе рассчитываются по формуле $h_{1-2} = 0,6 V_2^2/2g$, где V_2 – скорость в широкой части водомера. Рассчитать скорость движения жидкости в трубе V_1 , V_2 и расход Q .

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
h_1 , мм	400	350	320	330	240	250	160	170	80	40	
h_2 , мм	800	750	720	630	540	450	360	270	180	90	
d_1 , мм	20,0	30,0	40,0	50,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	
d_2 , мм	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	125,0	150,0	

Задача 5.12. Истечение воды из бака происходит по системе труб переменного сечения, которые имеют площади ω_1 , ω_2 , ω_3 , ω_4 . Уровень жидкости в баке равен H . Пренебрегая сопротивлениями (считать $h_{1-2} = 0$), определить скорость истечения V_4 , скорости в остальных сечения V_1 , V_2 , V_3 , расход Q и построить пьезометрическую линию.

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
ω_1 , см ²	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400	
ω_2 , см ²	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400	
ω_3 , см ²	250	300	350	400	550	600	700	800	900	1000	
ω_4 , см ²	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	
H , м	3,0	4,0	5,0	6,5	8,0	9,5	11,0	12,5	15,0	17,5	

Практическая работа 6: Потери напора

Задача 6.1. Конденсатор паровой турбины, установленный на тепловой электростанции, оборудован $n = 8186$ охлаждающими трубками диаметром d . В нормальных условиях работы через конденсатор пропускается расход Q циркуляционной воды с динамической вязкостью μ . Определить режим движения жидкости в трубах?

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$n, -$	8186	8000	7000	6000	5000	4000	3500	3000	2500	2200
$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	4,0	2,0	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	0,1
$d, \text{ мм}$	37	35	33	31	29	27	25	23	20	18
$\mu, \text{ мПа}\cdot\text{с}$	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,1	1,3	1,4	1,3	1,4

Задача 6.2. Определить критическую скорости, отвечающую переходу от ламинарного течения к турбулентному для трубы диаметром d при движении в ней воды, воздуха и глицерина. Динамические вязкости этих жидкостей соответственно равны μ_v , $\mu_{\text{воз}}$ и $\mu_{\text{глиц}}$.

Плотности жидкостей принять равными: $\rho_v = 1000 \text{ кг/м}^3$; $\rho_{\text{воз}} = 1,2 \text{ кг/м}^3$; $\rho_{\text{глиц}} = 1200 \text{ кг/м}^3$.

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$d, \text{ мм}$	40	38	36	34	32	30	28	26	24	22
$\mu_v, \text{ мПа}\cdot\text{с}$	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,1	1,3	1,4	1,3	1,4
$\mu_{\text{воз}}, \text{ мПа}\cdot\text{с}$	0,018	0,019	0,020	0,021	0,022	0,023	0,024	0,025	0,026	0,027
$\mu_{\text{глиц}}, \text{ мПа}\cdot\text{с}$	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230

Задача 6.3. Вода в количестве Q протекает по горизонтальной трубе. Определить потерю напора на резком расширении трубы с диаметра d_1 до d_2 .

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q, \text{ л/с}$	20	21	22	23	24	25	5	6	7	8
$d_1, \text{ мм}$	100	110	120	130	140	150	50	60	70	80
$d_2, \text{ мм}$	200	200	200	200	200	200	100	100	100	100

Задача 6.4. Вода из бака входит в трубу диаметром d расходом Q . Определить потерю напора на входе в трубу.

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q, \text{ л/с}$	250	220	210	200	180	160	60	50	40	30
$d, \text{ мм}$	300	280	120	130	140	150	150	120	100	90

Задача 6.5. Вода из трубы диаметром d выходит в бак с расходом Q . Определить потерю напора на выход из трубы в бак.

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$d, \text{ мм}$	500	450	400	350	300	250	200	150	100	50

Q, л/с	400	350	300	200	150	100	60	30	17	4
---------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-----------	-----------	-----------	----------

Задача 6.6. Найти потерю напора при движении воды в стальной новой сварной трубе с шероховатостью $k = 0,02$ мм, длиной l , внутренним диаметром d при расходе Q и температуре t .

Вязкость воды взять из справочных материалов.

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
l, м	1400	1500	1600	1700	1800	800	900	1000	1100	1200
d, мм	50,0	45	40	35	30	100	125	150	175	200
Q, л/с	2	2	1,5	1,2	1,0	8	12	20	35	50
t, С°	10	12	14	16	18	20	22	24	26	30

Задача 6.7. Вода при $t = 10^{\circ}\text{C}$ протекает с расходом Q в горизонтальной трубе кольцевого сечения, состоящей из двух концентрических оцинкованных стальных труб длиной l . Внутренняя труба имеет диаметр d , а наружная труба имеет внутренний диаметр D . Шероховатость стенок труб $k = 0,02$ мм. Найти потери напора на трение в трубе.

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Q, л/с	12	16	20	24	26	30	32	34	36	40
l, м	500	500	600	700	800	800	900	1000	1100	1200
d, мм	100,0	125	150	175	200	225	250	275	300	325
D, мм	120,0	150	175	200	225	250	275	300	325	350

Задача 6.8. Воздух по вентиляционному каналу размерами $a \times b$, длиной l , шероховатость стенок трубы $k = 0,5$ мм, перекачивается с расходом Q . Динамическая вязкость воздуха $0,0172$ мПа·с.

Рассчитать потери давления в вентиляционном канале.

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
a, м	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2
b, м	0,4	0,35	0,3	0,25	0,2	0,5	0,5	0,6	0,4	0,3
l, м	200	250	300	350	400	50	100	150	200	250
Q, м³/час	3600	4500	5000	6000	3000	9000	8000	10000	5000	3000

Задача 6.9. По газопроводу высокого давления, диаметром d , длиной l , с шероховатостью стенок трубы $k = 0,5$ мм перекачивается метан с расходом при стандартных условиях $Q_{ст}$. Давление в начале газопровода p_1 , а в конце трубопровода p_2 . Динамическая вязкость метана $0,0104$ мПа·с, плотность при стандартных условиях $0,66$ кг/м³.

Рассчитать неизвестное давление.

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
d, м	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4

ℓ , км	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0
$Q_{ст}$, м ³ /с	10	11	15	20	27	80	80	86	90	120
p_1 , МПа	-	-	-	-	-	6,2	6,4	6,6	6,8	7,0
p_2 , МПа	5,0	4,8	4,6	3,4	3,2	-	-	-	-	-

Задача 6.10. Стальной новый водовод диаметром d с абсолютной эквивалентной шероховатостью k_0 имеет пропускную способность Q . Требуется определить, как изменится пропускная способность водовода Q_t через t лет эксплуатации. Исследования, проведенные через два года после начала эксплуатации, показали, что абсолютная шероховатость трубопровода возросла до k_t . Режим движения считать турбулентным с квадратичной зоной сопротивления.

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
d , мм	250	225	200	175	150	125	100	75	50	25
k_0 , мм	0,10	0,26	0,3	0,22	0,18	0,16	0,08	0,06	0,04	0,02
Q , л/с	52,0	50	40	35	30	20	10	5,0	3,0	1,2
k_t , мм	0,20	0,30	0,35	0,28	0,26	0,24	0,10	0,08	0,08	0,04
t , год	15	10	15	20	25	30	35	40	45	50

Задача 6.11. Дан участок длинного водопровода ($k = 0,22$ мм), состоящий из трех последовательно соединенных новых стальных трубопроводов разного диаметра. Расход воды Q ; диаметры труб: d_1 ; d_2 ; d_3 ; длина трубопроводов ℓ_1 ; ℓ_2 ; ℓ_3 . Определить величину потерь напора на участке. Построить напорную линию, если напор в начале трубопровода равен $H_1 = 30$ м. Модули расхода трубопровода K взять из справочных данных в таблице 23.

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Q , л/с	4,0	8,0	20,0	30,0	45,0	60,0	40,0	65,0	70,0	90,0
d_1 , мм	50	75	100	125	150	175	200	225	250	300,0
d_2 , мм	150	175	200	225	250	300	150	175	200	225
d_3 , мм	100	125	150	175	200	225	350	400	450	500
ℓ_1 , м	200	250	300	350	400	450	500	700	800	900
ℓ_2 , м	500	600	700	800	900	1000	400	500	600	700
ℓ_3 , м	300	350	400	500	600	700	800	1000	1100	1400

Задача 6.12. По каналу с вертикальными боковыми стенками, шириной b и глубиной жидкости в нём h движется вода. Шероховатость стенок канала n , Гидравлический уклон воды в канале i . Рассчитать среднюю скорость жидкости в канале и расход. Значения модуля скорости W в зависимости от гидравлического радиуса R и шероховатости стенки трубы n приведены в таблице 24.

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

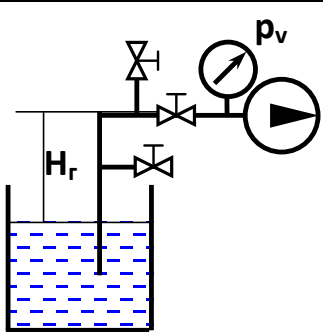
b, м	5,0	4,8	4,6	4,4	4,2	4,0	3,8	3,6	3,5	2,4
h, м	2,0	2,8	2,6	2,4	2,2	1,9	1,8	1,6	1,4	1,2
n, -	0,02	0,011	0,013	0,014	0,017	0,025	0,030	0,035	0,040	0,045
i, -	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05

Практическая работа 7: Расчёт коротких трубопроводов

Задача 7.1. Насос по трубопроводу длиной ℓ , диаметром d и шероховатостью поверхности трубы k перекачивает мазут плотностью ρ и динамической вязкостью μ , с массовым расходом Q_m . Геометрическая высота всасывания насоса H_g , коэффициент местных сопротивлений ξ_m , показание вакуумметра на входе в насос p_v .

Рассчитать показание вакуумметра p_v .

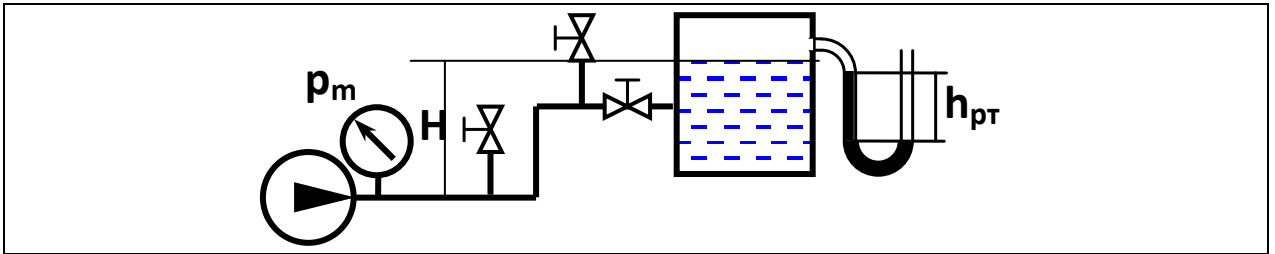
Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ℓ , м	20	18	16	14	12	10	8	12	10	8
d , мм	30,0	28,0	26,0	24,0	22,0	20,0	18,0	16,0	14,0	12,0
k , мм	0,2	0,15	0,1	0,05	0,02	0,2	0,15	0,1	0,05	0,02
ρ , кг/м ³	950	957	964	971	978	985	992	999	1010	1025
μ , мПа·с	40	50	60	70	80	90	100	110	120	140
Q_m , кг/с	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,7	0,5	0,2
H_g , м	8,0	7,0	6,0	5,0	4,0	8,0	7,0	6,0	5,0	4,0
ξ_m , -	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	5,0	4,5	4,0



Задача 7.2. Насос по трубопроводу длиной ℓ , диаметром d и шероховатостью поверхности трубы k перекачивает нефть плотностью ρ и динамической вязкостью μ , на высоту H . Коэффициент местных сопротивлений ξ_m , показание ртутного манометра $h_{рт}$, а манометра p_m .

Рассчитать расход Q .

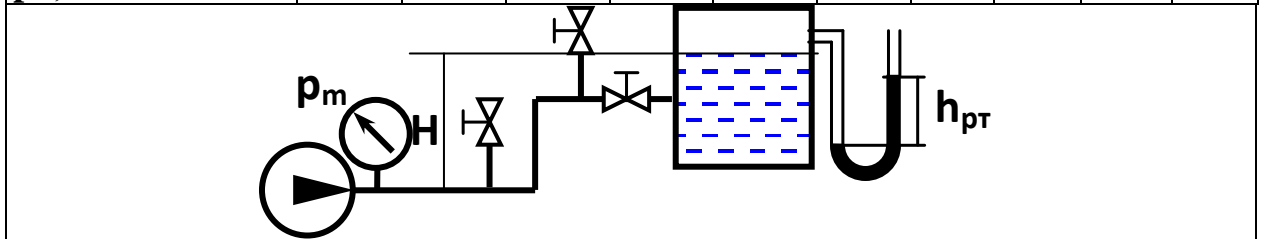
Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ℓ , м	400	350	300	250	200	150	100	50	200	150
d , мм	200	175	150	125	100	75	50	200	175	150
k , мм	0,2	0,15	0,1	0,05	0,02	0,2	0,15	0,1	0,05	0,02
ρ , кг/м ³	850	860	870	880	890	900	910	920	930	940
μ , мПа·с	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	20,0
H , м	8,0	7,0	6,0	5,0	4,0	8,0	7,0	6,0	5,0	4,0
ξ_m , -	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	5,0	4,5	4,0
$h_{рт}$, мм	50	100	150	200	250	300	350	400	500	550
p_m , МПа	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10	0,40	0,35	0,3



Задача 7.3. Насос перекачивает воду по трубопроводу длиной ℓ , диаметром d и шероховатостью поверхности трубы k с массовым расходом Q_m . Уровень жидкости в баке находится на высоте H , коэффициент местных сопротивлений ξ_m . Показание ртутного манометра $h_{рт}$, а манометра p_m .

Рассчитать диаметр трубопровода d .

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ℓ , м	250	200	180	160	140	120	100	120	100	80
k , мм	0,2	0,15	0,1	0,05	0,02	0,2	0,15	0,1	0,05	0,02
Q_m , кг/с	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,7	0,5	0,2
H , м	8,0	7,0	6,0	5,0	4,0	8,0	7,0	6,0	5,0	4,0
ξ_m , -	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	5,0	4,5	4,0
$h_{рт}$, мм	50	100	150	200	250	300	350	400	500	550
p_m , МПа	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10	0,40	0,35	0,3

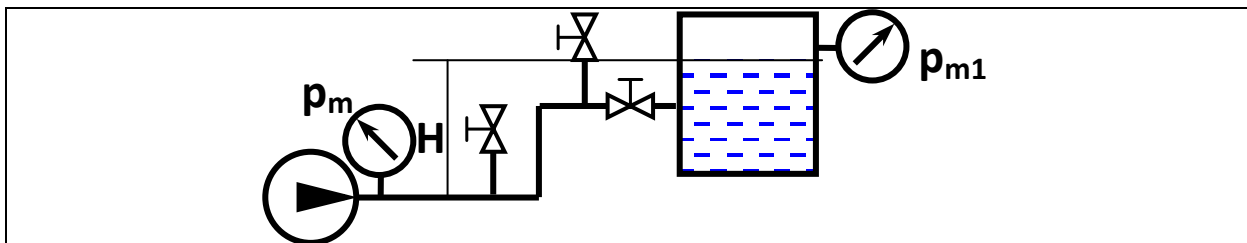


Задача 7.4. Насос закачивает воду в бак по трубопроводу длиной ℓ , диаметром d и шероховатостью поверхности трубы k , с расходом Q . Уровень жидкости в баке H , коэффициент местных сопротивлений ξ_m . Показание манометров на выходе из насоса p_m , а в баке p_{m1} .

Рассчитать давление на выходе из насоса p_m .

Дано: вязкость $0,8 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

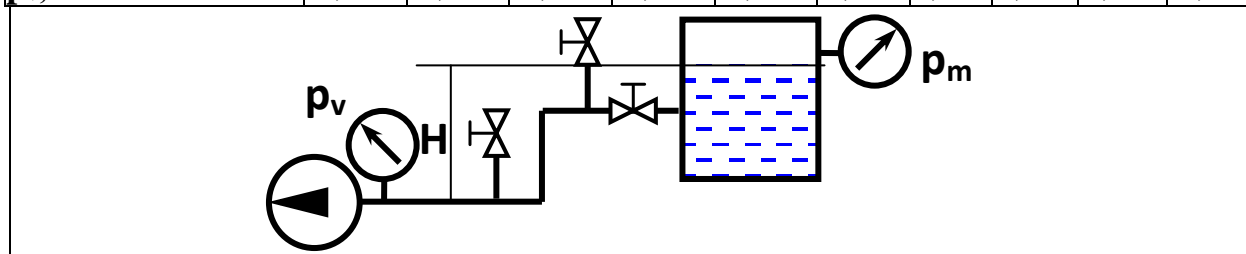
Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ℓ , м	200	180	160	140	120	100	80	120	100	80
d , мм	30,0	28,0	26,0	24,0	22,0	20,0	18,0	16,0	14,0	12,0
k , мм	0,2	0,15	0,1	0,05	0,02	0,2	0,15	0,1	0,05	0,02
Q , л/с	2,5	2,0	1,8	1,5	1,1	1,0	0,9	0,7	0,5	0,2
H , м	8,0	7,0	6,0	5,0	4,0	8,0	7,0	6,0	5,0	4,0
ξ_m , -	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	5,0	4,5	4,0
p_{m1} , МПа	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10	0,40	0,35	0,3



Задача 7.5. Насос выкачивает из бака нефть по трубопроводу длиной l , диаметром d и шероховатостью поверхности трубы k . Плотность и динамическая вязкость нефти соответственно равны ρ и μ . Объемный расход нефти Q , уровень жидкости в баке H , коэффициент местных сопротивлений ξ_m . Показание манометров в баке насоса p_m , а вакуумметра на входе в насоса p_v .

Рассчитать расход Q .

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
l , м	20	18	16	14	12	10	8	12	10	8
d , мм	30,0	28,0	26,0	24,0	22,0	20,0	18,0	16,0	14,0	12,0
k , мм	0,2	0,15	0,1	0,05	0,02	0,2	0,15	0,1	0,05	0,02
ρ , кг/м ³	950	957	964	971	978	985	992	999	1010	1025
μ , мПа·с	40	50	60	70	80	90	100	110	120	140
H , м	8,0	7,0	6,0	5,0	4,0	8,0	7,0	6,0	5,0	4,0
ξ_m , -	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	5,0	4,5	4,0
p_m , МПа	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10	0,40	0,35	0,3
p_v , МПа	0,040	0,035	0,030	0,025	0,020	0,015	0,010	0,040	0,035	0,03

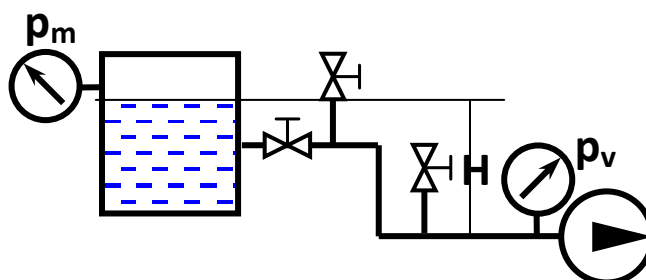


Задача 7.6. Мазут насосом перекачивается по трубопроводу длиной l , диаметром d и шероховатостью поверхности трубы k . Плотность и кинематическая вязкость мазута соответственно равны ρ и ν . Массовый расход мазута Q_m . Уровень жидкости в баке H . Коэффициент местных сопротивлений ξ_m . Показания манометра в баке p_m , а показания вакуумметра на входе в насоса p_v .

Рассчитать диаметр трубопровода d .

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
l , м	20	18	16	14	12	10	8	12	10	8
k , мм	0,2	0,15	0,1	0,05	0,02	0,2	0,15	0,1	0,05	0,02
ρ , кг/м ³	950	957	964	971	978	985	992	999	1010	1025
$\nu \cdot 10^6$, м ² /с	40	50	60	70	80	90	100	110	120	140

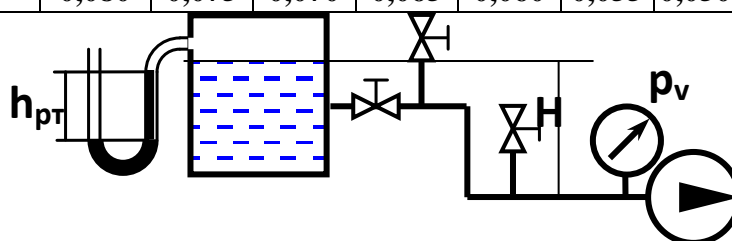
Q_m , кг/с	15,0	14,0	13,0	12,0	11,0	10,0	9,0	7,0	5,0	2,0
H , м	8,0	7,0	6,0	5,0	4,0	8,0	7,0	6,0	5,0	4,0
ξ_m , -	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	5,0	4,5	4,0
p_m , МПа	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10	0,40	0,35	0,3
p_v , МПа	0,040	0,035	0,030	0,025	0,020	0,015	0,010	0,040	0,035	0,03



Задача 7.7. Нефть насосом перекачивается по трубопроводу длиной ℓ , диаметром d и шероховатостью поверхности трубы k . Плотность и кинематическая вязкость нефти соответственно равны ρ и ν . Расход нефти Q . Уровень жидкости в баке H . Коэффициент местных сопротивлений ξ_m . Показания дифференциального манометра в баке $h_{рт}$, а показание вакуумметра на входе в насос p_v .


Рассчитать расход Q .

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ℓ , м	20	18	16	14	12	10	8	12	10	8
d , мм	300,0	250,0	200,0	150,0	100,0	80,0	60,0	40,0	30,0	20,0
k , мм	0,2	0,15	0,1	0,05	0,02	0,2	0,15	0,1	0,05	0,02
ρ , кг/м ³	800	810	820	830	840	850	860	870	880	890
$\nu \cdot 10^6$, м ² /с	40	50	60	70	80	90	100	110	120	140
H , м	8,0	7,0	6,0	5,0	4,0	8,0	7,0	6,0	5,0	4,0
ξ_m , -	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	5,0	4,5	4,0
$h_{рт}$, мм	40	35	30	25	20	15	10	40	35	0,0
p_v , МПа	0,080	0,075	0,070	0,065	0,060	0,055	0,050	0,040	0,030	0,020



Задача 7.8. Нефть самотёком вытекает из бака в атмосферу по трубопроводу длиной ℓ , диаметром d и шероховатостью поверхности трубы k . Плотность и кинематическая вязкость нефти соответственно равны ρ и ν . Расход нефти Q . Уровень жидкости в баке H . Коэффициент местных сопротивлений ξ_m . Показания манометра в баке p_m .

Рассчитать диаметр трубопровода d .

Последняя цифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	 p_m
-----------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

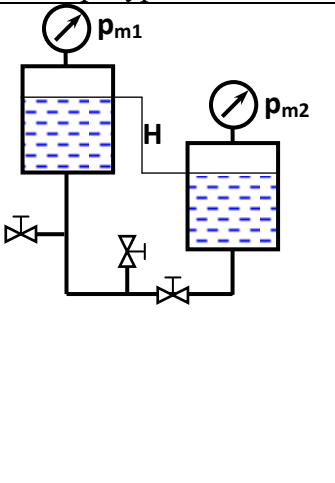
зачетки										
l , м	20	18	16	14	12	10	8	12	10	8
d , мм	30,0	28,0	26,0	24,0	22,0	20,0	18,0	16,0	14,0	12,0
k , мм	0,2	0,15	0,1	0,05	0,02	0,2	0,15	0,1	0,05	0,02
ρ , кг/м ³	800	810	820	830	840	850	860	870	880	890
$\nu \cdot 10^6$, м ² /с	40	50	60	70	80	90	100	110	120	140
Q , л/с	15,0	14,0	13,0	12,0	11,0	10,0	9,0	7,0	5,0	2,0
H , м	8,0	7,0	6,0	5,0	4,0	8,0	7,0	6,0	5,0	4,0
ξ_m , -	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	5,0	4,5	4,0
p_m , МПа	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,8	0,7	0,6	0,5	0,0

Задача 7.9. Вода перетекает из левого бака в правый по трубопроводу длиной l , диаметром d и шероховатостью поверхности трубы k . Расход воды Q . Разность уровней воды в баках H . Коэффициент местных сопротивлений ξ_m . Манометрические давления в баках p_{m1} и p_{m2} .

Рассчитать давление p_{m1} .

Дано: плотность и вязкость воды взять из справочных данных при температуре t .

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
l , м	20	18	16	14	12	10	8	12	10	8
d , мм	90,0	80,0	70,0	60,0	50,0	40,0	30,0	25,0	20,0	15,0
k , мм	0,2	0,15	0,1	0,05	0,02	0,2	0,15	0,1	0,05	0,02
Q , л/с	20,0	18,0	13,0	8,0	7,0	4,0	2,0	1,7	1,0	0,5
H , м	8,0	7,0	6,0	5,0	4,0	8,0	7,0	6,0	5,0	4,0
ξ_m , -	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	5,0	4,5	4,0
p_{m2} , МПа	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,8	0,7	0,6	0,5	0,0
t , С°	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	50,0

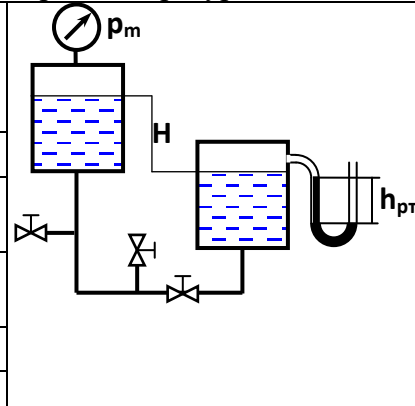


Задача 7.10. Вода перетекает из правого бака в левый по трубопроводу длиной l , диаметром d и шероховатостью поверхности трубы k . Расход воды Q . Разность уровней воды в баках H . Коэффициент местных сопротивлений ξ_m . Манометрические давления в левом баке p_m , а показание ртутного дифференциального манометра $h_{рт}$.

Рассчитать расход Q .

Дано: плотность и вязкость воды взять из справочных данных при температуре t .

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
l , м	20	18	16	14	12	10	8	12	10	8
d , мм	90,0	80,0	70,0	60,0	50,0	40,0	30,0	25,0	20,0	15,0
k , мм	0,2	0,15	0,1	0,05	0,02	0,2	0,15	0,1	0,05	0,02
H , м	8,0	7,0	6,0	5,0	4,0	8,0	7,0	6,0	5,0	4,0
ξ_m , -	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	5,0	4,5	4,0



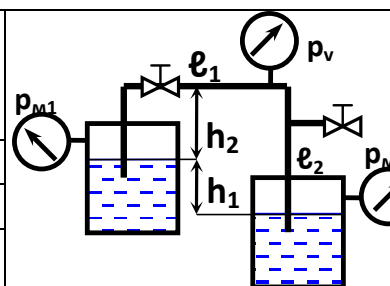
p_m , МПа	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,8	0,7	0,6	0,5	0,0
$h_{рт}$, мм	500	450	400	350	300	250	200	150	100	0,0
t , С°	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	50,0

Задача 7.11. Нефть по самотечному трубопроводу, состоящему из двух участков длинами l_1 и l_2 , диаметром d и шероховатостью поверхности трубы k , перетекает из правого бака в левый. Плотность нефти ρ и динамическая вязкость нефти μ . Расход воды Q . Разность уровней воды в баках h_1 . Расстояние от верхнего бака до вакуумметра h_2 . Коэффициенты местных сопротивлений на участках ξ_{m1} , ξ_{m2} . Показания манометров p_{m1} , p_{m2} . Показания вакуумметра p_v .

Рассчитать h_2 .

Указание: первый участок от левого бака до вакуумметра, второй от вакуумметра до правого бака.

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
l_1 , м	30	28	26	24	22	20	18	20	25	38
l_2 , м	20	18	16	14	12	10	8	12	10	8
d , мм	30,0	28,0	26,0	24,0	22,0	20,0	18,0	16,0	14,0	12,0
k , мм	0,2	0,15	0,1	0,05	0,02	0,2	0,15	0,1	0,05	0,02
ρ , кг/м ³	950	957	964	971	978	985	992	999	1010	1025
μ , мПа·с	40	50	60	70	80	90	100	110	120	140
Q , л/с	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,7	0,5	0,2
h_1 , м	8,0	7,0	6,0	5,0	4,0	8,0	7,0	6,0	5,0	4,0
ξ_{m1} , -	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	5,0	4,5	4,0
ξ_{m2} , -	4,0	3,6	3,2	2,8	2,4	2,0	1,6	1,2	1,0	0,5
p_{m1} , МПа	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	0,005	0,0
p_v , МПа	0,0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,08



Задача 7.12. Нефть по самотечному трубопроводу, состоящему из двух участков длинами l_1 и l_2 , диаметром d и шероховатостью поверхности трубы k , перетекает из правого бака в левый. Плотность нефти ρ и динамическая вязкость нефти μ . Расход воды Q . Разность уровней воды в баках h_1 . Расстояние от верхнего бака до вакуумметра h_2 . Коэффициенты местных сопротивлений на участках ξ_{m1} , ξ_{m2} . Показания манометров p_{m1} , p_{m2} . Показания вакуумметра p_v .

Рассчитать сумму высот $h_1 + h_2$.

Указание: первый участок от левого бака до вакуумметра, второй от вакуумметра до правого бака.

Последняя цифра зачетки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-------------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

я цифра зачетки										
$l_1, \text{ м}$	30	28	26	24	22	20	18	20	25	38
$l_2, \text{ м}$	20	18	16	14	12	10	8	12	10	8
$d, \text{ мм}$	30, 0	28, 0	26, 0	24, 0	22, 0	20, 0	18, 0	16, 0	14,0	12,0
$k, \text{ мм}$	0,2	0,1 5	0,1 0,1	0,0 5	0,0 2	0,2	0,1 5	0,1 0,1	0,05	0,02
$\rho, \text{ кг/м}^3$	950	957	964	971	978	985	992	999	101 0	102 5
$\mu, \text{ мПа}\cdot\text{с}$	40	50	60	70	80	90	100	110	120	140
$Q, \text{ л/с}$	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,7	0,5	0,2
$h_1, \text{ м}$	8,0	7,0	6,0	5,0	4,0	8,0	7,0	6,0	5,0	4,0
$\xi_{m1}, -$	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	5,0	4,5	4,0
$\xi_{m2}, -$	4,0	3,6	3,2	2,8	2,4	2,0	1,6	1,2	1,0	0,5
$p_{m2}, \text{ МПа}$	0,0 1	0,0 2	0,0 3	0,0 4	0,0 5	0,0 6	0,0 7	0,0 8	0,02	0,0
$p_v, \text{ МПа}$	0,0 8	0,0 7	0,0 6	0,0 5	0,0 4	0,0 3	0,0 2	0,0 1	0,05	0,0

Практическая работа 8 Определение фильтрационно-ёмкостных параметров коллекторов.

Варианты заданий преподаватель выдает студентам перед практическим занятием по вариантам согласно номеру зачетной книжки.

Задача 8.1

Определить пористость m , просветность m_s фиктивного грунта, если угол укладки частиц α равен $60^\circ, 70^\circ, 80^\circ, 90^\circ$ (для 1 варианта). Построить график зависимости данных величин от угла укладки.

Задача 8.2

Для величины пористости при $\alpha=75^\circ$ (для 1 варианта) (взять из графика задачи 1) и диаметре частиц $d=0,11$ мм определить удельную поверхность $S_{уд}$ фиктивного грунта, радиус пор идеального грунта R , проницаемость k идеального грунта, удельную поверхность, зная проницаемость реального грунта.

Задача 8.3

Определить плотность трещин Γ , среднюю длину l^* одномерной, двухмерной и трехмерной моделей трещинной среды, если трещинная проницаемость $k_m=0,1$ д и ширина трещины $\delta_m=0,2$ мм.

Практическая работа 9 Закон Дарси

Варианты заданий преподаватель выдает студентам перед практическим занятием по вариантам согласно номеру зачетной книжки.

Задача 9.1

Определить коэффициент фильтрации проницаемость, если известно, что площадь поперечного сечения горизонтально расположенного образца песчаника $F=30\text{ см}^2$, длина образца $L=15$ см, разность давлений на входе

жидкости в образец и на выходе $\Delta p=0,2$ ат, удельный вес жидкости $\gamma = 1000$ кг/м³, динамический коэффициент вязкости $\mu=4$ спз и расход Q равен 5 л/час.

Задача 9.2

Определить скорость фильтрации u и среднюю скорость движения нефти w у стенки гидродинамически совершенной скважины и на расстоянии $r=75$ м от скважины, если известно, что мощность истада $h = 10$ м, пористость его $m=12\%$, радиус скважины $r_c= 0,1$ м, весовой дебит скважины $G= 50$ т/сут, и плотность нефти $\rho= 850$ кг/м³.

Задача 9.3

Определить скорость фильтрации газа у стенки гидродинамически совершенной скважины, если известно, что приведенный к атмосферному давлению объемный расход газа $Q_{am}=1$ млрд м³/сут, радиус скважины $r_c= 0,1$ м, мощность пласта $h=20$ м, абсолютное давление газа на забое $p_c= 50$ ат.

Задача 9.4

Через два однородных образца пористой среды, содержащих глинистые частицы, с целью определения коэффициента проницаемости и коэффициента фильтрации пропускали:

а) пресную воду при $t=20^\circ\text{C}$ при перепаде давления $\Delta p = 500$ мм рт. ст. с расходом $Q=2$ см³/мин,

в) соленую воду с удельным весом $\gamma=1103$ кг/м³ и вязкостью $\mu=1,1$ спз при той же разности давления, что и в случае а) и с расходом $Q=0,12$ см³/с. Размеры образцов: длина $L=5$ см, площадь поперечного сечения $f=5$ см². Найти отношение проницаемостей для случаев **а** и **в**.

Задача 9.5

Определить коэффициент пористости, зная, что скорость движения через образец, определяемая при помощи индикатора, равна $u= 0,03$ см/сек, коэффициент проницаемости $k =0,2$ д, абсолютная вязкость жидкости $\mu. = 4$ спз и разность давлений $\Delta p=2$ ат при длине образца $L= 15$ см.

Задача 9.6

Определить скорость фильтрации у входа жидкости в гидродинамически несовершенную по степени вскрытия скважину, если мощность пласта $h=25$ м, относительное вскрытие пласта $\bar{h}=h/h_{вск}=0,6$, радиус скважины $r_c= 0,1$ м, дебит жидкости $Q=250$ м³/сут.

Задача 9.7

Определить коэффициенты проницаемости и фильтрации для цилиндрического образца пористой среды диаметром $d=5$ см., длиной $L=20$ см, если разность давлений на концах образца составляет 300 мм рт. ст., расход жидкости $Q = 1,70$ л/час, вязкость жидкости $\mu=5$ спз, плотность её $\rho=0,85$ г/см³. Найти также скорость фильтрации.

$$u = 0,024 \text{ см/сек}$$

Задача 9.8

Определить скорость фильтрации и среднюю скорость движения при плоско-радиальной фильтрации газа к скважине в точке на расстоянии $r = 10$ м от центра скважины, если давление в этой точке равно $p = 80$ ат, мощность пласта $h = 12$ м, пористость его $m = 20\%$, а приведенный к атмосферному давлению дебит $Q_{am} = 2$ млрд $\text{м}^3/\text{сут}$.

Практическая работа 10

Варианты заданий преподаватель выдает студентам перед практическим занятием по вариантам согласно номеру зачетной книжки.

Задача 10.1

Определить значение числа Рейнольдса по выражениям Щелкачева и Миллионщикова у стенки гидродинамически несовершенной по характеру вскрытия нефтяной скважины, если известно, что эксплуатационная колонна перфорирована, на каждом погонном метре колонны прострелено 10 отверстий диаметром $d_0 = 25$ мм, мощность пласта $h = 15$ м, проницаемость пласта $k = 1$ д, пористость $m = 18\%$, коэффициент вязкости нефти $\eta = 4$ спз, плотность нефти $\rho = 870$ $\text{кг}/\text{м}^3$ и дебит скважины составляет 140 $\text{м}^3/\text{сут}$.

Задача 10.2

Определить радиус призабойной зоны $r_{кр}$, в которой нарушен закон Дарси, при установившейся плоско-радиальной фильтрации идеального газа, если известно, что приведенный к атмосферному давлению дебит скважины $Q_{am} = 2 \cdot 10^6$ $\text{м}^3/\text{сут}$, мощность пласта $h = 10$ м, проницаемость $k = 0,6$ д, пористость пласта $m = 19\%$, динамический коэффициент вязкости газа в пластовых условиях $\eta = 1,4 \cdot 10^{-5}$ Па·с, плотность газа при атмосферном давлении и пластовой температуре $\rho_{ам} = 0,7$ $\text{кг}/\text{м}^3$

Примечание. В решении использовать число Рейнольдса по формуле

М. Д. Миллионщикова $Re_{кр} = \frac{u_{кр} \rho \sqrt{k}}{m^{1,5} \mu}$ и за $Re_{кр}$ взять нижнее значение $Re_{кр} = 0,022$.

Задача 10.3

Определить, происходит ли фильтрация в пласте по закону Дарси, если известно, что дебит нефтяной скважины $Q = 200$ $\text{м}^3/\text{сут}$, мощность пласта $h = 5$ м, коэффициент пористости $m = 16\%$, коэффициент проницаемости $k = 0,2$ д, плотность нефти $\rho = 0,8$ $\text{г}/\text{см}^3$, вязкость ее $\eta = 5$ спз. Скважина гидродинамически совершенна, радиус ее $r_c = 0,1$ м.

Примечание: для расчетов использовать выражение Щелкачева.

Задача 10.4

Дебит газовой скважины, приведенный к атмосферному давлению при пластовой температуре $Q_{ам} = 2 \cdot 10^6$ м³/сут, абсолютное давление на забое $p_c = 80$ ат, мощность пласта $h = 10$ м, коэффициент пористости пласта $m = 18\%$, коэффициент проницаемости $k = 1,2$ д, средний молекулярный вес газа $M = 18$, динамический коэффициент вязкости в пластовых условиях $\eta = 0,015$ спз, температура пласта 45°C .

Определить, имеет ли место фильтрация по закону Дарси в призабойной зоне совершенной скважины радиусом $r_c = 10$ см.

Практическая работа 11 Установившаяся потенциальная одномерная фильтрация

Прямолинейно-параллельное течение

Задача 11.1

Определить дебит дренажной галереи шириной $B = 100$ м, если мощность пласта $h = 10$ м, расстояние до контура питания $L = 10$ км, проницаемость пласта $k = 1$ дарси, динамический коэффициент вязкости $\mu = 1$ спз, давление на контуре питания $p_k = 100$ ат и давление в галерее $p_c = 75$ ат. Движение жидкости напорное по закону Дарси.

Задача 11.2

Определить величину коэффициента проницаемости (в различных системах единиц) для случая прямолинейно-параллельного установившегося движения однородной жидкости в пористом пласте длиной $L = 10$ м по закону Дарси.

Исходные данные: гидравлический напор $H = 0,03$, ширина галереи $B = 500$ м, мощность пласта $h = 6$ м, удельный вес жидкости $\gamma = 850$ кг/м³, абсолютная вязкость $\mu = 5$ спз и дебит галереи $Q = 30$ м³/сут.

Плоскорадиальное течение

Задача 11.3

Определить дебит нефтяной скважины (в т/сут) в случае установившейся плоскорадиальной фильтрации жидкости по закону Дарси, если известно, что давление на контуре питания $p_k = 100$ ат, давление на забое скважины $p_c = 75$ ат, проницаемость пласта $k = 500$ мд, мощность пласта $h = 15$ м, диаметр скважины $D_c = 24,8$ см, радиус контура питания $r_k = 10$ км, динамический коэффициент вязкости жидкости $\mu = 6$ спз и плотность жидкости $\rho = 850$ кг/м³.

Задача 11.4

Определить давление на расстоянии 10 и 100 м от скважины при

плоскорадиальном установившемся движении несжимаемой жидкости по линейному закону фильтрации. Будем считать, что проницаемость пласта $k=0,5$ д, мощность пласта $h=10$ м, давление на забое скважины $p_c=80$ ат, радиус скважины $r_c=12,4$ см, коэффициент вязкости нефти $\mu=4$ спз, плотность нефти $\rho=0,870$ т/м³ и весовой дебит скважины $G=200$ т/сут.

Задача 11.5

Определить значение коэффициента гидропроводности пласта $c=\frac{kh}{\mu}$ по данным о коэффициенте продуктивности скважины. Известно, что фильтрация происходит по закону Дарси, коэффициент продуктивности $K=18$ т/(сут ат), среднее расстояние между скважинами $2\sigma=1400$ м, плотность нефти $\rho=925$ кг/м³, радиус скважины $r_c=0,1$ м.

Примечание: за радиус контура питания принимается половина расстояния между скважинами.

Задача 11.6

Определить средневзвешенное по объему пластовое давление, если известно, что давление на контуре питания $p_k=100$ ат, давление на забое возмущающей скважины $p_c=80$ ат, расстояние до контура питания $R_k=25$ км, радиус скважины $r_c=10$ см. В пласте имеет место установившееся плоскорадиальное движение несжимаемой жидкости по закону Дарси.

Задача 11.7

Определить относительное понижение пьезометрического уровня $Sp/S=(P_k-P)/(P_k-P_c)$ в реагирующих скважинах, расположенных от возмущающей скважины на расстояниях 1 м, 100 м, 1 км, 10 км. Движение жидкости установившееся плоскорадиальное по закону Дарси. Радиус скважины $r_c=10$ см, расстояние до контура питания $R_k=100$ км.

Задача 11.8

Определить время отбора нефти в сутках из призабойной зоны радиуса $r_0=100$ м, если мощность пласта $h=10$ м, пористость пласта $m=20\%$, весовой дебит нефти $G=40$ т/сут, плотность нефти $\rho=920$ кг/м³.

Задача 11.9

Определить время t , за которое частица жидкости подойдет к стенке скважины с расстояния $r_0=200$ м, проницаемость пласта $k=1$ д, вязкость нефти $\mu=5$ спз, депрессия во всем пласте радиусом $R=1$ км составляет $\Delta p=10$ ат, мощность пласта $h=10$ м, пористость пласта $m=15\%$, радиус скважины $r_c=10$ см.

Задача 11.10

Как изменится дебит скважины Q при увеличении радиуса скважины вдвое?

- 1) Движение происходит по линейному закону фильтрации.
- 2) Фильтрация происходит по закону Краснопольского.

Начальный радиус скважины $r_c=0,1$ м. Расстояние до контура питания $R_k=5$ км.

Задача 11.11

Найти изменение перепада давления Δp при увеличении радиуса скважины вдвое, при котором дебит остается прежним. Рассмотреть два случая, как в предыдущей задаче. Начальный радиус скважины $r_c=0,1$ м, расстояние до контура питания $R_k = 1$ км.

Задача 11.12

Во сколько раз необходимо увеличить радиус скважины, чтобы дебит ее при прочих равных условиях удвоился?

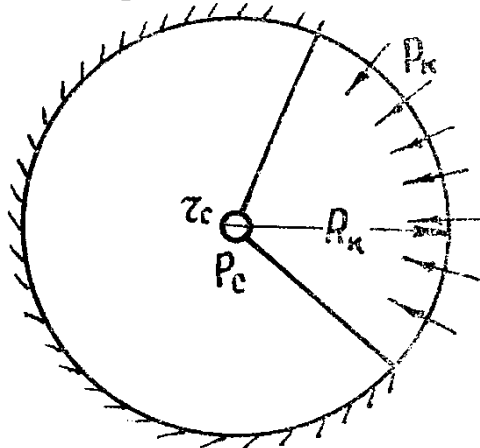
- 1) Движение жидкости происходит по закону Дарси.
- 2) Жидкость фильтруется по закону Краснопольского.

Начальный радиус скважины $r_c=0,1$ м. Расстояние до контура питания $R_k= 1$ км.

Задача 11.13

Скважина радиусом $r_c=10$ см расположена в центре кругового пласта радиусом $R_k=350$ м. Проницаемость пласта $k=0,8$ д, мощность $h=12$ м, вязкость нефти $\mu=5$ спз. Определить дебит скважины, считая, что залежь по контуру радиуса R_k частично непроницаема (см. рис.). Контур питания представляет собой в плане дугу окружности радиусом R_k с центральным углом $\alpha=120^\circ$. Давление на контуре питания $p_k=285$ ат, давление на забое скважины $p_c=80$ ат.

Примечание: задача может быть сведена к плоскорадиальной, если в формуле Дюпюи за контурное давление принять средневзвешенное по длине окружности.



Практическая работа 12 Движение жидкости в пласте с неоднородной проницаемостью

Задача 12.1

Определить средневзвешенную по мощности проницаемость пласта, представленного несколькими проницаемыми пропластками, разделенными глинистыми пропластками. Жидкость движется в направлении напластования. Мощность и проницаемость каждого проницаемого пропластка указаны ниже:

Пропластки	Мощность, м	Проницаемость, мд
1	5	600
2	8	200
3	3	900

Задача 12.2

Определить средневзвешенную по длине проницаемость неоднородного пласта, состоящего из двух, соединенных последовательно. Первый пласт имеет длину $l_1=8$ км и проницаемость $k_1=500$ мд, второй пласт – длину $l_2=1$ км и проницаемость $k_2=1000$ мд, $p_k=100$ ат, $p_c=50$ ат.

Задача 12.3

Определить среднюю проницаемость пласта в зоне радиуса $r_k=500$ м, если первоначальная проницаемость всего пласта равнялась $k_2=1200$ мд, а затем, в результате запарафинивания проницаемость призабойной зоны радиусом $r_1=30$ м снизилась до $k_1=150$ мд. Радиус скважины $r_c=0,1$ м.

Задача 12.4

Скважина радиусом $r_c=10$ см эксплуатирует пласт радиусом $r_k=10$ км проницаемости k_2 . Во сколько раз изменится дебит скважины, если

- проницаемость в призабойной зоне радиуса $r=0,5$ м возрастает в 10 раз в результате ее обработки ($k_1:k_2=10$);
- проницаемость этой же призабойной зоны ухудшится в 10 раз ($k_1:k_2=0,1$);
- рассмотреть ту же задачу при $r=5$ м. Сравнить полученные результаты.

Задача 12.5

Какие давления должны быть на забое скважины радиуса $r_c=10$ см, чтобы получать один и тот же дебит для случаев:

- когда пласт радиуса $r_k=10$ км по простиранию однородный с проницаемостью $k_2=1000$ мд;
- когда пласт делится на две зоны с проницаемостями $k_1=150$ мд в призабойной зоне радиуса $r_1=5$ м и $k_2=1000$ мд в остальной части пласта? Пластовое давление $p_k=150$ ат, депрессия в однородном пласте $P_k-P_c=30$ ат.

Задача 12.6

Определить дебит дренажной галереи при установившейся фильтрации жидкости по закону Дарси в неоднородном по проницаемости пласте, если известно, что проницаемость пласта на длине $l_1 = 2$ км постоянна и равна $k_1=800$ мд, а на длине $l_2=500$ м в призабойной части пласта уменьшается линейно от значения k_1 до значения $k_2=80$ мд, давление на контуре питания $p_k=100$ ат, давление на забое галереи $p_r=75$ ат, динамический коэффициент вязкости $\mu=5$ спз, мощность пласта $h=15$ м, ширина фильтрационного потока $B=600$ м.

Задача 12.7

По данным предыдущей задачи найти распределение давления в пласте.

Задача 12.8

Определить дебит совершенной скважины, расположенной в центре кругового пласта, состоящего из двух концентрических кольцевых зон. В первой зоне, ограниченной окружностями с радиусами $r_c = 10$ см и $r_0 = 3$ м, коэффициент проницаемости изменяется линейно от значения $k_1 = 200$ мд до $k_2 = 1$ д. Во второй зоне, ограниченной окружностями $r_0 = 3$ м и $r_k = 10$ км проницаемость постоянна и равна k_2 . Мощность пласта $h = 10$ м, вязкость нефти $\mu = 4$ спз. Перепад давления между контуром питания и контуром скважины $\Delta p = 15$ ат. Фильтрация происходит по закону Дарси.

Практическая работа 13 Установившаяся плоская фильтрация жидкости. интерференция скважин

Задача 13.1

Определить дебит батареи из четырех скважин расположенных вдали от контура питания, и одной скважины, находящейся в центре (рис. 1), если известно, что все скважины находятся в одинаковых условиях: радиус батареи $R_1=200$ м, расстояние до контура питания $R_k=10$ км; радиус скважины $r_c=0,1$ м; мощность пласта $h=10$ м, потенциал на контуре питания $\varphi_k=40$ см²/сек; потенциал на скважине $\varphi_c=30$ см²/сек.

Учесть, что $r_{21} = r_{41} = \sqrt{2}R_1$, $r_{31} = 2R_1$, $r_{51} = R_1$.

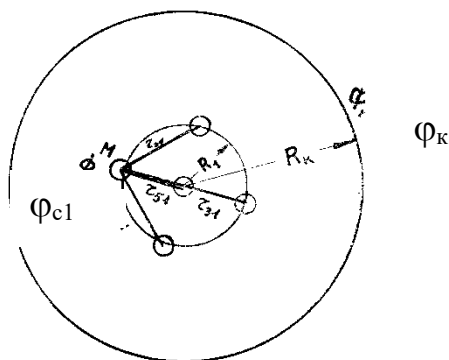


Рис.1

Задача 13.2

Круговой нефтяной пласт радиусом $r_k=15$ км, мощностью $h=8$ м, эксплуатируется пятью скважинами радиусом $r_c=7.5$ см, из которых четыре расположены в вершине квадрата со стороной $d=150$ м, а пятая в центре (рис. 1). Давление на контуре $p_k=11$ МПа, забойные давления p_c скважин равны 90 ат.

Коэффициент проницаемости $k=0,6$ д, вязкость нефти $\mu=1,1$ сп. Определить дебиты скважин и отношения дебитов Q_5/Q_1 .

Задача 13.3

Найти значения потенциалов на скважинах, расположенных симметрично на расстоянии $2\sigma=300$ м относительно центра удаленного кругового контура питания радиуса $R_k=5$ км, если известно, что дебит одной составляет 200 т/сут, а другой 300 т/сут, потенциал на контуре питания $\phi_k=50$ см²/сек, радиус скважины $r_c=0.1$ м, мощность пласта $h=10$ м, уд.вес нефти $\gamma=0.85$ т/м³.

Указание: Считать, что контур питания одинаково удален от каждой из интерферирующих скважин.

Задача 13.4

Определить при каком постоянном забойном давлении работала скважина №1 с радиусом $r_c=0.1$ м в круговом пласте радиуса $R_k=10$ км, если при введении скважины №2 с таким же радиусом, расположенной на расстоянии $2\sigma=150$ м от первой и работающей с забойным давлением $p_{c2}=70$ ат, скважина №1 была полностью заглушена. Давление на контуре питания $p_k=100$ ат (рис.2).

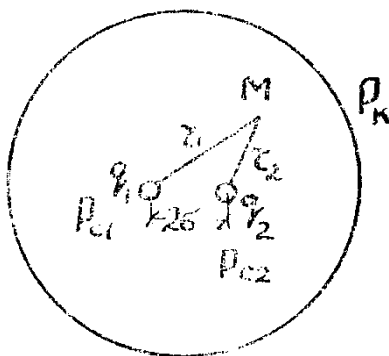


Рис. 2

Задача 13.5

Определить дебиты скважин двух круговых батарей с радиусами $R_1=1000$ м и $R_2=600$ м, расположенных concentric в круговом пласте с радиусом контура питания $R_k=3500$ м. Скважины радиусом $r_c=10$ см эксплуатируются при постоянных забойных давлениях $p_{c1}=100$ ат, $p_{c2}=95$ ат;

давление на контуре питания $p_k=125$ ат; мощность пласта $h=10$ м; проницаемость пласта $k=0,2$ д, вязкость нефти $\mu=5$ сп. Число скважин в батареях $m_1=10$, $m_2=6$.

Задача 13.6

Определить дебиты скважин, расположенных тремя кольцевыми батареями. Давление на контуре питания $p_k=170$ ат, забойные давления на всех эксплуатационных скважинах одинаковы и равны $p_{c1}=p_{c2}=p_{c3}=120$ ат. Радиусы батарей $R_1= 4000$ м, $R_2= 3500$ м, $R_3=3000$ м. Радиус скважины $r_c=0.1$ м, радиус контура области питания $R_k=20$ км. Расстояние между скважинами в батареях $2\sigma_1=2\sigma_2=2\sigma_3=400$ м; мощность пласта $h= 10$ м, проницаемость $k = 0.2$ д, вязкость нефти $\mu=3$ спз.

Указание: Задачу решать методом эквивалентных сопротивлений Ю. П. Борисова.

Критерии оценки

Зачтено: студент готов к защите отчета по практической работе: подробно раскрывает содержание вопроса; решил все задачи, поддерживает дискуссию по всем вопросам практической работы делает выводы и заключения.

Незачтено: студент не готов к защите отчета по практической работе: не ориентируется в вопросах к семинару; не решил задачи не поддерживает дискуссию по всем вопросам к практической работе; затрудняется с выводами и заключениями.

Вопросы к собеседованию
дисциплина Гидравлика и подземная гидромеханика

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 на криволинейную поверхность?
35. Как рассчитать вертикальную составляющую силу давления 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 объёмный 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 расчётов встречаются при расчёте 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)?

Критерии оценки

Зачтено: студент знает основные понятия курса, дает характеристику изучаемых объектов, объясняет закономерности. Владеет номенклатурой и понятийным аппаратом. Умеет решать практические задачи.

Незачтено: студент не знает основные понятия курса, не умеет давать характеристику изучаемых объектов, не может объяснить основные закономерности. Не владеет номенклатурой и понятийным аппаратом. Не умеет решать практические задачи.

Примерные темы рефератов

1. Основные характеристики пористой среды (пористость, просветность, проницаемость). Истинная средняя скорость и скорость фильтрации, связь между ними.
2. Опыты и закон Дарси. Определение коэффициентов проницаемости и фильтрации. Дифференциальная форма записи закона Дарси для изотропного материала. Влияние свойств пористой среды и жидкости на скорость фильтрации.
3. Пределы применимости закона Дарси. Верхняя и нижняя границы применимости. Нелинейные законы фильтрации.
4. Закон Дарси для анизотропных сред. Особенности фильтрации в анизотропных средах.
5. Определение проницаемости для анизотропных пористых сред. Направленная проницаемость в трансверсально-изотропной пористой среде.
6. Определение проницаемости для анизотропных пористых сред. Направленная проницаемость в ортотропной пористой среде.
7. Понятие о режимах разработки нефтегазоводоносных пластов. 9. Зависимость параметров флюидов и пористой среды от давления.
8. Уравнение неразрывности для неустановившейся фильтрации сжимаемой жидкости в деформируемой пористой среде.
9. Функция Лейбензона. Аналогия между фильтрацией идеального газа и несжимаемой жидкости.
10. Стационарный приток флюида к галерее. Случай несжимаемой жидкости.
11. Стационарный приток флюида к центральной скважине. Случай несжимаемой жидкости.
12. Стационарный приток флюида к галерее. Случай совершенного газа.
13. Стационарный приток флюида к центральной скважине. Случай совершенного газа.
14. Время движения "меченой" частицы к скважине при фильтрации несжимаемой жидкости.
15. Слоисто-неоднородный пласт. Формулы для дебита и средней проницаемости при фильтрации к галерее несжимаемой жидкости и совершенного газа.
16. Зонально-неоднородный пласт. Формулы для дебита и средней проницаемости при фильтрации к галерее несжимаемой жидкости и совершенного газа.
17. Понятие потенциала. Потенциал точечного источника и стока на плоскости. Метод суперпозиции.
18. Выражение для потенциала в произвольной точке плоскости при работе "N" источников и стоков.
19. Решение задачи о притоке к группе скважин с удаленным контуром питания.

20. Дебит скважины, расположенной в пласте с прямолинейным контуром питания. 26. Дебит скважины, расположенной вблизи непроницаемой границы.
21. Виды несовершенства скважины. Расчет дебита с помощью графиков Щурова. 28. Подсчет «упругого запаса жидкости» в пласте
22. Вывод дифференциального уравнения фильтрации упругой жидкости в упругой пористой среде по закону Дарси.
23. Прямолинейно-параллельный фильтрационный поток упругой жидкости в упругом пласте (случай $P_c = \text{const}$).
24. Прямолинейно-параллельный фильтрационный поток упругой жидкости в упругом пласте (случай $Q = \text{const}$).
25. Основная формула теории упругого режима. 33. Интерференция скважин в условиях упругого режима нефтяного пласта.
26. Определение коллекторских свойств нефтяного пласта по данным исследования скважин при упругом режиме.
27. Метод последовательной смены стационарных состояний (случай $P_c = \text{const}$ плоскопараллельный поток).
28. Метод последовательной смены стационарных состояний (случай $Q = \text{const}$ плоскопараллельный поток).
29. Метод последовательной смены стационарных состояний (случай $Q = \text{const}$ радиальносимметричный поток).
30. Метод А.М.Пирвердяна (случай $P_c = \text{const}$, плоско-параллельный поток). 39. Метод А.М.Пирвердяна (случай $Q = \text{const}$, плоско-параллельный поток).
31. Вывод дифференциального уравнения Лейбензона для неустановившейся изотермической фильтрации газа.
32. Линеаризация уравнения Лейбензона.
33. Основное решение линеаризованного уравнения Лейбензона.
34. Принцип суперпозиции в задачах неустановившейся фильтрации газа.
35. Задачи поршневого вытеснения. Условия на подвижной границе.
36. Прямолинейно-параллельное вытеснение нефти водой.
37. Плоскорадиальное вытеснение нефти водой.
38. Устойчивость движения границы раздела фаз в задаче поршневого вытеснения.
39. Обобщенный закон Дарси для двухфазной фильтрации. Фазовые и относительные фазовые проницаемости. Функция капиллярного давления.
40. Математическая модель Баклея-Левверетта. (Уравнение Баклея-Левверетта.)
41. Функция распределения потоков Баклея-Левверетта.

42. Решение уравнения Баклея-Леверетта.
43. Практическое применение решения уравнения Баклея-Леверетта. Определение фронтальной насыщенности.
44. Практическое применение решения уравнения Баклея-Леверетта. Определение средней насыщенности в безводный период добычи.
45. Практическое применение решения уравнения Баклея-Леверетта. Определение средней насыщенности после прорыва воды.
46. Практическое применение решения уравнения Баклея-Леверетта. Расчет коэффициента безводной нефтеотдачи.
47. Практическое применение решения уравнения Баклея-Леверетта. Расчет коэффициента конечной нефтеотдачи.
48. Установившееся течение вязко-пластической жидкости. Определение предельного градиента давления по скважинным испытаниям.
49. Геометрические характеристики трещиноватых сред.
50. Особенности фильтрации в трещиноватых средах.
51. Особенности фильтрации в трещиновато-пористых средах.

Вопросы к экзамену

По дисциплине Гидравлика и подземная гидромеханика

1. Физические свойства жидкостей на примере плотности, удельного объема, вязкости, поверхностного натяжения.
2. Приборы для измерения давления.
3. Гидростатическое давление и его свойства. Физический смысл. Размерность в системных и внесистемных единицах.
4. Дифференциальные уравнения равновесия Эйлера.
5. Основное уравнение гидростатики.
6. Пьезометрическая и приведенная высоты, вакуум, напор и удельная потенциальная энергия.
7. Относительный и абсолютный покой жидкости.
8. Плавание тел. Плаучесть. Три центра. Закон Архимеда. Остойчивость плавающего тела.
9. Закон Паскаля и его практическое применение.
10. Сила давления жидкости на плоскую стенку. Центр давления.
11. Сила давления жидкости на криволинейную стенку. Центр давления.
12. Понятие о струйчатой модели потока.
13. Уравнение постоянства расхода для установившегося движения жидкости
14. Уравнение Бернулли для элементарной струйки идеальной жидкости.
15. Уравнение Бернулли для элементарной струйки реальной жидкости.
Геометрическая интерпретация уравнения Бернулли.
16. Уравнение Бернулли для потока вязкой жидкости.
17. Практические приложения уравнения Бернулли для пределения скорости и расхода жидкости.
18. Уравнение равномерного движения жидкости (формула Шези).
19. 20. Гидравлический и пьезометрический уклон.

20. Режимы движения вязкой жидкости. Число Рейнольдса и его критические значения. Эпюры скоростей.
21. Ламинарный режим движения. Формула Дарси.
22. Движение жидкости через плоскую щель.
23. Турбулентный режим движения жидкости.
24. Гидравлически гладкие и шероховатые трубы. Пульсация скоростей и осредненная скорость.
25. Классификация потерь напора.
26. Потери напора на местные сопротивления (внезапное расширение).
27. Потери напора на преодоление сил трения, определение коэффициента гидравлического трения расчетным путем.
28. Основы расчета трубопроводов.
29. Истечение жидкости через отверстия (истечение жидкости через малые отверстия в тонкой стенке).
30. Истечение жидкости из насадков.
31. Истечение жидкости через большие отверстия.
32. Коэффициент продуктивности скважины.
33. Коэффициент гидропроводности. Воронка депрессии.
34. Средневзвешенное давление пласта. Приток жидкости к скважине при нарушении закона Дарси.
35. Фильтрационные потоки в неоднородных пластах.
36. Установившиеся безнапорные фильтрационные потоки жидкости.
37. Движение жидкости к дренажной галерее и к скважине. Формулы скорости фильтрации, дебита, распределения давления. Индикаторная линия.
38. Установившаяся плоская фильтрация жидкости. Источники и стоки. Приток к группе скважин.
39. Интерференция скважин. Потенциал точечного источника и стока на плоскости. Принцип суперпозиции.
40. Приток жидкости к группе скважин в пласте с удаленным контуром питания
41. Приток жидкости к скважине с прямолинейным контуром питания.
42. Приток жидкости к скважине, эксцентрично расположенной в круговом пласте.
43. Приток жидкости к бесконечным цепочкам и кольцевым батареям скважин
44. Количественная оценка эффекта интерференции скважин.
45. Расчет дебитов скважин с помощью схем эквивалентных фильтрационных сопротивлений
46. Приток жидкости к скважине вблизи непроницаемой границы и между сбросами (клин). Метод отображения источников и стоков.
47. Приток к несовершенным скважинам. Несовершенство по степени вскрытия и по характеру вскрытия пласта.
48. Дебит несовершенной скважины по М. Маскету и с использованием дополнительных фильтрационных сопротивлений. Приведенный радиус совершенной скважины.
49. Элементы Фильтрации. Определения фильтрации. Скорость фильтрации.
50. Грунты: идеальный и фиктивный. Пористость и просветность.
51. Закон фильтрации Дарси. Проницаемость пористой среды. Опыт и закон Дарси. Коэффициент фильтрации.
52. Проницаемость пористой среды. Коэффициент проницаемости и его размерность.
53. Границы применения закона Дарси. Законы фильтрации, отличные от закона Дарси. Режимы нефтегазовых пластов.
54. Дифференциальные уравнения фильтрации флюидов в пластах. Вывод дифференциальных уравнений неразрывности и движения
55. Зависимость параметров флюидов в пористой среде от давления (уравнения состояния).

56. Установившееся движение несжимаемой жидкости в пористой среде. Вывод дифференциального уравнения установившейся фильтрации несжимаемой жидкости по закону Дарси. 9. Одномерные фильтрационные потоки в однородных пластах. Формула дебита Дюпюи. Индикаторная линия.
57. Коэффициент продуктивности скважины. Коэффициент гидропроводности. Воронка депрессии.
58. Средневзвешенное давление пласта. Приток жидкости к скважине при нарушении закона Дарси.
59. Фильтрационные потоки в неоднородных пластах.
60. Установившиеся безнапорные фильтрационные потоки жидкости.
61. Движение жидкости к дренажной галерее и к скважине. Формулы скорости фильтрации, дебита, распределения давления. Индикаторная линия.
62. Установившаяся плоская фильтрация жидкости. Источники и стоки. Приток к группе скважин.
63. Интерференция скважин. Потенциал точечного источника и стока на плоскости. Принцип суперпозиции.

Экзамен студент сдает по результатам: текущей аттестации (все практические работы выполнены на 60% и более) и по совокупности выполненных контрольных заданий (все задания выполнены; оформлены; защищены) и участия в дискуссиях. Если условия не выполняются, в конце семестра студент проходит собеседование по вопросам к экзамену.

Критерии оценки

<p>Качество ответов на вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – отвечает на вопросы - <i>отлично</i> – не может ответить на большинство вопросов - <i>хорошо</i> – не может четко ответить на вопросы - <i>удовлетворительно</i>
<p>Владение научным и специальным терминологическим аппаратом:</p> <ul style="list-style-type: none"> – показано владение специальным аппаратом - <i>отлично</i> – использованы общенаучные и специальные термины - <i>хорошо</i> – показано владение базовым терминологическим аппаратом <i>удовлетворительно</i>
<p>Четкость выводов:</p> <ul style="list-style-type: none"> – полностью характеризуют работу - <i>отлично</i> – нечетки - <i>хорошо</i> – имеются, но не доказаны <i>удовлетворительно</i>

Таблица 1

Плотность воды, ρ , кг/м ³ , при изменении температуры от 40 до 99° С											
t, °С	Плотность	t, °С	Плотность	t, °С	Плотность	t, °С	Плотность	t, °С	Плотность	t, °С	Плотность
40	992,24	50	988,07	60	983,24	70	977,81	80	971,83	90	965,34
41	991,86	51	987,62	61	982,72	71	977,23	81	971,23	91	964,67
42	991,47	52	987,15	62	982,2	72	977,66	82	970,57	92	963,99
43	991,07	53	986,69	63	981,67	73	976,07	83	969,94	93	963,3
44	990,66	54	986,21	64	981,13	74	975,48	84	969,3	94	962,61
45	990,25	55	985,73	65	980,59	75	974,89	85	968,65	95	961,92
46	989,82	56	985,25	66	980,05	76	974,29	86	968	96	961,22
47	989,4	57	984,75	67	979,5	77	973,68	87	967,34	97	960,51
48	988,96	58	984,25	68	978,94	78	973,07	88	966,68	98	959,81
49	988,52	59	983,75	69	978,38	79	972,45	89	966,01	99	959,09

Таблица 2

Модуль упругости воды E_0 , МПа					
t, °С	Давление, МПа				
	0,50	1,0	2,0	3,9	7,8
0	1854	1864	1884	1913	1972
5	1893	1913	1933	1972	2031
10	1913	1933	1972	2011	2080
15	1933	1962	1991	2050	2129
20	1942	1982	2021	2080	2178

Таблица 9

Динамическая вязкость μ воды, мПа·с (10^{-3} Н с/м ²)									
t, °С	μ	t, °С	μ	t, °С	μ	t, °С	μ	t, °С	μ
0	1,79	12	1,24	24	0,92	36	0,706	48	0,568
1	1,73	13	1,27	25	0,89	37	0,693	49	0,558
2	1,67	14	1,17	26	0,87	38	0,679	50	0,549
3	1,62	15	1,14	27	0,86	39	0,666	51	0,541
4	1,57	16	1,12	28	0,84	40	0,654	52	0,532
5	1,52	17	1,09	29	0,82	41	0,642	53	0,524
6	1,47	18	1,06	30	0,80	42	0,630	54	0,515
7	1,43	19	1,03	31	0,783	43	0,618	55	0,507
8	1,39	20	1,01	32	0,767	44	0,608	56	0,499
9	1,35	21	0,98	33	0,751	45	0,597	57	0,492
10	1,31	22	0,96	34	0,736	46	0,587	58	0,484
11	1,27	23	0,94	35	0,721	47	0,577	59	0,477

Таблица 12


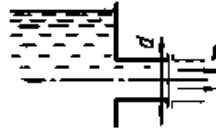
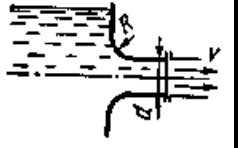
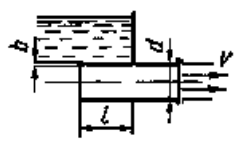
Зависимость коэффициента расхода водомера Вентери от числа Рейнольдса (при $d/D = 0,5$)									
Re _d	150	200	250	350	400	500	600	800	
μ	0,66	0,70	0,74	0,78	0,80	0,82	0,84	0,86	
Re _d	1000	2000	4000	6000	10000	20600	40000	300000	110
μ	0,88	0,91	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99

Примечание. Число Рейнольдса Re_d относится к узкому сечению водомера

Таблица 14

Основные зависимости для равномерного напорного течения в круглых трубах		
Наименование величины	Ламинарное течение	Турбулентное течение
Потери напора по длине	$h_{тр} = \frac{32\mu u}{gd^2}$	$h_{тр} = \lambda \frac{\ell v^2}{d 2g}$
Коэффициент гидравлического трения	$\lambda = \frac{64}{Re}$	$\lambda = 0,11 \left(\frac{68}{Re} + \frac{k}{d} \right)^{0,25}$
Распределение осредненных скоростей по сечению	$\frac{u}{u_*} = \frac{u_*}{2v} \left(2y - \frac{y^2}{r} \right)$	$\frac{u}{u_*} = 7,8 - 5,75 \lg \left(\frac{2,5v}{u_* y} + \frac{k}{y} \right)$
Отношение местной скорости к максимальной	$\frac{u}{u_{max}} = \frac{y}{r} \left(2 - \frac{y}{r} \right)$	$\frac{u}{u_{max}} = \left(\frac{y}{r} \right)^{0,9\sqrt{\lambda}}$
Коэффициент Ко риолиса	$\alpha=2$	$\alpha=1+2,65\lambda$
Длина начального участка	$\frac{l_n}{d} = 0,029Re$	$\frac{l_n}{d} = \frac{2,45}{\sqrt{\lambda}}$
Положение слоя, движущегося со средней скоростью	$y_{cp}=0,293r$	$y_{cp}=0,223r$
Касательное напряжение	$\tau = \mu \frac{du}{dy}$	$\tau = (\mu + A) \frac{du}{dy}$
Коэффициент турбулентной вязкости	-	$A=\alpha u_* r y$

Таблица 19

Ориентировочные значения коэффициентов местных сопротивлений для входа в трубопровод (квадратичная область)						
Схемы	Описание	Коэффициент сопротивления				
а) 	Всасывающий клапан с сеткой при насосах	$\xi = 5 - 10$ в зависимости от конструкции				
б) 	Прямой	$\xi = 0,5$				
в) 	Округленный	R/d	0,02	0,08	0,16	0,2
		ξ	0,37	0,15	0,06	0,3
г) 	Внутренний $\ell > 0,5$	ℓ/d	0,0	0,02	0,05	
		ξ	1,0	0,73	0,5	

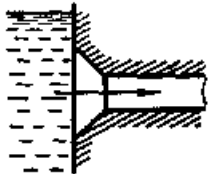
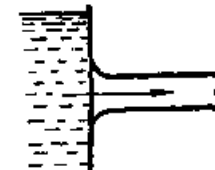
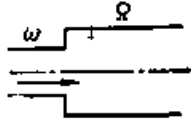
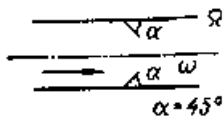
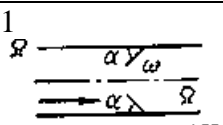
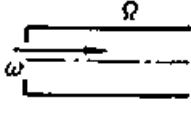
д)		Прямолинейная входная — коническая воронка	$\xi = 0,25$
е)		Плавный криволинейный вход	$\xi = 0,005 - 0,06$

Таблица 20

Значения коэффициента $\xi_{ст}$ для различных видов сварных стыков (А. Д. Альтшуль и В. И. Калицун)				
Вид стыка	Диаметр труб, мм			
	200	300	400	500
С подкладными кольцами ($\delta = 5$ мм)	0,06	0,03	0,018	0,013
Электродуговые и контактные	0,026	0,0135	0,009	0,006
С подкладными кольцами ($\delta = 5$ мм)	0,009	0,007	0,006	0,005
Электродуговые и контактные	0,004	0,0028	0,0023	0,002

Таблица 22

Теоретические значения коэффициентов местных сопротивлений при внезапном изменении сечения потока (квадратичная область)							
№ ч/п	Описание	Рисунок	Коэффициент сопротивления				
1	Внезапное расширение трубопровода (Борда)		$\xi_{срр} = (1-n)^2$				
2	Внезапное сужение трубопровода (Идельчик, Альтшуль)		$\xi = 0,5(1-n)$ $\xi = \left(\frac{1}{\epsilon} - 1\right)^2$ $\epsilon = 0,57 + \frac{0,043}{1,1-n}$				
3	Диафрагма в трубе постоянного сечения (Альтшуль)		$\xi_{диф} = \left(\frac{1}{n\epsilon} - 1\right)^2$ $\epsilon = 0,57 + \frac{0,043}{1,1-n}$				
4	Диафрагма в трубе постоянного сечения (Хане-манн)		n	0,01	0,1	0,2	0,3
			$\xi_{диф}$	34200	308	67,3	25,6
5	Диафрагма в трубе постоянного сечения (Хане-манн)		n	0,01	0,1	0,2	0,3
			$\xi_{диф}$	17700	153	32,2	11,6
			n	0,4	0,5	0,6	
			$\xi_{диф}$	12,1	6,2	3,3	
			n	0,4	0,5	0,6	
			$\xi_{диф}$	5,2	2,5	1,3	

6	Вход в трубу из резервуара через диафрагму (Альтшуль)		$\xi_{\text{диф}} = \left(\frac{1,63}{n} - 1\right)^2$
---	---	---	--

Примечание. $n = \omega/\Omega$ —, где ω — более узкое, а Ω — более широкое сечение.

Таблица 23

Значения модуля расхода K для круглых труб [по формуле $\lambda = 011 (k/d)^{0,25}$ при $k = 0,22 \text{ мм}$]											
d, мм	40	50	75	100	125	150	175	200	225	250	300
K, л/с	6,16	11,1	32	68,5	128	204	303	421	581	780	1235
d, мм	350	400	450	500	600	700	800	900	1000	1200	
K, л/с	1890	2630	3580	4720	7550	1135	1620	2230	2920	4720	



Таблица 24

Расчёт модуля скорости W , м/с (коэффициент Шези C рассчитан по формуле Манинга)

R	Шероховатость стенок канала, n										
	0,011	0,013	0,014	0,017	0,020	0,025	0,030	0,035	0,040	0,045	0,050
0,30	40,7	34,5	32,0	26,4	22,4	17,9	14,9	12,8	11,2	10,0	9,0
0,32	42,5	36,0	33,4	27,5	23,4	18,7	15,6	13,4	11,7	10,4	9,4
0,34	44,3	37,5	34,8	28,7	24,4	19,5	16,2	13,9	12,2	10,8	9,7
0,36	46,0	38,9	36,1	29,8	25,3	20,2	16,9	14,5	12,7	11,2	10,1
0,38	47,7	40,4	37,5	30,9	26,2	21,0	17,5	15,0	13,1	11,7	10,5
0,40	49,4	41,8	38,8	31,9	27,1	21,7	18,1	15,5	13,6	12,1	10,9
0,42	51,0	43,1	40,1	33,0	28,0	22,4	18,7	16,0	14,0	12,5	11,2
0,44	52,6	44,5	41,3	34,0	28,9	23,1	19,3	16,5	14,5	12,9	11,6
0,46	54,2	45,8	42,6	35,1	29,8	23,8	19,9	17,0	14,9	13,2	11,9

0,48	55,7	47,2	43,8	36,1	30,7	24,5	20,4	17,5	15,3	13,6	12,3
0,50	57,3	48,5	45,0	37,1	31,5	25,2	21,0	18,0	15,7	14,0	12,6
0,55	61,0	51,6	47,9	39,5	33,6	26,9	22,4	19,2	16,8	14,9	13,4
0,60	64,7	54,7	50,8	41,8	35,6	28,5	23,7	20,3	17,8	15,8	14,2
0,65	68,2	57,7	53,6	44,1	37,5	30,0	25,0	21,4	18,8	16,7	15,0
0,70	71,7	60,6	56,3	46,4	39,4	31,5	26,3	22,5	19,7	17,5	15,8
0,75	75,0	63,5	59,0	48,6	41,3	33,0	27,5	23,6	20,6	18,3	16,5
0,80	78,3	66,3	61,6	50,7	43,1	34,5	28,7	24,6	21,5	19,2	17,2
0,85	81,6	69,0	64,1	52,8	44,9	35,9	29,9	25,6	22,4	19,9	17,9
0,90	84,7	71,7	66,6	54,8	46,6	37,3	31,1	26,6	23,3	20,7	18,6
0,95	87,9	74,3	69,0	56,8	48,3	38,7	32,2	27,6	24,2	21,5	19,3
1,00	90,9	76,9	71,4	58,8	50,0	40,0	33,3	28,6	25,0	22,2	20,0
1,10	96,9	82,0	76,1	62,7	53,3	42,6	35,5	30,4	26,6	23,7	21,3
1,20	102,7	86,9	80,7	66,4	56,5	45,2	37,6	32,3	28,2	25,1	22,6
1,30	108,3	91,6	85,1	70,1	59,6	47,6	39,7	34,0	29,8	26,5	23,8
1,40	113,8	96,3	89,4	73,6	62,6	50,1	41,7	35,8	31,3	27,8	25,0
1,50	119,1	100,8	93,6	77,1	65,5	52,4	43,7	37,4	32,8	29,1	26,2
1,60	124,4	105,2	97,7	80,5	68,4	54,7	45,6	39,1	34,2	30,4	27,4
1,70	129,5	109,6	101,7	83,8	71,2	57,0	47,5	40,7	35,6	31,7	28,5
1,80	134,5	113,8	105,7	87,0	74,0	59,2	49,3	42,3	37,0	32,9	29,6
1,90	139,5	118,0	109,6	90,2	76,7	61,4	51,1	43,8	38,4	34,1	30,7
2,00	144,3	122,1	113,4	93,4	79,4	63,5	52,9	45,4	39,7	35,3	31,7
2,20	153,8	130,1	120,8	99,5	84,6	67,7	56,4	48,3	42,3	37,6	33,8
2,40	163,0	137,9	128,0	105,4	89,6	71,7	59,8	51,2	44,8	39,8	35,9
2,60	171,9	145,4	135,1	111,2	94,5	75,6	63,0	54,0	47,3	42,0	37,8
2,80	180,6	152,8	141,9	116,9	99,3	79,5	66,2	56,8	49,7	44,1	39,7
3,00	189,1	160,0	148,6	122,4	104,0	83,2	69,3	59,4	52,0	46,2	41,6
3,50	209,6	177,3	164,7	135,6	115,3	92,2	76,8	65,9	57,6	51,2	46,1
4,00	229,1	193,8	180,0	148,2	126,0	100,8	84,0	72,0	63,0	56,0	50,4
4,50	247,8	209,7	194,7	160,3	136,3	109,0	90,9	77,9	68,1	60,6	54,5
5,00	265,8	224,9	208,9	172,0	146,2	117,0	97,5	83,5	73,1	65,0	58,5