

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сахалинский государственный университет»

Кафедра геологии и нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель основной профессиональной
образовательной программы

 Сторожева А.Е.

«24» июня 2022 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Дисциплины (модуля)

Б1.О.41 «Подземная гидромеханика»

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки

21.03.01 Нефтегазовое дело
(код и наименование направления подготовки)

Профиль

«Автоматизированные системы управления технологическими процессами в
нефтегазовой отрасли»

Квалификация

бакалавр

Форма обучения

очная

РПД адаптирована для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Южно-Сахалинск 2022

Рабочая программа дисциплины «Подземная гидромеханика» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 21.03.01 Нефтегазовое дело

Программу составила:

Мария Евгеньевна Сторожева, старший преподаватель кафедры геологии и

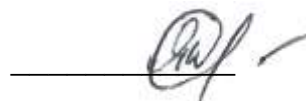
нефтегазового дела ТНИ СахГУ

И.О. Фамилия, должность, ученая степень, ученое звание подпись



Рабочая программа дисциплины «Подземная гидромеханика» утверждена на заседании кафедры геологии и нефтегазового дела протокол № 9 от 24 мая 2022 г.

Заведующий кафедрой Денисова Я.В.



Рецензент:

к.г.-м.н., старший научный сотрудник,
заместитель гл. геолога ОАО «Дальморнефтегеофизика



Грецкая Елена Владимировна

1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины – формирование у обучающихся базовых знаний об основных закономерностях притока пластовых флюидов (жидкостей, газов и их смесей) в горных породах - коллекторах нефти и газа к добывающим нефтяным и газовым скважинам, а также решение научно-исследовательских и производственных задач.

Задачи дисциплины:

- сформировать представление о методах расчета процессов фильтрации пластовых флюидов (в т. ч. многофазных потоков) к реальным скважинам;
- дать представление о законах фильтрации несжимаемой и сжимаемой жидкостей, а также основные фильтрационно-емкостные параметры пористой среды;
- дать представление о принципах расчета одномерных установившихся потоков жидкости и газа;
- дать представление о принципах расчета фильтрационных потоков жидкости и газа к реальным скважинам;
- дать представление о принципах моделирования и исследования фильтрационных потоков;
- объяснить и научить применять законы фильтрации для расчета дебитов скважин;
- объяснить и научить рассчитывать дебиты реальных скважин, с учетом из несовершенства.

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Подземная гидромеханика» (Б1.О.41) относится к базовой части блока Б1 «Дисциплины (модули)» учебного плана и является обязательной для изучения.

Пререквизиты дисциплины (модуля): базируется на дисциплинах учебного плана подготовки бакалавров, предшествующих указанной дисциплине: «Математика», «Физика», «Общая геология и минералогия», «Основы нефтегазового дела», «Многофазные дисперсные системы», «Геология нефтегазосодержащих пластов» и др.

Постреквизиты дисциплины: является базой для изучения и усвоения других общеинженерных и специальных дисциплин, таких как «Разработка нефтяных и газовых месторождений», «Теоретические основы моделирования разработки месторождений углеводородов», «Эксплуатация нефтяных и газовых скважин».

3 ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ИНДИКАТОРЫ ИХ ДОСТИЖЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Коды компетенции	Содержание компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-6	Способен принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические	ОПК-6.1. использует принципы информационно-коммуникационных технологий и основные требования информационной безопасности ОПК-6.2. решает стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением современных технологий и требований информационной безопасности ОПК-6.3. владеет навыками решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе

	средства и технологии	и современных информационных технологий и с учетом требований информационной безопасности
--	-----------------------	---

4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 4 зачетные единицы (144 академических часа).

Вид работы	Трудоемкость, акад. часов	
	5 Семестр	Всего
Общая трудоемкость	144	144
Контактная работа:	63	63
Лекции	18	18
Практические работы	36	36
Контактная работа в период теоретического обучения (КонтТО): проведение текущих консультаций по подготовке к лекционным и лабораторным работам, ИРС	8	8
Контактная работа в период промежуточной аттестации (КонтПА)	1	1
Самостоятельная работа:	55	55
самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, ГОСТов, ТУ, СП и др., изучение технологических схем)	9	9
подготовка к практическим занятиям	18	18
подготовка к промежуточной аттестации	8	8
подготовка к экзамену	20	20
Контроль	26	26

4.2 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДОВ РАБОТЫ И ИХ ТРУДОЕМКОСТИ ПО РАЗДЕЛАМ ДИСЦИПЛИНЫ

Очная форма обучения									
№ п/п	Раздел дисциплины/темы	Семестр	Виды учебной работы (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации	
			Контактная				СР		Контроль
			Лекции	ПЗ	Конт ТО	Конт ПА			
1	Законы фильтрации нефти, газа и воды	5	2	4	8	1	55	26	Блиц-опрос, доклад-презентация, собеседование, тестирование, практическое задание
2	Изотермическая фильтрация флюидов в нефтегазовых пластах	5	2	4					Блиц-опрос, доклад-презентация, собеседование, тестирование, практическое задание
3	Установившиеся и неустановившиеся движения	5	2	4					Блиц-опрос, доклад-презентация, собеседование,

	жидкости и газа в пористой среде								тестирование, практическое задание
4	Теория двухфазной фильтрации несмешивающихся жидкостей	5	2	4					Блиц-опрос, доклад-презентация, собеседование, тестирование, практическое задание
5	Основы теории многофазных систем	5	2	4					Блиц-опрос, доклад-презентация, собеседование, тестирование, практическое задание
6	Гидродинамические модели повышения нефте-, газоконденсатоотдачи пластов	5	2	4					Блиц-опрос, доклад-презентация, собеседование, тестирование, практическое задание
7	Особенности фильтрации неньютоновской жидкости	5	2	4					Блиц-опрос, доклад-презентация, собеседование, тестирование, практическое задание
8	Движение жидкостей и газов в трещиноватых и трещиновато-пористых средах	5	2	4					Блиц-опрос, доклад-презентация, собеседование, тестирование, практическое задание
9	Моделирование основных процессов фильтрации пластовых флюидов	5	2	4					Блиц-опрос, доклад-презентация, собеседование, тестирование, практическое задание
	Экзамен	5							Письменный экзамен с элементами собеседования по контрольным вопросам
	Итого: 144		18	36	8	1	55	26	

4.3 СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

РАЗДЕЛ 1. ЗАКОНЫ ФИЛЬТРАЦИИ НЕФТИ, ГАЗА И ВОДЫ

Тема 1. Теория фильтрации

Значение и роль подземной гидромеханики в развитии научных основ разработки нефтяных и газовых месторождений. Содержание и задачи курса. Краткая характеристика панов развития подземной гидромеханики и ее современное состояние.

Теория фильтрации. Определение и особенности процесса фильтрации. Скорость фильтрации и ее связь со средней действительной скоростью движения флюида в пористой среде.

Тема 2. Линейный закон фильтрации Дарси

Линейный закон фильтрации Дарси. Коэффициенты фильтрации и проницаемости.

Границы применимости закона Дарси. Обобщенный закон фильтрации Дарси для жидкостей газов и газированных жидкостей.

Нелинейные законы фильтрации. Особенности фильтрации жидкостей и газов в трещиноватых и трещиновато-пористых горных породах.

Тема 3. Дифференциальные уравнения фильтрации жидкостей и газов в пористой среде

Дифференциальные уравнения фильтрации жидкостей и газов Уравнение неразрывности (сплошности) фильтрационного потока.

Дифференциальные уравнения движения флюидов в пористой среде. Уравнения состояния жидкостей, газов и пористой среды.

Краевые задачи подземной гидромеханики. Прямые и обратные задачи. Допущения и упрощения, принятые при моделировании процессов, происходящих в пласте.

РАЗДЕЛ 2. ИЗОТЕРМИЧЕСКАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ ФЛЮИДОВ В НЕФТЕГАЗОВЫХ ПЛАСТАХ

Тема 4. Понятие о математической модели физического процесса

Вводные замечания. Математическая модель. Закон сохранения массы. Интегральная и дифференциальная формулировка.

Тема 5. Математические модели изотермической фильтрации

Закон Дарси – дифференциальное уравнение движения флюида. Замыкающие уравнения. Модели изотермической фильтрации

РАЗДЕЛ 3. УСТАНОВИВШИЕСЯ И НЕУСТАНОВИВШИЕСЯ ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ И ГАЗА В ПОРИСТОЙ СРЕДЕ

Тема 6. Установившаяся фильтрация несжимаемой жидкости

Дифференциальное уравнение установившейся фильтрации несжимаемой жидкости по закону Дарси.

Простейшие фильтрационные потоки. Установившаяся прямолинейно-параллельная фильтрация несжимаемой жидкости в однородном пласте по линейному закону Дарси (приток жидкости к галерее). Плоскорадиальная установившаяся фильтрация однородной несжимаемой жидкости по закону Дарси в однородном пласте (приток к совершенной скважине). Радиально-сферическая установившаяся фильтрация несжимаемой жидкости по закону Дарси в однородном пласте.

Установившаяся фильтрация несжимаемой жидкости в неоднородных пластах

Причины и виды неоднородности продуктивных нефтяных и газовых пластов. Установившаяся прямолинейно-параллельная и плоскорадиальная фильтрация несжимаемой жидкости в неоднородных пластах (слоисто- и зонально-неоднородных-). Влияние проницаемости призабойной зоны пласта и ее размеров на дебит скважины.

Тема 7. Установившееся движение однородной сжимаемой (упругой) жидкости и газа в пористой среде

Установившееся движение однородной сжимаемой (упругой) жидкости в пористой среде.

Установившаяся фильтрация идеального газа в пористой среде.

Плоскорадиальный фильтрационный поток идеального газа по закону Дарси. Плоскорадиальный фильтрационный поток реального газа по закону Дарси.

Особенности исследования газовых скважин на установившихся режимах.

Тема 8. Фильтрация неоднородной жидкости

Установившаяся фильтрация неоднородных жидкостей. Движение смеси нефти и воды, газированной жидкости. Фазовые проницаемости. Установившаяся фильтрация газированной жидкости. Функция Христиановича. Определение дебита скважины. Форма индикаторной диаграммы.

Тема 9. Неустановившаяся фильтрация упругой жидкости в упругой пористой среде

Основные положения упругого режима пласта.

Дифференциальное уравнение неустановившейся фильтрации упругой жидкости.

Приток упругой жидкости к точечному стоку (источнику) на плоскости. Основная формула теории упругого режима.

Исследование скважин при неустановившихся режимах фильтрации.

Тема 10. Неустановившаяся фильтрация газов

Дифференциальное уравнение нестационарной фильтрации газа.

Линеаризация уравнения Лейбензона. Сведение задачи нестационарной фильтрации газа к задаче фильтрации упругой жидкости.

РАЗДЕЛ 4. ТЕОРИЯ ДВУХФАЗНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ НЕСМЕШИВАЮЩИХСЯ ЖИДКОСТЕЙ

Тема 11. Одномерные модели вытеснения несмешивающихся жидкостей

Прямолинейно-параллельное течение. Плоскорадиальное вытеснение. Начальные и граничные условия. Оценка влияния гравитационных и капиллярных сил. Модель Бакли-Леверетта.

РАЗДЕЛ 5. ОСНОВЫ ТЕОРИИ МНОГОФАЗНЫХ СИСТЕМ

Тема 12. Математическая модель многофазной фильтрации

Практическая важность изучения многофазных течений в пористых средах. Основные характеристики макроскопического описания многофазной фильтрации. Обобщенный закон Дарси.

Тема 13. Классическая задача Бакли-Леверетта

Одномерные течения несжимаемых жидкостей. Построение задачи Бакли-Леверетта.

Практическое применение решения уравнения Бакли-Леверетта. Определение фронтальной насыщенности. Определение средней насыщенности в безводный период добычи. Расчет средней насыщенности после прорыва воды. Расчет коэффициента нефтеотдачи.

РАЗДЕЛ 6. ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕ-, ГАЗОКОНДЕНСАТООТДАЧИ ПЛАСТОВ

Тема 14. Модели повышения нефтегазоотдачи пластов

Моделирование процессов фильтрации пластовых флюидов при реализации методов повышения нефтегазоотдачи. Анализ гидродинамических моделей повышения нефтегазоотдачи пластов.

РАЗДЕЛ 7. ОСОБЕННОСТИ ФИЛЬТРАЦИИ НЕНЬЮТОВСКОЙ ЖИДКОСТИ

Тема 15. Реологические модели и нелинейные законы фильтрации

Классификация неньютоновских жидкостей. Структура течения вязкопластичной жидкости в круглой трубе. Закон фильтрации вязкопластичной жидкости в идеальной пористой среде. Одномерные фильтрационные потоки вязкопластичной жидкости. Влияние неньютоновского поведения нефти на процессе извлечения из пласта.

РАЗДЕЛ 8. ДВИЖЕНИЕ ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ В ТРЕЩИНОВАТЫХ И ТРЕЩИНОВАТО-ПОРИСТЫХ СРЕДАХ

Тема 16. Особенности фильтрации в трещиноватых и трещиновато-пористых средах

Законы фильтрации в трещиноватых средах. Зависимость проницаемости от давления в трещиноватых и трещиновато-пористых средах. О перетоке флюида в трещиновато-пористых средах. Вывод дифференциальных уравнений движения жидкости и газа в трещиноватых и трещиновато-пористых средах.

Тема 17. Установившиеся и неуставившиеся движения жидкости и газа в трещиноватом и трещиновато-пористом пласте

Установившаяся одномерная фильтрация жидкости и газа в трещиноватом и

трещиновато-пористом пласте. Неустановившееся движение жидкости и газа в трещиноватом и трещиновато-пористом пласте. Вытеснение нефти водой из трещиновато-пористых и неоднородных средах.

РАЗДЕЛ 9. МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПРОЦЕССОВ ФИЛЬТРАЦИИ ПЛАСТОВЫХ ФЛЮИДОВ

Тема 18. Типы моделей фильтрационных процессов

Цели и задачи моделирования фильтрационных процессов. Физическое моделирование процессов фильтрации пластовых флюидов. Аналоговое моделирование. Понятие о математическом моделировании и компьютерных моделях пластовых систем.

Тема 19. Основы анализа размерностей и теории подобия

π -теорема. Размерность. Анализ размерностей. Теория подобия. Вывод некоторых законов фильтрации с помощью π -теоремы.

4.4 ТЕМЫ И ПЛАНЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Практическое занятие 1 (4 часа). «Характеристики пористых сред. Модели грунта»

Порядок работы:

1. Рассматриваются примеры решения задач совместно с преподавателем.
2. Студенты самостоятельно решают приведенные ниже задачи согласно своему варианту. Вариант задания принимается студентом в соответствии с присвоенным ему номером в списке студентов. Расчетная часть поясняется необходимым текстом. В текстовом пояснении должны быть приведены все сведения и формулы, которые используются при выполнении работы. Результаты решения приводятся в СИ, а также во внесистемных единицах, общепринятых в практике нефтегазового дела. Графические приложения выполняются на отдельных листах.
3. Задачи, рассчитанные студентом согласно присвоенному ему варианту, сдаются на проверку и в дальнейшем студент проходит процедуру защиты задач.

Задача №1.1. (Исходные данные в табл. П 1.1)

Определить пористость фиктивного грунта для известного значения угла укладки частиц.

Таблица П 1.1.

№ вар.	θ , град.	№ вар.	θ , град.	№ вар.	θ , град.	№ вар.	θ , град.
1	60	16	75	31	88	46	73
2	61	17	76	32	87	47	72
3	62	18	77	33	86	48	71
4	63	19	78	34	85	49	70
5	64	20	79	35	84	50	69
6	65	21	80	36	83	51	68
7	66	22	81	37	82	52	67
8	67	23	82	38	81	53	66
9	68	24	83	39	80	54	65
10	69	25	84	40	79	55	64
11	70	26	85	41	78	56	63
12	71	27	86	42	77	57	62
13	72	28	87	43	76	58	61
14	73	29	88	44	75	59	60
15	74	30	89	45	74	60	59

Задача №1.2.

Пользуясь формулами Слихтера, определить величины пористости и просветности при углах укладки частиц 60, 70, 80, 90° и построить графики зависимости пористости и просветности от угла укладки.

Задача №1.3. (Исходные данные в табл. П 1.2)

Определить площадь поверхности зерен в заданном объеме грунта. Известны: диаметр зерен, коэффициент пористости грунта.

Таблица П 1.2.

№ вар.	Исходные данные		
	V, м ³	m, %	d, мм
1	0,5	15	0,1
2	1,0	16	0,2
3	1,5	17	0,1
4	2,0	18	0,2
5	2,5	19	0,1
6	0,5	20	0,2
7	1,0	21	0,1
8	1,5	22	0,2
9	2,0	23	0,1
10	2,5	24	0,2
11	3,0	25	0,1
12	0,5	26	0,2
13	1,0	27	0,1
14	1,5	28	0,2
15	2,0	29	0,1
16	2,5	30	0,2
17	1,8	15	0,1
18	1,0	16	0,2
19	0,8	18	0,1
20	2,0	20	0,2
21	1,0	21	0,1
22	1,5	17	0,2
23	2,5	19	0,1
24	2,0	22	0,2
25	2,5	23	0,1
26	1,5	24	0,2
27	1,0	25	0,1
28	0,5	26	0,2
29	1,8	27	0,1
30	3,0	28	0,2

№ вар.	V, м ³	m, %	d, мм
31	2,9	27	0,3
32	2,8	26	0,3
33	2,7	25	0,3
34	2,6	24	0,3
35	2,5	23	0,3
36	2,4	22	0,3
37	2,3	21	0,3
38	2,2	20	0,3
39	2,1	19	0,3
40	2,0	18	0,3
41	1,9	17	0,3
42	1,8	16	0,3
43	1,7	15	0,3
44	1,6	14	0,3
45	1,5	13	0,2
46	1,4	12	0,2
47	1,3	11	0,2
48	1,2	10	0,2
49	1,1	9	0,2
50	1,0	8	0,2
51	1,2	7	0,2
52	1,4	9	0,2
53	1,6	11	0,2
54	1,8	13	0,2
55	2,0	15	0,2
56	2,2	17	0,2
57	2,4	19	0,2
58	2,6	21	0,2
59	2,8	23	0,2
60	3,0	25	0,2

Задача №1.4.

Сопоставить количество частиц заданного диаметра, заключенных в объеме фиктивного грунта, при углах укладки 60° и 90°.

Задача №1.5. (Исходные данные в табл. П 1.3)

Определить пористость и просветность образца идеального грунта размерами в сечении В×h (ширина×высота), в котором находится 20 каналов заданного диаметра.

Таблица П 1.3.

№ вар.	d, мм	B, см	h, см	№ вар.	d, мм	B, см	h, см
1	1,50	3,00	10	31	9,00	1,50	15
2	1,75	2,95	15	32	8,85	1,45	15
3	2,00	2,90	10	33	8,70	1,40	15
4	2,25	2,85	15	34	8,55	1,35	15
5	2,50	2,80	10	35	8,40	1,30	15
6	2,75	2,75	15	36	8,25	1,25	15
7	3,00	2,70	10	37	8,10	1,20	15
8	3,25	2,65	15	38	7,95	1,15	15
9	3,50	2,60	10	39	7,80	1,10	15
10	3,75	2,55	15	40	7,65	1,05	12
11	4,00	2,50	10	41	7,50	1,00	12
12	4,25	2,45	15	42	7,35	0,95	12
13	4,50	2,40	10	43	7,20	0,90	12
14	4,75	2,35	15	44	7,05	0,85	12
15	5,00	2,30	10	45	6,90	0,80	12
16	5,25	2,25	15	46	6,75	0,75	12
17	5,50	2,20	10	47	6,60	0,70	12
18	5,75	2,15	15	48	6,45	0,65	12
19	6,00	2,10	10	49	6,30	0,60	12
20	6,25	2,05	15	50	6,15	0,55	12
21	6,50	2,00	10	51	6,00	0,50	12
22	6,75	1,95	15	52	5,85	0,45	13
23	7,00	1,90	10	53	5,70	0,40	13
24	7,25	1,85	15	54	5,55	0,35	13
25	7,50	1,80	10	55	5,40	0,30	13
26	7,75	1,75	15	56	5,25	0,25	13
27	8,00	1,70	10	57	5,10	0,20	13
28	8,25	1,65	15	58	4,95	0,15	13
29	8,50	1,60	10	59	4,80	0,10	13
30	8,75	1,55	15	60	4,65	0,05	13

Практическое занятие 2 (4 часа). «Основные понятия теории фильтрации. Законы фильтрации»

Порядок работы:

1. Рассматриваются примеры решения задач совместно с преподавателем.
2. Студенты самостоятельно решают приведенные ниже задачи согласно своему варианту. Вариант задания принимается студентом в соответствии с присвоенным ему номером в списке студентов. Расчетная часть поясняется необходимым текстом. В текстовом пояснении должны быть приведены все сведения и формулы, которые используются при выполнении работы. Результаты решения приводятся в СИ, а также во внесистемных единицах, общепринятых в практике нефтегазового дела. Графические приложения выполняются на отдельных листах. При решении задач данной темы критическое значение числа Рейнольдса по Щелкачеву принять равным 1, по Миллиончикову – 0,2.

3. Задачи, рассчитанные студентом согласно присвоенному ему варианту, сдаются на проверку и в дальнейшем студент проходит процедуру защиты задач.

Задача № 2.1. (Исходные данные в табл. П 2.1)

Определить закон фильтрации жидкости в горизонтальном цилиндрическом образце пористой среды. Даны пористость и проницаемость пористой среды, радиус образца, вязкость, плотность и расход жидкости.

Таблица П 2.1.

№ вар	г, см	к, Дарси	т, %	Q, л/мин	μ, мПа*с	ρ, кг/м³	№ вар	г, см	к, Дарси	т, %	Q, л/мин	μ, мПа*с	ρ, кг/м³
1	1,50	3,00	10	2	30	650	31	9,00	1,50	15	2	1,5	800
2	1,75	2,95	15	2	29	655	32	8,85	1,45	15	2	2	805
3	2,00	2,90	10	2	28	660	33	8,70	1,40	15	2	2,5	810
4	2,25	2,85	15	2	27	665	34	8,55	1,35	15	2	3	815
5	2,50	2,80	10	2	26	670	35	8,40	1,30	15	2	3,5	820
6	2,75	2,75	15	2	25	675	36	8,25	1,25	15	2	4	825
7	3,00	2,70	10	2	24	680	37	8,10	1,20	15	2	4,5	830
8	3,25	2,65	15	2	23	685	38	7,95	1,15	15	2	5	835
9	3,50	2,60	10	2	22	690	39	7,80	1,10	15	2	5,5	840
10	3,75	2,55	15	2	21	695	40	7,65	1,05	12	2	6	845
11	4,00	2,50	10	2	20	700	41	7,50	1,00	12	2	6,5	850
12	4,25	2,45	15	2	19	705	42	7,35	0,95	12	2	7	855
13	4,50	2,40	10	3	20	710	43	7,20	0,90	12	2	7,5	860
14	4,75	2,35	15	2	17	715	44	7,05	0,85	12	2	8	865
15	5,00	2,30	10	2	23	720	45	6,90	0,80	12	2	8,5	870
16	5,25	2,25	15	2	22	725	46	6,75	0,75	12	2	9	866
17	5,50	2,20	10	2	21	730	47	6,60	0,70	12	2	9,5	862
18	5,75	2,15	15	2	20	735	48	6,45	0,65	12	2	10	858
19	6,00	2,10	10	2	19	740	49	6,30	0,60	12	2	10,5	854
20	6,25	2,05	15	2	23	745	50	6,15	0,55	12	2	11	850
21	6,50	2,00	10	2	22	750	51	6,00	0,50	12	2	11,5	846
22	6,75	1,95	15	2	21	755	52	5,85	0,45	13	2	12	842
23	7,00	1,90	10	2	20	760	53	5,70	0,40	13	2	12,5	838
24	7,25	1,85	15	2	19	765	54	5,55	0,35	13	2	13	834
25	7,50	1,80	10	2	18	770	55	5,40	0,30	13	2	13,5	830
26	7,75	1,75	15	2	17	775	56	5,25	0,25	13	2	14	826
27	8,00	1,70	10	2	4	780	57	5,10	0,20	13	2	14,5	822
28	8,25	1,65	15	2	3	785	58	4,95	0,15	13	2	15	818
29	8,50	1,60	10	2	2	790	59	4,80	0,10	13	2	15,5	814
30	8,75	1,55	15	2	1	795	60	4,65	0,05	13	2	16	810

Задача №2.2. (Исходные данные в табл. П 2.2)

Горизонтальная цилиндрическая труба заполнена песком. Через эту трубу фильтруется жидкость. Определить: проницаемость песка, коэффициент фильтрации, число Рейнольдса. Даны внутренний радиус и длина трубы, пористость, перепад давления, вязкость, плотность и расход жидкости.

Задача №2.3. (Исходные данные в табл. П 2.3)

Определить размеры зоны нелинейной фильтрации при движении нефти к скважине для известных значений дебита скважины, толщины, пористости и проницаемости пласта, вязкости и плотности жидкости.

Таблица П 2.2

№ вар	г, см	l, м	α, %	ΔP, МПа	Q, л/мин	μ, мПа*с	ρ, кг/м³
1	5,0	1,0	12	1,00	1,2	1,2	780
2	10,0	2,0	13	0,50	2,0	1,3	775
3	15,0	3,0	14	0,75	2,5	1,4	770
4	20,0	4,0	15	1,00	3,0	1,5	765
5	7,0	5,0	16	1,75	1,5	2,0	760
6	2,5	0,5	24	2,00	2,1	3,0	820
7	8,0	7,0	18	1,13	4,8	1,1	815
8	3,0	8,0	19	1,40	4,9	1,2	810
9	12,0	9,0	20	1,63	5,0	1,3	805
10	15,0	10,0	21	2,50	1,6	1,4	800
11	18,0	11,0	22	2,75	2,3	1,5	795
12	17,0	10,0	23	3,00	2,3	1,6	790
13	16,0	9,0	24	3,25	2,9	1,7	785
14	13,0	8,0	25	3,50	1,0	1,8	780
15	12,0	7,0	26	3,75	1,3	1,9	775
16	11,0	6,0	27	4,00	2,0	4,0	770
17	9,0	5,0	28	1,50	2,5	4,1	765
18	8,0	4,0	20	0,80	3,0	4,2	760
19	7,0	3,0	18	0,75	3,3	4,3	755
20	6,0	2,0	17	1,00	4,0	4,4	750
21	4,0	0,5	16	1,25	4,5	4,5	745
22	2,0	0,3	15	1,50	5,0	4,6	740
23	1,5	1,0	14	1,53	4,8	4,7	735
24	4,0	2,0	13	3,50	4,8	4,8	730
25	8,0	3,0	12	3,75	4,7	4,9	725
26	9,0	4,0	10	4,00	4,6	5,0	720
27	8,5	5,0	11	4,25	4,5	5,1	715
28	7,0	6,0	22	4,50	4,4	5,2	710
29	12,0	7,0	23	4,75	4,3	5,3	705
30	13,0	8,0	24	5,00	4,2	5,4	700
31	12,5	7,5	25	4,53	4,1	5,5	695
32	12,0	7,0	26	4,70	4,0	5,2	692
33	11,5	6,5	27	4,53	3,9	5,1	689
34	11,0	6,0	28	4,40	3,8	5,0	686
35	10,5	5,5	29	4,25	3,7	4,9	683
36	10,0	5,0	30	4,10	3,6	4,8	680
37	9,5	4,5	29	3,95	3,5	4,7	677
38	9,0	4,0	28	3,80	3,4	4,6	669
39	8,5	3,5	27	3,65	3,3	4,5	664
40	8,0	3,0	26	3,50	3,2	4,4	660
41	7,5	2,5	25	3,35	3,1	4,3	656
42	7,0	2,0	24	3,20	3,0	4,2	652
43	6,5	1,5	23	3,05	2,9	4,1	648
44	6,0	1,0	22	2,90	2,8	4,0	644
45	5,5	1,4	21	2,75	2,7	3,9	640
46	5,0	1,8	20	2,60	2,6	3,8	636
47	4,5	2,2	19	2,45	2,5	3,7	632
48	4,0	2,6	18	2,30	2,4	3,6	628
49	3,5	3,0	17	2,15	2,3	3,5	624
50	3,0	3,4	16	2,00	2,2	3,4	620
51	2,5	3,8	15	1,83	2,1	3,3	616
52	2,0	4,2	14	1,70	2,0	3,2	612
53	2,2	4,6	13	1,55	1,9	3,1	608
54	2,4	5,0	12	1,40	1,8	3,0	604
55	2,6	5,4	11	1,25	1,7	2,9	600
56	2,8	5,8	10	1,10	1,6	2,8	596
57	3,0	6,2	9	0,95	1,5	2,7	592
58	3,2	6,6	8	0,80	1,4	2,6	588
59	3,4	7,0	7	0,65	1,3	2,5	584
60	3,6	7,4	6	0,50	1,2	2,4	580

Таблица П 2.3

№ вар	μ, мПа*с	ρ, кг/м³	h, м	α, %	k, мкм²	Q, м³/сут
1	10	700	5	14	0,13	100
2	9	750	10	20	1,13	56
3	8	800	15	15	0,24	65
4	7	750	20	16	0,78	42
5	6	810	25	16	0,33	98
6	5	820	7	21	0,81	47
7	4	800	8	23	0,95	62
8	3	790	11	19	0,84	45
9	2	830	13	22	0,62	29
10	1	850	19	25	0,37	37
11	1,3	800	11	23	0,3	70
12	2	850	15	21	0,1	80
13	2,3	750	13	18	0,1	90
14	3	750	21	17	0,8	87
15	1	810	21	26	1	67
16	4	860	17	10	1,5	56
17	3	815	23	11	2	67
18	1	795	15	12	0,3	98
19	1,5	790	17	13	0,2	84
20	2	830	18	14	0,1	99
21	2,5	850	14	16	1	76
22	1	700	13	22	1,1	67
23	1	750	19	21	1,5	71
24	2	760	23	17	1,8	63
25	3	770	22	19	1,2	53
26	2	780	20	18	1,5	50
27	2,8	775	19,5	17,5	1,35	47
28	3	750	19	17	1,2	44
29	3,5	765	18,5	16,5	1,05	41
30	4	760	18	16	0,9	38
31	4,5	785	17,5	15,5	0,75	38
32	5	780	17	15	0,6	32
33	5,5	745	16,5	14,5	0,45	29
34	6	740	16	14	0,3	26
35	6,5	735	15,5	13,5	0,19	23
36	7	730	15	13	0,155	20
37	7,5	725	14,5	12,5	0,16	17
38	8	720	14	12	0,105	14
39	8,5	715	13,5	11,5	0,17	11
40	9	710	13	11	0,175	8
41	9,5	705	12,5	10,5	0,16	5
42	10	700	12	10	0,105	9
43	10,5	695	11,5	9,5	0,10	12
44	11	690	11	9	0,195	17
45	11,3	685	10,8	8,8	0,2	21
46	12	680	10	8	0,205	22
47	12,5	675	9,5	7,8	0,21	29
48	13	670	9	7	0,215	33
49	13,3	665	8,5	6,5	0,22	37
50	14	660	8	6	0,225	41
51	13,6	655	7,5	5	0,23	45
52	13,2	650	7	8	0,235	49
53	12,8	645	6,5	9	0,24	53
54	12,4	640	6	10	0,245	57
55	12	635	5,5	11	0,25	61
56	11,6	630	5	12	0,255	65
57	11,2	625	4,5	13	0,26	69
58	10,8	620	4	14	0,265	73
59	10,4	615	3,5	15	0,27	77
60	10	610	3	16	0,275	81

Задача №2.4. (Исходные данные в табл. П 2.4)

Определить скорость фильтрации и скорость движения жидкости у стенки скважины и на заданном расстоянии. Известны толщина пласта, коэффициент пористости, радиус скважины, массовый дебит скважины и плотность нефти.

Задача №2.5. (Исходные данные в табл. П 2.5)

Определить коэффициенты проницаемости и фильтрации для цилиндрического образца пористой среды, скорость фильтрации. Даны диаметр и длина образца, разность давлений на его концах, вязкость, плотность и расход жидкости.

Таблица П 2.4

№ вар	h, м	r, м	m, %	r _с , см	Q _м , м³/сут	ρ, кг/м³
1	7	10	20	10	3,75	700
2	8	12	20	10	7,50	705
3	9	14	20	10	7,25	710
4	10	16	20	10	7,00	715
5	11	18	20	10	6,75	720
6	12	20	20	10	6,50	725
7	13	22	20	10	6,25	730
8	14	24	20	10	6,00	735
9	15	26	20	10	5,75	740
10	16	28	20	10	5,50	745
11	17	30	20	10	5,25	750
12	18	32	20	10	5,00	755
13	19	34	20	10	4,75	760
14	20	36	20	10	4,50	765
15	19	38	20	10	4,25	770
16	18	40	20	10	4,00	775
17	17	42	20	10	3,75	780
18	16	44	20	10	3,50	785
19	15	46	20	10	3,25	790
20	14	48	20	10	3,00	795
21	13	50	20	10	2,75	800
22	12	52	20	10	2,50	805
23	11	54	20	10	2,25	810
24	10	56	20	10	2,00	815
25	9	58	20	10	1,75	820
26	8	60	20	10	1,50	825
27	7	62	20	10	1,25	830
28	6	64	20	10	1,00	835
29	5	66	20	10	0,75	840
30	4	68	20	10	0,50	845
31	3,5	4	0,85	2,3	4,5	704
32	3	4,1	0,9	2,35	4,6	708
33	2,5	4,3	0,95	2,4	4,7	712
34	2	4,3	1	2,45	4,8	716
35	1,5	4,4	1,05	2,5	4,9	720
36	1	4,5	1,1	2,55	5	724
37	1,3	4,6	1,15	2,6	5,1	728
38	1,6	4,7	1,2	2,65	5,2	732
39	1,9	4,8	1,25	2,7	5,3	736
40	2,2	4,9	1,3	2,75	5,4	740
41	2,5	5	1,35	2,8	5,5	744
42	2,8	5,1	1,4	2,85	5,6	748
43	3,1	5,2	1,45	2,9	5,7	752
44	3,4	5,3	1,5	2,95	5,8	756
45	3,7	5,4	1,55	3	5,9	760
46	4	5,5	1,6	3,05	6	764
47	4,3	5,6	1,65	3,1	6,1	768
48	4,6	5,7	1,7	3,15	6,2	772
49	4,9	5,8	1,75	3,2	6,3	776
50	5,2	5,9	1,8	3,25	6,4	780
51	5,5	6	1,85	3,3	6,5	784
52	5,8	6,1	1,9	3,35	6,6	788
53	6,1	6,2	1,95	3,4	6,7	792
54	6,4	6,3	2	3,45	6,8	796
55	6,7	6,4	2,05	3,5	6,9	800
56	7	6,5	2,1	3,55	7	804
57	7,3	6,6	2,15	3,6	7,1	808
58	7,6	6,7	2,2	3,65	7,2	812
59	7,9	6,8	2,25	3,7	7,3	816
60	8,2	6,9	2,3	3,75	7,4	820

Таблица П 2.5

№ вар	d, см	l, м	ΔP, МПа	Q, л/мин	μ, мПа·с	ρ, кг/м³
1	2	1,0	0,20	1,00	1,5	845
2	3	1,1	0,25	1,25	1,6	840
3	4	1,2	0,30	1,50	1,7	835
4	5	1,3	0,35	1,75	1,8	830
5	6	1,4	0,40	2,00	1,9	825
6	5	1,5	0,45	2,25	2,0	820
7	4	1,6	0,50	2,50	2,1	815
8	3	1,7	0,55	2,75	2,2	810
9	2	1,8	0,60	3,00	2,3	805
10	2	1,9	0,65	3,25	2,4	800
11	3	2,0	0,70	3,50	2,5	795
12	4	2,1	0,75	3,75	2,6	790
13	5	2,2	0,80	4,00	2,7	785
14	6	2,3	0,85	4,25	2,8	780
15	5	2,4	0,90	4,50	2,9	775
16	3	2,5	0,95	4,75	3,0	770
17	2	2,6	1,00	5,00	3,1	765
18	6	2,7	1,05	5,25	3,2	760
19	4	2,8	1,10	5,50	3,3	755
20	5	2,9	1,15	5,75	3,4	750
21	3	3,0	1,20	6,00	3,5	745
22	4	3,1	1,25	6,25	3,6	740
23	5	3,2	1,30	6,50	3,7	735
24	3	3,3	1,35	6,75	3,8	730
25	4	3,4	1,40	7,00	3,9	725
26	6	3,5	1,45	7,25	4,0	720
27	2	3,6	1,50	7,50	4,1	715
28	3	3,7	1,55	7,75	4,2	710
29	5	3,8	1,60	8,00	4,3	705
30	4	3,9	1,65	8,25	4,4	700
31	3,5	4,0	1,70	8,50	4,5	704
32	3	4,1	1,75	8,75	4,6	708
33	2,5	4,2	1,80	9,00	4,7	712
34	2	4,3	1,85	9,25	4,8	716
35	1,5	4,4	1,90	9,50	4,9	720
36	1	4,5	1,95	9,75	5,0	724
37	1,3	4,6	2,00	10,00	5,1	728
38	1,6	4,7	2,05	10,25	5,2	732
39	1,9	4,8	2,10	10,50	5,3	736
40	2,2	4,9	2,15	10,75	5,4	740
41	2,5	5,0	2,20	11,00	5,5	744
42	2,8	5,1	2,25	11,25	5,6	748
43	3,1	5,2	2,30	11,50	5,7	752
44	3,4	5,3	2,35	11,75	5,8	756
45	3,7	5,4	2,40	12,00	5,9	760
46	4	5,5	2,45	12,25	6	764
47	4,3	5,6	2,50	12,50	6,1	768
48	4,6	5,7	2,55	12,75	6,2	772
49	4,9	5,8	2,60	13,00	6,3	776
50	5,2	5,9	2,65	13,25	6,4	780
51	5,5	6	2,70	13,50	6,5	784
52	5,8	6,1	2,75	13,75	6,6	788
53	6,1	6,2	2,80	14,00	6,7	792
54	6,4	6,3	2,85	14,25	6,8	796
55	6,7	6,4	2,90	14,50	6,9	800
56	7	6,5	2,95	14,75	7	804
57	7,3	6,6	3,00	15,00	7,1	808
58	7,6	6,7	3,05	15,25	7,2	812
59	7,9	6,8	3,10	15,50	7,3	816
60	8,2	6,9	3,15	15,75	7,4	820

Задача №2.6. (Исходные данные в табл. П 2.6)

Вычислить число Рейнольдса по формуле Щелкачева при заданных значениях пористости, коэффициента проницаемости цилиндрического образца пористой среды, в котором происходит фильтрация жидкости. Определить закон фильтрации. Известны также диаметр образца, кинематическая вязкость и расход жидкости.

Таблица П 2.6.

№ шп.	m, г/г	b, мм ²	d, см	$\mu \cdot 10^{-3}$, мПа·с	Q, л/мин
1	0,15	2,00	1	4	10
2	0,16	2,25	2	4	9,5
3	0,17	2,50	3	4	9
4	0,18	2,75	4	4	8,5
5	0,19	3,00	5	4	8
6	0,20	3,25	1	4	7,5
7	0,21	3,50	2	4	7
8	0,22	3,75	3	4	6,5
9	0,23	4,00	4	4	6
10	0,24	4,25	5	4	5,5
11	0,25	4,50	1	4	5
12	0,26	4,75	2	4	4,5
13	0,27	5,00	3	4	4
14	0,28	5,25	4	44	3,5
15	0,29	5,50	5	44	3
16	0,30	5,75	1	4	2,5
17	0,31	6,00	2	4	2
18	0,32	6,25	3	4	1,5
19	0,33	6,50	4	4	1
20	0,34	6,75	5	4	10
21	0,35	7,00	1	4	9,5
22	0,15	4,00	2	4	9
23	0,16	4,25	3	4	8,5
24	0,17	4,50	4	4	8
25	0,18	4,75	5	4	7,5
26	0,19	5,00	1	4	7
27	0,20	5,25	2	4	6,5
28	0,21	5,50	3	4	6
29	0,22	5,75	4	4	5,5
30	0,23	6,00	5	4	5
31	0,24	6,25	4	4	5,15
32	0,25	6,50	4	4	5,3
33	0,26	6,75	4	4	5,45
34	0,27	7,00	4	4	5,6
35	0,28	7,25	4	4	5,75
36	0,29	7,50	4	4	5,9
37	0,30	7,75	4	4	6,05
38	0,31	8,00	4	4	6,2
39	0,32	8,25	4	4	6,35
40	0,31	7,70	4	4	6,5
41	0,30	7,25	4	4	6,65
42	0,29	7,40	5	4	6,8
43	0,28	7,35	5	4	6,95
44	0,27	7,10	5	4	7,1
45	0,26	6,95	5	4	7,25
46	0,25	6,80	5	4	7,4
47	0,24	6,65	5	4	7,55
48	0,23	6,50	5	4	7,7
49	0,22	6,35	5	4	7,85
50	0,21	6,20	5	4	8
51	0,20	6,05	5	4	8,15
52	0,19	5,90	5	4	8,3
53	0,18	5,75	3	4	8,45
54	0,17	5,60	3	4	8,6
55	0,16	5,45	3	4	8,75
56	0,15	5,30	3	4	8,9
57	0,14	5,15	3	4	9,05
58	0,13	5,00	3	4	9,2
59	0,12	4,85	3	4	9,35
60	0,11	4,70	3	4	9,5

Практическое занятие 3 (4 часа). «Простейшие фильтрационные потоки»

Порядок работы:

1. Рассматриваются примеры решения задач совместно с преподавателем.
2. Студенты самостоятельно решают приведенные ниже задачи согласно своему варианту. Вариант задания принимается студентом в соответствии с присвоенным ему номером в списке студентов. Расчетная часть поясняется необходимым текстом. В текстовом пояснении должны быть приведены все сведения и формулы, которые используются при выполнении работы. Результаты решения приводятся в СИ, а также во внесистемных единицах, общепринятых в практике нефтегазового дела. Графические приложения выполняются на отдельных листах.
3. Задачи, рассчитанные студентом согласно присвоенному ему варианту, сдаются на проверку и в дальнейшем студент проходит процедуру защиты задач.

Задача №3.1. (Исходные данные в табл. П 3.1.)

Определить расход при одномерном движении жидкости в пласте в случае существования закона фильтрации Дарси по заданным значениям динамической вязкости жидкости, длины, площади поперечного сечения и проницаемости пласта, перепада давления.

Задача №3.2. (Исходные данные в табл. П 3.2.)

Построить график распределения давления и найти градиент давления при одномерном движении в пласте несжимаемой жидкости по линейному закону фильтрации. Заданы длина, ширина и толщина пласта, коэффициент проницаемости, давление в галерее стока и ее дебит, динамическая вязкость жидкости.

Таблица П 3.1

№ вар.	μ , мПа·с	k , мкм ²	L , м	ΔP , МПа	F , м ³
1	2,1	0,1	50	2	200
2	2,6	0,43	75	2,1	340
3	3,1	0,42	100	2,2	335
4	3,6	0,41	125	2,3	330
5	4,1	0,4	150	2,4	325
6	4,6	0,39	175	2,5	320
7	5,1	0,38	200	2,6	315
8	5,6	0,37	225	2,7	310
9	6,1	0,36	250	2,8	305
10	6,6	0,35	275	2,9	300
11	7,1	0,34	300	3	295
12	7,6	0,33	325	3,1	290
13	7,1	0,32	350	3,2	285
14	6,6	0,31	375	3,3	280
15	6,1	0,3	400	3,4	275
16	5,6	0,29	425	3,5	270
17	5,1	0,28	450	3,6	265
18	4,6	0,27	475	3,7	260
19	4,1	0,26	500	3,8	255
20	3,6	0,25	525	3,9	250
21	3,1	0,24	550	4	245
22	2,6	0,23	575	4,1	240
23	2,1	0,22	600	4,2	235
24	2	0,21	625	4,3	230
25	3	0,2	650	4,4	225
26	4	0,19	675	4,5	220
27	5	0,18	700	4,6	215
28	4,5	0,17	725	4,7	210
29	3	0,16	750	4,8	205
30	1,5	0,15	775	4,9	200
31	1,6	0,16	760	5	200
32	1,7	0,17	745	5,1	340
33	1,8	0,18	730	5,2	335
34	1,9	0,19	715	5,3	330
35	2	0,2	700	5,4	325
36	2,1	0,21	685	5,5	320
37	2,2	0,22	670	5,6	315
38	2,3	0,23	655	5,7	310
39	2,4	0,24	640	5,8	305
40	2,5	0,25	625	5,9	300
41	2,6	0,26	610	6	295
42	2,7	0,27	595	6,1	290
43	2,8	0,28	580	6,2	285
44	2,9	0,29	565	6,3	280
45	3	0,3	550	6,4	275
46	3,1	0,31	535	6,5	270
47	3,2	0,32	520	6,6	265
48	3,3	0,33	505	6,7	260
49	3,4	0,34	490	6,8	255
50	3,5	0,35	475	6,9	250
51	3,6	0,36	460	7	245
52	3,7	0,37	445	7,1	240
53	3,8	0,38	430	7,2	235
54	3,9	0,39	415	7,3	230
55	4	0,4	400	7,4	225
56	4,1	0,41	385	7,5	220
57	4,2	0,42	370	7,6	215
58	4,3	0,43	355	7,7	210
59	4,4	0,44	340	7,8	205
60	4,5	0,45	325	7,9	200

Таблица П 3.2

№ вар.	μ , мПа·с	k , мкм ²	L , м	a , м	h , м	P_r , МПа	Q , м ³ /сут
1	1	0,44	300	245	10	7	250
2	1,5	0,43	350	240	12	7,25	230
3	2	0,42	400	235	14	7,5	210
4	2,5	0,41	450	230	16	7,75	190
5	3	0,4	500	225	18	8	170
6	3,5	0,39	550	220	20	5	150
7	4	0,38	600	215	22	5,25	130
8	4,5	0,37	650	210	24	5,5	110
9	5	0,36	700	205	26	5,75	90
10	5,5	0,35	750	200	28	6	70
11	6	0,34	800	195	30	6,25	50
12	6,5	0,33	850	190	29	6,5	30
13	7	0,32	900	185	28	6,75	10
14	6,5	0,31	950	180	27	7	15
15	6	0,3	1000	175	26	7,25	20
16	5,5	0,29	1050	170	25	7,5	25
17	5	0,28	1100	165	24	7,75	30
18	4,5	0,27	1150	160	23	2	35
19	4	0,26	1200	155	22	2,25	40
20	3,5	0,25	1250	150	21	2,5	45
21	3	0,24	1300	145	20	2,75	50
22	2,5	0,23	1350	140	19	3	55
23	2	0,22	1400	135	18	3,25	60
24	1,5	0,21	1450	130	17	3,5	65
25	1	0,2	1500	125	16	3,75	70
26	1,5	0,19	1550	120	15	4	75
27	2	0,18	1600	115	14	8	12
28	2,5	0,17	1650	110	13	3	35
29	3	0,16	1700	105	12	5	15
30	3,5	0,15	1750	75	11	5,25	5
31	4	0,16	1720	245	10	7	8
32	4,5	0,17	1690	240	12	7,25	11
33	5	0,18	1660	235	14	7,5	14
34	5,5	0,19	1630	230	16	7,75	17
35	6	0,2	1600	225	18	8	20
36	6,5	0,21	1570	220	20	5	23
37	7	0,22	1540	215	22	5,25	26
38	7,5	0,23	1510	210	24	5,5	29
39	8	0,24	1480	205	26	5,75	32
40	8,5	0,25	1450	200	28	6	35
41	9	0,26	1420	195	30	6,25	38
42	9,5	0,27	1390	190	29	6,5	41
43	10	0,28	1360	185	28	6,75	44
44	10,5	0,29	1330	180	27	7	47
45	11	0,3	1300	175	26	7,25	50
46	10,6	0,31	1270	170	25	7,5	53
47	10,2	0,32	1240	165	24	7,75	56
48	9,8	0,33	1210	160	23	2	59
49	9,4	0,34	1180	155	22	2,25	62
50	9	0,35	1150	150	21	2,5	65
51	8,6	0,36	1120	145	20	2,75	68
52	8,2	0,37	1090	140	19	3	71
53	7,8	0,38	1060	135	18	3,25	74
54	7,4	0,39	1030	130	17	3,5	77
55	7	0,4	1000	125	16	3,75	80
56	6,6	0,41	970	120	15	4	83
57	6,2	0,42	940	115	14	8	86
58	5,8	0,43	910	110	13	3	89
59	5,4	0,44	880	105	12	5	92
60	5	0,45	850	75	11	5,25	95

Задача №3.3. (Исходные данные в табл. П 3.3.)

Определить давление на контуре питания пласта, если известны расстояние от контура до возмущающей скважины, радиус скважины, забойное давление. Также известно давление на забое бездействующей скважины, расстояние от возмущающей скважины. Приток жидкости к действующей скважине предполагается плоскорадиальным при линейном законе фильтрации.

Задача №3.4. (Исходные данные в табл. П 3.4.)

Определить объемный дебит скважины, если фильтрация происходит по закону Дарси, известны толщина и коэффициент проницаемости пласта, динамическая вязкость нефти, радиус скважины, расстояние до контура питания, давление на забое скважины и на контуре питания.

Таблица П 3.3

№ вар.	r_0 , м	r_0 , см	P_0 , МПа	r_1 , м	P_1 , МПа
1	300	10	6	195	10
2	350	10	6,5	190	10,5
3	400	10	7	185	11
4	450	10	7,5	180	11,5
5	500	10	8	175	12
6	550	10	8,5	170	12,5
7	600	10	9	165	13
8	650	10	9,5	160	13,5
9	700	10	10	155	14
10	750	10	10,5	150	14,5
11	800	10	11	145	15
12	850	10	11,5	140	15,5
13	900	10	12	135	16
14	850	10	12,5	130	15,5
15	800	10	13	125	15
16	750	10	13,5	120	14,5
17	700	10	14	115	14
18	650	10	13,5	110	13,5
19	600	10	13	105	13
20	550	10	12,5	100	12,5
21	500	10	12	95	12
22	450	10	11,5	90	11,5
23	400	10	11	85	11
24	350	10	10,5	80	10,5
25	300	10	10	75	11
26	450	10	9,5	70	10,5
27	550	10	9	65	10
28	600	10	8,5	60	11,5
29	700	10	8	55	11
30	800	10	7,5	50	10,5
31	300	10	7,2	195	10
32	350	10	6,9	190	9,5
33	400	10	6,6	185	9
34	450	10	6,3	180	8,5
35	500	10	6	175	8
36	550	10	5,7	170	7,5
37	600	10	5,4	165	7
38	650	10	5,1	160	6,5
39	700	10	4,8	155	6
40	750	10	4,5	150	5,5
41	800	10	4,2	145	5
42	850	10	3,9	140	5,3
43	900	10	3,6	135	5,6
44	850	10	3,3	130	5,9
45	800	10	3	125	6,2
46	750	10	3,4	120	6,5
47	700	10	3,8	115	6,8
48	650	10	4,2	110	7,1
49	600	10	4,6	105	7,4
50	550	10	5	100	7,7
51	500	10	5,4	95	8
52	450	10	5,8	90	8,3
53	400	10	6,2	85	8,6
54	350	10	6,6	80	8,9
55	300	10	7	75	9,2
56	450	10	7,4	70	9,5
57	550	10	7,8	65	9,8
58	600	10	8,2	60	10,1
59	700	10	8,6	55	10,4
60	800	10	9	50	10,7

Таблица П 3.4

№ вар.	h , м	k , мкм ²	μ , мПа·с	r_0 , см	r_0 , м	P_0 , МПа	P_1 , МПа
1	30	0,1	5,2	10	800	6	14
2	29	0,15	5,4	10	780	6,5	14,5
3	28	0,2	5,6	10	760	7	15
4	27	0,25	5,8	10	740	7,5	15,5
5	26	0,3	6	10	720	8	16
6	25	0,35	6,2	10	700	8,5	16,5
7	24	0,1	6,4	10	680	9	17
8	23	0,15	6,6	10	660	9,5	17,5
9	22	0,2	6,8	10	640	10	18
10	21	0,25	7	10	620	9,5	17,5
11	20	0,3	7,2	10	600	9	17
12	19	0,35	7,4	10	580	8,5	16,5
13	18	0,1	7,6	10	560	8	16
14	17	0,15	7,8	10	540	7,5	15,5
15	16	0,2	8	10	520	7	15
16	15	0,25	8,2	10	500	7,5	15,5
17	14	0,3	8,4	10	480	8	16
18	13	0,35	8,6	10	460	8,5	16,5
19	12	0,1	8,8	10	440	9	17
20	11	0,15	9	10	420	9,5	17,5
21	10	0,2	9,2	10	400	10	18
22	25	0,25	9,4	10	380	10,5	18,5
23	26	0,3	9,6	10	360	11	19
24	27	0,35	9,8	10	340	10	18
25	10	0,1	10	10	320	8	16
26	12	0,15	10,2	10	300	8,5	16,5
27	13	0,2	10,4	10	280	9	17
28	14	0,25	10,6	10	260	9,5	17,5
29	15	0,3	10,8	10	240	10	18
30	19	0,35	11	10	220	6	14
31	30	0,1	5,2	15	800	7	15
32	29	0,15	5,4	15	780	8	16
33	28	0,2	5,6	15	760	9	17
34	27	0,25	5,8	15	740	10	18
35	26	0,3	6	15	720	11	19
36	25	0,35	6,2	15	700	12	20
37	24	0,1	6,4	15	680	13	21
38	23	0,15	6,6	15	660	14	22
39	22	0,2	6,8	15	640	15	23
40	21	0,25	7	15	620	16	24
41	20	0,3	7,2	15	600	17	25
42	19	0,35	7,4	15	580	18	26
43	18	0,1	7,6	15	560	19	27
44	17	0,15	7,8	15	540	20	28
45	16	0,2	8	15	520	21	29
46	15	0,25	8,2	15	500	22	30
47	14	0,3	8,4	15	480	23	31
48	13	0,35	8,6	15	460	24	32
49	12	0,1	8,8	15	440	25	33
50	11	0,15	9	15	420	26	34
51	10	0,2	9,2	15	400	27	35
52	25	0,25	9,4	15	380	28	36
53	26	0,3	9,6	15	360	29	37
54	27	0,35	9,8	15	340	30	38
55	10	0,1	10	15	320	31	39
56	12	0,15	10,2	15	300	32	40
57	13	0,2	10,4	15	280	33	41
58	14	0,25	10,6	15	260	34	42
59	15	0,3	10,8	15	240	35	43
60	19	0,35	11	15	220	36	44

Задача №3.5. (Исходные данные в табл. П 3.5.)

Определить давление на заданном расстоянии от оси скважины, если известно, что на контуре питания и в скважине (известны радиусы) поддерживаются постоянные давления.

Задача №3.6. (Исходные данные в табл. П 3.6.)

Как изменится дебит скважины при увеличении ее радиуса вдвое, если фильтрация происходит по закону Дарси. Даны начальный радиус скважины и расстояние до контура питания.

Таблица П 3.5

№ вар.	$r_{\text{в}}, \text{м}$	$r_{\text{с}}, \text{см}$	$P_{\text{с}}, \text{МПа}$	$R, \text{м}$	$P_{\text{н}}, \text{МПа}$
1	300	10	12	180	17,5
2	325	10	11,5	205	17
3	350	10	11	320	16,5
4	375	10	10,5	310	16
5	400	10	10	300	15,5
6	425	10	9,5	290	15
7	450	10	9	280	14,5
8	475	10	8,5	270	14
9	500	10	8	260	13,5
10	525	10	7,5	250	13
11	550	10	7	240	12,5
12	575	10	6,5	230	12
13	600	10	6	220	11,5
14	625	10	14	210	19,5
15	650	10	13,5	200	19
16	675	10	13	190	18,5
17	700	10	12,5	180	18
18	725	10	12	170	17,5
19	750	10	11,5	160	17
20	775	10	11	150	16,5
21	800	10	10,5	140	16
22	825	10	10	130	15,5
23	850	10	9,5	120	15
24	875	10	9	110	14,5
25	900	10	8,5	100	14
26	500	10	8	90	13,5
27	525	10	7,5	80	13
28	550	10	7	70	12,5
29	575	10	6,5	60	12
30	600	10	6	50	11,5
31	300	10	6,3	140	11,75
32	325	10	6,6	230	12
33	350	10	6,9	320	12,25
34	375	10	7,2	310	12,5
35	400	10	7,5	300	12,75
36	425	10	7,8	290	13
37	450	10	8,1	280	13,25
38	475	10	8,4	270	13,5
39	500	10	8,7	260	13,75
40	525	10	9	250	14
41	550	10	9,3	240	14,25
42	575	10	9,6	230	14,5
43	600	10	9,9	220	14,75
44	625	10	10,2	210	15
45	650	10	10,5	200	15,25
46	675	10	10,8	190	15,5
47	700	10	11,1	180	15,75
48	725	10	11,4	170	16
49	750	10	11,7	160	16,25
50	775	10	12	150	16,5
51	800	10	12,3	140	16,75
52	825	10	12,6	130	17
53	850	10	12,9	120	17,25
54	875	10	13,2	110	17,5
55	900	10	13,5	100	17,75
56	500	10	13,8	90	18
57	525	10	14,1	80	18,25
58	550	10	14,4	70	18,5
59	575	10	14,7	60	18,75
60	600	10	15	50	19

Таблица П 3.6

№ вар.	$r_{\text{в}}, \text{м}$	$r_{\text{с}}, \text{см}$
1	200	10
2	225	10
3	250	10
4	275	10
5	300	10
6	325	10
7	350	10
8	375	10
9	400	10
10	425	10
11	450	10
12	475	10
13	500	10
14	525	10
15	550	10
16	575	10
17	600	10
18	625	10
19	650	10
20	675	10
21	700	10
22	725	10
23	750	10
24	775	10
25	800	10
26	825	10
27	850	10
28	875	10
29	900	10
30	925	10
31	920	10
32	915	10
33	910	10
34	905	10
35	900	10
36	895	10
37	890	10
38	885	10
39	880	10
40	875	10
41	870	10
42	865	10
43	860	10
44	855	10
45	850	10
46	845	10
47	840	10
48	835	10
49	830	10
50	825	10
51	820	10
52	815	10
53	810	10
54	805	10
55	800	10
56	795	10
57	790	10
58	785	10
59	780	10
60	775	10

Задача №3.7. (Исходные данные в табл. П 3.7.)

Построить кривую распределения давления в зоне дренирования пласта скважиной в случае плоскорадиального движения жидкости по линейному закону фильтрации при следующих известных данных: проницаемость пласта, динамическая вязкость жидкости, толщина пласта, радиус контура питания, радиус скважины, забойное давление, дебит скважины.

Задача №3.8. (Исходные данные в табл. П 3.8.)

Определить дебит скважины (внутренний диаметр эксплуатационной колонны 132 мм), если фильтрация нефти происходит по линейному закону. Определить также число Рейнольдса у стенки скважины. Известны толщина пласта, кинематическая вязкость и плотность нефти, радиус контура питания, забойное и пластовое давления, проницаемость и пористость горной породы.

Таблица П 3.7

№ вар.	μ , мПа·с	k , мкм ²	r_w , м	$r_{св}$, см	h , м	P_0 , МПа	Q_0 , м ³ /сут
1	15,00	0,15	250	10	10	8	50
2	1,00	0,16	300	10	11	13,5	195
3	1,50	0,17	350	10	12	11	190
4	2,00	0,18	400	10	13	12,5	185
5	2,50	0,19	450	10	14	12	180
6	3,00	0,2	500	10	15	11,5	175
7	3,50	0,21	550	10	16	11	170
8	4,00	0,22	600	10	17	10,5	165
9	4,50	0,23	650	10	18	10	160
10	5,00	0,24	700	10	19	9,5	155
11	5,50	0,25	750	10	20	9	150
12	6,00	0,26	800	10	21	8,5	145
13	6,50	0,27	850	10	22	8	140
14	7,00	0,28	900	10	23	7,5	135
15	7,50	0,29	950	10	24	7	130
16	8,00	0,3	1000	10	25	6,5	125
17	7,50	0,15	750	10	26	13,5	120
18	7,00	0,16	700	10	27	13	115
19	6,50	0,17	650	10	28	12,5	110
20	6,00	0,18	600	10	29	12	105
21	5,50	0,19	550	10	30	11,5	100
22	5,00	0,2	500	10	31	11	95
23	4,50	0,21	450	10	32	10,5	90
24	4,00	0,22	400	10	33	10	85
25	3,50	0,23	350	10	34	9,5	80
26	3,00	0,24	300	10	35	9	75
27	2,50	0,25	250	10	36	8,5	70
28	2,00	0,26	200	10	37	8	65
29	1,50	0,27	150	10	38	7,5	60
30	1,00	0,28	100	10	39	7	55
31	0,5	0,29	50	10	40	6,5	50
32	4,30	0,3	600	10	37	7,6	45
33	4,03	0,31	575	10	36	7,9	40
34	4,60	0,32	550	10	35	8,2	35
35	4,79	0,33	525	10	34	8,5	30
36	4,90	0,34	500	10	33	8,8	25
37	5,03	0,35	475	10	32	9,1	20
38	5,20	0,36	450	10	31	9,4	15
39	5,35	0,37	425	10	30	9,7	10
40	5,50	0,38	400	10	29	10	5
41	5,65	0,37	375	10	28	10,3	9
42	5,80	0,36	350	10	27	10,6	13
43	5,95	0,35	325	10	26	10,9	17
44	6,10	0,34	300	10	25	11,2	21
45	6,25	0,33	275	10	24	11,5	25
46	6,40	0,32	250	10	23	11,8	29
47	6,55	0,31	225	10	22	12,1	33
48	6,70	0,3	200	10	21	12,4	37
49	6,85	0,29	175	10	20	12,7	41
50	7,00	0,28	150	10	19	13,0	45
51	7,15	0,27	125	10	18	13,3	49
52	7,30	0,26	100	10	17	13,6	53
53	7,45	0,25	75	10	16	13,9	57
54	7,60	0,24	50	10	15	14,2	61
55	7,75	0,23	25	10	14	14,5	65
56	7,90	0,22	0	10	13	14,8	69
57	8,05	0,21	0	10	12	15,1	73
58	8,20	0,2	0	10	11	15,4	77
59	8,35	0,19	0	10	10	15,7	81
60	8,50	0,18	0	10	9	16,0	85

Таблица П 3.8

№ вар.	D скв., мм	h, м	$v \cdot 10^{-7}$, м ² /с	ρ , кг/м ³	r_w , м	P_0 , МПа	P_0 , МПа	k , мкм ²	m , %
1	132	5	50	700	200	18,5	6,5	0,15	17
2	132	6	60	705	210	18	7	0,16	16
3	132	7	50	710	220	17,5	7,5	0,17	15
4	132	8	60	715	230	17	8	0,18	26
5	132	9	50	720	240	16,5	8,5	0,19	25
6	132	10	60	725	250	16	9	0,2	24
7	132	11	50	730	260	15,5	9,5	0,21	23
8	132	12	60	735	270	15	10	0,22	22
9	132	13	50	740	280	14,5	10,5	0,23	21
10	132	14	60	745	290	14	11	0,24	20
11	132	15	50	750	300	13,5	11,5	0,25	19
12	132	16	60	755	310	13	12	0,26	18
13	132	17	50	760	320	12,5	12,5	0,27	17
14	132	18	60	765	330	12	13	0,28	16
15	132	19	50	770	340	11,5	13,5	0,29	15
16	132	20	60	775	350	11	14	0,3	14
17	132	21	50	780	360	10,5	14,5	0,31	13
18	132	22	60	785	370	10	15	0,32	12
19	132	23	50	790	380	9,5	15,5	0,33	11
20	132	24	60	795	390	9	16	0,34	10
21	132	25	50	800	400	8,5	16,5	0,35	9
22	132	26	60	805	410	8	17	0,36	8
23	132	27	50	810	420	7,5	17,5	0,37	7
24	132	28	60	815	430	7	18	0,38	6
25	132	29	50	820	440	6,5	18,5	0,39	5
26	132	30	60	825	450	6	19	0,4	4
27	132	31	50	830	460	5,5	19,5	0,41	3
28	132	32	60	835	470	5	20	0,42	2
29	132	33	50	840	480	4,5	20,5	0,43	1
30	132	34	60	845	490	4	21	0,44	0
31	132	35	50	850	500	3,5	21,5	0,45	0
32	132	36	60	855	510	3	22	0,46	0
33	132	37	50	860	520	2,5	22,5	0,47	0
34	132	38	60	865	530	2	23	0,48	0
35	132	39	50	870	540	1,5	23,5	0,49	0
36	132	40	60	875	550	1	24	0,5	0
37	132	41	50	880	560	0,5	24,5	0,51	0
38	132	42	60	885	570	0	25	0,52	0
39	132	43	50	890	580	0	25,5	0,53	0
40	132	44	60	895	590	0	26	0,54	0
41	132	45	50	900	600	0	26,5	0,55	0
42	132	46	60	896	595	0	26,5	0,55	0
43	132	47	50	892	590	0	26,5	0,55	0
44	132	48	60	888	585	0	26,5	0,55	0
45	132	49	50	884	580	0	26,5	0,55	0
46	132	50	60	880	575	0	26,5	0,55	0
47	132	51	50	876	570	0	26,5	0,55	0
48	132	52	60	872	565	0	26,5	0,55	0
49	132	53	50	868	560	0	26,5	0,55	0
50	132	54	60	864	555	0	26,5	0,55	0
51	132	55	50	860	550	0	26,5	0,55	0
52	132	56	60	856	545	0	26,5	0,55	0
53	132	57	50	852	540	0	26,5	0,55	0
54	132	58	60	848	535	0	26,5	0,55	0
55	132	59	50	844	530	0	26,5	0,55	0
56	132	60	60	840	525	0	26,5	0,55	0
57	132	61	50	836	520	0	26,5	0,55	0
58	132	62	60	832	515	0	26,5	0,55	0
59	132	63	50	828	510	0	26,5	0,55	0
60	132	64	60	824	505	0	26,5	0,55	0

Задача №3.9. (Исходные данные в табл. П 3.9.)

Каким должен быть расход жидкости в нагнетательной скважине, если необходимо, чтобы давление на ее забое поддерживалось в процессе закачки на некоторое (заданное) значение выше давления, установившегося в пласте. Имеет место линейный закон фильтрации. Даны радиусы скважины и контура питания, проницаемость и толщина пласта, вязкость нефти.

Таблица П 3.9

№ вар.	ΔP, МПа	r _г , м	μ, мПа·с	k, Дарси	r _г , см	h, м
1	0,5	600	1,5	0,125	10	24
2	0,75	550	2	0,137	10	23
3	1	500	2,5	0,149	10	22
4	1,25	450	3	0,161	10	21
5	1,5	400	3,5	0,173	10	20
6	1,75	350	4	0,185	10	19
7	2	300	4,5	0,197	10	18
8	2,25	250	5	0,209	10	17
9	2,5	200	5,5	0,221	10	16
10	2,75	600	6	0,233	10	15
11	3	550	6,5	0,245	10	14
12	3,25	500	7	0,257	10	13
13	3,5	450	7,5	0,269	10	12
14	3,75	400	8	0,281	10	11
15	4	350	8,5	0,293	10	10
16	1	700	0,5	0,305	10	5
17	1,25	250	1	0,1	10	8
18	1,5	200	1,5	0,112	10	22
19	1,75	750	2	0,124	10	21
20	1,5	700	2,5	0,136	10	20
21	1,25	650	3	0,148	10	19
22	1	600	3,5	0,16	10	18
23	2,75	550	4	0,172	10	17
24	3	500	4,5	0,184	10	16
25	3,25	450	5	0,196	10	15
26	3,5	400	5,5	0,208	10	14
27	3,75	350	6	0,22	10	13
28	4	300	6,5	0,232	10	12
29	4,25	250	7	0,244	10	11
30	4,5	200	7,5	0,256	10	10

Практическое занятие 4 (4 часа). «Простейшие фильтрационные потоки»

Порядок работы:

1. Рассматриваются примеры решения задач совместно с преподавателем.
2. Студенты самостоятельно решают приведенные ниже задачи согласно своему варианту. Вариант задания принимается студентом в соответствии с присвоенным ему номером в списке студентов. Расчетная часть поясняется необходимым текстом. В текстовом пояснении должны быть приведены все сведения и формулы, которые используются при выполнении работы. Результаты решения приводятся в СИ, а также во внесистемных единицах, общепринятых в практике нефтегазового дела. Графические приложения выполняются на отдельных листах.
3. Задачи, рассчитанные студентом согласно присвоенному ему варианту, сдаются на проверку и в дальнейшем студент проходит процедуру защиты задач.

Задача №4.1. (Исходные данные в табл. П 4.1.)

Построить индикаторную диаграмму и определить коэффициенты продуктивности и проницаемости пласта по данным исследования скважины при установившихся режимах. Исходные данные: пластовое давление, радиус контура питания, радиус скважины, толщина пласта, динамическая вязкость нефти.

Таблица П 4.1

№ вар.	Рк, МПа	r _к , м	r _с , см	h, м	μ, мПа·с	1 режим		2 режим		3 режим	
						Q, м³/сут	Рс, МПа	Q, м³/сут	Рс, МПа	Q, м³/сут	Рс, МПа
1	15	200	10	10	5.1	4.5	13.2	6.8	12.3	8.8	11.5
2	18	250	10	12	3.2	9	16.2	13.5	15.3	17.5	14.5
3	20	272	10	18	8.2	13.5	18.2	20.3	17.3	26.3	16.5
4	25	300	10	20	15	18	23.2	27	22.3	35	21.5
5	21	330	10	16	19.3	22.5	19.2	33.8	18.3	43.8	17.5
6	29	350	10	17	25.5	27	27.2	40.5	26.3	52.5	25.5
7	17	380	10	14	10	31.5	15.2	47.3	14.3	61.3	13.5
8	16	400	10	12	9.4	36	14.2	54	13.3	70	12.5
9	22	450	10	9	6.5	40.5	20.2	60.8	19.3	78.8	18.5
10	23	500	10	31	2.2	45	21.2	67.5	20.3	87.5	19.5
11	25	200	10	10	1.5	49	18	63	16	84	13
12	24	210	10	11	1.6	56	17	72	15	96	12
13	23	220	10	12	1.7	63	16	81	14	108	11
14	22	230	10	13	1.8	70	15	90	13	120	10
15	21	240	10	14	1.9	77	14	99	12	132	9
16	20	250	10	15	2	84	13	108	11	144	8
17	19	260	10	16	2.1	91	12	117	10	156	7
18	18	270	10	17	2.2	98	11	126	9	168	6
19	17	280	10	18	2.3	90	11	120	9	165	6
20	16	290	10	19	2.4	96	10	128	8	176	5
21	15	300	10	20	2.5	102	9	136	7	187	4
22	17	310	10	21	2.6	108	11	144	9	198	6
23	19	320	10	22	2.7	114	13	152	11	209	8
24	21	330	10	23	2.8	120	15	160	13	220	10
25	23	340	10	24	2.9	126	17	168	15	231	12
26	25	350	10	25	3	132	19	176	17	242	14
27	27	360	10	23	3.1	138	21	184	19	253	16
28	29	370	10	21	3.2	144	23	192	21	264	18
29	31	380	10	19	3.3	125	26	175	24	250	21
30	33	390	10	17	3.4	130	28	182	26	260	23
31	32	400	10	15	3.5	135	27	189	25	270	22
32	31	410	10	13	3.6	140	26	196	24	280	21
33	30	420	10	11	3.7	145	25	203	23	290	20
34	29	430	10	9	3.8	150	24	210	22	300	19
35	28	440	10	7	3.9	155	23	217	21	310	18
36	27	450	10	5	4	160	22	224	20	320	17
37	26	460	10	8	4.1	165	21	231	19	330	16
38	25	470	10	11	4.2	170	20	238	18	340	15
39	24	480	10	14	4.3	175	19	245	17	350	14
40	23	490	10	17	4.4	180	18	252	16	360	13
41	22	500	10	20	4.5	185	17	259	15	370	12
42	21	450	10	23	4.6	190	16	266	14	380	11
43	20	400	10	26	4.7	195	15	273	13	390	10
44	19	350	10	23	4.8	160	15	240	13	360	10
45	18	300	10	20	4.9	164	14	246	12	369	9
46	17	250	10	17	5	168	13	252	11	378	8
47	18	200	10	14	5.1	172	14	258	12	387	9
48	19	220	10	11	5.2	176	15	264	13	396	10
49	20	240	10	8	5.3	180	16	270	14	405	11
50	21	260	10	14	5.4	184	17	276	15	414	12
51	15	200	10	10	5.1	4.5	13.2	6.8	12.3	8.8	11.5
52	18	250	10	12	3.2	9	16.2	13.5	15.3	17.5	14.5
53	20	272	10	18	8.2	13.5	18.2	20.3	17.3	26.3	16.5
54	25	300	10	20	15	18	23.2	27	22.3	35	21.5
55	21	330	10	16	19.3	22.5	19.2	33.8	18.3	43.8	17.5
56	29	350	10	17	25.5	27	27.2	40.5	26.3	52.5	25.5
57	17	380	10	14	10	31.5	15.2	47.3	14.3	61.3	13.5
58	16	400	10	12	9.4	36	14.2	54	13.3	70	12.5
59	22	450	10	9	6.5	40.5	20.2	60.8	19.3	78.8	18.5
60	23	500	10	31	2.2	45	21.2	67.5	20.3	87.5	19.5

Задача №4.2. (Исходные данные в табл. П 4.2.)

Произвести обработку результатов исследования скважины методом установившихся отборов. Исходные данные: радиус контура питания, радиус скважины, толщина пласта, динамическая вязкость нефти.

Таблица П 4.2

№ вар.	r_w , м	r_e , см	h , м	μ , мПа·с	1 режим		2 режим		3 режим		4 режим	
					Q , м ³ /сут	ΔP , МПа	Q , м ³ /сут	ΔP , МПа	Q , м ³ /сут	ΔP , МПа	Q , м ³ /сут	ΔP , МПа
1	350	10	10	1,5	50	3,200	75	7	100	12,4	110	14,9
2	300	10	12	10	10	0,100	15	0,2	20	0,33	25	0,5
3	200	10	18	25	50	2,640	70	4,99	90	8,11	100	9,96
4	500	10	20	3,4	30	1,020	40	1,73	45	2,16	50	2,63
5	600	10	16	1,2	48	3,330	52	3,83	59	4,97	63	5,64
6	400	10	17	9,1	52	2,820	58	3,48	65	4,32	71	5,12
7	500	10	14	10,2	50	3,200	75	7	100	12,4	110	14,9
8	300	10	12	14,3	30	1,020	40	1,73	45	2,16	50	2,63
9	250	10	9	15,1	48	3,330	52	3,83	59	4,97	63	5,64
10	500	10	31	14,8	50	2,640	70	4,99	90	8,11	100	9,96
11	490	10	30	1,2	20	0,271	25	0,418	29	0,557	31	0,634
12	480	10	29	1,4	22	0,362	27	0,539	31	0,705	33	0,796
13	470	10	28	1,6	24	0,470	29	0,679	33	0,873	35	0,980
14	460	10	27	1,8	26	0,596	31	0,839	35	1,064	37	1,186
15	450	10	26	2	28	0,743	33	1,023	37	1,280	39	1,419
16	440	10	25	2,2	30	0,912	35	1,233	39	1,523	41	1,680
17	430	10	24	2,4	32	1,107	37	1,471	41	1,798	43	1,974
18	420	10	23	2,6	34	1,331	39	1,741	43	2,108	45	2,305
19	410	10	22	2,8	36	1,588	41	2,048	45	2,459	47	2,678
20	400	10	21	3	38	2,036	43	2,594	47	3,090	49	3,353
21	390	10	20	3,2	40	2,594	45	3,268	49	3,864	51	4,180
22	380	10	19	3,4	42	3,287	47	4,100	51	4,814	53	5,193
23	370	10	18	3,6	44	4,149	49	5,126	53	5,983	55	6,435
24	360	10	17	3,8	46	5,221	51	6,396	55	7,422	57	7,963
25	350	10	16	4	48	6,559	53	7,971	57	9,200	59	9,847
26	340	10	15	4,2	50	8,233	55	9,933	59	11,407	61	12,183
27	330	10	14	4,4	49	7,715	54	9,336	58	10,744	60	11,485
28	320	10	13	4,6	48	8,652	53	10,509	57	12,124	59	12,975
29	310	10	12	4,8	47	9,749	52	11,887	56	13,749	58	14,732
30	300	10	11	5	46	11,052	51	13,529	55	15,692	57	16,833
31	290	10	10	5,2	45	12,625	50	15,520	54	18,051	56	19,388
32	280	10	12	5,4	44	10,921	49	13,484	53	15,729	55	16,916
33	270	10	14	5,6	43	9,716	48	12,051	52	14,100	54	15,184
34	260	10	16	5,8	42	8,826	47	10,999	51	12,909	53	13,921
35	250	10	18	6	41	6,594	46	8,249	50	9,706	52	10,478
36	240	10	20	6,2	40	6,171	45	7,759	49	9,160	51	9,905
37	230	10	22	6,4	39	5,841	44	7,384	48	8,748	50	9,473
38	220	10	24	6,6	38	5,584	43	7,099	47	8,442	49	9,157
39	210	10	26	6,8	37	5,389	42	6,892	46	8,226	48	8,938
40	200	10	28	7	36	5,248	41	6,752	45	8,093	47	8,808
41	220	10	30	7,2	35	5,256	40	6,808	44	8,194	46	8,935
42	240	10	29	7,4	34	5,861	39	7,644	43	9,241	45	10,095
43	260	10	28	7,6	33	6,583	38	8,648	42	10,503	44	11,497
44	280	10	27	7,8	32	5,734	37	7,568	41	9,218	43	10,104
45	300	10	26	8	31	6,590	36	8,767	40	10,731	42	11,788
46	320	10	25	8,2	30	7,704	35	10,336	39	12,719	41	14,002
47	340	10	24	8,4	29	9,222	34	12,484	38	15,447	40	17,047
48	360	10	23	8,6	28	4,619	33	6,160	37	7,549	39	8,295
49	380	10	22	8,8	27	6,071	32	8,167	36	10,063	38	11,084
50	400	10	21	9	26	8,760	31	11,895	35	14,740	37	16,275
51	300	10	11	5	46	11,052	51	13,529	55	15,692	57	16,833
52	290	10	10	5,2	45	12,625	50	15,520	54	18,051	56	19,388
53	280	10	12	5,4	44	10,921	49	13,484	53	15,729	55	16,916
54	270	10	14	5,6	43	9,716	48	12,051	52	14,100	54	15,184
55	260	10	16	5,8	42	8,826	47	10,999	51	12,909	53	13,921
56	250	10	18	6	41	6,594	46	8,249	50	9,706	52	10,478
57	240	10	20	6,2	40	6,171	45	7,759	49	9,160	51	9,905
58	230	10	22	6,4	39	5,841	44	7,384	48	8,748	50	9,473
59	220	10	24	6,6	38	5,584	43	7,099	47	8,442	49	9,157
60	210	10	26	6,8	37	5,389	42	6,892	46	8,226	48	8,938

Практическое занятие 5 (4 часа). «Установившееся движение идеального газа»**Порядок работы:**

1. Рассматриваются примеры решения задач совместно с преподавателем.
2. Студенты самостоятельно решают приведенные ниже задачи согласно своему варианту. Вариант задания принимается студентом в соответствии с присвоенным ему номером в списке студентов. Расчетная часть поясняется необходимым текстом. В текстовом пояснении должны быть приведены все сведения и формулы, которые используются при выполнении работы. Результаты решения приводятся в СИ, а также во внесистемных единицах, общепринятых в практике нефтегазового дела. Графические приложения выполняются на отдельных листах.

3. Задачи, рассчитанные студентом согласно присвоенному ему варианту, сдаются на проверку и в дальнейшем студент проходит процедуру защиты задач.

Задача №5.1. (Исходные данные в табл. П 5.1.)

В пласте имеет место установившаяся плоскорадиальная фильтрация газа по линейному закону. Известны давление на контуре питания и на забое скважины, расход газа при атмосферном давлении, радиус контура питания, радиус скважины, толщина пласта и пористость. Определить давление, скорость фильтрации и среднюю скорость движения газа на расстоянии r от скважины.

Задача №5.2. (Исходные данные в табл. П 5.2.)

Построить кривую распределения давления вокруг скважины в случае плоскорадиального движения газа по линейному закону фильтрации при заданных значениях проницаемости пласта, динамической вязкости газа, толщины пласта, радиусов контура питания и скважины, забойного давления, расхода газа при атмосферном давлении.

Таблица П 5.1

№ вар.	P_e , МПа	P_c , МПа	$Q_{ат}$, 10^3 м ³ /сут	r_e , м	r_c , см	h , м	m , %	r , м
1	26	20,5	1	300	10	7	10	10
2	25	20	2	300	10	7	10,5	20
3	24	19,5	3	325	10	7	11	25
4	23	19	4	350	10	7	11,5	35
5	22	18,5	5	375	10	7	12	30
6	21	18	6	400	10	7	12,5	50
7	20	17,5	7	425	10	7	13	45
8	19	17	8	450	10	7	13,5	40
9	18	16,5	9	475	10	7	14	90
10	17	16	10	500	10	7	14,5	85
11	16	15,5	11	375	10	7	15	80
12	15	15	12	400	10	7	15,5	75
13	26	20	13	425	10	7	16	70
14	25	19,5	14	450	10	7	16,5	65
15	24	19	15	475	10	7	17	60
16	23	18,5	16	500	10	7	17,5	55
17	22	18	17	525	10	7	18	50
18	21	17,5	18	550	10	7	18,5	125
19	20	17	19	575	10	7	19	120
20	19	16,5	20	600	10	7	19,5	115
21	18	16	21	625	10	7	20	110
22	17	15,5	22	650	10	7	20,5	105
23	20	15	23	675	10	7	21	100
24	19	14,5	24	700	10	7	21,5	95
25	18	14	25	725	10	7	22	90
26	17	13,5	26	750	10	7	22,5	85
27	16	13	27	775	10	7	23	80
28	15	12,5	28	800	10	7	23,5	75
29	14	12	29	825	10	7	24	70
30	13	11,5	30	850	10	7	24,5	65
31	26	20,5	29	830	10	7	10	10
32	25	20	28	810	10	7	10,5	20
33	24	19,5	27	790	10	7	11	25
34	23	19	26	770	10	7	11,5	35
35	22	18,5	25	750	10	7	12	30
36	21	18	24	730	10	7	12,5	50
37	20	17,5	23	710	10	7	13	45
38	19	17	22	690	10	7	13,5	40
39	18	16,5	21	670	10	7	14	90
40	17	16	20	650	10	7	14,5	85
41	16	15,5	19	630	10	7	15	80
42	15	15	18	610	10	7	15,5	75
43	26	20	17	590	10	7	16	70
44	25	19,5	16	570	10	7	16,5	65
45	24	19	15	550	10	7	17	60
46	23	18,5	14	530	10	7	17,5	55
47	22	18	13	510	10	7	18	50
48	21	17,5	12	490	10	7	18,5	125
49	20	17	11	470	10	7	19	120
50	19	16,5	10	450	10	7	19,5	115
51	18	16	9	430	10	7	20	110
52	17	15,5	8	410	10	7	20,5	105
53	20	15	7	390	10	7	21	100
54	19	14,5	6	370	10	7	21,5	95
55	18	14	5	350	10	7	22	90
56	17	13,5	4	330	10	7	22,5	85
57	16	13	3	310	10	7	23	80
58	15	12,5	2	290	10	7	23,5	75
59	14	12	1	270	10	7	24	70
60	13	11,5	0	250	10	7	24,5	65

Таблица П 5.2

№ вар.	μ , мПа·с	k , мкм ²	r_e , м	r_c , см	h , м	P_c , МПа	$Q_{ат}$, 10^3 м ³ /сут
1	0,15	0,15	250	10	25	7	4
2	0,25	0,16	300	10	38	7,5	4,2
3	0,30	0,17	350	10	37	8	4,4
4	0,35	0,18	400	10	36	8,5	4,6
5	0,40	0,19	450	10	35	9	4,8
6	0,45	0,2	500	10	34	9,5	5
7	0,50	0,21	550	10	33	10	5,2
8	0,55	0,22	600	10	32	10,5	5,4
9	0,60	0,23	650	10	31	11	5,6
10	0,65	0,24	700	10	30	11,5	5,8
11	0,70	0,25	750	10	29	12	6
12	0,75	0,26	800	10	28	12,5	6,2
13	0,80	0,27	850	10	27	13	6,4
14	0,85	0,28	900	10	26	13,5	6,6
15	0,90	0,29	950	10	25	14	6,8
16	0,95	0,3	1000	10	24	14,5	7
17	1,00	0,31	1050	10	23	15	7,2
18	1,05	0,32	1100	10	22	15,5	7,4
19	1,10	0,33	1150	10	21	16	7,6
20	1,15	0,34	1200	10	20	16,5	7,8
21	1,20	0,35	1250	10	19	17	8
22	1,25	0,36	1300	10	18	17,5	8,2
23	1,30	0,37	1350	10	17	18	8,4
24	1,35	0,38	1400	10	16	18,5	8,6
25	1,40	0,39	1450	10	15	19	8,8
26	1,45	0,4	1500	10	14	19,5	9
27	1,50	0,41	1550	10	13	20	9,2
28	1,55	0,42	1600	10	12	20,5	9,4
29	1,60	0,43	1650	10	11	21	9,6
30	1,65	0,44	1700	10	10	21,5	9,8
31	1,70	0,45	1750	10	25	21,1	10
32	1,75	0,46	1800	10	38	20,7	10,2
33	1,80	0,47	1850	10	37	20,3	10,4
34	1,85	0,48	1900	10	36	19,9	10,6
35	1,90	0,49	1950	10	35	19,5	10,8
36	1,95	0,5	2000	10	34	19,1	11
37	2,00	0,51	2050	10	33	18,7	11,2
38	2,05	0,52	2100	10	32	18,3	11,4
39	2,10	0,53	2150	10	31	17,9	11,6
40	2,15	0,54	2200	10	30	17,5	11,8
41	2,20	0,55	2250	10	29	17,1	12
42	2,25	0,56	2300	10	28	16,7	12,2
43	2,30	0,57	2350	10	27	16,3	12,4
44	2,35	0,58	2400	10	26	15,9	12,6
45	2,40	0,59	2450	10	25	15,5	12,8
46	2,45	0,6	2500	10	24	15,1	4
47	2,50	0,61	2550	10	23	14,7	4,2
48	2,55	0,62	2600	10	22	14,3	4,4
49	2,60	0,63	2650	10	21	13,9	4,6
50	2,65	0,64	2700	10	20	13,5	4,8
51	2,70	0,65	2750	10	19	13,1	5
52	2,75	0,66	2800	10	18	12,7	5,2
53	2,80	0,67	2850	10	17	12,3	5,4
54	2,85	0,68	2900	10	16	11,9	5,6
55	2,90	0,69	2950	10	15	11,5	5,8
56	2,95	0,7	3000	10	14	11,1	6
57	3,00	0,71	3050	10	13	10,7	6,2
58	3,05	0,72	3100	10	12	10,3	6,4
59	3,10	0,73	3150	10	11	9,9	6,6
60	3,15	0,74	3200	10	10	9,5	6,8

Задача №5.3. (Исходные данные в табл. П 5.3.)

Определить объемный и массовый дебиты гидродинамически совершенной газовой скважины, считая, что фильтрация происходит по закону Дарси, если известны толщина пласта, коэффициент проницаемости, динамическая вязкость газа, плотность газа в нормальных условиях, радиусы скважины и контура питания, давление на забое скважины и на контуре питания.

Таблица П 5.3

№ вар.	h, м	k, мкм ²	μ, мПа·с	ρ _ж , кг/м ³	r _с , см	r _г , м	P _с , МПа	P _г , МПа
1	5	0,1	0,015	0,65	10	420	5	12
2	5,5	0,15	0,015	0,65	10	440	5	11,5
3	6	0,2	0,015	0,65	10	460	5	11
4	6,5	0,25	0,015	0,65	10	480	5	10,5
5	7	0,3	0,015	0,65	10	500	5	10
6	7,5	0,35	0,015	0,65	10	520	5	9,5
7	8	0,4	0,015	0,65	10	540	5	9
8	8,5	0,45	0,015	0,65	10	560	5	8,5
9	9	0,5	0,015	0,65	10	580	5	8
10	9,5	0,55	0,015	0,65	10	600	5	7,5
11	10	0,6	0,015	0,65	10	620	5	7
12	10,5	0,65	0,015	0,65	10	640	5	6,5
13	11	0,7	0,015	0,65	10	660	5	6
14	11,5	0,75	0,015	0,65	10	680	5	5,5
15	12	0,8	0,015	0,65	10	700	5	5
16	12,5	0,85	0,015	0,65	10	720	5	4,5
17	13	0,9	0,015	0,65	10	740	5	4
18	13,5	0,95	0,015	0,65	10	760	5	3,5
19	14	1	0,015	0,65	10	780	5	3
20	14,5	1,05	0,015	0,65	10	800	5	2,5
21	15	1,1	0,015	0,65	10	820	5	2
22	15,5	1,15	0,015	0,65	10	840	5	1,5
23	16	1,2	0,015	0,65	10	860	5	1
24	16,5	1,25	0,015	0,65	10	880	5	0,5
25	17	1,3	0,015	0,65	10	900	5	0
26	17,5	1,35	0,015	0,65	10	920	5	-0,5
27	18	1,4	0,015	0,65	10	940	5	-1
28	18,5	1,45	0,015	0,65	10	960	5	-1,5
29	19	1,5	0,015	0,65	10	980	5	-2
30	19,5	1,55	0,015	0,65	10	1000	5	-2,5
31	20	1,6	0,015	0,65	10	985	5	-2,8
32	20,5	1,65	0,015	0,65	10	970	5	-3,1
33	21	1,7	0,015	0,65	10	955	5	-3,4
34	21,5	1,75	0,015	0,65	10	940	5	-3,7
35	22	1,8	0,015	0,65	10	925	5	-4
36	22,5	1,85	0,015	0,65	10	910	5	-4,3
37	23	1,9	0,015	0,65	10	895	5	-4,6
38	23,5	1,95	0,015	0,65	10	880	5	-4,9
39	24	2	0,015	0,65	10	865	5	-5,2
40	24,5	2,05	0,015	0,65	10	850	5	-5,5
41	25	2,1	0,015	0,65	10	835	5	-5,8
42	25,5	2,15	0,015	0,65	10	820	5	-6,1
43	26	2,2	0,015	0,65	10	805	5	-6,4
44	26,5	2,25	0,015	0,65	10	790	5	-6,7
45	27	2,3	0,015	0,65	10	775	5	-7
46	27,5	2,35	0,015	0,65	10	760	5	-7,3
47	28	2,4	0,015	0,65	10	745	5	-7,6
48	28,5	2,45	0,015	0,65	10	730	5	-7,9
49	29	2,5	0,015	0,65	10	715	5	-8,2
50	29,5	2,55	0,015	0,65	10	700	5	-8,5
51	30	2,6	0,015	0,65	10	685	5	-8,8
52	30,5	2,65	0,015	0,65	10	670	5	-9,1
53	31	2,7	0,015	0,65	10	655	5	-9,4
54	31,5	2,75	0,015	0,65	10	640	5	-9,7
55	32	2,8	0,015	0,65	10	625	5	-10
56	32,5	2,85	0,015	0,65	10	610	5	-10,3
57	33	2,9	0,015	0,65	10	595	5	-10,6
58	33,5	2,95	0,015	0,65	10	580	5	-10,9
59	34	3	0,015	0,65	10	565	5	-11,2
60	34,5	3,05	0,015	0,65	10	550	5	-11,5

Практическое занятие 6 (4 часа). «Установившееся движение идеального газа»

Порядок работы:

1. Рассматриваются примеры решения задач совместно с преподавателем.
2. Студенты самостоятельно решают приведенные ниже задачи согласно своему варианту. Вариант задания принимается студентом в соответствии с присвоенным ему номером в списке студентов. Расчетная часть поясняется необходимым текстом. В текстовом пояснении должны быть приведены все сведения и формулы, которые используются при выполнении работы. Результаты решения приводятся в СИ, а также во внесистемных единицах, общепринятых в практике нефтегазового дела. Графические приложения выполняются на отдельных листах.
3. Задачи, рассчитанные студентом согласно присвоенному ему варианту, сдаются на проверку и в дальнейшем студент проходит процедуру защиты задач.

Задача №6.1. (Исходные данные в табл. П 6.1.)

Определить фазовые проницаемости для нефти и газа для несцементированного песка при известных значениях абсолютной проницаемости горной породы и ее

нефтенасыщенности.

Таблица П 6.1.

№ вар.	σ, %	k, мкм ²	№ вар.	σ, %	k, мкм ²	№ вар.	σ, %	k, мкм ²
1	50	0,1	21	65	1,8	42	68	1,6
2	55	0,2	22	63	2,4	43	54	1,4
3	40	0,3	23	69	3,3	44	57	1,9
4	65	0,4	24	76	3,7	45	48	1,4
5	70	0,5	25	85	4,2	46	60	1,6
6	71	0,6	26	90	2,1	47	65	1,8
7	76	0,7	27	50	0,1	48	63	2,4
8	67	0,8	28	55	0,2	49	69	3,3
9	54	0,9	29	40	0,3	50	76	3,7
10	43	0,2	30	65	0,4	51	85	4,2
11	78	0,7	31	70	0,5	52	90	2,1
12	43	1,1	32	71	0,6	53	50	0,1
13	44	1,8	33	76	0,7	54	55	0,2
14	55	10	34	67	0,8	55	40	0,3
15	60	12	35	54	0,9	56	65	0,4
16	68	1,6	36	43	0,2	57	70	0,5
17	54	1,4	37	78	0,7	58	71	0,6
18	57	1,9	38	43	1,1	59	76	0,7
19	48	1,4	39	44	1,8	60	67	0,8
20	60	1,6	40	55	10	42	68	1,6

Задача №6.2. (Исходные данные в табл. П 6.2.)

Найти фазовые и относительные проницаемости для нефти и газа, сумму относительных проницаемостей, а также отношение скоростей движения жидкости и газа, зная насыщенность жидкостью порового пространства, абсолютную проницаемость горной породы, вязкость жидкости, вязкость газа. Пористая среда представлена несцементированным песком.

Таблица П 6.2.

№ вар.	σ, %	k, мкм ²	μ _ж , мПа·с	μ _г , мПа·с	№ вар.	σ, %	k, мкм ²	μ _ж , мПа·с	μ _г , мПа·с
1	63	2,4	1	0,1	31	90	2,1	5	0,8
2	69	3,3	2	0,2	32	68	1,6	6	0,7
3	76	3,7	3	0,3	33	54	1,4	5	0,6
4	85	4,2	4	0,9	34	57	1,9	4	0,5
5	90	2,1	5	0,8	35	48	1,4	3	0,4
6	68	1,6	6	0,7	36	60	1,6	2	0,3
7	54	1,4	5	0,6	37	65	1,8	1	0,2
8	57	1,9	4	0,5	38	71	0,6	1	0,1
9	48	1,4	3	0,4	39	76	0,7	2	1
10	60	1,6	2	0,3	40	67	0,8	3	1,2
11	65	1,8	1	0,2	41	54	0,9	4	1,1
12	71	0,6	1	0,1	42	43	0,2	5	1,1
13	76	0,7	2	1	43	78	0,7	6	1,2
14	67	0,8	3	1,2	44	43	1,1	7	1
15	54	0,9	4	1,1	45	44	1,8	1	0,8
16	43	0,2	5	1,1	46	55	10	2	0,7
17	78	0,7	6	1,2	47	60	12	3	0,6
18	43	1,1	7	1	48	50	0,1	4	0,5
19	44	1,8	1	0,8	49	55	0,2	5	0,5
20	55	10	2	0,7	50	40	0,3	6	0,4
21	60	12	3	0,6	51	65	0,4	7	0,3
22	50	0,1	4	0,5	52	70	0,5	1,4	0,2
23	55	0,2	5	0,5	53	63	2,4	1	0,1
24	40	0,3	6	0,4	54	69	3,3	2	0,2
25	65	0,4	7	0,3	55	76	3,7	3	0,3
26	70	0,5	1,4	0,2	56	85	4,2	4	0,9
27	63	2,4	1	0,1	57	90	2,1	5	0,8
28	69	3,3	2	0,2	58	68	1,6	6	0,7
29	76	3,7	3	0,3	59	54	1,4	5	0,6
30	85	4,2	4	0,9	60	57	1,9	4	0,5

Задача №6.3. (Исходные данные в табл. П 6.3.)

С помощью скважины из пласта отбирается нефть и газ. Пластовое давление ниже давления насыщения нефти газом. Определить дебит скважины по нефти и давление в точке пласта на расстоянии 10 м от скважины, если известны давления на контуре питания пласта и на забое скважины, радиус контура питания, толщина пласта, проницаемость, вязкости нефти и газа, газовый фактор. Радиус скважины принять равным 10 см.

Таблица П 6.3.

№ вар.	P_k , МПа	P_c , МПа	r_0 , м	h , м	k , мкм ²	μ_0 , МПа·с	μ_c , МПа·с	Γ , м ³ /м ³
1	20	17	250	10	0,15	1,5	0,015	80
2	19	16	300	11	0,2	2,5	0,014	90
3	18	15	350	12	0,22	3,5	0,013	100
4	17	14	400	13	0,25	4,5	0,012	110
5	16	13	450	14	0,28	5,5	0,011	120
6	15	12	500	15	0,31	6,5	0,01	130
7	14	11	550	16	0,34	7,5	0,015	140
8	13	10	600	17	0,37	8,5	0,014	150
9	12	9	650	18	0,5	9,5	0,013	160
10	11	8	700	19	0,6	10,5	0,012	200
11	12	10	250	16	2,4	10	0,01	190
12	13	10	300	15	3,3	9	0,016	180
13	14	10	350	14	3,7	8	0,017	170
14	15	9	400	22	4,2	7	0,018	160
15	14	8	450	21	2,1	6	0,019	150
16	15	10	500	11	1,6	1,5	0,015	80
17	16	10	550	10	1,4	2,5	0,014	90
18	17	14	600	11	1,9	3,5	0,013	100
19	18	15	650	12	1,4	4,5	0,012	110
20	19	16	700	13	1,6	5,5	0,011	120
21	20	18	600	14	1,8	6,5	0,01	130
22	21	18	500	15	0,6	7,5	0,015	140
23	22	17	400	16	0,7	8,5	0,014	150
24	12	9	300	17	0,8	9,5	0,013	160
25	13	9	350	18	0,9	10,5	0,012	200
26	14	9	450	19	1	11	0,02	150
27	20	17	435	10	0,95	10,8	0,019	80
28	19	16	420	11	0,9	10,6	0,018	90
29	18	15	405	12	0,85	10,4	0,017	100
30	17	14	390	13	0,8	10,2	0,016	110
31	16	13	375	14	0,75	10	0,015	120
32	15	12	360	15	0,7	9,8	0,014	130
33	14	11	345	16	0,65	9,6	0,013	140
34	13	10	330	17	0,6	9,4	0,012	150
35	12	9	315	18	0,55	9,2	0,011	160
36	11	8	300	19	0,5	9	0,01	200
37	12	10	285	16	0,45	8,8	0,009	190
38	13	10	270	15	0,4	8,6	0,008	180
39	14	10	255	14	0,35	8,4	0,007	170
40	15	9	240	22	0,3	8,2	0,006	160
41	14	8	225	21	0,25	8	0,005	150
42	15	10	210	11	0,2	7,8	0,004	80
43	16	10	195	10	0,15	7,6	0,003	90
44	17	14	180	11	0,1	7,4	0,004	100
45	18	15	165	12	0,13	7,2	0,005	110
46	19	16	150	13	0,16	7	0,006	120
47	20	18	175	14	0,19	6,8	0,007	130
48	21	18	200	15	0,22	6,6	0,008	140
49	22	17	225	16	0,25	6,4	0,009	150
50	12	9	250	17	0,28	6,2	0,01	160
51	13	9	275	18	0,31	6	0,011	200
52	14	9	300	19	0,34	5,8	0,012	150
53	16	10	325	21	0,37	5,6	0,013	150
54	17	14	350	11	0,4	5,4	0,014	160
55	18	15	375	10	0,43	5,2	0,015	200
56	19	16	400	11	0,46	5	0,016	190
57	20	18	425	12	0,49	4,8	0,017	180
58	21	18	450	13	0,52	4,6	0,018	170
59	22	17	475	14	0,55	4,4	0,019	160
60	20	18	500	15	0,58	4,2	0,02	150

Практическое занятие 7 (4 часа). «Движение жидкости к гидродинамически несовершенным скважинам»

Порядок работы:

1. Рассматриваются примеры решения задач совместно с преподавателем.
2. Студенты самостоятельно решают приведенные ниже задачи согласно своему варианту. Вариант задания принимается студентом в соответствии с присвоенным ему номером в списке студентов. Расчетная часть поясняется необходимым текстом. В текстовом пояснении должны быть приведены все сведения и формулы, которые используются при выполнении работы. Результаты решения приводятся в СИ, а также во внесистемных единицах, общепринятых в практике нефтегазового дела. Графические приложения выполняются на отдельных листах.
3. Задачи, рассчитанные студентом согласно присвоенному ему варианту, сдаются на проверку и в дальнейшем студент проходит процедуру защиты задач.

Задача №7.1. (Исходные данные в табл. П 7.1.)

Определить дебит гидродинамически несовершенной скважины. Известны

вскрытая и полная (общая) толщина пласта, радиусы скважины и контура питания, коэффициент проницаемости, вязкость нефти, пластовое и забойное давления.

Задача №7.2. (Исходные данные в табл. П 7.2.)

Определить дебит скважины, гидродинамически несовершенной по характеру вскрытия пласта. Даны радиус скважины, радиус контура питания пласта, коэффициент проницаемости, толщина пласта, вязкость нефти, пластовое давление, забойное давление. Эксплуатационная колонна и пласт вскрыты пулевым перфоратором с известными диаметром пуль и глубиной их проникновения в породу, плотностью перфорации. Определить дебит скважины без учета ее гидродинамического несовершенства.

Таблица П 7.1.

№ вар.	P _с , МПа	P _з , МПа	r _с , м	h, м	k, мкм²	μ, мПа·с	r _с , см	b, м
1	20	17	250	10	0,15	1,5	10	2
2	19	16	300	11	0,2	2,5	10	3
3	18	15	350	12	0,22	3,5	10	4
4	17	14	400	13	0,25	4,5	10	5
5	16	13	450	14	0,28	5,5	10	6
6	15	12	500	15	0,31	6,5	10	7
7	14	11	550	16	0,34	7,5	10	8
8	13	10	600	17	0,37	8,5	10	9
9	12	9	650	18	0,5	9,5	10	10
10	11	8	700	19	0,6	10,5	10	11
11	11	8	250	20	2,4	10	10	2
12	12	10	300	18	3,3	9	10	3
13	13	11	350	19	3,7	8	10	4
14	14	12	400	18	4,2	7	10	5
15	15	13	450	17	2,1	6	10	6
16	21	18	500	16	1,6	1,5	10	7
17	16	14	550	15	1,4	2,5	10	8
18	17	12	600	14	1,9	3,5	10	9
19	18	17	650	13	1,4	4,5	10	10
20	19	15	700	12	1,6	5,5	10	11
21	20	19	300	11	1,8	6,5	10	2
22	21	18	500	10	0,6	7,5	10	3
23	22	19	600	11	0,7	8,5	10	4
24	24	21	450	12	0,8	9,5	10	5
25	21	16	400	13	0,9	10,5	10	6
26	10	8	300	14	1	11	10	7
27	20	17	250	10	0,15	1,5	10	2
28	19	16	300	11	0,2	2,5	10	3
29	18	15	350	12	0,22	3,5	10	4
30	17	14	400	13	0,25	4,5	10	5
31	16	13	450	14	0,28	5,5	10	6
32	15	12	500	15	0,31	6,5	10	7
33	14	11	550	16	0,34	7,5	10	8
34	13	10	600	17	0,37	8,5	10	9
35	12	9	650	18	0,5	9,5	10	10
36	11	8	700	19	0,6	10,5	10	11
37	11	8	250	20	2,4	10	10	2
38	12	10	300	18	3,3	9	10	3
39	13	11	350	19	3,7	8	10	4
40	14	12	400	18	4,2	7	10	5
41	15	13	450	17	2,1	6	10	6
42	21	18	500	16	1,6	1,5	10	7
43	16	14	550	15	1,4	2,5	10	8
44	17	12	600	14	1,9	3,5	10	9
45	18	17	650	13	1,4	4,5	10	10
46	19	15	700	12	1,6	5,5	10	11
47	20	19	300	11	1,8	6,5	10	2
48	21	18	500	10	0,6	7,5	10	3
49	22	19	600	11	0,7	8,5	10	4
50	24	21	450	12	0,8	9,5	10	5
51	21	16	400	13	0,9	10,5	10	6
52	10	8	300	14	1	11	10	7
53	13	10	600	17	0,37	8,5	10	9
54	12	9	650	18	0,5	9,5	10	10
55	11	8	700	19	0,6	10,5	10	11
56	11	8	250	20	2,4	10	10	2
57	12	10	300	18	3,3	9	10	3
58	13	11	350	19	3,7	8	10	4
59	14	12	400	18	4,2	7	10	5
60	15	13	450	17	2,1	6	10	6

Таблица П 7.2.

№ вар.	P _с , МПа	P _з , МПа	r _с , м	h, м	k, мкм²	μ, мПа·с	r _с , см	d _п , мм	l', см	п, отв/м
1	20	17	250	10	0,15	1,5	10	20	10	15
2	19	16	300	11	0,2	2,5	10	22	9	16
3	18	15	350	12	0,22	3,5	10	20	6	17
4	17	14	400	13	0,25	4,5	10	22	5	18
5	16	13	450	14	0,28	5,5	10	20	4	19
6	15	12	500	15	0,31	6,5	10	22	10	20
7	14	11	550	16	0,34	7,5	10	20	9	16
8	13	10	600	17	0,37	8,5	10	22	6	18
9	12	9	650	18	0,5	9,5	10	20	5	20
10	11	8	700	19	0,6	10,5	10	22	4	22
11	11	8	250	20	2,4	10	10	20	8	21
12	12	10	300	18	3,3	9	10	22	7	20
13	13	11	350	19	3,7	8	10	20	6	19
14	14	12	400	18	4,2	7	10	22	5	18
15	15	13	450	17	2,1	6	10	20	4	17
16	21	18	500	16	1,6	1,5	10	22	10	16
17	16	14	550	15	1,4	2,5	10	20	9	15
18	17	12	600	14	1,9	3,5	10	22	6	14
19	18	17	650	13	1,4	4,5	10	20	5	13
20	19	15	700	12	1,6	5,5	10	22	4	14
21	20	19	300	11	1,8	6,5	10	20	10	15
22	21	18	500	10	0,6	7,5	10	22	9	16
23	22	19	600	11	0,7	8,5	10	20	6	17
24	24	21	450	12	0,8	9,5	10	22	5	18
25	21	16	400	13	0,9	10,5	10	20	4	19
26	10	8	300	14	1	11	10	22	5	20
27	13	11	350	19	3,7	8	10	20	6	19
28	17	12	600	14	1,9	3,5	10	22	6	14
29	13	10	600	17	0,37	8,5	10	22	6	18
30	21	18	500	10	0,6	7,5	10	22	9	16
31	13	11	350	19	3,7	8	10	20	6	19
32	14	12	400	18	4,2	7	10	22	5	18
33	15	13	450	17	2,1	6	10	20	4	17
34	21	18	500	16	1,6	1,5	10	22	10	16
35	16	14	550	15	1,4	2,5	10	20	9	15
36	17	12	600	14	1,9	3,5	10	22	6	14
37	18	17	650	13	1,4	4,5	10	20	5	13
38	19	15	700	12	1,6	5,5	10	22	4	14
39	20	19	300	11	1,8	6,5	10	20	10	15
40	21	18	500	10	0,6	7,5	10	22	9	16
41	22	19	600	11	0,7	8,5	10	20	6	17
42	24	21	450	12	0,8	9,5	10	22	5	18
43	21	16	400	13	0,9	10,5	10	20	4	19
44	10	8	300	14	1	11	10	22	5	20
45	13	11	350	19	3,7	8	10	20	6	19
46	17	12	600	14	1,9	3,5	10	22	6	14
47	13	10	600	17	0,37	8,5	10	22	6	18
48	21	18	500	10	0,6	7,5	10	22	9	16
49	20	17	250	10	0,15	1,5	10	20	10	15
50	19	16	300	11	0,2	2,5	10	22	9	16
51	18	15	350	12	0,22	3,5	10	20	6	17
52	17	14	400	13	0,25	4,5	10	22	5	18
53	16	13	450	14	0,28	5,5	10	20	4	19
54	15	12	500	15	0,31	6,5	10	22	10	20
55	14	11	550	16	0,34	7,5	10	20	9	16
56	13	10	600	17	0,37	8,5	10	22	6	18
57	12	9	650	18	0,5	9,5	10	20	5	20
58	11	8	700	19	0,6	10,5	10	22	4	22
59	11	8	250	20	2,4	10	10	20	8	21
60	12	10	300	18	3,3	9	10	22	7	20

Задача №7.3. (Исходные данные в табл. П 7.3.)

Определить дебит и приведенный радиус скважины, гидродинамически несовершенной по характеру и степени вскрытия пласта. Известны вскрытая и полная (общая) толщина пласта, радиусы скважины и контура питания, коэффициент проницаемости, вязкость нефти, пластовое и забойное давления. Перфорация выполнена по всей вскрытой толщине пласта, известны количество, глубина и диаметр перфорационных каналов, эффективность перфорации.

Таблица П 7.3.

№ вар.	P_c , МПа	P_c , МПа	r_c , м	h , м	k , мкм ²	μ , мПа·с	r_c , см	b , м	d_0 , мм	l , см	n , отв/м
1	20	17	250	10	0,15	1,5	10	2	20	10	15
2	19	16	300	11	0,2	2,5	10	3	22	9	16
3	18	15	350	12	0,22	3,5	10	4	20	6	17
4	17	14	400	13	0,25	4,5	10	5	22	5	18
5	16	13	450	14	0,28	5,5	10	6	20	4	19
6	15	12	500	15	0,31	6,5	10	7	22	10	20
7	14	11	550	16	0,34	7,5	10	8	20	9	16
8	13	10	600	17	0,37	8,5	10	9	22	6	18
9	12	9	650	18	0,5	9,5	10	10	20	5	20
10	11	8	700	19	0,6	10,5	10	11	22	4	22
11	11	8	250	20	2,4	10	10	2	20	8	21
12	12	10	300	18	3,3	9	10	3	22	7	20
13	13	11	350	19	3,7	8	10	4	20	6	19
14	14	12	400	18	4,2	7	10	5	22	5	18
15	15	13	450	17	2,1	6	10	6	20	4	17
16	21	18	500	16	1,6	1,5	10	7	22	10	16
17	16	14	550	15	1,4	2,5	10	8	20	9	15
18	17	12	600	14	1,9	3,5	10	9	22	6	14
19	18	17	650	13	1,4	4,5	10	10	20	5	13
20	19	15	700	12	1,6	5,5	10	11	22	4	14
21	20	19	300	11	1,8	6,5	10	2	20	10	15
22	21	18	500	10	0,6	7,5	10	3	22	9	16
23	22	19	600	11	0,7	8,5	10	4	20	6	17
24	24	21	450	12	0,8	9,5	10	5	22	5	18
25	21	16	400	13	0,9	10,5	10	6	20	4	19
26	10	8	300	14	1	11	10	7	22	5	20
27	14	11	550	16	0,34	7,5	10	8	20	9	16
28	14	12	400	18	4,2	7	10	5	22	5	18
29	15	13	450	17	2,1	6	10	6	20	4	17
30	19	16	300	11	0,2	2,5	10	3	22	9	16
31	17	12	600	14	1,9	3,5	10	9	22	6	14
32	18	17	650	13	1,4	4,5	10	10	20	5	13
33	19	15	700	12	1,6	5,5	10	11	22	4	14
34	20	19	300	11	1,8	6,5	10	2	20	10	15
35	21	18	500	10	0,6	7,5	10	3	22	9	16
36	22	19	600	11	0,7	8,5	10	4	20	6	17
37	24	21	450	12	0,8	9,5	10	5	22	5	18
38	21	16	400	13	0,9	10,5	10	6	20	4	19
39	10	8	300	14	1	11	10	7	22	5	20
40	14	11	550	16	0,34	7,5	10	8	20	9	16
41	14	12	400	18	4,2	7	10	5	22	5	18
42	15	13	450	17	2,1	6	10	6	20	4	17
43	19	16	300	11	0,2	2,5	10	3	22	9	16
44	20	17	250	10	0,15	1,5	10	2	20	10	15
45	19	16	300	11	0,2	2,5	10	3	22	9	16
46	18	15	350	12	0,22	3,5	10	4	20	6	17
47	17	14	400	13	0,25	4,5	10	5	22	5	18
48	16	13	450	14	0,28	5,5	10	6	20	4	19
49	15	12	500	15	0,31	6,5	10	7	22	10	20
50	14	11	550	16	0,34	7,5	10	8	20	9	16
51	13	10	600	17	0,37	8,5	10	9	22	6	18
52	12	9	650	18	0,5	9,5	10	10	20	5	20
53	11	8	700	19	0,6	10,5	10	11	22	4	22
54	11	8	250	20	2,4	10	10	2	20	8	21
55	12	10	300	18	3,3	9	10	3	22	7	20
56	13	11	350	19	3,7	8	10	4	20	6	19
57	14	12	400	18	4,2	7	10	5	22	5	18
58	15	13	450	17	2,1	6	10	6	20	4	17
59	21	18	500	16	1,6	1,5	10	7	22	10	16
60	16	14	550	15	1,4	2,5	10	8	20	9	15

Практическое занятие 8 (4 часа). «Движение жидкости к гидродинамически несовершенным скважинам»

Порядок работы:

1. Рассматриваются примеры решения задач совместно с преподавателем.
2. Студенты самостоятельно решают приведенные ниже задачи согласно своему варианту. Вариант задания принимается студентом в соответствии с присвоенным ему номером в списке студентов. Расчетная часть поясняется необходимым текстом. В текстовом пояснении должны быть приведены все сведения и формулы, которые используются при выполнении работы. Результаты решения приводятся в СИ, а также во внесистемных единицах, общепринятых в практике нефтегазового дела. Графические приложения выполняются на отдельных листах.

3. Задачи, рассчитанные студентом согласно присвоенному ему варианту, сдаются на проверку и в дальнейшем студент проходит процедуру защиты задач.

Задача №8.1. (Исходные данные в табл. П 8.1).

В результате исследования добывающей скважины на неустановившихся режимах получены значения забойного давления в различные моменты времени после остановки скважины. Определить фильтрационные параметры пласта, если известны толщина пласта, вязкость нефти и дебит скважины при установившемся режиме.

Таблица П 8.1

№ вар.	h, м	μ , мПа·с	Q, м ³ /сут	№ вар.	h, м	μ , мПа·с	Q, м ³ /сут
1	5	1,5	50	31	20	4,4	65
2	6	1,6	55	32	23	4,5	60
3	7	1,7	60	33	21	4,6	55
4	8	1,8	65	34	19	4,7	50
5	9	1,9	70	35	17	4,8	45
6	10	2	75	36	15	4,9	40
7	11	2,1	80	37	13	5	35
8	12	2,2	85	38	11	5,1	30
9	13	2,3	90	39	9	5,2	25
10	14	2,4	95	40	7	5,3	20
11	15	2,5	100	41	8	5,4	15
12	16	2,6	105	42	9	5,5	10
13	17	2,7	110	43	10	5,6	5
14	18	2,8	115	44	11	5,7	7
15	19	2,9	120	45	12	5,8	9
16	20	3	125	46	13	5,9	11
17	21	3,1	130	47	14	6	13
18	19	3,2	125	48	15	6,1	15
19	17	3,3	120	49	16	6,2	17
20	15	3,4	115	50	17	6,3	19
21	13	3,5	110	51	18	6,4	21
22	11	3,6	105	52	19	6,5	23
23	9	3,7	100	53	20	6,6	25
24	7	3,8	95	54	21	6,7	27
25	5	3,9	90	55	22	6,8	29
26	8	4	85	56	23	6,9	31
27	11	4,1	80	57	24	7	33
28	14	4,2	75	58	25	7,1	35
29	17	4,3	70	59	10	7,2	37
30	14	1,6	100	60	8	1,7	50

Практическое занятие 9 (4 часа). «Неустановившееся движение жидкости при работе скважин с переменным дебитом»

Порядок работы:

1. Рассматриваются примеры решения задач совместно с преподавателем.
2. Студенты самостоятельно решают приведенные ниже задачи согласно своему варианту. Вариант задания принимается студентом в соответствии с присвоенным ему номером в списке студентов. Расчетная часть поясняется необходимым текстом. В текстовом пояснении должны быть приведены все сведения и формулы, которые используются при выполнении работы. Результаты решения приводятся в СИ, а также во внесистемных единицах, общепринятых в практике нефтегазового дела. Графические приложения выполняются на отдельных листах.
3. Задачи, рассчитанные студентом согласно присвоенному ему варианту, сдаются на проверку и в дальнейшем студент проходит процедуру защиты задач.

Задача № 9.1. (Исходные данные в табл. П 9.1. – П 9.2.).

Определить величину пластового давления в точке А (с известными координатами), расположенной в бесконечном изотропном пласте, в котором работают две скважины (добывающая и нагнетательная). Скважины работают с переменным дебитом. Даны толщина пласта, его проницаемость и пористость, коэффициенты объемного сжатия жидкости и горной породы, начальное пластовое давление. Вязкость жидкости принять равной 1 мПа·с.

Таблица П 9.1

№ вар.	q ¹ , м³/сут			интервалы времени, сут			q ² , м³/сут		интервалы времени, сут	
	q ₁ ¹	q ₂ ¹	q ₃ ¹	t ₁ ¹	t ₂ ¹	t ₃ ¹	q ₁ ²	q ₂ ²	t ₁ ²	t ₂ ²
1	200	300	0	200	200	200	300	500	400	200
2	300	400	200	200	100	200	100	200	100	400
3	200	0	200	300	200	300	400	300	650	150
4	100	200	0	200	300	200	400	2000	350	350
5	500	100	300	300	200	300	400	500	250	550
6	400	800	200	200	100	200	100	200	50	450
7	800	400	0	200	300	200	300	600	300	400
8	800	0	100	300	200	300	500	1000	200	600
9	100	400	800	300	200	300	400	800	250	550
10	200	600	100	300	400	300	100	600	450	550
11	100	50	110	100	200	300	80	25	400	200
12	110	60	180	50	150	100	120	150	150	150
13	120	70	200	70	130	200	200	100	270	130
14	130	80	50	50	50	50	10	50	70	80
15	140	90	10	40	60	200	100	50	150	150
16	150	100	200	200	200	200	80	120	400	200
17	160	110	210	200	100	200	10	50	100	400
18	170	120	220	300	200	300	100	200	650	150
19	180	130	230	200	300	200	200	100	350	350
20	190	140	240	300	200	300	300	100	250	550
21	200	150	250	200	100	200	100	300	50	450
22	210	130	260	200	300	200	80	150	300	400
23	220	140	270	300	200	300	40	200	200	600
24	230	150	280	300	200	300	100	140	250	550
25	240	160	290	300	400	300	40	90	450	550
26	250	170	300	100	200	300	100	150	400	200
27	260	180	310	50	150	100	50	200	150	150
28	270	190	320	70	130	200	60	5	270	130
29	280	200	330	50	50	50	700	150	70	80
30	290	0	340	40	60	200	70	100	120	180
31	300	260	350	45	45	60	100	500	80	70
32	280	240	330	70	70	140	100	400	200	80
33	260	220	310	65	55	80	200	600	110	90
34	240	200	290	500	50	10	70	80	400	160
35	220	180	270	90	110	50	100	200	100	150
36	200	160	250	80	70	50	150	200	70	130
37	180	140	230	30	60	90	130	210	40	140
38	160	120	210	200	100	200	90	10	100	400
39	140	100	190	300	200	300	100	150	650	150
40	120	80	170	200	300	200	200	10	350	350
41	100	60	150	300	200	300	50	90	250	550
42	80	110	130	200	100	200	30	150	50	450
43	60	90	110	200	300	200	50	80	300	400
44	40	70	90	300	200	300	150	100	200	600
45	70	100	120	300	200	300	50	140	250	550
46	100	130	150	300	400	300	60	150	450	550
47	130	160	180	100	200	300	40	80	400	200
48	160	110	210	50	150	100	100	40	150	150
49	190	140	240	200	300	200	300	600	300	400
50	220	170	270	300	200	300	500	1000	200	600
51	210	160	260	300	200	300	400	800	250	550
52	200	150	250	300	400	300	100	600	450	550
53	190	140	240	100	200	300	30	90	400	200
54	180	130	230	50	150	100	150	10	150	150
55	170	120	220	70	130	200	70	170	270	130
56	160	110	210	50	50	50	50	100	70	80
57	150	100	200	40	60	200	75	50	150	150
58	140	90	190	200	200	200	150	200	400	200
56	130	80	180	200	100	200	40	140	100	400
60	120	70	170	300	200	300	80	180	200	600

Таблица П 9.2

№ вар.	Координаты скважин, м					
	x ₀	y ₀	x ₁	y ₁	x ₂	y ₂
1	0	0	1000	500	500	1000
2	0	0	500	800	800	500
3	0	0	600	1000	800	600
4	0	0	500	800	800	1000
5	0	0	200	800	600	1000
6	100	50	0	0	500	1000
7	500	800	800	100	0	0
8	600	800	800	1200	0	0
9	600	800	0	0	800	400
10	200	400	0	0	500	1000
11	100	200	300	300	50	500
12	1000	0	100	500	300	700
13	400	100	0	100	800	800
14	100	50	0	0	500	1000
15	500	800	800	100	0	0
16	600	800	800	1200	0	0
17	600	800	0	0	800	400
18	200	400	0	0	500	1000
19	100	200	300	300	50	500
20	1000	0	100	500	300	700
21	400	100	0	100	800	800
22	300	100	100	900	800	700
23	100	50	0	0	500	1000
24	500	800	800	100	0	0
25	600	800	800	1200	0	0
26	600	800	0	0	800	400
27	200	400	0	0	500	1000
28	100	200	300	300	50	500
29	1000	0	100	500	300	700
30	400	100	0	100	800	800
31	100	50	0	0	500	1000
32	500	800	800	100	0	0
33	600	800	800	1200	0	0
34	600	800	0	0	800	400
35	200	400	0	0	500	1000
36	100	200	300	300	50	500
37	1000	0	100	500	300	700
38	400	100	0	100	800	800
39	300	100	100	900	800	700
40	100	50	0	0	500	1000
41	500	800	800	100	0	0
42	600	800	800	1200	0	0
43	600	800	0	0	800	400
44	200	400	0	0	500	1000
45	100	200	300	300	50	500
46	1000	0	100	500	300	700
47	400	100	0	100	800	800
48	100	50	0	0	500	1000
49	500	800	800	100	0	0
50	600	800	800	1200	0	0
51	600	800	0	0	800	400
52	200	400	0	0	500	1000
53	100	200	300	300	50	500
54	1000	0	100	500	300	700
55	400	100	0	100	800	800
56	300	100	100	900	800	700
57	200	400	0	0	500	1000
58	100	200	300	300	50	500
59	1000	0	100	500	300	700
60	400	100	0	100	800	800

5 ТЕМЫ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ

Тема 1. Основная цель и задачи курса. Гидромеханические эффекты на участках разработок залежей полезных ископаемых и их влияние на эффективность и геоэкологические последствия промышленного освоения месторождений.

Инженерно-геологические процессы и явления, водонефтегазопроявления, в скважинах, горных выработках, на земной поверхности. Оседание, воздымание, деформации горного массива и земной поверхности. Влияние процессов и явлений на эффективность разработки, геоэкологические последствия деятельности, консервации и ликвидации добывающего предприятия.

Тема 2. Физико-механические и гидрогеологические основы гидромеханики.

Физико-механические характеристики, водно-физические свойства горных пород. Генетические типы пород. Составные элементы. Водопроницаемость, влагоемкость, водоустойчивость.

Пористость, влажность. Физико-механические основы прочности и деформируемости горных пород. Прочность, деформационные, реологические свойства горных пород. Сопротивление растяжению, сжатию и сдвигу. Компрессионное уплотнение двух- и трехфазных систем. Коэффициенты бокового давления и бокового расширения. Компрессионная кривая. Модуль деформации. Консолидация глинистых грунтов. Классификации горных пород по их поведению под нагрузкой.

Гидрогеологические основы гидромеханики. Виды воды в горных породах. Коллекторские свойства. Классификации горных пород по типу коллекторских свойств. Свойства и параметры состояния жидкостей. Водоотдача, водопроницаемость горных пород. Зависимость проницаемости от свойств воды и породной основы. Пространственная и временная изменчивость проницаемости пород. Реология, потоки вязких жидкостей. Проницаемость насыщенных и ненасыщенных породных сред.

Фильтрация подземных вод неоднородного состава. Методы определения водопроницаемости. Коэффициенты фильтрации, водопроводимости, уровне- и пьезопроводности.

Тема 3. Гидромеханические основы движения подземных вод.

Основы теории фильтрации. Основные положения гидростатики и гидродинамики. Гидростатика и кинематика потенциальных и вихревых потоков. Основные законы и уравнения статики и динамики идеальных и реальных жидкостей. Гидравлические сопротивления. Гидромеханика упругой невязкой жидкости. Взаимодействие тел с потоком жидкости. Напорный градиент. Начальный напорный градиент. Безнапорные и свободные потоки жидкости. Движение напорных потоков вязкой жидкости. Виды движения воды. Линейный и нелинейные законы фильтрации. Пределы применимости закона Дарси.

Моделирование гидромеханических процессов.

Массоперенос в гидрогеологических системах. Движение подземных вод и его физические аналоги. Теория гидравлических сопротивлений. Элементы подобия гидродинамических процессов. Элементы теории размерностей. Физическое и математическое подобие. Моделирование гидравлических процессов. Метод ЭГДА. Моделирование напряженно-деформированного состояния горных пород. Моделирование на эквивалентных материалах

Тема 4. Напряженно-деформированное состояние породной среды.

Механические напряжения в массиве, их взаимосвязь с пликативной и дизъюнктивной нарушенностью горных пород.

Гидростатическое и негидростатическое распределение механических напряжений в массиве. Связь напряжений с водонасыщенностью пород.

Тема 5. Физические процессы в системе «водонасыщенные горные породы - внешние воздействия».

Факторы формирования фильтрационных и емкостных свойств пород. Сдвигание и деформации горных пород на участках разработок различных полезных ископаемых. Деформационная зональность в динамике и статике. Фильтрационные и емкостные свойства пород в зоне сдвижения. Связь литогеомеханических и гидрогеомеханических процессов. Деформации пород и земной поверхности под влиянием изменения водонасыщенности горных пород и уровня подземных вод. Естественный (случайный) гидроразрыв.

Тема 6. Инженерно-геологические и гидрогеологические процессы на участках разработок твердых полезных ископаемых, нефтяных и газовых залежей, оценка их проявлений в породном массиве и буровых скважинах.

Условия, источники и каналы поступления воды в горные выработки.

Закономерности водопроявлений в капитальных, подготовительных и очистных выработках. Прорывы воды и водогазопородных смесей. Зоны водопроводящих трещин сдвижения (ЗВТС), закономерности и основные факторы их формирования. Характеристики ЗВТС на участках подземных разработок. Форма, водопроницаемость ЗВТС на пластовых месторождениях. Высота ЗВТС, ее расчет и измерение в натурных условиях. Закономерности водогазонефтепроявлений в буровых скважинах. Динамика дебита воды, нефтегазовыделений, давления флюидов. Динамика уровней подземных вод. Связь проявлений с процессами эксплуатации и ликвидацией горнодобывающего предприятия. Естественное и техногенное напряженное состояние геологической среды. Механические напряжения в массиве, их взаимосвязь с пликативной и дизъюнктивной нарушенностью горных пород под влиянием эксплуатации полезных ископаемых, технической ликвидации предприятий. Связь напряжений со сдвижением горных пород. Зоны ПГД. Гидростатическое и негидростатическое распределение механических напряжений в массиве. Связь напряжений с водонасыщенностью пород. Гидроразрушение (гидроразрыв, гидрорасчленение, гидрорыхление) горных пород. Релаксация напряжений. Саморегуляция напряженного состояния горного массива.

Тема 7. Гидрогеомеханические последствия строительства, эксплуатации, консервации и ликвидации горнодобывающих предприятий.

Трансформация структуры горного массива, пустотности, коллекторских свойств, фильтрационной структуры, водогазонасыщенности, состава, выделений флюидов в горные выработки, скважины, на земную поверхность, гидродинамической сетки, гидродинамических граничных условий. Формирование гидрогеологических окон, появление, усиление, прекращение, сокращение флюидообмена между скоплениями воды, других флюидов. Естественные гидроразрушение (гидроразрыв, гидрорасчленение, гидрорыхление) горных пород. Саморегуляция напряженно-деформированного состояния горного массива

Тема 8. Прогноз гидро-, газо-, литогеомеханических, гидрогеохимических последствий строительства, эксплуатации, консервации и ликвидации горнодобывающих предприятий.

Гидро-, газо-, литогеомеханические, гидрогеохимические последствия строительства, эксплуатации, консервации и ликвидации горнодобывающих предприятий с затоплением и без затопления горных выработок. Гидро-, газо-, литогеомеханические, гидрогеохимические последствия строительства, эксплуатации, консервации и ликвидации нефтегазодобывающих предприятий и скважин. Прогноз локализации участков подтопления земной поверхности, выходов на поверхность подземных вод и «мертвого воздуха». Прогноз интенсивности водопроявлений в горных выработках и на земной поверхности. Прогноз водогазообмена между различными скоплениями флюидов.

Вопросы для самоконтроля.

Входной контроль:

1. Модели флюидов по степени сжимаемости
2. Модели флюидов по составу
3. Что значит ньютоновские жидкости
4. Что значит неньютоновские жидкости
5. Модели коллекторов (геометрические модели)
6. Модели коллекторов (идеализированные модели пористых сред)
7. Модели коллекторов (идеализированные модели трещинно-пористых сред)
8. сред)

9. Модели коллекторов (механические модели)
10. Модели коллекторов (модели по ориентированности в пространстве)
11. Виды пористости
12. Что такое проницаемость
13. Виды проницаемости
14. Параметры пористой среды
15. Что такое удельная поверхность
16. Что такое насыщенность
17. Что такое связанность
18. Физический смысл проницаемости
19. Параметры трещинной среды
20. Что такое трещиноватость
21. Определение густоты.
22. Связь раскрепости с давлением.
23. Какой параметр определяется в Па*с?
24. Какой параметр определяется в дарси?

Текущий контроль:

25. На чем базируются построения математических и физических моделей?
26. Основные требования адекватности моделей реальным процессам.
27. Основное требование осреднения параметров по пространству, дающее право считать их непрерывным.
28. Почему в нефтяной гидромеханике процесс фильтрации флюидов можно считать изотермическим?
29. Назовите примеры нестационарных и стационарных процессов в нефтегазовой гидродинамике.
30. Модели флюидов по степени сжимаемости.
31. В чем отличие многофазной модели от гомогенной? Приведите примеры.
32. Определение ньютоновской и неньютоновских жидкостей. Примеры.
33. Виды моделей коллекторов с геометрической точки зрения.
34. Идеализированные модели пористых коллекторов.
35. Реологические модели горных пород.
36. Какие среды называются изотропными и анизотропными?
37. Виды пористости и их определения? Размерности.
38. Виды проницаемости и их определения? Размерности в различных системах единиц и их связь между собой.
39. Определение эффективного диаметра.
40. Что такое насыщенность и связанность? Чему равна сумма насыщенностей?
41. Удельная поверхность – определение, размерность, характерные значения для коллекторов.
42. Определение густоты.

6 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

№ п/п	Наименование раздела	Виды учебных занятий	Образовательные технологии
1	Законы фильтрации нефти, газа и воды	Лекция 1.	Вводная лекция – беседа с использованием видеоматериалов, слайдов, блок-схем, таблиц и рисунков, комментируемых лектором.
		Практическое занятие 1.	Развернутая беседа с использованием метода «мозговой атаки» (мозгового штурма), изучение методик проведения расчетов, решение типовых задач, защита работ –

			собеседование.
		Самостоятельная работа	Консультирование у преподавателя, изучение наглядных материалов, изучение списка рекомендуемой литературы, поиск информации в сети Интернет, предоставление на проверку промежуточных результатов работы посредством электронной почты, тестирование
2.	Изотермическая фильтрация флюидов в нефтегазовых пластах	Лекция 2.	Лекция – беседа с использованием видеоматериалов, слайдов, блок-схем, таблиц и рисунков, комментируемых лектором.
		Практическое занятие 2.	Развернутая беседа с использованием метода «мозговой атаки» (мозгового штурма), изучение методик проведения расчетов, решение типовых задач, защита работ – собеседование.
		Самостоятельная работа	Консультирование у преподавателя, изучение наглядных материалов, изучение списка рекомендуемой литературы, поиск информации в сети Интернет, предоставление на проверку промежуточных результатов работы посредством электронной почты, тестирование
3.	Установившиеся и неуставившиеся движения жидкости и газа в пористой среде	Лекция 3.	Лекция – беседа с использованием видеоматериалов, слайдов, блок-схем, таблиц и рисунков, комментируемых лектором, коллективное обсуждение вопросов по материалу лекции
		Практическое занятие 3	Развернутая беседа с использованием метода «мозговой атаки» (мозгового штурма), изучение методик проведения расчетов, решение типовых задач, защита работ – собеседование.
		Самостоятельная работа	Консультирование и помощь студенту в выборе анализируемого процесса, изучение наглядных материалов, изучение списка рекомендуемой литературы, поиск информации в сети Интернет, проверка промежуточных результатов работы посредством электронной почты, тестирование
4.	Теория двухфазной фильтрации несмешивающихся жидкостей	Лекция 4.	Лекция – беседа с использованием видеоматериалов, слайдов, блок-схем, таблиц и рисунков, комментируемых лектором, коллективное обсуждение вопросов по материалу лекции
		Практическое занятие 4	Развернутая беседа с использованием метода «мозговой атаки» (мозгового штурма), изучение методик проведения расчетов, решение типовых задач, защита работ – собеседование.
		Самостоятельная работа	Консультирование и помощь студенту в выборе анализируемого процесса, изучение наглядных материалов, изучение списка рекомендуемой литературы, поиск информации в сети Интернет, проверка

			промежуточных результатов работы посредством электронной почты, тестирование, подготовка к промежуточной аттестации, изучение глоссария
5.	Основы теории многофазных систем	Лекция 5.	Лекция – беседа с использованием видеоматериалов, слайдов, блок-схем, таблиц и рисунков, комментируемых лектором, коллективное обсуждение вопросов по материалу лекции
		Практическое занятие 5	Развернутая беседа с использованием метода «мозговой атаки» (мозгового штурма), изучение методик проведения расчетов, решение типовых задач, защита работ – собеседование.
		Самостоятельная работа	Консультирование и помощь студентам, изучение наглядных материалов, изучение списка рекомендуемой литературы, поиск информации в сети Интернет, проверка промежуточных результатов работы посредством электронной почты, консультирование по пройденному материалу с преподавателем, подготовка к итоговой аттестации
6.	Гидродинамические модели повышения нефте-, газоконденсатоотдачи пластов	Лекция 6.	Лекция – беседа с использованием видеоматериалов, слайдов, блок-схем, таблиц и рисунков, комментируемых лектором, коллективное обсуждение вопросов по материалу лекции
		Практическое занятие 6	Развернутая беседа с использованием метода «мозговой атаки» (мозгового штурма), изучение методик проведения расчетов, решение типовых задач, защита работ – собеседование.
		Самостоятельная работа	Консультирование и помощь студентам, изучение наглядных материалов, изучение списка рекомендуемой литературы, поиск информации в сети Интернет, проверка промежуточных результатов работы посредством электронной почты, консультирование по пройденному материалу с преподавателем, подготовка к итоговой аттестации
7	Особенности фильтрации неньютоновской жидкости	Лекция 7.	Лекция – беседа с использованием видеоматериалов, слайдов, блок-схем, таблиц и рисунков, комментируемых лектором, коллективное обсуждение вопросов по материалу лекции
		Практическое занятие 7	Развернутая беседа с использованием метода «мозговой атаки» (мозгового штурма), изучение методик проведения расчетов, решение типовых задач, защита работ – собеседование.
		Самостоятельная работа	Консультирование и помощь студентам, изучение наглядных материалов, изучение списка рекомендуемой литературы, поиск информации в сети Интернет, проверка

а) м/с;
б) м;
в) безразмерная величина.

11. Что из перечисленного не относится к характерным особенностям плоскорадиального установившегося фильтрационного потока:

- а) частицы жидкости движутся параллельно в одной и той же плоскости, проходящей через ось скважины;
- б) поток является одномерным по радиусу;
- в) траектории движения частиц жидкости совпадают с линиями токов.

12. Распределение приведенного давления в радиально-сферическом фильтрационном потоке несжимаемой жидкости:

- а) $\tilde{P} = P_K - \frac{P_K - P_c}{2 \ln(R_K / r_c)}$;
- б) $P^* = P_c^* + \frac{P_K^* - P_c^*}{\frac{1}{r_c} - \frac{1}{R_K}} \left(\frac{1}{r_c} - \frac{1}{r} \right)$;
- в) $\tilde{P} = \frac{P_K + P_c}{2}$.

13. В случае слоисто-неоднородного пласта градиент давления равен:

- а) $\text{grad} P_1 = -\frac{P_K - P'}{L_1}$; $\text{grad} P_2 = -\frac{P' - P_c}{L_2}$;
- б) $\text{grad} P = -\frac{P_K - P_c}{L_K} = \text{const}$;
- в) $\text{grad} P^* = \frac{P_K^* - P_c^*}{\frac{1}{r_c} - \frac{1}{R_K}} \left(\frac{1}{r^2} \right)$.

14. Точечный сток рассматривают как:

- а) нагнетательную скважину;
- б) эксплуатационную скважину;
- в) разведочную скважину.

15. Неньютоновские жидкости, для которых касательное напряжение зависит только от градиента скорости называются:

- а) стационарно реологические;
- б) нестационарно реологические;
- в) вязкоупругие.

16. Физически возрастание скорости фильтрации вдоль газового пласта происходит за счет:

- а) расширения газа при снижении давления;
- б) расширения газа при повышении давления;
- в) расширения газа при постоянном давлении.

17. Для оценки влияния несовершенства скважины на ее дебит вводят коэффициент:

- а) несовершенства скважины;
- б) совершенства скважины;
- в) коэффициент пьезопроводности.

18. Модель дилатантной жидкости хорошо описывает:

- а) свойства суспензий;
- б) движения растворов и расплавов полимеров;
- в) свойства псевдопластических жидкостей.

19. Просветность фиктивного грунта не зависит от:

- а) диаметра частиц грунта;
- б) взаимного расположения частиц грунта;
- в) вида сечения.

20. Принцип суперпозиции – это:

- а) наложение потоков;
- б) отображение потоков;
- в) принцип эквивалентных фильтрационных сопротивлений.

21. Обобщенный закон фильтрации для жидкости, газа и газированной жидкости:

- а) $\bar{g} = -\frac{K\phi}{\rho g} \frac{dP}{dL}$;
- б) $g = -\frac{K\phi}{\rho g} \text{grad}P^*$;
- в) $g = \frac{Sl \cdot d_{\phi}^2}{\mu} \frac{\Delta P}{\Delta L}$.

22. Линейная связь скорости с перепадом давления описывается законом:

- а) Гука;
- б) Краснопольского;
- в) Ньютона;
- г) Дарси.

23. Общая одночленная форма записи нелинейного закона фильтрации:

- а) $\epsilon V^2 = \frac{\Delta P}{\Delta L}$;
- б) $V = C \left(\frac{\Delta P}{\Delta L} \right)^{1/2}$;
- в) $\frac{\Delta P}{\Delta L} = aV + \epsilon V^2$.

24. Давление при фильтрации идеального газа изменяется по:

- а) линейному закону;
- б) параболическому закону;
- в) логарифмическому закону.

25. Фильтрационные параметры пласта определяются при решении:

- а) прямой краевой задачи;
- б) обратной краевой задачи;
- в) других задач.

26. Что не относится к свойствам оператора Лапласа:

- а) сумма частных решений;
- б) произведение частного решения на произвольную постоянную;
- в) произведение частных решений.

27. Уравнение неразрывности для неустановившейся фильтрации сжимаемой жидкости в сжимаемом пласте:

- а) $\frac{\partial(\rho V_x)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho V_y)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho V_z)}{\partial z} = 0$;
- б) $-\left[\frac{\partial(\rho V_x)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho V_y)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho V_z)}{\partial z} \right] = \frac{\partial(\rho, m)}{\partial t}$;
- в) $\frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_y}{\partial y} + \frac{\partial V_z}{\partial z} = 0$.

28. Потенциал функции течения обозначается:

- а) ∇ ;
- б) Φ ;
- в) P .

29. Показатель степени $\beta_{ж}$ в уравнении $\rho = \rho_0 \cdot e^{\beta_{ж}(P-P_0)}$:

- а) обычно много меньше 1;
- б) обычно много больше 1;
- в) обычно равен 1.

30. Движение называется пространственным, когда элементы движения зависят от:

- а) двух координат;
- б) трех координат;
- в) одной координаты.

Промежуточный контроль знаний студентов: основные термины и определения (гlossарий)

Абсолютная проницаемость (K_{oSwir}) – проницаемость образца керна, насыщенного одним флюидом (водой или нефтью), инертным по отношению к породе, зависит целиком и полностью от свойств породы, а не от насыщающего флюида. Как правило, абсолютной проницаемостью называют проницаемость керна по азоту или по воздуху.

Воронка депрессии – зона понижения пластового давления.

Гидродинамически совершенная скважина – скважина, которая вскрывает продуктивный пласт на всю толщину и забой скважины открытый, т. е. вся вскрытая поверхность забоя является фильтрующей.

Дебит скважины (Q) – объём продукции, добываемой из скважины за единицу времени (секунду, сутки, час и др.). Может характеризовать добычу нефти, газа, газоконденсата, пластовой воды.

Депрессия (на пласт) – разность между текущим пластовым давлением в районе скважины и её забойным давлением, вызывающая движение флюида из пласта к забою

скважины. С увеличением депрессии возрастает дебит эксплуатационной скважины.

Закон фильтрации (Закон Дарси) – скорость фильтрации прямо пропорциональна градиенту давления и коэффициенту фильтрации ($v = K_f \times i$).

Зональная неоднородность пласта – скачкообразное изменение проницаемости по простиранию пласта.

Идеальный грунт – система цилиндрических поровых каналов одинакового диаметра и параллельных друг другу.

Индикаторная диаграмма – графическое изображение зависимостей дебита от забойного давления и дебита от перепада давления.

Коллектор – горная порода, изолированная от выше и ниже лежащих горизонтов флюидоупорами, способная вмещать жидкие и (или) газообразные углеводороды и отдавать их в процессе разработки месторождений.

Коэффициент пористости (m) – отношение объема пустот к общему объему породы.

Коэффициент продуктивности скважины (K) – отношение дебита скважины к единице депрессии. Показывает приращение суточного притока в скважину при увеличении депрессии давления на 1 МПа. Величины коэффициентов продуктивности колеблются от долей тонны до сотен тонн в сутки на МПа. Величина коэффициента продуктивности прямо пропорциональна мощности работающего поропласта и его проницаемости, обратно пропорциональна вязкости фильтрующейся в скважину жидкости и в меньшей степени – логарифму отношения радиуса контура питания к радиусу скважины.

Коэффициент проницаемости (k) – показывает суммарную площадь сечений поровых каналов, по которым идет процесс фильтрации на единичной площади фильтрации. Не зависит от свойств жидкости и является динамической характеристикой только пористой среды (при условии, что между ними нет физико-химического взаимодействия).

Коэффициент фильтрации (K_f) – характеризует расход потока через единицу площади сечения, перпендикулярного потоку, под действием единичного градиента напора. Зависит от структуры пористой среды и от свойств фильтрующейся жидкости.

Мощность (устар.) пласта (h) – толщина пласта, замеренная по кратчайшему расстоянию между его кровлей и подошвой.

Напорное движение – движение жидкости считается напорным, когда пьезометрическая линия располагается выше верхней непроницаемой границы потока (кровли пласта).

Неоднородный пласт – пласт, в котором проницаемость и пористость пласта неодинаковы в различных точках.

Несжимаемая жидкость – математическая модель сплошной среды, плотность которой сохраняется при изменении давления.

Несовершенство скважин по степени вскрытия – случай, когда скважина вскрывает продуктивный пласт не на всю толщину и забой скважины открыт.

Несовершенство скважин по характеру вскрытия – случай, когда пласт перекрыт эксплуатационной колонной и приток жидкости из пласта в скважину происходит через перфорационные отверстия.

Одномерный фильтрационный поток – установившийся фильтрационный поток жидкости или газа называется одномерным в том случае, когда давление и скорость фильтрации являются функциями только одной координаты, взятой по линии тока.

Относительная (фазовая) проницаемость (K_{ro} , K_{rw}) – отношение эффективной проницаемости (K_o , K_w) к абсолютной (K_{oSwir}).

Пласт – выдержанный по площади пласт-коллектор (или группа пластов-коллекторов) с единой гидродинамической системой, содержащий подвижные углеводороды в свободной фазе и способный отдавать их в количествах, имеющих промышленное значение.

Подземная гидромеханика (ПГ) – наука, изучающая движение жидкостей и газов в пористых и трещиноватых горных породах.

Пористая среда – материальное тело, содержащее пустоты в виде мельчайший пор, трещин, каверн и карстовых образований.

Пористость – наличие в горной породе пустот (пор, каверн, трещин).

Продуктивность пласта – характеристика добывающей скважины (нефтяной, газовой, водяной), определяющая отбор пластового флюида при её эксплуатации.

Продуктивный горизонт – выдержанный по площади пласт-коллектор (или группа пластов-коллекторов) с единой гидродинамической системой, содержащий подвижные углеводороды в свободной фазе и способный отдавать их в количествах, имеющих промышленное значение.

Проницаемость – способность горной породы пропускать через себя жидкости и газы (флюиды) при наличии перепада давления.

Просветность (n) – отношение площади пустот к общей площади сечения породы.

Режимы нефтяного или газового пласта – характер проявления сил, обуславливающих движение флюидов к добывающим скважинам.

Репрессия (на пласт) – разность между забойным и текущим пластовым давлениями.

Скорость фильтрации (v) – такая воображаемая скорость, с которой двигалась бы жидкость между кровлей и подошвой пласта, если бы самой пористой среды не было.

Слоистая неоднородность пласта – скачкообразное изменение проницаемости по толщине пласта.

Укрупненная скважина – модель скважины, применяемой при исследовании проявлений водонапорного режима в газовой залежи.

Фиктивный грунт – грунт, составленный из одинаковых шарообразных частиц при правильной упаковке.

Фильтрация – движение жидкости или газа через пористую среду.

Флюид – (от лат. fluidis текучий), любое вещество, поведение которого при деформации может быть описано законами механики жидкостей. В нефтегазовом деле под флюидом, как правило, понимают пластовые газ, нефть и воду.

Шлиф – образец, вырезанный из горной породы или минерала в виде тонкой пластины (0,01 – 0,03 мм) и отшлифованный с обеих сторон. Различают шлифы прозрачные (петрографические) и непрозрачные (рудные). Изучение их под микроскопом в проходящем или отражённом свете даёт возможность определить и исследовать природу (структуру) минерала или горной породы.

Эффективная (фазовая) проницаемость (K_o , K_w) – проницаемость породы для отдельно взятого флюида (K_o , K_w), при числе присутствующих в породе фаз, большим единицы. Эффективная проницаемость зависит от флюидонасыщения (степени насыщенности флюидов и их физико-химических свойств).

Текущий контроль знаний студентов: примерные индивидуальные задания.

- 1 Основные понятия, законы фильтрации нефти, газа, воды. Системы единиц измерений, применяемые в подземной гидромеханике.
- 2 Границы применимости закона Дарси и нелинейные законы в задачах фильтрации пластовых флюидов.
- 3 Исследование одномерных фильтрационных потоков несжимаемой жидкости и газа в неоднородных пластах по закону Дарси.
- 4 Исследование движения жидкости со свободной поверхностью в пористой среде.
- 5 Плоские установившиеся фильтрационные потоки. Использование функции комплексного переменного.
- 6 Изучение интерференции совершенных скважин при фильтрации нефти и газа.
- 7 Расчет дебитов рядов скважин в залежах нефти и газа.
- 8 Изучение особенностей притока жидкости и газа к несовершенным скважинам (при линейных и нелинейных законах фильтрации).
- 9 Дифференциальные уравнения неустановившейся фильтрации упругой жидкости по различным законам фильтрации в упругой пористой среде.
- 10 Исследование одномерных фильтрационных потоков упругой жидкости и газа (прямолинейно-параллельный и плоскорадиальный потоки).
- 11 Исследование задач интерференции скважин в условиях упругого режима.
- 12 Определение параметров пласта по КВД-КПД при упругом режиме.
- 13 Приближенные методы решения задач теории упругого режима фильтрации.
- 14 Исследование неустановившегося движения газа в пористой среде (дифференциальное уравнение Лейбензона).
- 15 Изучение приближенных методов решения задач притока газа.
- 16 Методы решения задач фильтрации газа с помощью уравнения материального баланса.
- 17 Исследование задач движения границ раздела при взаимном вытеснении жидкостей и газов.
- 18 Анализ явления образования конуса подошвенной воды и газовых конусов.
- 19 Расчет параметров вытеснения одной жидкостью другой.
- 20 Анализ задачи Бакли-Лeverетта и её обобщения.
- 21 Движение газированной жидкости в пористой среде. Функции Христиановича.
- 22 Исследование особенностей фильтрации неньютоновской жидкости.
- 23 Движение жидкостей и газов в трещиноватых и трещиновато-пористых средах. Исследование задач установившейся фильтрации.
- 24 Применение методов теории размерностей в подземной гидромеханике.
- 25 Дифференциальные уравнения изотермической фильтрации флюидов в нефтегазоносных пластах (вывод, примеры использования).
- 26 Примеры исследования задач фильтрации при различных зависимостях параметров флюидов и пористой среды от давления.
- 27 Математическое моделирование задач фильтрации при различных начальных и граничных условиях (сравнительный анализ).
- 28 Анализ одномерных установившихся потоков жидкости и газа в пористой среде.
- 29 Сравнительный анализ установившихся потоков газа при различных законах фильтрации.
- 30 Анализ притока жидкости и газа к горизонтальным скважинам.
- 31 Исследование одномерных фильтрационных потоков упругой жидкости для различных моделей пластовых фильтрационных систем (точное решение уравнения пьезопроводности).
- 32 Анализ задач притока упругой жидкости к укрупненной скважине.

- 33 Определение параметров пласта при неустановившейся фильтрации газа.
- 34 Изучение основ теории фильтрации многофазных систем.
- 35 Изучение задач фильтрации трехфазной смеси.
- 36 Изучение гидродинамических моделей методов повышения нефте- и газоконденсатотдачи пластов.
- 37 Изучение основ теории неизотермической фильтрации.
- 38 Изучение неустановившейся фильтрации жидкости и газа в трещиноватых и трещиновато-пористых средах.
- 39 Анализ вытеснения нефти водой из трещиновато-пористых и неоднородных сред.
- 40 Исследование задач моделирования основных процессов фильтрации пластовых флюидов.
- 41 Математическое моделирование фильтрационных процессов. Изучение общей диагностической процедуры подбора математической модели по фактическим данным.

Контрольные вопросы для проведения итоговой аттестации (зачета):

1. Теория фильтрации. Определение и особенности процесса фильтрации (основные понятия).
2. Линейный закон фильтрации Дарси. Проницаемость пористой среды. Границы применимости закона Дарси. Нелинейные законы фильтрации.
3. Обобщенный закон Дарси.
4. Дифференциальные уравнения фильтрации жидкостей и газов в пористой среде. Основные понятия. Уравнение неразрывности (сплошности) фильтрационного потока.
5. Дифференциальные уравнения движения флюидов в пористой среде.
6. Уравнения состояния жидкостей, газов и пористой среды.
7. Краевые задачи подземной гидромеханики. Методика решения прямых краевых задач. Упрощения и допущения.
8. Дифференциальное уравнение установившейся фильтрации несжимаемой жидкости по закону Дарси. Принцип суперпозиции.
9. Простейшие фильтрационные потоки. Вывод уравнений Лапласа для простейших фильтрационных потоков.
10. Установившаяся прямолинейно-параллельная фильтрация однородной несжимаемой жидкости в однородном пласте по линейному закону Дарси (приток к галерее).
11. Плоскорадиальная установившаяся фильтрация однородной несжимаемой жидкости по закону Дарси в однородном пласте к совершенной скважине.
12. Гидродинамические исследования скважин на установившихся режимах фильтрации. Индикаторные диаграммы, их интерпретация.
13. Радиально-сферическая установившаяся фильтрация однородной несжимаемой жидкости по закону Дарси в однородном пласте.
14. Виды неоднородности пластов. Прямолинейно-параллельный поток несжимаемой жидкости в неоднородных пластах.
15. Виды неоднородности пластов. Плоскорадиальный поток несжимаемой жидкости в неоднородных пластах.
16. Одномерные фильтрационные несжимаемой жидкости при нелинейных законах фильтрации.
17. Виды несовершенства скважин. Методы учета несовершенства скважин.
18. Установившееся движение однородной сжимаемой (упругой) жидкости и газа в пористой среде.
19. Установившийся прямолинейно-параллельный фильтрационный поток идеального газа в пористой среде.

20. Установившийся плоскорадиальный фильтрационный поток идеального газа в пористой среде.

21. Плоскорадиальный фильтрационный поток реального газа по закону Дарси. Особенности исследования газовых скважин на установившихся режимах.

22. Неустановившаяся фильтрация упругой жидкости в упругой пористой среде. Основные положения упругого режима пласта

23. Дифференциальное уравнение неустановившейся фильтрации упругой жидкости.

24. Приток упругой жидкости к точечному стоку на плоскости. Основная формула теории упругого режима.

25. Гидродинамические исследования скважин на неустановившихся режимах фильтрации. Кривые восстановления давления и гидропрослушивания, их интерпретация.

26. Дифференциальное уравнение нестационарной фильтрации газа.

27. Линеаризация уравнения Лейбензона. Сведение задачи нестационарной фильтрации газа к задаче фильтрации упругой жидкости.

28. Установившаяся фильтрация газированной жидкости. Функция Христиановича. Индикаторная диаграмма.

Примечания: В приведенные контрольные вопросы могут быть внесены некоторые изменения, при условии, что они не будут противоречить содержанию дисциплины.

8 СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Форма контроля	За одну работу		Всего
	Миним. баллов	Макс. баллов	
Текущий контроль:			
<i>подготовка к лекционным занятиям</i>	<i>0,5 балла</i>	<i>1 балл</i>	<i>9 баллов</i>
<i>выполнение и защита лабораторных работ</i>	<i>1 балл</i>	<i>4 балла</i>	<i>36 баллов</i>
<i>промежуточная аттестация (тестирование с собеседованием по итогам теста)</i>	<i>1 балл</i>	<i>7 баллов</i>	<i>7 баллов</i>
Итоговая аттестация	<i>1 балл</i>	<i>48</i>	<i>48 баллов</i>
Итого за семестр (экзамен по дисциплине)	52	100	100 баллов

9 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1 Основная литература

1. Подземная гидромеханика / К. С. Басниев, Н. М. Дмитриев, Р. Д. Каневская, В. М. Максимов. — 2-е изд. — Москва, Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2019. — 488 с. — ISBN 978-5-4344-0605-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/91980.html>

2. Савинкова Л. Д. Основы подземной нефтегазогидромеханики [Электронный ресурс]: учебное пособие / Л. Д. Савинкова. — Электрон. текстовые данные. — Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2017. — 175 с. — 978-5-7410-1687-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/71303.html>

3. Хохлова Н.Ю. Гидромеханика нефти и газа в примерах и задачах [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие/ Хохлова Н.Ю., Жаткин С.С.— Электрон. текстовые данные.— Самара: Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2018.— 197 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/90479.html>.

9.2 Дополнительная литература

1. Ольховская, В. А. Подземная гидромеханика углеводородов. Ч. II. Математические 1D-модели многофазной фильтрации и процессов повышения нефтеотдачи : учебное пособие / В. А. Ольховская. — Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2018. — 228 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/90702.html> .

2. Еремин, А. В. «Гидравлика» и «Нефтегазовая гидромеханика» : лабораторный практикум / А. В. Еремин, Е. В. Стефанюк. — 2-е изд. — Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2018. — 118 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/91748.html>

9.3 Периодические издания

Онлайн-журнал «Сибирская нефть». Режим доступа: <https://www.gazprom-neft.ru/press-center/sibneft-online>

Научно-технический журнал «Геология нефти и газа». Режим доступа: <https://www.oilandgasgeology.ru>

Аналитический журнал «Нефтегазовая Вертикаль». Режим доступа: <http://ngv.ru>

Информационно-аналитический бюллетень «Вестник ТЭК». Режим доступа: <https://media.lawtek.ru/media/vestnik>

Научно-технический и производственный журнал «Газовая Промышленность». Режим доступа: <http://neftegas.info/gasindustry>

Научно-технический и производственный журнал «Нефтяное хозяйство». Режим доступа: <http://www.oil-industry.ru>

Научно-технический журнал «Мир нефтепродуктов. Вестник Нефтяных Компаний». Режим доступа: <http://neftemir.ru>

Журнал «Нефть России». Режим доступа: <http://www.oilru.com>

Журнал «Экономика и ТЭК сегодня». Режим доступа: <http://www.rusoil.ru>

Журнал «Oil & Gas Journal Russia». Режим доступа: <http://ogjrusssia.com>

Научно-технический журнал «Геология нефти и газа». Режим доступа: <http://www.geoinform.ru>

Аналитический журнал «Нефть и Капитал». Режим доступа: <http://www.oilcapital.ru>

Журнала Gasworld.ru. Режим доступа: <http://www.gasworld.ru>

Деловой журнал Neftegaz.RU. Режим доступа: <http://www.neftegaz.ru>

Информационно-аналитический журнал «Нефть, газ и бизнес». Режим доступа: <http://ngb.gubkin.ru>

Научно-технический журнал «Нефть. Газ. Новации». Режим доступа: <http://neft-gaz-novacii.ru/ru>. Архив журналов «Нефть. Газ. Новации» научно-технический журнал. Режим доступа: <http://neft-gaz-novacii.ru/ru/archive>

Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». Режим доступа: <http://www.ogbus.ru>

Журнал «Нефть и газ Евразия». Режим доступа: <https://www.oilandgaseurasia.com/ru>. Архив журнала «Нефть и газ Евразия» Режим доступа: https://www.oilandgaseurasia.com/ru/oge_pdf_archive

Журнал «Бурение и нефть». Режим доступа: <http://burneft.ru/archive/issues>

Журнал «Нефтегазовые технологии». Режим доступа: <http://ogt.promzone.ru>

Научно-технический журнал «Технологии нефти и газа». Режим доступа: <http://www.nitu.ru>

Журнал «Инженерная Практика». Режим доступа: <http://glavteh.ru/mag>

Журнал «Территория НЕФТЕГАЗ». Режим доступа: <http://www.neftegas.info/neftegas.html>

Журнал «Нефтесервис». Режим доступа: <http://www.indpg.ru/oilfieldservice>
Отраслевой информационно-технический журнал «Сфера нефть и газ». Режим доступа: <http://www.s-ng.ru/magazin/0>
Научно-технический журнал «Экспозиция нефть и газ». Режим доступа: <http://runeft.ru/archive>
Научно-технический и производственный «Журнал нефтегазового строительства». Режим доступа: <http://mag.npngs.ru>
Журнал «Нефтегаз International». Режим доступа: <http://neftegazint.ru/node/10>
Журнал «ROGTEC» Russian Oil & Gas Technologies. Режим доступа: <http://www.rogtectmagazine.com/about-us-russian.php>
Журнал «Нефтегазовая геология. Теория и практика». Режим доступа: <http://www.ngtp.ru/jornal.html>

9.4 Программное обеспечение

1. Microsoft Office 2010 Russian Academic OPEN 1 License (бессрочная), (лицензия 49512935);
2. Microsoft Sys Ctr Standard Sngl License/Software Assurance Pack Academic License 2 PROC (бессрочная), (лицензия 60465661)
3. Microsoft Win Home Basic 7 Russian Academic OPEN (бессрочная), (лицензия 61031351),
4. Microsoft Office 2010 Russian Academic OPEN, (бессрочная) (лицензия 61031351),
5. Microsoft Windows Proffesional 8 Russian Upgrade Academic OPEN (бессрочная), (лицензия 61031351),
6. Microsoft Internet Security&Accel Server Standart Ed 2006 English Academic OPEN, (бессрочная), (лицензия 41684549),
7. Microsoft Office Professional Plus 2010 Russian Academic OPEN, (бессрочная), (лицензия 60939880),
8. Microsoft Windows Server CAL 2008 Russian Academic OPEN, (бессрочная), (лицензия 60939880),
9. Microsoft Windows 10 Pro, 64 bit, Rus, OEM, Операционная система
10. Неисключительное право на использование ПО Kaspersky Endpoint Security для бизнеса –Расширенный Russian Edition.
11. Неисключительное право на использование ПО Kaspersky Security для виртуальных и облачных сред, Server, VirtSvr, License, Education Renewal
12. ABBYYFineReader 11 Professional Edition, (бессрочная), (лицензия AF11-2S1P01-102/AD),
13. Microsoft Volume Licensing Service, (бессрочная), (лицензия 62824441),
14. Microsoft Windows Pro 64bit DOEM, (бессрочная), контракт № 6-ОАЭФ2014 от 05.08.2014 Visual Studio Professional;
15. COMSOL Multiphysics® версии 6.0 Софт. Лицензия 9602390
16. «Антиплагиат. ВУЗ». Лицензионный договор № 5044 от 14.05.2022 года (ежегодное продление).

9.5 Профессиональные базы данных и информационные справочные системы современных информационных технологий

1. Справочно-правовая система «Консультант Плюс» (<http://www.consultant.ru>);
2. Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU (<http://www.elibrary.ru>);
3. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» (<https://biblioclub.ru>);
4. Электронно-библиотечная система BIBLIO-ONLINE.RU (<https://www.biblio-online.ru>);

5. Электронно-библиотечная система IPRBOOKS (<http://www.iprbookshop.ru>).
6. Сайт Petrolibrary.ru. Книги и статьи посвящены геологии, бурению скважин, разработке месторождений, добыче и транспорту нефти и газа, технологиям нефтегазовой отрасли.
7. Основным зарубежным источником информации по курсу являются статьи и ресурсы Общества инженеров-нефтяников (SPE) - <https://www.spe.org/en/> (JPT, Oilandgasfacilities и др).
8. Библиотека <https://www.onepetro.org/> (доступ к библиотеке студентов и членство в SPE бесплатное).
9. Бесплатная библиотека технической литературы «Нефть и газ – избранное». Режим доступа: <http://nglib-free.ru>.
10. Ресурс studmed.ru является общедоступным для всех пользователей. Здесь находятся книги, статьи, конспекты лекций, методические пособия и указания и многое другое, посвященные информации по различным разделам нефтегазовой отрасли.

10 ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

Учебные и учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для слепых и слабовидящих:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением, или могут быть заменены устным ответом;
- обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;
- для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
- письменные задания оформляются увеличенным шрифтом;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

Для глухих и слабослышащих:

- лекции оформляются в виде электронного документа, либо предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;
- письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
- экзамен и зачёт проводятся в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения предусматривается использование технических средств, необходимых в связи с индивидуальными особенностями обучающихся. Эти средства могут быть предоставлены университетом,

или могут использоваться собственные технические средства.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для слепых и слабовидящих:

- в печатной форме увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

Для глухих и слабослышащих:

- в печатной форме;
- в форме электронного документа.

Для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

Учебные аудитории для всех видов контактной и самостоятельной работы, научная библиотека и иные помещения для обучения оснащены специальным оборудованием и учебными местами с техническими средствами обучения:

Для слепых и слабовидящих:

Для глухих и слабослышащих:

- автоматизированным рабочим местом для людей с нарушением слуха и слабослышащих;
- акустический усилитель и колонки;

Для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- передвижными, регулируемые эргономическими партами СИ-1;
- компьютерной техникой со специальным программным обеспечением.

11 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Преподаватель должен иметь возможность легко управлять оборудованием аудитории, что позволит проводить лекции, практические и лабораторные занятия, презентации, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также должна быть оснащена доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование должно иметь соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Технические средства обеспечения дисциплины для проведения аудиторных занятий:

- интерактивная доска с лицензионным программным обеспечением и мультимедиапроектором;
- маркерная доска;
- учебные материалы (учебные фильмы, презентации);
- акустическая система;
- средства управления оборудованием.

Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными

возможностями здоровья и инвалидов

Аудитория для лекционных занятий, аудитория для проведения практических занятий и аудитория для самостоятельной работы.

Обучающиеся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья обеспечиваются печатными и электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья, а также техническими средствами передачи информации из имеющихся неадаптированных ресурсов.

Материально – техническое обеспечение должно отвечать не только общим требованиям, определенным в федеральном государственном образовательном стандарте высшего образования по направлению подготовки (специальности), но и особым образовательным потребностям каждой категории обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов.

Учебные аудитории оснащены специальным оборудованием и учебными местами с техническими средствами обучения для обучающихся с различными видами ограничений здоровья (по 1 – 2 места).

Оборудование специальных учебных мест предполагает увеличение зоны на одно место с учетом подъезда и разворота кресла-коляски, увеличения ширины прохода между рядами столов. В стандартной аудитории первые столы в ряду у окна и в среднем ряду предусмотрены для обучаемых с нарушениями зрения и слуха, а для обучаемых, передвигающихся в кресле- коляске, - выделены 1 – 2 первых стола в ряду у дверного проема. В специальной аудитории оборудованы места для самостоятельной работы, консультационной и индивидуальной работы с преподавателем с соответствующим техническим оборудованием по каждому виду нарушений здоровья с доступом к локальной сети Университета, Интернету и электронным библиотечным системам.

В аудиториях, где обучаются студенты с ограниченными возможностями здоровья и инвалиды, предусмотрены места для обучающихся с учетом ограничений их здоровья. Учебная аудитория, в которой обучаются студенты с нарушением слуха оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой (акустический усилитель и колонки), видеотехникой (мультимедийный проектор, телевизор), мультимедийной системой, интерактивной и сенсорной досками. Обучение лиц с нарушениями слуха предполагает использование мультимедийных средств и других технических средств для приема-передачи учебной информации в доступных формах, комплекта электроакустического и звукоусиливающего оборудования с комбинированными элементами проводных и беспроводных систем на базе профессиональных усилителей.

Для слабовидящих обучающихся в лекционных и учебных аудиториях предусмотрена возможность просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для удаленного просмотра. Обучение лиц с нарушениями зрения предполагает использование брайлевского дисплея и брайлеровского принтера, электронных луп, программ невидимого доступа к информации, программ - синтезаторов речи и других технических средств для приема-передачи учебной информации в доступных формах.

Для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата в лекционных и учебных аудиториях предусмотрены передвижные, регулируемые эргономические парты с источником питания для индивидуальных технических средств, специальные клавиатуры (с увеличенным размером клавиш, со специальной накладкой, ограничивающей случайное нажатие соседних клавиш, сенсорные, использование голосовой команды); специальные мыши (джойстики, роллеры); выносные кнопки;увеличенные в размерах ручки и специальные накладки к ним, позволяющие удерживать ручку и манипулировать ею с минимальными усилиями; утяжеленные (с дополнительным грузом) ручки, снижающие проявления тремора при письме; устройства обмена графической информацией, специальное программное обеспечение, позволяющее использовать сокращения, дописывать слова и фразы, исходя из начальных букв и грамматической формы предыдущих слов.

Перечень необходимого оборудования:

- персональные компьютеры с доступом в Интернет;
- специальные учебники, учебные пособия и дидактические материалы имеются в библиотечной системе IPRbooks (крупный шрифт и аудиофайлы);
- многофункциональный интерактивный дисплей Flipbox 3.0.65", UHD;
- видеоувеличитель Optelec Compact Mini World;
- дисплей Брайля ALVA USB BC 640.