

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Структурное подразделение «Нефтегазового дела»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №26 от 10 мая 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

«ПОДЗЕМНАЯ ГИДРОМЕХАНИКА»

Специальность: 21.05.06 Нефтегазовые техника и технологии

Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений

Квалификация: Горный инженер (специалист)

Форма обучения: заочная

Документ подписан простой
электронной подписью
Составитель программы:
Молокова Светлана
Васильевна
Дата подписания: 15.06.2025

Документ подписан простой
электронной подписью
Утвердил: Буглов Николай
Александрович
Дата подписания: 18.06.2025

Документ подписан простой
электронной подписью
Согласовал: Шмаков Андрей
Константинович
Дата подписания: 17.06.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Подземная гидромеханика» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ОПК-7 Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в области физических процессов горного и нефтегазового производства;	ОПК-7.7

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ОПК-7.7	Способен пользоваться методами исследований скважин; обработки, анализа и синтеза полевой и лабораторной гидрогеологической информации. Решает стандартные задачи научно-исследовательские задачи профессиональной деятельности на основе современных пакетов программ, моделирующих процессы в горных породах, деталях технологического оборудования	Знать основные уравнения подземной гидромеханики; гидромеханику системы пласт-скважина Уметь решать прямые и обратные задачи подземной гидромеханики в стационарных и нестационарных условиях фильтрации флюида; определять режимы работы нефтегазовых пластов; Владеть методами обработки, анализа и синтеза полевой и лабораторной гидрогеологической информации.

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Подземная гидромеханика» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Математика», «Физика», «Химия», «Геология», «Гидравлика», «Механика сплошной среды», «Теоретическая и прикладная механика», «Учебная практика: ознакомительная практика»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Физика пласта», «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений», «Гидродинамические исследования скважин», «Проектная деятельность», «Производственная практика: эксплуатационная практика»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 3 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)		
	Всего	Учебный год № 3	Учебный год № 3

		№ 2	
Общая трудоемкость дисциплины	108	36	72
Аудиторные занятия, в том числе:	14	2	12
лекции	8	2	6
лабораторные работы	0	0	0
практические/семинарские занятия	6	0	6
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	85	34	51
Трудоемкость промежуточной аттестации	9	0	9
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	, Экзамен		Экзамен

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Учебный год № 2

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Введение, цели и задачи курса, методы исследования.	1	2					1, 2	34	Устный опрос
	Промежуточная аттестация									
	Всего		2						34	

Учебный год № 3

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Пористая и трещинная среды.	1	2			2	2	1, 2, 3, 4	17	
2	Одномерное установившееся и неустановившееся движение несжимаемой жидкости	2	2			1	2	1, 2, 3, 4	17	Устный опрос
3	Гидравлический расчет трубопроводов	3	2			3	2	1, 2, 3, 4	17	Устный опрос
	Промежуточная								9	Экзамен

	аттестация								
	Всего		6				6		60

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Учебный год № 2

№	Тема	Краткое содержание
1	Введение, цели и задачи курса, методы исследования.	Нефтегазовая гидродинамика: основные понятия, цели, задачи дисциплины. История развития. Теория фильтрации. Сплошная среда. Закон Дарси. Основные физические характеристики и модели коллектора и флюида.

Учебный год № 3

№	Тема	Краткое содержание
1	Пористая и трещинная среды.	Пористые и трещинные среды: геометрические и механические модели и их свойства. Идеализированные модели пористых сред: фиктивный грунт, идеальный грунт. Идеализированные модели трещинных сред. Идеализированные модели трещиновато - пористых сред. Основы моделирования процессов фильтрации флюидов.
2	Одномерное установившееся и неустановившееся движение несжимаемой жидкости	Гидродинамическая сетка: изобары и линии тока. Основные модели плоских потоков: прямолинейно-параллельный, плоскорадиальный, радиально-сферический. Практические примеры и графические модели. Понятие неустановившегося режима фильтрации. Понятия об упругом режиме пласта. Теория упругого режима. Понятие неустановившейся фильтрации флюида. Режимы пласта. Основные параметры теории упругого режима: коэффициент объёмной упругости жидкости, коэффициент объёмной упругости пласта. Понятие упругого запаса. Коэффициент упругоёмкости пласта. Коэффициентом пьезопроводности пласта. Уравнение пьезопроводности.
3	Гидравлический расчет трубопроводов	Простые и сложные трубопроводы. Определение давления p_1 при заданных расходе жидкости Q и давлении p_2 . Определение расхода Q при заданных давлениях p_1 и p_2 . Определение диаметра трубопровода d при заданных расходе Q и давлениях p_1 и p_2 .

4.3 Перечень лабораторных работ

Лабораторных работ не предусмотрено

4.4 Перечень практических занятий

Учебный год № 3

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Расчет проницаемости, коэффициента фильтрации, скорости потока	2
2	Определение неоднородности и эффективного диаметра породы по гранулометрическому составу	2
3	Расчет простого трубопровода	2

4.5 Самостоятельная работа

Учебный год № 2

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Написание реферата	14
2	Проработка разделов теоретического материала	20

Учебный год № 3

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Подготовка к контрольным работам	12
2	Подготовка к сдаче и защите отчетов	6
3	Подготовка к экзамену	9
4	Проработка разделов теоретического материала	24

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: дискуссия, работа в команде, кейс-технологии

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

Аузина, Лариса Ивановна. Нефтегазовая гидромеханика [электронный ресурс библиотеки ИРНИТУ: //elib.istu.edu. er-16592]: Методические указания по выполнению практических заданий и самостоятельных работ для студентов заочной формы обучения студентов по направлению 21.03.01 «Нефтегазовое дело». Иркутск: ИРНИТУ, 2018г.

5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Аузина, Лариса Ивановна. Нефтегазовая гидромеханика [электронный ресурс библиотеки ИРНИТУ: //elib.istu.edu. er-16592]: Методические указания по выполнению практических заданий и самостоятельных работ для студентов заочной формы обучения студентов по направлению 21.03.01 «Нефтегазовое дело». Иркутск: ИРНИТУ, 2018г.

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 учебный год 2 | Устный опрос

Описание процедуры.

Опрос с использованием интерактивных методов: работы в команде и дискуссии
Вопросы для контроля:

- основные понятия: коллектор, крышка,
- виды ловушек УВ,
- понятие гидродинамической системы,
- представление о схематизации,
- стационарные и нестационарные модели фильтрации флюидов в подземных гидродинамических системах,
- понятие сплошной среды,
- модели коллекторов: геометрические, механические.
- основные физические характеристики коллекторов.

Критерии оценивания.

- активное участие в командной работе и дискуссии при обсуждении темы 10 баллов,
- не активное участие в командной работе и дискуссии при обсуждении темы 5 баллов,
- неучастие в командной работе и дискуссии при обсуждении темы 0 баллов.

6.1.2 учебный год 3 | Устный опрос

Описание процедуры.

Опрос с использованием интерактивных методов: работа в команде и дискуссия
Вопросы для контроля:

- простые и сложные трубопроводы,
- потери напора. Принципы расчета, факторы, влияющие на величину h_t ,
- коэффициент шероховатости, численные значения для различных труб, единицы измерения,
- принципы решения задач оптимизации,
- определение давления p_1 при заданном расходе жидкости Q и конечном давлении p_2 ,
- определение давления p_2 при заданном расходе жидкости Q и конечном давлении p_1 ,
- внутренний и внешний диаметр трубопровода, ГОСТ Р 56403-2015 «Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Трубы стальные сварные. Технические условия»,
- определение диаметра трубопровода d при заданных расходе Q и давлениях.

Критерии оценивания.

- активное участие в командной работе и дискуссии при обсуждении темы 10 баллов,
- не активное участие в командной работе и дискуссии при обсуждении темы 5 баллов,
- неучастие в командной работе и дискуссии при обсуждении темы 0 баллов.

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы)
----------------------------------	---------------------	-------------------

		оценивания промежуточной аттестации
ОПК-7.7	Показывает умение ставить задачи исследования и планировать этапы исследования, характеризующие методику экспериментальной работы с объектами нефтегазовой отрасли, используя программные средства. Обучающийся демонстрирует наличие глубоких и исчерпывающих знаний в объеме пройденного программного материала, правильные и уверенные действия по применению полученных знаний на практике, грамотное и логически стройное изложение материала при ответе, знание дополнительно рекомендованной литературы. Показывает уверенные знания состава и принципы работы в прикладных программных продуктах, по проектированию бурения нефтяных и газовых скважин, работы автоматизированных информационных систем, средств моделирования технологических процессов сопровождаемых строительство скважин. Демонстрирует умения в части подбора программных продуктов для целей решения прикладных задач нефтегазового производства. Показывает устойчивые навыки владения приемами применения стандартных программных комплексов для математического моделирования процессов в нефтегазовом производстве.	Устный опрос по контрольным вопросам, Тестирование

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Учебный год 3, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Экзамен проводится в виде ответов на контрольные вопросы, тестовые задания и обсуждения результатов выполнения контрольной работы, выполняемой по «Методическим рекомендациям...» (п.5.1.1)

1. Для сдачи экзамена по дисциплине студент должен иметь при себе: а) зачетку, б) выполненные контрольную работу и реферат, в) ручку и два листа чистой бумаги, г)

собственные лекции, которыми при подготовке в аудитории при необходимости он сможет воспользоваться, их наличие и полнота будут учитываться при вынесении решения преподавателем.

Время подготовки ответов на экзаменационные вопросы составляет 6 мин.

3. При правильном ответе на 1 вопрос билета студент получает 10 баллов, 2 вопроса – 20 баллов, 2 вопроса и задача - 30 баллов. Выполненная контрольная работа оценивается максимум в 25 баллов. Реферат оценивается максимум в 15 баллов

ответы на вопросы экзаменационного билета - $10 \cdot 3 = 30$ баллов;

реферат - 15 баллов;

контрольная работа - 20 баллов;

тестирование (3 вопроса теста) - 15 баллов.

Перечень вопросов к экзамену:

1. Понятие сплошной среды в механике.
2. Методы описания процесса движения сплошной среды. Методы Лагранжа, Эйлера.
3. Уравнения неразрывности, состояния, сохранения массы и энергии.
4. Жидкости капельные, газообразные, реальные и идеальные.
5. Газы идеальные и реальные. Универсальная газовая постоянная.
6. Уравнение Менделеева-Клайперона. Кривые Д.Брауна.
7. Гранулометрический состав грунта. Коэффициент неоднородности.
8. Факторы, влияющие на потери давления по длине нефтепровода. Принципы расчета.
9. Принцип оптимизации диаметра нефтепровода
10. Нефтеотдача пласта (КИН). Методы оценки.
11. Динамическая и кинематическая вязкость.
12. Основные физические свойства жидкостей и газов. Методы их определения. Фазовые переходы.
13. Реологические свойства жидкости.
14. Определения гидростатического давления.
15. Уравнение гидростатики Л.Эйлера.
16. Уравнение Бойля-Мариотта.
17. Методы определения гидростатического давления столба газа.
18. Пьезометрическая поверхность.
19. Уравнение Бернулли и его графическое представление.
20. Способы определения расхода (дебита) жидкостей и газов.
21. Уравнение движения идеальной жидкости Эйлера.
22. Примеры технического приложения уравнения Д. Бернулли.
23. Типы режимов движения жидкостей в трубах.
24. Число Рейнольдса. Методы определения, физическая суть.
25. Турбулентное движение жидкостей в трубах.
26. Установившееся и неустановившееся движение потоков.
27. Особенности движения флюидов в пористой среде, в трещинной среде, в пористо-трещинной среде. Пласт «двойной пористости».
28. Кажущаяся скорость фильтрации, действительная скорость движения флюида в пористой среде.
29. Закон Дарси, пределы его применения.
30. Понятие моделирования. Прямые и обратные задачи. Активные и пассивные задачи.
31. Типы моделей. Основные направления моделирования: геометрическое, механическое и связанное с наличием жидкости.
32. Математическое (численное) моделирование – основной способ исследования подземной гидромеханики. Несовершенства, связанные с идеализированным представлением реального месторождения.
33. Основы анализа размерностей, теория подобия, л-теорема.

34. Применение теории размерностей для решения практических задач гидромеханики.
 35. Характеристика простейших фильтрационных потоков: прямолинейно - параллельного, плоско – радиального, радиально – сферического.
 36. Виды несовершенства скважин, коэффициенты несовершенства (C1, C2, C3) и методы их определения, скин – эффект, приведенный радиус скважины.
 37. Способы задания начальных краевых условий.
 38. Физические свойства нефти. Плотность, вязкость. Классификация по плотности (русская, API).
 39. Физические свойства коллекторов. Пористость, проницаемость (абсолютная, эффективная, относительная, к-т фильтрации, пьезопроводность, гранулометрический состав, карбонатность). Основные типы горных пород -коллекторов углеводородов.
 40. Физические свойства газов. Плотность, растворимость, Реальный и идеальный газы. Основные составляющие природного газа. Уравнение Менделеева-Клапейрона.
 41. Зависимость физических свойств нефти от давления. Виды давления. Давление насыщения.
 42. Пластовые воды.
 43. Коэффициенты нефте-, водо- и газонасыщенности.
 44. Основоположники нефтегазовой гидромеханики.
 45. Гипотезы происхождения углеводородов в земной коре.
 46. Виды ловушек углеводородов.
 47. Понятие моделирования. Виды моделирования. Схематизация.
 48. Типы моделей (стационарные, нестационарные; одно-, двух- и трехмерные – примеры).
 49. Теория фильтрации. Закон А.Дарси.
 50. Модели флюидов (по степени сжимаемости, гомо- и гетерогенные, ньютоновские и неньютоновские).
 51. Модели коллекторов (геометрические реальные: поровые, трещинные, смешанные; идеализированные: фиктивный и идеальный грунт).
 52. Уравнение неразрывности Н.Эйлера.
 53. Границы применимости закона Дарси. Квадратичный закон Краснопольского. Число Рейнольдса.
 54. Скорость фильтрации. Пористая среда. Потенциальное движение. Оператор Лапласа.
 55. Трещинная среда и ее характеристика через формулу Буссинеска.
 56. Характерные особенности трещинно-пористой среды.
 57. Деформируемые и недеформируемые коллекторы.
 58. Основные математические уравнения, описывающие процессы в системе «флюид-горная порода»:
 - 1) закон сохранения массы
 - 2) уравнение движения
 - 3) уравнение сохранения энергии (первый закон термодинамики)
 Количество теплоты Q, полученное системой, идет на изменение ее внутренней энергии ΔU и совершение работы над внешними телами A.

$$Q = \Delta U + A$$
 - 4) уравнения движения—закон Дарси
 - 5) уравнения состояния:
59. Краевые условия. Начальные и граничные условия.
 60. Границы внешние и внутренние. Граничные условия 1-ого и 2-ого рода.
 61. Теория многофазной многокомпонентной фильтрации
 62. Гомогенные и гетерогенные системы. Понятие фазы.
 63. Численные методы решения гидродинамических задач. Цели моделирования.

64. Сущность моделирования процессов фильтрации флюидов в пластах.
65. Прямые активные и пассивные задачи.
66. Обратные активные и пассивные задачи.
67. Понятие системы. Саморазвивающиеся системы.
68. Системный подход к решению задач. Схематизация. Виды моделирования.
69. Геометрические модели, механические модели, модели, связанные с наличием жидкости.
70. Природные режимы залежей нефти и газа. Основные показатели разработки в графическом представлении.
71. Режимы нефтяных залежей: водонапорный, упруговодонапорный, газонапорный, режим растворенного газа, гравитационный режим.
72. Режимы газовых и газоконденсатных залежей: газовый, упруговодогазонапорный, смешенные природные режимы.
73. Искусственные методы воздействия на нефтяные пласты и призабойную зону:
 - методы поддержания пластового давления (заводнение, закачка газа в газовую шапку пласта);
 - методы, повышающие проницаемость пласта и призабойной зоны (солянокислотные обработки призабойной зоны пласта, гидроразрыв пласта и др.);
 - методы повышения нефтеотдачи и газоотдачи пластов.
74. Требования к воде для ППД
75. Меры, направленные на повышения качества воды, используемой в системе ППД: природной воды, сточных вод.

Пример задания:

Пример экзаменационного билета

1. Понятие сплошной среды в механике.
2. Уравнение Бернулли и его графическое представление.
3. Задача:

Определить скорость жидкости в трубопроводе и режим её движения. Наружный диаметр 250 и толщина стенки 10 мм. Расход составляет 140 м³/час.

Примеры тестовых заданий:

1. Сплошная среда – это (более 1-ого ответа):
 - а. механическая система, обладающая бесконечным числом внутренних степеней свободы.
 - в. система, в которой все элементы имеют одинаковые свойства
 - с. изотропная равномерно пористая среда.
2. Статическое давление – это (1 ответ):
 - а. давление, формирующееся в процессе эксплуатации
 - в. первоначальное давление в пласте
 - с. правильного ответа нет.
3. Весовой (массовый) и объемный расходы связаны (1 ответ):
 - а. вязкостью
 - в. плотностью
 - с. гидропроводностью.
4. Режимы движения потоков (более 1 ответа):
 - а. ламинарный, турбулентный, вязкопластичный
 - в. ламинарный, турбулентный, капиллярный
 - с. стационарный, нестационарный
5. Формула Пуазейля позволяет определить (1 ответ):
 - а. скорость движения потока

- в. коэффициент упругости пласта
- с. коэффициент гидравлического сопротивления.
- 6. Факторы, влияющие на потери напора в трубопроводе (более 1 ответа):
 - а. длина, диаметр, расход, химический состав УВ, климат
 - в. сила трения, диаметр, расход, амортизация трубы
 - с. длина, диаметр, расход, режим движения потока
- 6. Условия, необходимые для формирования НГКМ (1 ответ):
 - а. пласт-коллектор осадочных пород с уклоном не менее 300, крышка
 - в. глубина коллектора не менее 1200 м
 - с. пласт-коллектор, крышка,
- 7. Какая схема плоского потока изображена на рисунке (1 ответ):
 - а. плоскопараллельная
 - в. плоскорадиальная
 - с. радиально-сферическая.

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
более 80 баллов	60-79 баллов	40-60 баллов	менее 40 баллов

7 Основная учебная литература

1. Басниев К. С. Подземная гидромеханика [Электронный ресурс] : учебное пособие / К. С. Басниев, И. Н. Кочина, В. М. Максимов, 1993. - 416.
2. Дмитриев Н. М. Введение в подземную гидромеханику : учебное пособие для подготовки бакалавров и магистров по направлению 553600 "Нефтегазовое дело" специальности 090800 "Бурение нефтяных и газовых месторождений" ... / Н. М. Дмитриев, В. В. Кадет, 2009. - 269.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Гиматудинов Ш. К. Физика нефтяного и газового пласта : учебник для вузов по специальности "Технология и комплексная механизация разработки нефтяных и газовых месторождений" / Ш. К. Гиматудинов, А. И. Ширковский, 2014. - 310.
2. Элланский. Инженерия нефтегазовой залежи. Т. 1 : Нефтегазовая залежь и ее изучение по скважинным данным, 2001. - 287.
3. Подземная гидромеханика : учеб. для специальности 130603 "Раб. и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений"... / К. С. Басниев [и др.], 2006. - 488.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Свободно распространяемое программное обеспечение Microsoft Office

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Проектор EPSON EB-X31
2. доска аудиторная