

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Исполнительный директор
программы развития,
руководитель научно-
исследовательской политики
Г.Н. Суворов
«25» _____ 2026 г.



МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ ЗАДАЧ В ПОРИСТОЙ СРЕДЕ
Рабочая программа для обучающихся
по научной специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы
(производственная аспирантура)
форма обучения (очная)

Шевелёв А.П., Лукошкина Т.А. Моделирование локальных задач в пористой среде. Рабочая программа для обучающихся по научной специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы (производственная аспирантура), форма обучения (очная). Тюмень, 2026.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями ФГТ к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, утверждены приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 20 октября 2021 г., № 951.

Рабочая программа дисциплины Моделирование локальных задач в пористой среде опубликована на сайте ТюмГУ: [электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.utmn.ru/sveden/education/#>.

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Целью дисциплины является освоение методов моделирования и решения локальных задач теории фильтрации, применение её методов к решению задач, подобных реальным практическим задачам, знакомство с многоствольными и многозабойными скважинами, обучение методике расчёта влияния призабойной зоны пласта.

Задачи учебного курса:

- познакомить студентов с основными методами моделирования и решения локальных задач, с понятием форм-фактора;
- научить выбирать оптимальный метод решения задач, подобных реальным задачам на производстве;
- обучить методике расчёта влияния призабойной зоны пласта;
- познакомить с различными видами скважин и новейшими технологиями интенсификации притока.

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Знать:

- основных методов моделирования и расчёта локальных задач теории фильтрации;
- концепции скин-фактора и факторов, влияющих на скин-эффект;
- основных корреляционных зависимостей для дебитов скважин различных типов (вертикальных, горизонтальных, многоствольных, многозабойных);
- понятия форм-фактора и его основных расчётных формул (Диетц, Одех, Феткович-Вьенот);
- видов неоднородностей пласта (слоистая, зональная);
- методов увеличения нефтеотдачи, воздействующих на призабойную зону пласта (гидроразрыв, соляно-кислотная обработка, гидропескоструйная перфорация, виброобработка, термообработка);
- конструкций и особенностей применения различных типов скважин, в том числе технологии Fishbone;
- видов несовершенства скважин (по степени и характеру вскрытия);
- формул Маскета, Козени, Чарного, Пирвердяна для расчёта дебита несовершенных скважин.

Уметь:

- анализировать физические процессы в призабойной зоне пласта и выбирать оптимальный метод решения локальных задач;
- применять математические методы (метод суперпозиции, метод эквивалентных фильтрационных сопротивлений) для расчёта притока флюида к скважинам;
- интерпретировать полученные результаты расчётов и оформлять их в виде отчётов;
- отличать различные виды скважин и обосновывать выбор типа скважины для конкретных геологических условий;
- рассчитывать продуктивность скважин, несовершенных по степени и характеру вскрытия пласта.

Владеть:

- методикой расчёта влияния призабойной зоны пласта на разработку месторождения;
- навыками расчёта дебита скважин с использованием формул Джоши, Борисова, Пилатовского;
- методикой расчёта форм-фактора для различных типов пластов;
- методами анализа эффективности применения методов обработки призабойной зоны пласта;
- методикой расчёта звеньев основного ствола многозабойной скважины;
- навыками расчёта обобщённого фильтрационного сопротивления и учёта скин-фактора.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения данной дисциплины

В результате освоения ОП выпускник должен обладать следующими компетенциями:

- способностью владеть современными подходами к анализу турбулентности, многофазных течений, ударных волн и неустойчивостей потока (ПК-4).
- способностью прогнозировать поведение текучих сред под действием внешних воздействий,
- включая климатические и космические условия (ПК-5).
- способностью адаптировать научные знания к практическим инженерным решениям и промышленным инновациям (ПК-6).
-

3. Структура и объем дисциплины

Таблица 1

Вид учебной работы	Всего часов (академические часы)	Часов в семестре (академические часы)
		4
Общий объем зач. ед. час	3	3
	108	108
Из них:		
Часы аудиторной работы (всего):	22	22
Лекции	12	12
Практические занятия	10	10
Лабораторные / практические занятия по подгруппам	0	0
Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося	50	50
Вид промежуточной аттестации (диф. зачет, кандидатский экзамен, экзамен)	36	Дифференцированный зачет 36

4. Система оценивания

Форма промежуточной аттестации – дифференцированный зачёт, который сдаётся по окончании освоения дисциплины. Дифференцированный зачёт проводится в устно-письменной форме. Дифференцированный зачёт включает письменную часть – ответ по билету, состоящему из трёх вопросов. Устная часть зачёта оценивает полученные знания по дисциплине путем собеседования с преподавателем. При ответе на три вопроса билета ставится оценка "отлично", на два вопроса - "хорошо", на один вопрос - "удовлетворительно". За устное собеседование выставляется отдельная оценка. Итоговая оценка за зачёт выставляется как среднеарифметическая двух оценок (за письменную и устную части).

Для допуска к дифференцированному зачёту обязательно выполнить и сдать реферат, подготавливаемый на практических занятиях по курсу. Темы рефератов формируются в зависимости от тем научного исследования аспирантов. Тема реферата может являться главой диссертации (расчет основных параметров, создание методики теплофизического расчета и др.). Объем реферата – 30-50 страниц. Реферат сдается на проверку преподавателю не позднее чем за 1 неделю до окончания курса, после проверки защищается на практическом занятии. Если защита проходит успешно (аспирант выполнил реферат, сделал доклад и разбирается в теме исследования), то аспирант допускается к дифференцированному зачёту, в противном случае ставится оценка «не зачтено».

5. Содержание дисциплины

5.1. Тематический план дисциплины

Таблица 2

№ п/ п	Наименование тем и/или разделов	Объем дисциплины (модуля), час.				
		Всего	Виды аудиторной работы (академические часы)			Иные виды контактно й работы
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные / практические занятия по подгрупп-пам	
1	2	3	4	5	6	7
	Часов в 4 семестре	58	12	10	0	36
	Моделирование локальных задач в пористой среде	58	12	10	0	36
1	Концепция скин-фактора. Факторы, влияющие на скин-эффект. Положительный и отрицательный скин-фактор. Скин-эффект при обработках призабойных зон скважин. Гидроразрыв пласта. Соляно-кислотная обработка. Гидропескоструйная перфорация. Виброобработка и термообработка.	2	2	0	0	0
2	Практическое занятие 1. Расчет скин-фактора для различных типов обработок призабойной зоны. Оценка эффективности обработок.	2	0	2	0	0
3	Приток флюида к скважинам, несовершенным по степени и характеру вскрытия пласта. Виды несовершенства скважин.	2	2	0	0	0
4	Основные корреляции для дебита скважин, несовершенных по степени вскрытия пласта. Формулы Маскета, Козени, Чарного, Пирвердяна.	2	2	0	0	0
5	Практическое занятие 2. Расчет дебита и продуктивности скважин, несовершенных по	2	0	2	0	0

	степени вскрытия пласта. Использование формул Чарного и Пирвердяна.					
6	Основные корреляции для дебита горизонтальных скважин. Формулы Джоши, Борисова, Пилатовского. Слоистая и зональная неоднородности пласта.	2	2	0	0	0
7	Практическое занятие 3. Расчет дебита горизонтальной скважины по формулам Джоши, Борисова, Пилатовского. Сравнение результатов.	2	0	2	0	0
8	Многоствольные и многозабойные скважины. Конструкция и отличия. Звенья основного ствола многозабойной скважины. Технология Fishbone.	2	2	0	0	0
9	Практическое занятие 4. Расчет звеньев основного ствола многозабойной скважины. Оценка эффективности многоствольных скважин.	2	0	2	0	0
10	Понятие форм-фактора. Порядок расчёта форм-фактора. Форм-фактор различных пластов. Форм-факторы по Диецу и Одету. Метод Феткович-Вьенота.	2	2	0	0	0
11	Практическое занятие 5. Расчет продуктивности скважины с использованием форм-фактора. Составление проекта анализа эффективности обработки призабойной зоны пласта.	2	0	2	0	0
12	Дифференцированный зачет	36	0	0	0	36

	Итого (часов)	58	12	10	0	36
--	----------------------	----	----	----	---	----

5.2. Содержание дисциплины по темам

Тема 1. Концепция скин-фактора и методы обработки призабойной зоны пласта.

Концепция скин-фактора. Факторы, влияющие на скин-эффект. Положительный и отрицательный скин-фактор. Обобщённое фильтрационное сопротивление. Скин-эффект при обработках призабойных зон скважин. Гидроразрыв пласта. Соляно-кислотная обработка. Гидропескоструйная перфорация. Виброобработка и термообработка. Воздействие на призабойную зону поверхностно-активными веществами. Газовые методы воздействия. Пароциклическое воздействие. Электрические и магнитные методы воздействия. Расчёт скин-фактора для различных типов обработок призабойной зоны. Оценка эффективности обработок.

Тема 2. Фильтрация к скважинам, несовершенным по степени и характеру вскрытия пласта.

Приток флюида к скважинам, несовершенным по степени и характеру вскрытия пласта. Виды несовершенства скважин. Основные корреляции для дебита скважин, несовершенных по степени вскрытия пласта. Формулы Маскета, Козени, Чарного, Пирвердяна. Расчёт дебита и продуктивности скважин, несовершенных по степени вскрытия пласта. Дебит скважин, несовершенных по степени и характеру вскрытия пласта, при выполнении закона Дарси и при двучленном законе фильтрации.

Тема 3. Моделирование притока к горизонтальным скважинам.

Горизонтальные скважины: применение, преимущества и недостатки. Приток несжимаемой жидкости к горизонтальной скважине. Основные корреляции для дебита горизонтальных скважин. Формулы Джоши, Борисова, Пилатовского. Зависимость продуктивности горизонтальной скважины от половины длины скважины. Фильтрация в неоднородных средах. Виды неоднородностей пласта: слоистая и зональная неоднородность. Прямолинейно-параллельный поток в неоднородных средах. Плоскорадиальный приток в неоднородных средах. Расчёт дебита горизонтальной скважины по различным формулам, сравнение результатов.

Тема 4. Моделирование притока к многоствольным и многозабойным скважинам.

Многоствольные и многозабойные скважины: особенности, конструкция, отличия, применение. Звенья основного ствола многозабойной скважины. Количество ответвлений для многозабойной скважины. Технология Fishbone. Расчёт звеньев основного ствола многозабойной скважины. Дебит многоствольной скважины. Оценка эффективности многоствольных и многозабойных скважин. Сравнение с традиционными типами скважин.

Тема 5. Понятие форм-фактора и методика расчёта влияния призабойной зоны пласта.

Понятие форм-фактора. Порядок расчёта форм-фактора для различных типов пластов. Форм-факторы по Диецу и Одеху. Метод Феткович-Вьенота. Расчёт продуктивности скважины с использованием форм-фактора. Методика расчёта влияния призабойной зоны пласта на разработку месторождения. Составление проекта анализа эффективности обработки призабойной зоны пласта. Анализ преимуществ и недостатков различных видов скважин.

6. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся

Таблица 3

№ темы	Темы	Формы СРС, включая требования к подготовке к занятиям
--------	------	---

1.	Концепция скин-фактора и методы обработки призабойной зоны пласта	Формы СРС: выполнение домашнего расчётного задания, работа с методическими указаниями и литературой. Требования: освоить концепцию скин-фактора, изучить факторы, влияющие на скин-эффект (положительный и отрицательный), освоить методы обработки призабойной зоны (гидроразрыв, соляно-кислотная обработка, гидropескоструйная перфорация, виброобработка, термообработка, газовые, электрические, магнитные методы, пароциклическое воздействие), научиться рассчитывать скин-фактор для различных типов обработок и оценивать их эффективность. Контроль: проверка домашнего задания, защита расчёта, устный опрос.
2.	Фильтрация к скважинам, несовершенным по степени и характеру вскрытия пласта	Формы СРС: выполнение домашнего расчётного задания, работа с методическими указаниями и литературой. Требования: освоить виды несовершенства скважин (по степени и характеру вскрытия), изучить основные корреляции для дебита несовершенных скважин (формулы Маскета, Козени, Чарного, Пирвердяна), научиться рассчитывать дебит и продуктивность скважин, несовершенных по степени вскрытия, при выполнении закона Дарси и при двучленном законе фильтрации. Контроль: проверка домашнего задания, защита расчёта, решение задач на практическом занятии.
3.	Моделирование притока к горизонтальным скважинам	Формы СРС: выполнение домашнего расчётного задания, работа с методическими указаниями и литературой. Требования: освоить применение горизонтальных скважин, изучить основные корреляции для дебита горизонтальных скважин (формулы Джоши, Борисова, Пилатовского), освоить виды неоднородностей пласта (слоистая и зональная) и их влияние на фильтрацию, научиться рассчитывать дебит горизонтальной скважины по различным формулам и сравнивать результаты. Контроль: проверка домашнего задания, защита расчёта, сравнение результатов по разным формулам.
4.	Моделирование притока к и многоствольным многозабойным скважинам	Формы СРС: выполнение домашнего расчётного задания, работа с методическими указаниями и литературой, подготовка краткого реферата. Требования: освоить особенности конструкции и применения многоствольных и многозабойных скважин, изучить технологию Fishbone, освоить расчёт звеньев основного ствола многозабойной скважины, научиться рассчитывать дебит многоствольной скважины и оценивать эффективность их применения. Контроль: проверка домашнего задания, защита расчёта, устный опрос или защита реферата.

5.	Понятие форм-фактора и методика расчёта влияния призабойной зоны пласта	Формы СРС: выполнение домашнего расчётного задания, работа с методическими указаниями и литературой. Требования: освоить понятие форм-фактора и порядок его расчёта для различных типов пластов, изучить форм-факторы по Dietzu, Одеху и метод Феткович-Вьенота, научиться рассчитывать продуктивность скважины с использованием форм-фактора, освоить методику расчёта влияния призабойной зоны пласта на разработку месторождения, составить проект анализа эффективности обработки призабойной зоны пласта. Контроль: проверка домашнего задания.
6.	Дифференцированный зачет	Подготовка по вопросам

7. Промежуточная аттестация по дисциплине

7.1. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Форма промежуточной аттестации – дифференцированный зачёт, который сдаётся по окончании освоения дисциплины. Дифференцированный зачёт проводится в устно-письменной форме. Дифференцированный зачёт включает письменную часть – ответ по билету, состоящему из трёх вопросов, формируемых из перечня 34 вопросов. Устная часть зачёта оценивает полученные знания по дисциплине путем собеседования с преподавателем. При ответе на три вопроса билета ставится оценка "отлично", на два вопроса - "хорошо", на один вопрос - "удовлетворительно". За устное собеседование выставляется отдельная оценка. Итоговая оценка за зачёт выставляется как среднеарифметическая двух оценок (за письменную и устную части).

Для допуска к дифференцированному зачёту обязательно выполнить и сдать реферат, подготавливаемый на практических занятиях по курсу. Темы рефератов формируются в зависимости от тем научного исследования аспирантов. Тема реферата может являться главой диссертации (расчет основных параметров, создание методики теплофизического расчета и др.). Объем реферата – 30-50 страниц. Реферат сдается на проверку преподавателю не позднее чем за 1 неделю до окончания курса, после проверки защищается на практическом занятии. Если защита проходит успешно (аспирант выполнил реферат, сделал доклад и разбирается в теме исследования), то аспирант допускается к дифференцированному зачёту, в противном случае ставится оценка «не зачтено».

Темы рефератов не ограничиваются, они соответствуют предполагаемым темам диссертации на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук. Если защита реферата проходит успешно (аспирант выполнил реферат, сделал доклад и разбирается в теме исследования), то аспирант допускается к зачёту, в противном случае ставится оценка «не зачтено».

Реферат оформляется шрифтом 14 Times New Roman с полуторным интервалом, абзацный отступ 1,25 см, интервал полуторный.

Пример оформления реферата

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Кафедра моделирования физических процессов и систем

Реферат
по теме: «Тема диссертации»

Аспирант 2 курса
по научной специальности

Фамилия И.О.
1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы

Проверил:

Фамилия И.О.
кандидат физико-математических наук

Тюмень год

ВВЕДЕНИЕ

Описывается актуальность задачи.

ГЛАВА 1. НАЗВАНИЕ ГЛАВЫ

Текст главы, рисунки, таблицы.

ГЛАВА 2. НАЗВАНИЕ ГЛАВЫ

Текст главы, рисунки, таблицы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Список литературы оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления».

Вопросы к дифференцированному зачёту

1. Основные элементы конструкции скважины.
2. Призабойная зона и контур питания.
3. Концепция скин-фактора.
4. Факторы, влияющие на скин-эффект.
5. Соляно-кислотная обработка.
6. Заиленность скважин. Гидропескоструйная перфорация.
7. Виброобработка и термообработка.
8. Обобщённое фильтрационное сопротивление.
9. Приток к скважинам, несовершенным по степени и по характеру вскрытия пласта.
10. Основные корреляции дебита скважин, несовершенных по степени вскрытия пласта.
11. Дебит скважин, несовершенных по степени и характеру вскрытия пласта, при выполнении закона Дарси.
12. Дебит скважин, несовершенных по степени и характеру вскрытия пласта, при двучленном законе фильтрации.
13. Горизонтальные скважины. Применение.
14. Приток несжимаемой жидкости к горизонтальной скважине.
15. Основные корреляции для дебита горизонтальных скважин.
16. Зависимость продуктивности горизонтальной скважины от половины длины скважины.
17. Фильтрация в неоднородных средах. Виды неоднородностей пласта.
18. Слоистая неоднородность. Прямолинейно-параллельный поток.
19. Зональная неоднородность. Прямолинейно-параллельный поток.
20. Плоскорадиальный приток в неоднородных средах.
21. Многоствольные скважины. Особенности и применение.
22. Многозабойные скважины.
23. Звенья основного ствола многозабойной скважины.

24. Количество ответвлений для многозабойной скважины.
25. Технология Fishbone.
26. Дебит многоствольной скважины.
27. Методы увеличения нефтеотдачи, воздействующие на призабойную зону пласта.
28. Воздействие на призабойную зону поверхностно-активными веществами.
29. Газовые методы воздействия на призабойную зону пласта.
30. Пароциклическое воздействие на призабойную зону пласта.
31. Электрические и магнитные методы воздействия на призабойную зону пласта.
32. Понятие форм-фактора.
33. Порядок расчёта форм-фактора.
34. Методика расчёта влияния призабойной зоны пласта при разработке месторождения. Некоторые преимущества и недостатки различных видов скважин.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Основная литература:

1. Подземная гидромеханика / К. С. Басниев, Н. М. Дмитриев, Р. Д. Каневская, В. М. Максимов. — Подземная гидромеханика, 2023-02-12. — Электрон. дан. (1 файл). — Москва, Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2019 — 488 с. — Гарантированный срок размещения в ЭБС до 12.02.2023 (автопродлонгация). — Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. — Текст. — электронный. — <URL:<http://www.iprbookshop.ru/91980.html>>. (дата обращения: 21.05.2026). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

8.2. Дополнительная литература:

1. Снарев, А.И. Расчеты машин и оборудования для добычи нефти и газа: учебно-практическое пособие [Электронный ресурс] / А.И. Снарев. - изд. 3-е, доп. - М.: Инфра-Инженерия, 2010. - 232 с. - ISBN 978-5-9729-0025-1 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/520451> (дата обращения: 21.05.2026)
2. Дмитриев Н.М., Кадет В.В. Подземная гидромеханика. Пособие для семинарских занятий. М.: Интерконтакт Наука, 2008, 174 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/345214> (дата обращения: 21.05.2026)

8.3. Интернет-ресурсы:

1. Электронная международная библиотека статей на нефтегазовую тематику OnePetro <https://www.onepetro.org/>.
2. Электронная библиотека Попечительского совета механико-математического факультета Московского государственного университета <http://lib.mexmat.ru>
3. eLIBRARY – Научная электронная библиотека (Москва) <http://elibrary.ru/>

9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

LibreOffice, платформы: Яндекс. Мессенджер, Яндекс.Телемост, Lazarus, Pascal ABC.NET.

10. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины

- Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная.
- Мультимедийная учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная, персональный компьютер.

11. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям лиц с ограниченными возможностями

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) могут предлагаться одни из следующих вариантов восприятия информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей, в том

числе с применением электронного обучения и дистанционных технологий:

- для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); индивидуальные задания и консультации.

- для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; индивидуальные задания и консультации.

- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.

12. Методические рекомендации обучающимся по выполнению самостоятельной работы

Начинать надо с изучения рекомендованной литературы. Особое внимание при этом необходимо обратить на содержание основных положений и выводов, объяснение явлений и фактов, уяснение практического приложения рассматриваемых теоретических вопросов. В процессе этой работы аспирант должен стремиться понять и запомнить основные положения рассматриваемого материала, примеры, поясняющие его, а также разобраться в иллюстративном материале. Заканчивать подготовку следует составлением плана (конспекта) по изучаемому материалу (вопросу). Это позволяет составить концентрированное, сжатое представление по изучаемым вопросам. При необходимости следует обращаться за консультацией к преподавателю. Перед консультацией необходимо хорошо продумать вопросы, которые требуют разъяснения. Ведение записей способствует превращению чтения в активный процесс, мобилизует, наряду со зрительной, и моторную память. Следует помнить: у аспиранта, систематически ведущего записи, создается свой индивидуальный фонд подсобных материалов для быстрого повторения прочитанного, для мобилизации накопленных знаний. Особенно важны и полезны записи тогда, когда в них находят отражение мысли, возникшие при самостоятельной работе.