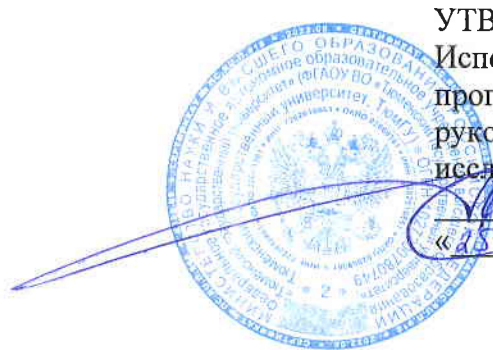


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

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



ПРИКЛАДНЫЕ ЗАДАЧИ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА
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. Прикладные задачи нефтегазового комплекса. 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 Прикладные задачи нефтегазового комплекса опубликована на сайте ТюмГУ: [электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.utmn.ru/sveden/education/#>.

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель дисциплины — сформировать у аспирантов систему теоретических знаний и практических навыков в области математического и численного моделирования прикладных задач нефтегазового комплекса, включая тепловые методы увеличения нефтеотдачи, диффузионные процессы и технологию парогравитационного дренажа (SAGD), а также подготовить аспирантов к самостоятельной научно-исследовательской работе по численному решению задач механики жидкости, газа и плазмы применительно к нефтегазовой отрасли.

Задачи учебного курса:

- ознакомить аспирантов с актуальными задачами нефтегазовой отрасли и ролью математического моделирования в их решении, включая основные этапы численного моделирования физических процессов;
- освоить метод автомодельной переменной для решения задачи о распространении тепла в пласте, научиться определять время прогрева пласта;
- изучить явные и неявные конечно-разностные схемы решения дифференциальных уравнений в частных производных, освоить понятия порядка аппроксимации, устойчивости и сходимости;
- сформировать навыки применения метода прогонки для решения систем разностных уравнений, возникающих при использовании неявных схем;
- освоить численное решение задачи о диффузии веществ в пористой среде с применением неявной конечно-разностной схемы;
- изучить физические основы метода парогравитационного дренажа (SAGD), освоить применение явной конечно-разностной схемы для решения двумерной и трёхмерной задач теплопроводности при инициации процесса SAGD, научиться сводить трёхмерную задачу к двумерной;
- освоить численные методы решения нелинейных дифференциальных уравнений, учитывающих зависимость свойств породы от температуры и давления;
- сформировать навыки анализа чувствительности физических величин от входных параметров, использования безразмерных комплексов подобия и оформления научных отчётов;
- развить умения написания алгоритмов численных методов и программной реализации для моделирования актуальных задач нефтегазовой отрасли.

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Знать:

- основных этапов математического моделирования и численного исследования физических процессов в нефтегазовой отрасли;
- масштабов процессов и роли различных связей при моделировании;
- основных понятий разработки месторождений.

Уметь:

- применять понятия масштабных и безразмерных переменных, оценивать их роль;
- применять численные методы при решении задач нефтегазовой отрасли.

Иметь навыки:

- написания алгоритмов численных методов решения задач нефтегазовой отрасли;
- моделирования актуальных задач нефтегазовой отрасли.

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 подгруппам	
1	2	3	4	5	6	7

	Часов в 4 семестре	58	12	10	0	36
	Прикладные задачи нефтегазового комплекса	58	12	10	0	36
1	Актуальные задачи нефтегазовой отрасли. Роль математического моделирования. Основные этапы численного моделирования физических процессов. Метод автомодельной переменной. Решение задачи о распространении тепла в пласте. Автомодельные решения уравнений теплопроводности.	2	2	0	0	0
2	Практическое занятие 1. Решение задачи о распространении тепла в пласте с помощью метода автомодельной переменной. Определение времени прогрева пласта.	2	0	2	0	0
3	Численные методы решения задач нефтегазовой отрасли. Явные конечно-разностные схемы. Порядок аппроксимации, устойчивость, сходимость.	2	2	0	0	0
4	Практическое занятие 2. Применение явной конечно-разностной схемы для решения задачи о распространении тепла в пласте. Анализ устойчивости.	2	0	2	0	0
5	Неявные конечно-разностные схемы.	2	2	0	0	0

	Метод прогонки. Абсолютная устойчивость. Сравнение явных и неявных схем.					
6	Практическое занятие 3. Применение неявной конечно-разностной схемы для решения задачи о диффузии веществ в пористой среде. Проверка сходимости.	2	0	2	0	0
7	Метод парогравитационного дренажа (SAGD). Инициация процесса SAGD. Двумерная и трехмерная задачи теплопроводности.	2	2	0	0	0
8	Практическое занятие 4. Применение явной схемы для решения двумерной задачи теплопроводности при SAGD. Сведение трехмерной задачи к двумерной.	2	0	2	0	0
9	Нелинейные дифференциальные уравнения в нефтегазовой отрасли. Зависимость свойств породы от температуры и давления.	2	2	0	0	0
10	Практическое занятие 5. Применение численных методов для решения нелинейного дифференциального уравнения (зависимость свойств породы от температуры).	2	0	2	0	0
11	Анализ чувствительности физических величин от входных параметров.	2	2	0	0	0

	Безразмерные комплексы подобия. Оформление научных отчетов.					
12	Дифференцированные й зачет	36	0	0	0	36
	Итого (часов)	58	12	10	0	36

5.2. Содержание дисциплины по темам

Тема 1. Численные методы решения задачи о распространении тепла в пласте.

Актуальные задачи нефтегазовой отрасли, в том числе для Тюменской области. Тепловые методы увеличения нефтеотдачи. Задача о распространении тепла в пласте. Метод автомодельной переменной. Дифференциальные уравнения в частных производных. Численные методы для решения нефтегазовой отрасли. Сетка. Сеточная функция. Применение явной конечно-разностной для уравнения теплопроводности в пласте. Порядок аппроксимации, устойчивость, сходимость явной конечно-разностной схемы для задачи о распространении тепла в пласте. Основы теории алгоритмов для решения задач нефтегазовой отрасли. Основные элементы программы. Анализ чувствительности физических величин от входных параметров. Основы структуры научных отчётов. Применение неявной конечно-разностной схемы для решения задачи о распространении тепла в пласте. Отличие неявной схемы от явной. Метод прогонки как разновидность метода последовательного исключения неизвестных для задачи о распространении тепла в пласте.

Тема 2. Численные методы решения задачи о диффузии веществ в пласте.

Применение неявной конечно-разностной схемы для решения задачи о диффузии веществ в пористой среде. Уравнение диффузии. Порядок аппроксимации, устойчивость, сходимость неявной схемы для решения задачи о диффузии веществ в пористой среде.

Абсолютная устойчивость.

Тема 3. Численные методы решения задачи об инициации процесса парогравитационного дренажа.

Метод парогравитационного дренажа (Steam-Assisted Gravity Drainage, SAGD). Инициация процесса SAGD. Двумерная задача теплопроводности при SAGD. Применение явной схемы для решения двумерной задачи теплопроводности при SAGD. Трёхмерная задача теплопроводности при SAGD. Цилиндрические координаты. Применение явной схемы для решения трёхмерной задачи. Оптимальный выбор сетки. Расчётное время. Сведение трёхмерной задачи к двумерной.

Тема 4. Численные методы решения задачи о зависимости свойств породы от температуры.

Нелинейные дифференциальные уравнения в нефтегазовой отрасли. Физические свойства пород, нелинейные зависимости параметров. Применение численных методов для решения нелинейного дифференциального уравнения (зависимость свойств породы от температуры).

6. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся

Таблица 3

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

1.	Численные методы решения задачи о распространении тепла в пласте	Формы СРС: выполнение домашних расчётных заданий; работа с методическими указаниями; написание программного кода. Требования: освоить метод автомодельной переменной для решения задачи о распространении тепла в пласте, научиться определять время прогрева пласта; изучить явные и неявные конечно-разностные схемы, понятия аппроксимации, устойчивости и сходимости; освоить метод прогонки; выполнить программную реализацию явной и неявной схем для уравнения теплопроводности; провести анализ чувствительности решения от входных параметров; оформить отчёт по результатам расчётов. Контроль: проверка домашних заданий, защита программного кода, проверка отчёта.
2.	Численные методы решения задачи о диффузии веществ в пласте	Формы СРС: выполнение домашнего расчётного задания; работа с методическими указаниями; написание программного кода. Требования: освоить уравнение диффузии в пористой среде; изучить применение неявной конечно-разностной схемы для решения задачи диффузии; научиться оценивать порядок аппроксимации, устойчивость и сходимость неявной схемы; освоить понятие абсолютной устойчивости; выполнить программную реализацию решения уравнения диффузии; провести численные эксперименты с различными параметрами. Контроль: проверка домашнего задания, защита программного кода.
3.	Численные методы решения задачи об инициации процесса парогравитационного дренажа (SAGD)	Формы СРС: выполнение домашнего расчётного задания; работа с методическими указаниями; написание программного кода. Требования: освоить физические основы метода парогравитационного дренажа (SAGD) и стадию инициации процесса; изучить применение явной конечно-разностной схемы для решения двумерной задачи теплопроводности; освоить решение трёхмерной задачи в цилиндрических координатах; научиться сводить трёхмерную задачу к двумерной; выполнить программную реализацию двумерной задачи теплопроводности при SAGD; провести анализ оптимального выбора сетки и расчётного времени. Контроль: проверка домашнего задания, защита программного кода.
4.	Численные методы решения задачи о зависимости свойств породы от температуры	Формы СРС: выполнение домашнего расчётного задания; работа с методическими указаниями; написание программного кода. Требования: освоить постановку нелинейных дифференциальных уравнений в нефтегазовой отрасли; изучить физические свойства пород и их нелинейные зависимости от температуры; освоить численные методы решения нелинейных задач (линеаризация, итерационные методы); выполнить программную реализацию решения нелинейного уравнения теплопроводности с зависимостью свойств породы от температуры; провести сравнение с линейным случаем. Контроль: проверка домашнего задания, защита программного кода.
5.	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 28 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 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. Актуальные задачи нефтегазовой отрасли (на примере Тюменской области). Роль математического моделирования.
2. Тепловые методы увеличения нефтеотдачи: классификация, физические принципы, области применения.
3. Постановка задачи о распространении тепла в пласте. Основные допущения и уравнения.
4. Метод автомодельной переменной: суть метода, условия применимости, решение задачи теплопроводности.
5. Определение времени прогрева пласта с использованием автомодельного решения.
6. Дифференциальные уравнения в частных производных в задачах нефтегазовой отрасли: примеры, классификация.
7. Численные методы решения задач нефтегазовой отрасли: понятие сетки и сеточной функции.
8. Явная конечно-разностная схема для уравнения теплопроводности: построение, порядок аппроксимации.
9. Устойчивость явной конечно-разностной схемы: критерий устойчивости, его физический смысл.
10. Сходимость явной конечно-разностной схемы: определение, связь с аппроксимацией и устойчивостью.
11. Неявная конечно-разностная схема для уравнения теплопроводности: построение, отличие от явной схемы.
12. Метод прогонки как алгоритм решения систем разностных уравнений: прямой и обратный ход.
13. Абсолютная устойчивость неявных схем: преимущества и недостатки по сравнению с явными схемами.
14. Анализ чувствительности физических величин от входных параметров: цели, методы проведения.
15. Основы структуры научных отчётов: требования к оформлению, содержанию и представлению результатов.
16. Постановка задачи о диффузии веществ в пористой среде. Уравнение диффузии.
17. Применение неявной конечно-разностной схемы для решения уравнения диффузии: аппроксимация, устойчивость, сходимость.
18. Метод парогравитационного дренажа (SAGD): физические основы, стадии процесса, роль теплопроводности.
19. Инициация процесса SAGD: задачи, решаемые на этапе инициации, факторы успешного запуска.
20. Двумерная задача теплопроводности при SAGD: постановка, граничные и начальные условия.
21. Применение явной конечно-разностной схемы для решения двумерной задачи теплопроводности.
22. Трёхмерная задача теплопроводности при SAGD в цилиндрических координатах:

особенности постановки.

23. Сведение трёхмерной задачи теплопроводности к двумерной: допущения, методы, преимущества.

24. Оптимальный выбор сетки при численном решении задач SAGD: влияние на точность и расчётное время.

25. Нелинейные дифференциальные уравнения в нефтегазовой отрасли: причины нелинейности, примеры.

26. Зависимость физических свойств породы от температуры: теплопроводность, теплоёмкость, проницаемость.

27. Численные методы решения нелинейных дифференциальных уравнений: линеаризация, итерационные методы (метод простой итерации, метод Ньютона).

28. Применение численных методов для решения нелинейного уравнения теплопроводности с зависимостью свойств породы от температуры.

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

8.1. Основная литература:

1. Мусакаев, Наиль Габсалямович. Течения газожидкостных смесей в каналах: теория и вычислительный эксперимент: [учебное пособие для студентов, обучающихся по специальностям "Физика", "Техническая физика", "Математическое моделирование"] / Н. Г. Мусакаев. — Тюмень : Издательство Тюменского государственного университета, 2017. — 148 с. — Доступ по паролю из сети Интернет (чтение). — URL: https://library.utmn.ru/dl/PPS/Musakaev_654_UP_2017.pdf (дата обращения: 21.05.2026).

2. Нефтегазовые технологии: физико-математическое моделирование течений : учебное пособие для вузов / под редакцией А. Б. Шабарова. — Москва : Издательство Юрайт, 2022 ; Тюмень : Тюменский государственный университет. — 215 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-03665-7 (Издательство Юрайт). — ISBN 978-5-400-00944-0 (Тюменский государственный университет). — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/498906> (дата обращения: 21.05.2026).

8.2. Интернет-ресурсы:

- Springer / ФГБУ «Государственная публичная научно-техническая библиотека России». URL: <https://rd.springer.com/>
- Электронно-библиотечная система “ЗНАНИУМ” / ООО “ЗНАНИУМ”. URL: <https://lib.utmn.ru/tpost/mlxo8l6vg1-znaniumcom>
- Электронно-библиотечная система Лань / ООО ЭБС «ЛАНЬ». URL: <https://e.lanbook.com/>

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.