

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт математики и механики им. Н.И. Лобачевского



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Е.А. Турилова

28 февраля 2025 г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Математическое моделирование геологического строения нефтегазового пласта

Направление подготовки: 01.04.03 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки: Аэрогидромеханика и механика нефтегазового пласта

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
 - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
 - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и): доцент, к.н. Марданов Р.Ф. (Кафедра аэрогидромеханики, отделение механики), Renat.Mardanov@kpfu.ru

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-2	Способен разрабатывать и применять новые методы математического моделирования в научно-исследовательской и опытно-конструкторской деятельности
ПК-3	Способен к организации учебной деятельности в области физико-математических дисциплин

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- начальные основы геологии нефти и газа
- виды геологических моделей, их основные параметры
- исходные данные построения геологических моделей
- основные этапы построения геологических моделей
- основные математические и статистические методы и алгоритмы, используемые при геологическом моделировании

Должен уметь:

применять математические модели и алгоритмы для создания структурных, фациальных моделей и моделей насыщения нефтегазового пласта

Должен владеть:

программными средствами для написания компьютерных программ, реализующих основные этапы построения геологической модели

Должен демонстрировать способность и готовность:

применять полученные знания для решения практических задач

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.03.02 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 01.04.03 "Механика и математическое моделирование (Аэрогидромеханика и механика нефтегазового пласта)" и относится к дисциплинам по выбору части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 1 курсе в 2 семестре.

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) на 72 часа(ов).

Контактная работа - 46 часа(ов), в том числе лекции - 16 часа(ов), практические занятия - 30 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 26 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет во 2 семестре.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Се- мester	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)							Само- сто- тель- ная ра- бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практические занятия, всего	Практические в эл. форме	Лабора-торные работы, всего	Лабора-торные в эл. форме		
1.	Тема 1. Введение в геологию нефти и газа	2	1	0	2	0	0	0	2	
2.	Тема 2. Математическое моделирование резервуаров нефти и газа	2	1	0	2	0	0	0	3	
3.	Тема 3. Исходные данные для построения геологических моделей.	2	2	0	2	0	0	0	3	
4.	Тема 4. Построение структурной модели.	2	2	0	4	0	0	0	3	
5.	Тема 5. Построение фациальной модели	2	2	0	4	0	0	0	3	
6.	Тема 6. Построение модели начального насыщения	2	2	0	4	0	0	0	3	
7.	Тема 7. Математические методы, используемые при построении геологических моделей	2	2	0	4	0	0	0	3	
8.	Тема 8. Статистические методы геологического моделирования	2	2	0	4	0	0	0	3	
9.	Тема 9. Дополнительные методы и алгоритмы геологического моделирования	2	2	0	4	0	0	0	3	
	Итого		16	0	30	0	0	0	26	

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Введение в геологию нефти и газа

Введение в геологию нефти и газа. Строение Земли. Слоистая структура строения осадочной толщи земной коры, виды структурных форм, понятия пласта, перемычки, прослой. Горючие ископаемые: нефть, природный газ, каменный уголь. Физико-химические свойства нефти и газа. Природные резервуары, характеристики коллекторов. Классификация месторождений нефти и газа.

Тема 2. Математическое моделирование резервуаров нефти и газа

Математическое моделирование резервуаров нефти и газа. Виды геологических моделей. Основные параметры модели, термины, определения. Задачи, которые можно решать с использованием геологического моделирования.

Технологическая последовательность построения геологических моделей. Обзор современных компьютерных средств геологического моделирования.

Тема 3. Исходные данные для построения геологических моделей.

Исходные данные для построения геологических моделей. Данные глубинного бурения, стратиграфические отметки в скважинах, геологический каротаж, результаты интерпретации геофизических исследований скважин, проницаемые интервалы. Данные сейсморазведочных работ, сейсмические поверхности, поверхности разломов. Основные форматы представления исходных данных.

Тема 4. Построение структурной модели.

Построение структурной модели. Расчленение разреза, корреляция стратиграфических отметок, применение геолого-статистического разреза пласта. Задание расчетной сетки. Моделирование структурных поверхностей кровли и подошвы пласта. Учет контуров водо-нефтяных и газо-нефтяных контактов и опорных сейсмических поверхностей. Структурная модель с тектоническими нарушениями.

Тема 5. Построение фациальной модели

Построение фациальной модели. Моделирование внутреннего строения пласта, учет особенностей осадконакопления. Создание блочной сетки 3D сетки модели резервуара. Виды сеток: регулярная сетка с прямоугольными ячейками, сетка модели CornerPoint. Построение кубов геологических параметров: пористости, проницаемости, песчанистости и т.п.

Тема 6. Построение модели начального насыщения

Построение модели начального насыщения. Начальное распределение газа, нефти и воды в пласте. Обоснование и построение контуров и поверхностей водо-нефтяного и газо-нефтяного контактов. Определение начального распределения насыщенности пласта. Петрофизические зависимости. Капиллярно-гравитационное равновесие.

Тема 7. Математические методы, используемые при построении геологических моделей

Математические методы, используемые при построении геологических моделей. Методы 2D интерполяции: метод радиальных базисных функций, кубические сплайны; сплайны с натяжением, многоуровневые В-сплайны. Учет степени влияния скважин, учет тектонических нарушений. Учет линейных региональных трендов и опорных сейсмических поверхностей. Билинейная интерполяция сеточных функций.

Тема 8. Статистические методы геологического моделирования

Статистические методы геологического моделирования. Вводные данные: случайные величины, пространственные переменные, случайные функции, вероятность, математическое ожидание, дисперсия, функция распределения случайной величины. Гипотеза стационарности. Методы геостатистического моделирования: построение вариограммы, простой кrigинг, кrigинг с неизвестным матожиданием.

Тема 9. Дополнительные методы и алгоритмы геологического моделирования

Дополнительные методы и алгоритмы геологического моделирования. Триангуляция Делоне, построение диаграмм Вороного, геометризация областей на основе пересекающихся контуров, определение принадлежности точки полигону, вычисление площади полигона. Подсчет запасов, классификация запасов, удельные запасы, коэффициент выработанности запасов.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержен приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996бин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;
- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

"ГЕОЛОГИЯ НЕФТИ И ГАЗА" Научно-технический журнал на русском языке - <https://www.oilandgasgeology.ru/>

Геологическая библиотека - <http://www.geokniga.org/>

Научная электронная библиотека - <http://elibrary.ru/>

Электронная математическая библиотека - <http://www.mat.net.ua/mat/>

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Студентам необходимо посещать лекции, вести конспект лекций вслед за изложением материала преподавателем. Рекомендуется прорабатывать конспект в течение дня после лекции и просматривать его вновь накануне следующей лекции. В случае обнаружения ошибок или возникновения вопросов по предыдущему материалу необходимо обратиться к преподавателю.
практические занятия	Для подготовки к практическим занятиям студенту рекомендуется предварительно прорабатывать как лекционный материал, так и материал предыдущих практических занятий. Основой для подготовки служит добросовестное выполнение домашнего задания. Для успешного решения задач первой части курса студентам рекомендуется вспомнить материал, освоенный в предыдущих семестрах в рамках базовых математических дисциплин.
самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов состоит из двух основных частей - проработка лекционного материала и выполнения домашних заданий. Для освоения теоретического и практического материала, в случае, когда конспектов оказывается недостаточным, или для более детальной проработки отдельных тем рекомендуется использовать литературу, указанную в соответствующем разделе. Все возникающие вопросы рекомендуется заранее четко сформулировать и впоследствии обсудить с преподавателем.
зачет	Подготовку к зачету рекомендуется разделить на два этапа. На первом этапе прорабатываются все вопросы к зачету и формулируются вопросы к преподавателю в рамках консультации по разделам, недостаточно подробно описанным в рамках лекционного курса или более трудным в освоении материала. После консультации происходит окончательная проработка и закрепление материала по всем вопросам.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

Компьютерный класс.

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
 - продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
 - продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
 - продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 01.04.03 "Механика и математическое моделирование" и магистерской программе "Аэрогидромеханика и механика нефтегазового пласта".

Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
*Б1.В.ДВ.03.02 Математическое моделирование геологического
строения нефтегазового пласта*

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 01.04.03 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки: Аэрогидромеханика и механика нефтегазового пласта

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

Основная литература:

1. Губайдуллин М.Г., Краткий курс геологии нефти и газа / Губайдуллин М.Г. - Архангельск : ИД САФУ, 2014. - 145 с. - ISBN 978-5-261-00772-2 - Текст : электронный // ЭБС 'Консультант студента' : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785261007722.html>
2. Бахтин, А.И. Статистические методы в геологии : учебное пособие / А.И. Бахтин, Е.М. Нуриева. - Казань : КФУ, 2013. - 140 с. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/101170>
3. Слабнов, В.Д. Математическое моделирование технологии регулирования процесса извлечения нефти из неоднородных пластов : монография / В.Д. Слабнов. - Казань : КФУ, 2014. - 188 с. - ISBN 978-5-00019-334-1. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/72873>

Дополнительная литература:

1. Колдаев, В. Д. Численные методы и программирование : учебное пособие / В.Д. Колдаев ; под ред. проф. Л.Г. Гагариной. - Москва : ИД 'ФОРУМ' : ИНФРА-М, 2019. - 336 с. - (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-101025-9. - Текст : электронный. - URL: <https://new.znanium.com/catalog/product/1003943>
2. Булыгин, Д. В. Геологические основы компьютерного моделирования нефтяных месторождений / Д. В. Булыгин, Р. Р. Ганиев . - Казань : Изд-во Казанского университета, 2011 . - 355 с.
3. Бахтин, А. И. Математические методы в геологии / А.И. Бахтин .- Казань : Изд-во КГУ, 1987 .- 32 с.

*Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.03.02 Математическое моделирование геологического
строения нефтегазового пласта*

**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая
перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Направление подготовки:01.04.03 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки:Аэрогидромеханика и механика нефтегазового пласта

Квалификация выпускника:магистр

Форма обучения:очное

Язык обучения:русский

Год начала обучения по образовательной программе:2025

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента", доступ к которой предоставлен обучающимся. Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" является электронной библиотечной системой (ЭБС), предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Полностью соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к комплектованию библиотек, в том числе электронных, в части формирования фондов основной и дополнительной литературы.