

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе и
образовательным инновациям

 О.Г. Прохоренко

«08» июля 2022 г.

Регистрационный № УД – 11731/уч.

ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ В ЗАДАЧАХ ГЕОГИДРОМЕХАНИКИ

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности**

1-31 03 02 Механика и математическое моделирование

Минск, 2022 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 03 02-2013 и учебного плана №G31-136/уч. от 30.05.2013, №G31-239/уч. СИБД от 20.06.2020

СОСТАВИТЕЛИ:

Видякин В.В., доцент кафедры теоретической и прикладной механики механико-математического факультета Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

Журавков М.А., заведующий кафедрой теоретической и прикладной механики механико-математического факультета Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Чорный А.Д., заведующий лабораторией турбулентности Института тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси, кандидат физико-математических наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой теоретической и прикладной механики механико-математического факультета Белорусского государственного университета (протокол №11 от 17.05.2022);

Научно-методическим советом Белорусского государственного университета (протокол № 6 от 29.06.2022)

Зав.кафедрой _____

М.А. Журавков

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины

Целью учебной дисциплины «Численные методы в задачах геогидромеханики» является повышение общепрофессионального уровня подготовки студентов, получение новых знаний по специальным разделам современной механики – механики гидродинамических процессов в породных массивах и грунтах.

Задачами дисциплины «Численные методы в задачах геогидромеханики» являются:

- знакомство с механикой гидродинамических процессов в породных массивах и грунтах как разделом современной механики;
- знакомство с механико-математическими моделями решения различных классов задач геогидромеханики;
- знакомство с современными подходами численного решения модельных задач геогидромеханики;
- развитие профессионального мышления, которое обеспечивает специалисту возможность свободно оперировать профессиональными знаниями, видеть проблемы и пути их решения в самостоятельной практической деятельности, выбирать оптимальные пути их решения и методу осуществления решений;

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием (магистра).

Учебная дисциплина «Численные методы в задачах геогидромеханики» относится к **циклу** дисциплин специализации компонента учреждения высшего образования.

Связи с другими учебными дисциплинами, включая учебные дисциплины компонента учреждения высшего образования, дисциплины специализации и др.

Данная дисциплина опирается и использует знания ранее изучаемых дисциплин: «Механика сплошной среды», «Численные методы механики сплошной среды».

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Численные методы в задачах геогидромеханики» должно обеспечить формирование следующих компетенций:

Академические компетенции:

АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.

АК-3. Владеть исследовательскими навыками.

АК-4. Уметь работать самостоятельно.

АК-5. Быть способным вырабатывать новые идеи (обладать креативностью).

АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.

АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.

АК-8. Обладать навыками устной и письменной коммуникации.

Социально-личностные компетенции:

СЛК-2. Быть способным к социальному взаимодействию.

СЛК-3. Обладать способностью к межличностным коммуникациям.

СЛК-5. Быть способным к критике и самокритике.

СЛК-6. Уметь работать в команде.

Профессиональные компетенции:

ПК-5. Заниматься аналитической и научно-исследовательской деятельностью в области механики и прикладной математики.

ПК-7. Проводить исследования в области эффективности решения производственных задач.

ПК-14. Взаимодействовать со специалистами смежных профилей.

ПК-18. Готовить доклады, материалы к презентациям.

ПК-24. Работать с научной, технической и патентной литературой.

ПК-27. Разрабатывать новые информационные технологии на основе проектирования механических схем и систем, проводимым к математическим моделям их оптимизациям.

ПК-28. Применять методы анализа и организации внедрения инноваций.

ПК-29. Реализовывать инновационные проекты в профессиональной деятельности.

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- сущность и классификацию задач геогидромеханики;
- современные подходы и методы к построению механико-математических аналогов задач геогидромеханики;
- современные численные методы и технологии решения модельных задач геогидромеханики.

уметь:

- осуществлять постановку начально-краевых задач геогидромеханики;
- осуществлять математическое и численное решение модельных задач геогидромеханики.

владеть:

- современными подходами и методами, аналитическими решениями прикладной математики для эффективного решения прикладных задач геогидромеханики;
- современными технологиями численного моделирования и решения задач геогидромеханики.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 7 семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Численные методы в задачах геогидромеханики» отведено:

– для очной формы получения высшего образования – 68 часов, в том числе 36 аудиторных часа, из них: лекции – 10 часов, лабораторные занятия – 26 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 2 зачетные единицы.

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине – зачет.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

- Тема 1 Механико-математическая постановка задач геогидромеханики**
Базовые механические модели. Физические соотношения, определяющие поведение геогидромеханических процессов. Полные системы уравнений для описания состояния среды в рамках различных приближений и при использовании различных моделей.
- Тема 2 Моделирование геологического строения нефтяного месторождения**
Базовые понятия и основные этапы создания моделей геологического строения нефтяных месторождений. Интерпретация каротажного материала по скважинам. Построение схем корреляции пластов по скважинным данным. Интерпретация данных сейсморазведки. Построение модели тектонических нарушений. Построение структурно-опорных поверхностей сейсмических горизонтов. Интерполяция скважинных данных на 2D (3D) сеток геологических параметров пластов. Литологическое, петрофизическое моделирование.
- Тема 3 Использование современных программных средств для решения задач геологического моделирования**
Базовые функциональные возможности ПК GeoManager. Решение задач двумерной/трехмерной интерполяции скважинных данных. Создание и 2D/3D визуализация элементов геологических моделей (интерактивное перемещение наблюдателя, масштабирование, управление видимостью элементов модели, цветовая визуализация параметров вдоль геометрии модели, поддержка построения 3D сечений модели, блок-диаграмм). Функции импорта/экспорта данных.
- Тема 4 Функциональные возможности ПК IRAP RMS по решению задач геологического моделирования**
Базовые функциональные возможности ПК IRAP RMS. Подготовка и импорт скважинных данных. Построение схем корреляции данных на скважинах. Создание реперных поверхностей. Осреднение скважинных данных. Создание 3D сеточной модели. Расчет сеточных 3D полей параметров. Настройки отображения скважин, поверхностей, сеточной модели. Функции импорта/экспорта данных. Обменный формат GRDECL.
- Тема 5 Численное моделирование процесса вытеснения нефти водой**

Трехмерная математическая модель Баклея-Левретта вытеснения вязкопластической нефти водой. Типичные начально-краевые задачи в областях со скважинами. Алгоритмы численного решения. Примеры известных численных и аналитических решений. Базовые функциональные возможности ПК GeoManager по гидродинамическому моделированию и визуализации процесса вытеснения нефти водой в пористой среде в областях со скважинами. Подготовка скважинных данных, определение свойств фаз, граничных условий и параметров моделирования. 2D/3D визуализация результатов моделирования (включая модели форматов Roxar MORE, Schlumberger Eclipse). Примеры получения численных решений (пятиточечная схема расстановки скважин, осесимметричная задачи вытеснения вязкопластической нефти водой из цилиндрической области).

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов						Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное	Количество часов	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Механико-математическая постановка задач геогидромеханики	2						Устный опрос
2	Моделирование геологического строения нефтяного месторождения	2						Устный опрос
3	Использование современных программных средств для решения задач геологического моделирования	4			4			Отчет по лабораторным работам с устной защитой. Собеседование
4	Функциональные возможности ПК IRAP RMS по решению задач геологического моделирования				14			Отчет по лабораторным работам с устной защитой. Собеседование
5	Численное моделирование процесса вытеснения нефти водой	2			8			Отчет по лабораторным работам с устной защитой. Собеседование
	Всего	10			26			

ИНФОРМАЦИОННО - МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Журавков М.А. Современные численные методы в механике: курс лекций / М.А. Журавков; БГУ, Механико-математический факультет, кафедра теоретической и прикладной механики. – Минск: БГУ, 2022. – 132 с. <https://elib.bsu.by/handle/123456789/286556>
2. Закревский К.Е. Геологическое 3D моделирование. – Москва: ООО ИПЦ «Маска», 2009.
3. Булыгин Д.В., Медведев Н.Я., Кипоть В.Л. Моделирование геологического строения и разработки залежей нефти Сургутского свода. – Казань: ДАС, 2001.
4. Видякин В.В., Журавков М.А., Коновалов О.Л., Клевченя А.А., Воронков Д.Н., Зенько В.П., Сасункевич С.П. ГИС-технологии при добыче полезных ископаемых. Специализированная корпоративная геоинформационная система MapManager. – Минск: БГУ, 2004.
5. Видякин В.В., Волков В.М., Воронков Д.Н., Галактионов В.А., Клевченя А.А., Шевченко Д.Е. О моделировании процесса разработки нефтяного месторождения // Математическое моделирование, 2011, т.23, №1, с. 19-28.
6. Чертенков М.В., Золова И.В., Пряничникова Е.В., Козлов В.Я., Портянников А.Д., Поляков С.Н., Видякин В.В. Информационная поддержка мониторинга разработки месторождений в научно-проектном комплексе ПАО «ЛУКОЙЛ» // Нефтяное хозяйство, 2016, №6, с. 120-123.
7. Чертенков М.В., Золова И.В., Пряничникова Е.В., Видякин В.В. Информационная поддержка задач контроля и анализа разработки месторождений в научно-проектном комплексе «ЛУКОЙЛ» // Материалы Российской нефтегазовой технической конференции SPE, 16-18 октября, 2017, Москва, Россия.

Дополнительная литература

1. Баренблатт Г.И., Ентов В.М., Рыжик В.М. Движение жидкостей и газов в природных пластах. – Москва: Недра, 1984.
2. Басниев К.С., Кочина И.Н., Максимов В.М. Подземная гидромеханика. – Москва: Недра. 1993.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой отметки

Диагностика результатов учебной деятельности по дисциплине «Численные методы в задачах геогидромеханики» проводится, как правило, во время аудиторных занятий. Для диагностики используются:

- отчеты по лабораторным работам и индивидуальным заданиям с устной защитой;
- устный опрос;
- собеседование.

Оценка за ответы на лекциях (опрос) и лабораторных занятиях включает в себя полноту ответа, наличие аргументов, примеров из практики.

Контрольные мероприятия проводятся в соответствии с учебно-методической картой дисциплины.

Формой текущей аттестации по дисциплине «Численные методы в задачах геогидромеханики» учебным планом предусмотрен **зачет**.

Для студентов, пропустивших контрольные мероприятия или получивших неудовлетворительную оценку, решение о повторном проведении контрольного мероприятия выносится в соответствии с положением о рейтинговой системе оценки знаний студентов по дисциплине в Белорусском государственном университете.

Итоговая отметка по дисциплине «Численные методы в задачах геогидромеханики» формируется на основе 3-х документов:

1. Правила проведения аттестации студентов, курсантов, слушателей при освоении содержания образовательных программ высшего образования (утверждены Постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 29 мая 2012 г. № 53)
2. Положение о рейтинговой системе оценки знаний обучающихся по учебной дисциплине в Белорусском государственном университете (приказ ректора № 189-ОД от 31.03.2020)
3. Критерии оценки результатов учебной деятельности обучающихся в учреждениях высшего образования по десятибалльной шкале (Письмо Министерства образования Республики Беларусь от 28.05.2013 г. № 09-10/53-ПО).

Примерная тематика лабораторных занятий

Тема 3. Функциональные возможности ПК GeoManager применительно к решению задач геологического моделирования. Подготовка, импорт/экспорт данных, решение задач интерполяции, построение геологических карт (4 ч.)

Тема 4. Базовые функциональные возможности ПК IRAP RMS. Стандартные обменные форматы программных средств геологического и гидродинамического моделирования (14 ч.)

Тема 5. Функциональные возможности ПК GeoManager для решения задач гидродинамического моделирования. Подготовка данных, расчет динамики процесса вытеснения нефти водой в областях со скважинами, анализ результатов гидродинамического моделирования (8 ч.)

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины «Численные методы в задачах геогидромеханики»

При организации образовательного процесса используется *практико-ориентированный подход*, который предполагает:

- освоение содержание образования через решения практических задач;
- приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности;
- использование процедур, способов оценивания, фиксирующих формирование профессиональных компетенций.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

1. Самостоятельная работа в процессе работы с литературой.

Просмотрите конспект сразу после занятий. Пометьте материал конспекта лекций, который вызывает затруднения для понимания.

Попытайтесь найти ответы на затруднительные вопросы, используя предлагаемую литературу.

Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, сформулируйте вопросы и обратитесь на ближайшей лекции за помощью к преподавателю.

Каждую неделю рекомендуется отводить время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.

2. Самостоятельная работа по составлению конспекта.

1. Соберите литературу по теме. Изучите тот источник, где она изложена наиболее полно и на современном уровне.

2. По этому источнику составьте подробный план с указанием страниц книги, относящихся к определенному пункту плана.

3. Изучите другие источники. Если в них встречается материал по уже имеющемуся пункту плана, запишите в плане и новый источник с указанием страниц. Если же в другом источнике материал раскрывает тему с другой стороны, добавьте еще пункт плана.

4. Проанализировав всю литературу, собранную по теме, вы получите окончательный план, по которому можно писать конспект, объединяя по пунктам материал из разных источников.

5. Отредактируйте составленный вами конспект, внимательно прочтите его и подумайте: удовлетворяет ли вас его общий план; хорошо ли воспринимается смысловая, логическая связь между отдельными элементами содержания; удачно ли использованы цитаты, правильно ли установлена связь между оборотами речи и фразами; верно ли поставлены знаки препинания в цитатах.

6. Прежде чем переписывать конспект начисто, исправьте все недочеты.

3. Подготовка к лабораторным занятиям

Назначение лабораторных занятий – углубление и проработка теоретического материала предмета путем регулярной и планомерной самостоятельной работы студентов на протяжении всего курса. Непосредственное проведение лабораторного занятия предполагает: решение задач и упражнений по образцу; проведение анализа результатов; систематизацию материала и подготовка отчета о проведенной работе.

Инструкция:

- изучите нормативные документы, обязательную и дополнительную литературу по рассматриваемому вопросу,
- прочтите конспект лекции по теме,
- внимательно изучите порядок выполнения лабораторной работы или алгоритм, представленный преподавателем,
- следуйте строго алгоритму выполнения лабораторной работы.

4. Подготовка к зачету

Внимательно прочитайте материал по конспекту, составленному на учебном занятии.

Прочитайте тот же материал по учебнику, учебному пособию.

Постарайтесь разобраться с непонятными, в частности новыми терминами. Часто незнание терминологии мешает студентам воспринимать материал на занятиях на должном уровне.

Ответьте на контрольные вопросы для самопроверки, имеющиеся в учебнике.

Кратко перескажите содержание изученного материала «своими словами».

Заучите «рабочие определения» основных понятий, законов.

Освоив теоретический материал, приступайте к выполнению заданий, упражнений; решению задач, расчетов по индивидуальным заданиям и т.д.

Примерный перечень заданий самостоятельной работы студентов

1. Подготовить пример скважинных данных для создания геологической модели силами ПК GeoManager, ПК IRAP RMS.
2. Используя ПК GeoManager и модельные скважинные данные, создать элементы геологической модели нефтяного месторождения: 2D поля кровли, подошвы, геологических свойств (проницаемость, пористость, нефтенасыщенность) продуктивного пласта.
3. Используя примеры скважинных данных, создать двухпластовую геологическую модель силами ПК IRAP RMS.
4. Разработать программное средство формирования сеточной 3D модели (GRDECL формат) на основе 2D полей кровли, подошвы, геологических свойств (проницаемость, пористость, нефтенасыщенность).
5. Используя ПК GeoManager подготовить скважинные данные, создать тестовую геологическую модель нефтяного месторождения, определить

свойства вытесняющей/вытесняемой фаз, режимы работы скважин, провести расчеты динамики изменения нефтенасыщенности пласта.

Примерный перечень вопросов к зачету

- 1) Подготовить отчет о выполнении индивидуальных заданий
- 2) Базовые механические модели для задач геогидромеханики.
- 3) Полные системы уравнений для описания состояния среды для задач подземной гидромеханики
- 4) Основные численные методы решения задач геогидромеханики
- 5) Современные программные средства для решения задач подземной гидромеханики
- 6) Основные подходы метода конечных разностей при моделировании процессов подземной гидромеханики
- 7) Основные положения метода граничных интегральных уравнений применительно к решению задач геогидромеханики.
- 8) Основные этапы создания численных моделей для моделирования процессов нефтеизвлечения
- 9) Основные этапы создания моделей геологического строения нефтяных месторождений
- 10) Методы интерпретации каротажного материала по скважинам и данных сейсморазведки.
- 11) Используя текстовый редактор, создать простейшую сеточную модель (GRDECL формат) с заданными координатами вершин ячеек.
- 12) Используя ПК GeoManager и предоставленные скважинные данные, построить карту кровли (подошвы, толщины) геологического пласта.
- 13) Используя ПК IRAP RMS и предоставленные скважинные данные, построить простейшую 3D геологическую модель продуктивного пласта.
- 14) Используя ПК GeoManager и предоставленные скважинные данные, провести расчет динамики процесса вытеснения нефти водой для объекта, вскрытого системой добывающих и нагнетательных скважин.
- 15) Используя ПК GeoManager, ПК IRAP RMS и предоставленную гидродинамическую модель форматов Roxar MORE, Schlumberger Eclipse обеспечить визуализацию результатов моделирования в виде картографических материалов (карты нефтенасыщенности, плотности остаточных запасов), 3D представлений, сечений.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Математические модели МДТТ и основы механики разрушения	Кафедра теоретической и прикладной механики	нет	Изменений в содержании учебной программы не требуется (протокол № 11 от 17.05.2022)

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО

на ____ / ____ учебный год

№п/ п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры теоретической и прикладной механики (протокол № ____ от _____ 2022 г.)

Заведующий кафедрой
д. физ.-мат. наук, профессор

М.А. Журавков

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
д. физ.-мат. наук, профессор

С.М. Босяков