

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Клемина Юрий Сергеевич

Должность: Ректор

Дата подписания: 24.06.2026 14:17:56

Уникальный программный ключ:

3beb265d5d589e7ff4c954946f3ad99a1e70ac12

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное

образовательное учреждение высшего образования

**«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**дисциплина:** 3D геомеханическое моделирование

**направление подготовки:** 21.04.01 Нефтегазовое дело

**направленность (профиль):** Цифровые технологии в нефтегазовом деле

**форма обучения:** очная

Рабочая программа рассмотрена  
на заседании базовой кафедры ООО «РН-ГИР»

Протокол № 6 от 05 мая 2026г.

### 1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель дисциплины: формирование знаний, умений и навыков у магистров квалифицированно и компетентно оценивать качество входных данных для геомеханического моделирования, процедуру построения геомеханической модели и результатов численного моделирования.

Задачи дисциплины:

- познакомить студентов с методами и задачи геомеханического моделирования;
- дать основные понятия, связанные с геомеханикой;
- разобраться в необходимых данных для построения геомеханической модели и данных, используемых для ее калибровки и верификации;
- научить строить одномерные геомеханические модели;
- познакомить с производственными процессами, использующими геомеханическое моделирование, и дать навыки практического использования результатов;
- разъяснить основы гидроразрыва пласта и объяснить использование геомеханического моделирования для задач проектирования ГРП.

### 2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина относится к части учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются:

**Знание:** методов первичной обработки информации, статистических методов анализа, современных представлений о процессах и явлениях, происходящих в продуктивных коллекторах, последовательность действий при бурении скважин, перечня необходимых данных для прогноза аномально-высоких пластовых давлений.

**Умения:** использовать физико-математический аппарат для решения расчетно-аналитических задач, возникающих в ходе освоения дисциплины, интерпретировать основные признаки геологического осложнения по данным ГТИ, классифицировать исходную информацию о работе элементов комплекса, интерпретировать КПД по результатам тестовых нагнетаний при опрессовке открытого ствола и проводить расчёт безопасных границ бурения на качественном уровне.

**Владение:** механизмами и методиками поиска, сбора и обработки информации, необходимой для решения поставленной задачи, методами прогноза аномально-высокого пластового давления по данным ГИС и навыками интерпретации опрессовок открытого ствола.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин: «1D геомеханическое моделирование при бурение скважин» и служит основой для освоения: «Научно-исследовательская работа» и написания выпускной квалификационной работы (магистерской диссертации).

### 3. Результаты обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Таблица 3.1

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции (ИДК)	Код и наименование результата обучения по дисциплине
ПКС-3 Способен планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные ис-	ПКС-3.1 Исследует технологические процессы при освоении месторождений	<b>Знать ПКС-3.1-З1:</b> основные методы контроля качества построенной геомеханической модели
		<b>Уметь ПКС-3.1-У1:</b> интерпретировать качество результатов геомеханического моделирования
	ПКС-3.2	<b>Владеть ПКС-3.1-В1:</b> методами обработки исходных данных о работе элементов комплекса
		<b>Знать ПКС-3.2-З1:</b> методы обработки исходных данных о работе элементов комплекса

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции (ИДК)	Код и наименование результата обучения по дисциплине
следования, критически оценивать данные и делать вывод	Интерпретирует результатов экспериментальных исследований	<b>Уметь ПКС-3.2-У1:</b> интерпретировать по данным ГТИ основные признаки геологического осложнения <b>Владеть ПКС-3.2-В1:</b> перечнем необходимых данных для прогноза аномально-высоких пластовых давлений
	ПКС-3.3 Проводит оценку эффективности существующих технологических процессов, проектов и др.	<b>Знать ПКС-3.3-З1:</b> критерии применимости современных технологий для эксплуатации технологического оборудования <b>Уметь ПКС-3.3-У1:</b> применять современные технологии для эксплуатации технологического оборудования <b>Владеть ПКС-3.3-В1:</b> навыками эффективной эксплуатации технологического оборудования нефтегазового производств
ПКС-4 Способен использовать профессиональные комплексы в области математического и физического моделирования технологических процессов и объектов	ПКС-4.1 Пользуется специализированными продуктами	<b>Знать ПКС-4.1-З1:</b> специализированные программные комплексы
		<b>Уметь ПКС-4.1-У1:</b> использовать методические указания по специализированному ПО <b>Владеть ПКС-4.1-В1:</b> навыками применения специализированного ПО для решения профессиональных задач (РН-СИГМА, РН-ГРИД)
	ПКС-4.2 Разрабатывает физические, математические и компьютерные модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к процессу освоения месторождений, в том числе на континентальном шельфе	<b>Знать ПКС-4.2-З1:</b> стадии построения геомеханических моделей, теоретические основы алгоритмов расчёта геомеханической модели
		<b>Уметь ПКС-4.2-У1:</b> выполнять построение одномерных моделей механических свойств на основании комплексирования экспериментов по определению механических свойств образцов пород, геофизических исследований скважин и данных сейсмических исследований
		<b>Владеть ПКС-4.2-В1:</b> методами одномерного геомеханического моделирования, методами геомеханического мониторинга состояния породного массива, приемами интерполяции
	ПКС-4.3 Работает с пакетами программ, позволяющих проводить математическое моделирование основных технологических процессов и технологий, применяемых при освоении месторождений	<b>Знать ПКС-4.3-З1:</b> основные технологические процессы и технологии, применяемые при геомеханическом моделировании
<b>Уметь ПКС-4.3-У1:</b> использовать алгоритмы для построения математической модели основных технологических процессов и технологий, применяемых в геомеханическом моделировании <b>Владеть ПКС-4.3-В1:</b> навыками работы с пакетами программ для моделирования основных технологических процессов и технологий, применяемых при геомеханическом моделировании		

#### 4. Объем дисциплины

Общий объем дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

Таблица 4.1

Форма обучения	Курс/ семестр	Аудиторные занятия/контактная работа, час.			Контроль, час.	Самостоятельная работа, час.	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			
очная	2/4	24	24	-	36	60	экзамен

## 5. Структура и содержание дисциплины

### 5.1. Структура дисциплины очная форма обучения (ОФО)

Таблица 5.1

№ п/п	Структура дисциплины		Аудиторные занятия, час.			СРС, час.	Всего, час.	Код ИДК	Оценочные средства
	Номер раздела	Наименование раздела	Л.	Пр.	Лаб.				
1	1	Введение в геомеханическое моделирование	2	2	-	8	12	ПКС-3.1, ПКС-3.2	Тест Построение геомеханической модели (этап 1)
2	2	Построение геомеханической модели	4	4	-	8	16	ПКС-4.1, ПКС-4.2, ПКС-4.3	
3	3	Исследования кернового материала	4	4	-	8	16	ПКС-3.3, ПКС-4.3	
4	4	Режимы напряжений горных пород	4	4	-	8	16	ПКС-4.1, ПКС-4.2	Тест Построение геомеханической модели (этап 2)
5	5	Моделирование гидроразрыва пласта	4	4	-	8	16	ПКС-3.2, ПКС-3.3, ПКС-4.3	
6	6	Использование результатов геомеханического моделирования для решения производственных задач	2	2		10	14	ПКС-4.1, ПКС-4.2	Тест Построение геомеханической модели (этап 3)
7	7	Трехмерные и четырехмерные геомеханические модели	4	4		10	18	ПКС-3.2, ПКС-4.1, ПКС-4.3,	
8	1-7	Экзамен	-	-	-	36	36	ПКС-3.1, ПКС-3.2, ПКС-3.3, ПКС-4.1, ПКС-4.2, ПКС-4.3	Вопросы к экзамену
Итого:			24	24	-	96	144	X	X

### заочная форма обучения (ЗФО)

Не реализуется.

### очно-заочная форма обучения (ОЗФО)

Не реализуется.

### 5.2. Содержание дисциплины.

#### 5.2.1. Содержание разделов дисциплины (дидактические единицы).

##### РАЗДЕЛ 1. «Введение в геомеханическое моделирование».

Тема 1. Введение в геомеханическое моделирование. Цели геомеханического моделирования (в зависимости от геологии объекта, задач разработки и его статуса (разведка, разработка и т.д.)).

Тема 2. Используемые понятия. Напряжения и деформации. Модуль Юнга и коэффициент Пуассона. Закон Гука, типы напряжений в массиве пород.

##### РАЗДЕЛ 2. «Построение геомеханической модели».

Тема 3. Процесс построения геомеханической модели. Одномерные, трехмерные и четырехмерные геомеханические модели. Особенности, используемые данные, ограничения, процедура использования результатов.

Тема 4. Необходимые данные для построения геомеханической модели в части ГИС. Используемые приборы, особенности, ограничения.

##### РАЗДЕЛ 3. «Исследование кернового материала».

Тема 5. Исследования кернового материала для оценки упруго-прочностных свойств. Типы тестов, базовые и продвинутые алгоритмы тестирования. Работа со

слабоконсолидированным керном, низкопроницаемыми отложениями. Профильные типы исследования кернового материала. Построение корреляций керн-керн, керн-ГИС.

Тема 6. Расчет динамических упругих свойств из данных ГИС и переход к статическим упругим свойствам через корреляции керн-ГИС, керн-керн. Особенности, ограничения, используемые подходы. Расчет прочностных свойств. Качественная проверка получаемых данных.

РАЗДЕЛ 4. «Режимы напряжений горных пород».

Тема 7. Расчет вертикального напряжения. Понятие порового и пластового давления. Понятие АВПД и АНПД. Прогноз АВПД по данным ГИС. Калибровочная информация.

Тема 8. Общие и эффективные напряжения. Главные напряжения.

Тема 9. Напряженное состояние массива горных пород. Режимы напряжений. Способы оценки режима напряжений. Расчет минимального горизонтального напряжения. Способы его верификации.

Тема 10. Расчет максимального горизонтального напряжения. Способы его верификации. Оценка направления минимального/максимального горизонтального напряжения, способы, верификация. Влияние на основные параметры бурения, ГРП, разработки.

РАЗДЕЛ 5. «Моделирование гидроразрыва пласта».

Тема 11. Определение ГРП. График закачки типового ГРП. Лабораторные эксперименты. Техничко-технологические особенности ГРП. Модели ГРП в симуляторах ГРП. Теория ГРП.

Тема 12. Верификация моделей. Жидкости ГРП. Проппанты. Технологии ГРП. Заканчивание горизонтальных скважин. Флот и техника при ГРП. Моделирование процессов при ГРП.

Тема 13. Модели ГРП. 1D модели: PKN, KGD. Автомодельные решения. Анализ поведения графиков давления на устье и забое при ГРП. 2D: P3D (Lumped, Cell Based), P13D. Сравнительный анализ моделей и расчетов для различных симуляторов ГРП.

Тема 14. Интерпретация мини-ГРП, калибровка модели. 4 типичных варианта утечек. PDL и трещиноватость. Анализ по Хорнеру.

Тема 15. Калибровка геомеханических моделей и редизайн трещины ГРП. Влияние разработки на ГРП. Изменение напряжений в рамках 1D геомеханической модели в процессе разработки. Влияние разработки на локальное изменение регионального стресса (уравнения пороупругости).

Тема 16. Повторный ГРП. Переориентация трещины ГРП. Авто-ГРП. Активация разломов/естественных трещин.

РАЗДЕЛ 6. «Использование результатов геомеханического моделирования для решения производственных задач».

Тема 17. Расчет устойчивости ствола скважины. Способы верификации, использование результатов для реальных производственных процессов.

Тема 18. Слабосцементированные горные породы. Особенности разработки, риски. Расчет предельно допустимой депрессии с использованием результатов геомеханического моделирования.

РАЗДЕЛ 7. «Трехмерные и четырехмерные геомеханические модели».

Тема 19. Граф построения трехмерной/четырёхмерной геомеханической модели. Способы расчета «связанно» гидродинамико-геомеханической модели.

Тема 20. Распространение упругих свойств в межскважинное пространство.

Тема 21. Задание граничных условий, расчет куба поровых давлений. Построение куба поровых давлений в условиях АВПД.

Тема 22. Анализ и верификация результатов 3D/4D моделирования. Прискважинные модели, реактивация разломов и естественных трещин. Тектоническое моделирование.

Тема 23. Использование полученных результатов 3D/4D моделирования для решения задач бурения скважин ПРБ и эксплуатационных скважин.

Тема 24. Использование полученных результатов 3D/4D моделирования для решения задач ГТМ и разработки.

5.2.2. Содержание дисциплины по видам учебных занятий.

**Лекционные занятия**

Таблица 5.2.1

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.			Тема лекции
		ОФО	ЗФО	ОЗФО	
1	1	2	-	-	Тема 1. Введение в геомеханическое моделирование. Цели геомеханического моделирования (в зависимости от геологии объекта, задач разработки и его статуса (разведка, разработка и т.д.)) Тема 2. Используемые понятия. Напряжения и деформации. Модуль Юнга и коэффициент Пуассона. Закон Гука, типы напряжений в массиве пород.
2	2	4	-	-	Тема 3. Процесс построения геомеханической модели. Одномерные, трехмерные и четырехмерные геомеханические модели. Особенности, используемые данные, ограничения, процедура использования результатов. Тема 4. Необходимые данные для построения геомеханической модели в части ГИС. Используемые приборы, особенности, ограничения
3	3	4	-	-	Тема 5. Исследования кернового материала для оценки упруго-прочностных свойств. Типы тестов, базовые и продвинутое алгоритмы тестирования. Работа со слабоконсолидированным керном, низкопроницаемыми отложениями. Профильные типы исследования кернового материала. Построение корреляций керн-кern, kern-ГИС. Тема 6. Расчет динамических упругих свойств из данных ГИС и переход к статическим упругим свойствам через корреляции kern-ГИС, kern-kern. Особенности, ограничения, используемые подходы. Расчет прочностных свойств. Качественная проверка получаемых данных
4	4	2	-	-	Тема 7. Расчет вертикального напряжения. Понятие порового и пластового давления. Понятие АВПД и АНПД. Прогноз АВПД по данным ГИС. Калибровочная информация. Тема 8. Общие и эффективные напряжения. Главные напряжения
5	4	2	-	-	Тема 9. Напряженное состояние массива горных пород. Режимы напряжений. Способы оценки режима напряжений. Расчет минимального горизонтального напряжения. Способы его верификации. Тема 10. Расчет максимального горизонтального напряжения. Способы его верификации. Оценка направления минимального/максимального горизонтального напряжения, способы, верификация. Влияние на основные параметры бурения, ГРП, разработки.
6	5	1	-	-	Тема 11. Определение ГРП. График закачки типового ГРП. Лабораторные эксперименты. Техничко-технологические особенности ГРП. Модели ГРП в симуляторах ГРП. Теория ГРП. Тема 12. Верификация моделей. Жидкости ГРП. Проппанты. Технологии ГРП. Заканчивания горизонтальных скважин. Флот и техника при ГРП. Моделирование процессов при ГРП.
7	5	2	-	-	Тема 13. Модели ГРП. 1D модели: PKN, KGD. Автомодельные решения. Анализ поведения графиков давления на устье и забое при ГРП. 2D: P3D (Lumped, Cell Based), P13D. Сравнительный анализ моделей и расчетов для различных симуляторов ГРП. Тема 14. Интерпретация мини-ГРП, калибровка модели. 4 типичных варианта утечек. PDL и трещиноватость. Анализ по Хорнеру
8	5	1	-	-	Тема 15. Калибровка геомеханических моделей и редилайн трещины ГРП. Влияние разработки на ГРП. Изменение напряжений

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.			Тема лекции
		ОФО	ЗФО	ОЗФО	
					в рамках 1D геомеханической модели в процессе разработки. Влияние разработки на локальное изменение регионального стресса (уравнения поропругости). Тема 16. Повторный ГРП. Переориентация трещины ГРП. Авто-ГРП. Активация разломов/естественных трещин.
9	6	2	-	-	Тема 17. Расчет устойчивости ствола скважины. Способы верификации, использование результатов для реальных производственных процессов. Тема 18. Слабосцементированные горные породы. Особенности разработки, риски. Расчет предельно допустимой депрессии с использованием результатов геомеханического моделирования.
10	7	1	-	-	Тема 19. Графическое построения трехмерной/четырёхмерной геомеханической модели. Способы расчета «связанно» гидродинамико-геомеханической модели. Тема 20. Распространение упругих свойств в межскважинное пространство.
11	7	2	-	-	Тема 21. Задание граничных условий, расчет куба поровых давлений. Построение куба поровых давлений в условиях АВПД. Тема 22. Анализ и верификация результатов 3D/4D моделирования. Прискважинные модели, реактивация разломов и естественных трещин. Тектоническое моделирование.
12	7	1	-	-	Тема 23. Использование полученных результатов 3D/4D моделирования для решения задач бурения скважин ПРБ и эксплуатационных скважин. Тема 24. Использование полученных результатов 3D/4D моделирования для решения задач ГТМ и разработки.
Итого:		24	X	X	X

### Практические занятия

Таблица 5.2.2

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.			Тема практического занятия
		ОФО	ЗФО	ОЗФО	
1	1	2	-	-	Загрузка данных инклинометрии, ГИС в РН-Сигма
2	2	4	-	-	Загрузка результатов тестирования ядра в РН-Сигма
3	3	4	-	-	Расчет динамических и статических упругих, прочностных свойств и калибровка на керновые данные
4	4	2	-	-	Расчет порового давления (в том числе в условиях АВПД и калибровка на замеры порового давления) и вертикального напряжения.
5	4	2	-	-	Расчет минимального горизонтального напряжения (в том числе калибровка на данные стресс-тестов и мини-ГРП)
6	5	1	-	-	Расчет максимального напряжения, устойчивости ствола скважины по различным критериям устойчивости, определение предельной депрессии для выноса песка (в том числе с примером анализа бурения скважины)
7	5	1	-	-	Загрузка сетки, кубов пористости и сеймики в РН-Сигма
8	5	2	-	-	Наращивание сетки для построения 3D геомеханической модели
9	6	2	-	-	Загрузка кубов порового давления, водонасыщенности в РН-Сигма и задание граничных условий для 4D геомеханической модели
10	7	2	-	-	Распространение свойств в межскважинное пространство и наращенную модель (в том числе с трендами сеймики)
11	7	1	-	-	Расчет 4D геомеханической модели и анализ получаемых результатов (в том числе анализ реактивации разломов и трещин, РУСС для скважин и т.д.)
12	7	1	-	-	Использование полученных результатов для построения дизайна ГРП в РН-ГРИД
Итого:		24	X	X	X

## Лабораторные работы

Лабораторные работы учебным планом не предусмотрены.

## Самостоятельная работа студента

Таблица 5.2.3

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.			Тема	Вид СРС
		ОФО	ЗФО	ОЗФО		
1	1	8	-	-	Введение в геомеханическое моделирование	Изучение теоретического материала по разделам
2	2	8	-	-	Построение геомеханической модели	
3	3	8	-	-	Исследования кернового материала	
4	4	8	-	-	Режимы напряжений горных пород	
5	5	8	-	-	Моделирование гидроразрыва пласта	
6	6	10	-	-	Использование результатов геомеханического моделирования для решения производственных задач	
7	7	10	-	-	Трехмерные и четырехмерные геомеханические модели	
13	Экзамен	36	-	-	-	Подготовка к экзамену
Итого:		96	X	X	X	X

5.2.3. Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- визуализация учебного материала в формате PDF, Microsoft Office в диалоговом режиме (лекционные занятия);
- практические занятия в ПО РН-Сигма и РН-Грид;
- разбор практических ситуаций (практические занятия).

## 6. Тематика курсовых работ/проектов

Курсовые работы/проекты учебным планом не предусмотрены.

## 7. Контрольные работы

Контрольные работы учебным планом не предусмотрены.

## 8. Оценка результатов освоения дисциплины

8.1. Рейтинговая система оценивания степени полноты и качества освоения компетенций обучающихся очной формы обучения представлена в таблице 8.1.

Таблица 8.1

№ п/п	Виды мероприятий в рамках текущего контроля	Количество баллов
1 текущая аттестация		
1.1	Промежуточное тестирование по разделам 1-3 дисциплины	10
1.2	Построение геомеханической модели (этап 1)	20
	ИТОГО за первую текущую аттестацию	30
2 текущая аттестация		
2.1	Промежуточное тестирование по разделам 1-5 дисциплины	10
2.2	Построение геомеханической модели (этап 2)	20
	ИТОГО за вторую текущую аттестацию	30
3 текущая аттестация		
3.1	Промежуточное тестирование по разделам 1-7 дисциплины	21
3.2	Построение геомеханической модели (этап 3)	19
	ИТОГО за третью текущую аттестацию	40
	<b>ВСЕГО</b>	<b>100</b>



## **11. Методические указания по организации СРС**

### **11.1 Методические указания по подготовке к практическим заданиям.**

Работа обучающегося на практических занятиях включает в себя навыки: обработки результатов опрессовок открытого ствола (LOT-test); анализа результатов измерений пластового давления; расчёта коэффициента аномальности и основных показателей для ликвидации ГНВП; обработки результатов тестирований упруго-прочностных характеристик пород; построения корреляционных связей керн-керн, керн/ГИС; прогноза аномально-высокого пластового давления и калибровки на прямых измерениях.

### **11.2 Методические указания по организации самостоятельной работы.**

Самостоятельная работа обучающегося включает в себя: подготовку к экзаменационным вопросам по темам, вынесенным на самостоятельное изучение. Рекомендуемая литература сообщается преподавателем на занятиях.

**КАРТА**  
**обеспеченности дисциплины учебной и учебно-методической литературой**

**Дисциплина:** 3D геомеханическое моделирование

**Код, направление подготовки:** 21.04.01 Нефтегазовое дело

**Направленность (профиль):** Цифровые технологии в нефтегазовом деле

№ п/п	Название учебного, учебно-методического издания, автор, издательство, вид издания, год издания	Количество экземпляров в БИК	Контингент обучающихся, использующих указанную литературу	Обеспеченность обучающихся литературой, %	Наличие электронного варианта в ЭБС (+/-)
1	Заканчивание скважин : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Бурение нефтяных и газовых скважин" / Е. М. Соловьев. - Москва : Недра, 1979. - 304 с. : граф., рис. - Библиогр.: с. 298-300 (67 назв.). - (в пер.) : 0.95 р. - Текст : непосредственный	30	30	100	-
2	Зелетдинова, Э. А. Гидромеханика: практикум / Э. А. Зелетдинова, В. В. Дьякова, О. Ю. Дьяков. - Астрахань : АГТУ, 2020. - 168 с. - URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/223817">https://e.lanbook.com/book/223817</a> .	ЭР	30	100	+

\*ЭР – электронный ресурс доступный через Электронный каталог/Электронную библиотеку ТИУ