

Документ подписан простой электронной подписью.  
Информация о владельце:  
ФИО: Клочков Юрий Сергеевич  
Должность: и.о. ректора  
Дата подписания: 24.04.2024 16:06:41  
Уникальный программный ключ:  
4e7c4ea90328ec8e65c5d8058549a2538d7400d1

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
**«ТОМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**УТВЕРЖДАЮ**

\_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины: Цифровое геомеханическое моделирование

направление подготовки: 21.04.01 Нефтегазовое дело

направленность (профиль): Цифровой инжиниринг газовых месторождений

форма обучения: очная

Рабочая программа рассмотрена  
на заседании базовой кафедры ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

Протокол № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023г.

## **1. Цели и задачи освоения дисциплины**

Цель освоения дисциплины: приобретение обучающимися теоретических основ в области механики пористых горных пород, насыщенных флюидами (нефть, газ, вода). А также приобретение навыков для расчета напряженно-деформированного состояния пластов и их реакций на изменение пластового давления, горного давления, температуры.

Задачи освоения дисциплины:

- изучение методики создания цифровых геомеханических моделей;
- проведение оценки качества построения цифровых геомеханической модели;
- изучение порядка актуализации цифровых геомеханических моделей.

## **2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО**

Дисциплина Цифровое геомеханическое моделирование относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений учебного плана.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются:

Знание:

- системного анализа и моделирования.

Умение:

- использовать компьютерные технологии для решения профессиональных задач;
- пользоваться средствами обработки информации;
- применять системный анализ и моделирование.

Владение:

- навыками использовать информационные технологии;
- навыками по изучению, участию в разработке методических и нормативных документов для решения поставленных задач.

### 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
1	2	3
<p>ПКС-4 Способен использовать профессиональные программные комплексы в области математического и физического моделирования технологических процессов и объектов (проектный)</p>	<p>ПКС - 4.5 Построение и научно-техническое сопровождение геомеханических моделей</p>	<p>(З1) Знать информацию об используемом программном обеспечении и его версии; исходные данные; принципы и методы построения трехмерной модели; всех этапов построения</p>
		<p>(У1) Уметь проводить сбор и анализ исходных данных; комплексную интерпретацию геолого-геофизических данных и порядок восстановления необходимых данных для построения модели; расчет устойчивости ствола проектируемой скважины; прогноз выноса твердой фазы; формировать рекомендации по безаварийному строительству скважин</p>
		<p>(В1) Владеть навыками построения модели механических свойств горных пород; построения модели напряженно-деформационного состояния массива горных пород; построения и калибровки модели устойчивости ствола скважин</p>

### 4. Объем дисциплины

Общий объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

Таблица 4.1.

Форма обучения	Курс/ семестр	Аудиторные занятия/контактная работа, час.			Самостоятельная работа, час.	Контроль	Форма промежуточной аттестации
		Лекции и	Практические занятия	Лабораторные занятия			
1	2	3	4	5	6	7	8
очная	1/2	32	16	-	24	36	экзамен

## 5. Структура и содержание дисциплины

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

Таблица 5.1.1

№ п/п	Структура дисциплины		Аудиторные занятия, час.			СРС, час.	Всего, час.	Код ИДК	Оценочные средства
	Номер раздела	Наименование раздела	Л.	Пр.	Лаб.				
1	Раздел 1	Исходные данные для создания геомеханических моделей	7	4	-	4	15	ПКС - 4.5	Вопросы для письменного опроса
2	Раздел 2	Выбор типа модели и программного обеспечения для ее создания	7	3	-	4	14	ПКС - 4.5	Вопросы для письменного опроса
3	Раздел 3	Построение цифровых одномерных геомеханических моделей	7	2	-	4	13	ПКС - 4.5	Вопросы для письменного опроса
4	Раздел 4	Построение цифровых трехмерных геомеханических моделей	5	3	-	4	12	ПКС - 4.5	Вопросы для письменного опроса
5	Раздел 5	Оценка качества геомеханических моделей	4	2	-	4	10	ПКС - 4.5	Вопросы для письменного опроса
6	Раздел 6	Актуализация геомеханических моделей	2	2	-	4	8	ПКС - 4.5	Вопросы для письменного опроса
7	Экзамен		-	-	-	-	-	-	Вопросы к экзамену
Итого:			32	16		24	72	-	0

- 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. *«Исходные данные для создания геомеханических моделей»*. Требования к полноте, точности и совместимости исходных данных для создания ГММ. Исходные данные при создании ГММ. Назначение и перечень исходных данных для создания ГММ. Информация, повышающая точность построения ГММ.

Раздел 2. *«Выбор типа модели и программного обеспечения для ее создания»*. Выбор типа геомеханической модели. Выбор программного обеспечения для создания геомеханической модели.

Раздел 3. *«Построение цифровых одномерных геомеханических моделей»*. Область применения цифровых геомеханических моделей. Выбор типа геомеханической модели. Выбор программного обеспечения для создания геомеханической модели. Сбор и анализ исходных данных для создания одномерной геомеханической модели. Построение модели механических свойств. Построение модели НДС горных пород. Расчет устойчивости ствола скважины.

Раздел 4. *«Построение цифровых трехмерных геомеханических моделей»*. Сбор и анализ исходных данных для создания трехмерной геомеханической модели. Построение структурного

каркаса модели. Создание трехмерной сетки и распространение механических и петрофизических свойств. Построение модели НДС массива горных пород. Построение модели устойчивости ствола проектируемых скважин.

Раздел 5. «Оценка качества геомеханических моделей». Оценка комплектности и качества методов ГИС. Оценка погрешности восстановления параметров. Оценка погрешности расчетных параметров модели устойчивости. Оценка достоверности ГММ.

Раздел 6. «Актуализация геомеханических моделей». Актуализация 1D ГММ в процессе бурения, по результатам бурения скважины, в режиме «покадрового» обновления. Уточнение структурной геологической информации. Уточнение петрофизической модели. Расширение модели по латерали и/или по вертикали.

### 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	1	-	-	Требования к полноте, точности и совместимости исходных данных для создания ГММ. Исходные данные при создании ГММ
2	1	2			Назначение и перечень исходных данных для создания ГММ. Информация, повышающая точность построения ГММ.
3	2	2			Выбор типа геомеханической модели. Выбор программного обеспечения для создания геомеханической модели.
4	3	1			Область применения цифровых геомеханических моделей
5	3	2	-	-	Выбор типа геомеханической модели. Выбор программного обеспечения для создания геомеханической модели
6	3	1	-	-	Сбор и анализ исходных данных для создания одномерной геомеханической модели
7	3	2	-	-	Построение модели механических свойств
8	3	2	-	-	Построение модели НДС горных пород
9	3	1	-	-	Расчет устойчивости ствола скважины
10	4	2	-	-	Сбор и анализ исходных данных для создания трехмерной геомеханической модели. Построение структурного каркаса модели
11	4	2	-	-	Создание трехмерной сетки и распространение механических и петрофизических свойств
12	4	1	-	-	Построение модели НДС массива горных пород
13	4	2	-	-	Построение модели устойчивости ствола проектируемых скважин
14	5	2	-	-	Оценка комплектности и качества методов ГИС
15	5	2	-	-	Оценка погрешности восстановления параметров
16	5	2	-	-	Оценка погрешности расчетных параметров модели устойчивости. Оценка достоверности ГММ
17	6	2	-	-	Актуализация 1D ГММ в процессе бурения, по результатам бурения скважины, в режиме «покадрового» обновления
18	6	2			Уточнение структурной геологической информации
19	6	1			Уточнение петрофизической модели. Расширение модели по латерали и/или по вертикали
Итого:		32	-	-	

#### Практические занятия

Таблица 5.2.2

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.			Тема практического занятия
		ОФО	ЗФО	ОЗФО	
1	1	1	-	-	Требования к полноте, точности и совместимости исходных данных для создания ГММ. Исходные данные при создании ГММ.
2	1	1	-	-	Назначение и перечень исходных данных для создания ГММ.

					Информация, повышающая точность построения ГММ.
3	2	1	-	-	Выбор типа геомеханической модели. Выбор программного обеспечения для создания геомеханической модели.
4	3	1	-	-	Выбор типа геомеханической модели. Выбор программного обеспечения для создания геомеханической модели. Сбор и анализ исходных данных для создания одномерной геомеханической модели.
5	3	1	-	-	Сбор и анализ исходных данных для создания одномерной геомеханической модели. Построение модели механических свойств. Построение модели НДС горных пород. Расчет устойчивости ствола скважины.
6	4	2	-	-	Сбор и анализ исходных данных для создания трехмерной геомеханической модели. Построение структурного каркаса модели.
7	4	1	-	-	Построение структурного каркаса модели. Создание трехмерной сетки и распространение механических и петрофизических свойств. Построение модели НДС массива горных пород.
8	4	1	-	-	Построение модели устойчивости ствола проектируемых скважин.
10	5	1	-	-	Оценка комплектности и качества методов ГИС. Оценка погрешности восстановления параметров.
11	5	2	-	-	Оценка погрешности расчетных параметров модели устойчивости. Оценка достоверности ГММ.
12	6	1	-	-	Уточнение структурной геологической информации.
13	6	2	-	-	Уточнение петрофизической модели. Расширение модели по латерали и/или по вертикали.
Итого:		16	-	-	

### 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	2	3	4	5	6	7
1	1	4	-	-	Исходные данные для создания геомеханических моделей	Изучение материала
2	2	4	-	-	Выбор типа модели и программного обеспечения для ее создания	Изучение материала
3	3	4	-	-	Построение цифровых одномерных геомеханических моделей	Изучение материала
4	4	4	-	-	Построение цифровых трехмерных геомеханических моделей	Изучение материала
5	5	4	-	-	Оценка качества геомеханических моделей».	Изучение материала
6	6	4	-	-	Актуализация геомеханических	Изучение материала

					моделей	
Итого:	24	X	-		X	X

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

- визуализация учебного материала в PowerPoint;
- работа в малых группах (практические и лабораторные занятия);
- разбор практических ситуаций (практические и лабораторные 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. Критерии оценивания степени полноты и качества освоения компетенций в соответствии с планируемыми результатами обучения приведены в Приложении 1.

8.2. Рейтинговая система оценивания степени полноты и качества освоения компетенций обучающихся очной формы обучения представлена в таблицах 8.2.1. и 8.2.2.

Таблица 8.1

№ п/п	Виды мероприятий в рамках текущего контроля	Количество баллов
1	2	3
1 текущая аттестация		
1.1	Вопросы для письменного опроса	0-30
	ИТОГО за первую текущую аттестацию	30
2 текущая аттестация		
2.1	Вопросы для письменного опроса	0-30
	ИТОГО за вторую текущую аттестацию	30
3 текущая аттестация		
3.1	Вопросы для письменного опроса	0-40
	ИТОГО за третью текущую аттестацию	40
	<b>ВСЕГО</b>	<b>100</b>

## 9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

9.1. Перечень рекомендуемой литературы представлен в Приложении 2.

9.2. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

- ЭБС «Издательства Лань»;
- ЭБС «Электронного издательства ЮРАЙТ»;
- Собственная полнотекстовая база (ПБД) БИК ТИУ;
- Научная электронная библиотека «eLIBRARY.RU»;
- ЭБС «IPRbooks»;
- Научно-техническая библиотека ФГБОУ ВО РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина;
- Научно-техническая библиотека ФГБОУ ВПО УГНТУ (г. Уфа);
- Научно-техническая библиотека ФГБОУ ВПО УГТУ (г. Ухта);



- ЭБС «Перспект»;
- ЭБС «Консультант студент».

9.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в т.ч. отечественного производства.

1. Microsoft Office Professional Plus;
2. Power Point
3. Windows
4. ПО «tNavigator»

## 10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения для проведения всех видов работы, предусмотренных учебным планом, укомплектованы необходимым оборудованием и техническими средствами обучения.

### Обеспеченность материально-технических условий реализации ОПОП ВО

Таблица 10.1

№ п/п	Наименование учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей), практики, иных видов учебной деятельности, предусмотренных учебным планом образовательной программы	Наименование помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом, в том числе помещения для самостоятельной работы, с указанием перечня основного оборудования, учебно-наглядных пособий	Адрес (местоположение) помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом (в случае реализации образовательной программы в сетевой форме дополнительно указывается наименование организации, с которой заключен договор)
1	2	3	4
1	Цифровое геомеханическое моделирование	Лекционные занятия: Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа; групповых и индивидуальных консультаций; текущего контроля и промежуточной аттестации, Оснащенность: Учебная мебель: столы, стулья, доска аудиторная. Компьютеры, проекторы, оборудование для онлайн-лекций (веб-камера)	625000, г. Тюмень, ул. Мельникайте, д. 70
		Практические занятия: Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа (практические занятия); групповых и индивидуальных консультаций; текущего контроля и промежуточной аттестации. Компьютеры, проекторы, оборудование для онлайн-лекций (веб-камера). ПО «tNavigator». Либо другое ПО с аналогичным функционалом.	625000, г. Тюмень, ул. Мельникайте, д. 70

## 11. Методические указания по организации СРС

11.1. Методические указания по подготовке к практическим занятиям.

В процессе подготовки к занятиям обучающиеся могут прибегать к консультациям преподавателя. Наличие конспекта лекций на практическом занятии обязательно.

11.2. Методические указания по организации самостоятельной работы.

Самостоятельная работа обучающихся заключается в самостоятельном изучении литературы и подготовке к практическим занятиям. Преподаватель на занятии дает рекомендации, необходимые для освоения материала. Обучающиеся должны понимать содержание

выполненной работы (знать определения понятий, уметь разъяснить значение и смысл любого термина, используемого в работе и т.п.).

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся по направлениям магистратуры, всех форм обучения / сост. М.Л. Белоножко, С.С. Ситёва; Тюменский индустриальный университет. – Тюмень: Издательский центр БИК ТИУ, 2019 – 16 с.

**Планируемые результаты обучения для формирования компетенции и критерии их оценивания**

Дисциплина: Цифровое геомеханическое моделирование

Код, направление подготовки: 21.04.01 Нефтегазовое дело

Направленность (профиль): Цифровой инжиниринг газовых месторождений

Код компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Код и наименование результата обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения			
			1-2	3	4	5
1	2	3	4	5	6	7
<p>ПКС-4 Способен использовать профессиональные программные комплексы в области математического и физического моделирования технологических процессов и объектов (проектный)</p>	<p>ПКС 4.5 Построение и научно-техническое сопровождение геомеханических моделей</p>	<p>(З1) Знать информацию об используемом программном обеспечении и его версии; исходные данные; принципы и методы построения трехмерной модели; всех этапов построения</p>	<p>Не знает информацию об используемом программном обеспечении и его версии; исходные данные; принципы и методы построения трехмерной модели; всех этапов построения</p>	<p>Знает недостаточно информацию об используемом программном обеспечении и его версии; исходные данные; принципы и методы построения трехмерной модели; всех этапов построения</p>	<p>Знает информацию об используемом программном обеспечении и его версии; исходные данные; принципы и методы построения трехмерной модели; всех этапов построения</p>	<p>Знает достаточно информацию об используемом программном обеспечении и его версии; исходные данные; принципы и методы построения трехмерной модели; всех этапов построения</p>
		<p>(У1) Уметь проводить сбор и анализ исходных данных; комплексную интерпретацию геолого-геофизических данных и порядок восстановления необходимых данных для построения модели; расчет устойчивости ствола проектируемой скважины; прогноз</p>	<p>Не умеет проводить сбор и анализ исходных данных; комплексную интерпретацию геолого-геофизических данных и порядок восстановления необходимых данных для построения модели; расчет устойчивости ствола проектируемой скважины; прогноз выноса твердой фазы;</p>	<p>Умеет в меньшей степени проводить сбор и анализ исходных данных; комплексную интерпретацию геолого-геофизических данных и порядок восстановления необходимых данных для построения</p>	<p>Умеет проводить сбор и анализ исходных данных; комплексную интерпретацию геолого-геофизических данных и порядок восстановления необходимых данных для построения модели;</p>	<p>Умеет быстро проводить сбор и анализ исходных данных; комплексную интерпретацию геолого-геофизических данных и порядок восстановления необходимых данных для построения модели; расчет</p>

Код компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Код и наименование результата обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения			
			1-2	3	4	5
1	2	3	4	5	6	7
		выноса твердой фазы; формировать рекомендации по безаварийному строительству скважин	формировать рекомендации по безаварийному строительству скважин	модели; расчет устойчивости ствола проектируемой скважины; прогноз выноса твердой фазы; формировать рекомендации по безаварийному строительству скважин	расчет устойчивости ствола проектируемой скважины; прогноз выноса твердой фазы; формировать рекомендации по безаварийному строительству скважин	устойчивости ствола проектируемой скважины; прогноз выноса твердой фазы; формировать рекомендации по безаварийному строительству скважин
		(B1) Владеть навыками построения модели механических свойств горных пород; построения модели напряженно-деформационного состояния массива горных пород; построения и калибровки модели устойчивости ствола скважин	Не владеет навыками построения модели механических свойств горных пород; построения модели напряженно-деформационного состояния массива горных пород; построения и калибровки модели устойчивости ствола скважин	Владеет в меньшей степени навыками построения модели механических свойств горных пород; построения модели напряженно-деформационного состояния массива горных пород; построения и калибровки модели устойчивости ствола скважин	Владеет навыками построения модели механических свойств горных пород; построения модели напряженно-деформационного состояния массива горных пород; построения и калибровки модели устойчивости ствола скважин	Демонстрирует владение навыками построения модели механических свойств горных пород; построения модели напряженно-деформационного состояния массива горных пород; построения и калибровки модели устойчивости ствола скважин

## КАРТА

## обеспеченности дисциплины учебной и учебно-методической литературой

Дисциплина: Цифровое геомеханическое моделирование

Код, направление подготовки: 21.04.01 Нефтегазовое дело

Направленность (профиль): Цифровой инжиниринг газовых месторождений

№ 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-электронно-говарианта в ЭБС (+/-)
1.	Решение прикладных задач нефтегазодобычи на основе классических работ А. П. Телкова и А. Н. Лапердина : материалы Национальной научно-технической конференции / ТИУ ; ред. С. И. Грачев. - Тюмень : ТИУ, 2023. - 224 с. : ил. - Электронная библиотека ТИУ. - Библиогр. в конце ст. - ISBN 978-5-9961-3118-1 : ~Б. ц. - Текст : электронный	ЭР*	18	100	+
2.	Геомеханика в бурении : методические указания по организации самостоятельной работы и изучению дисциплины для обучающихся направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело» всех форм обучения / ТИУ ; сост. К. А. Муравьев. - Тюмень : ТИУ, 2018. - 15 с. - Электронная библиотека ТИУ. - Библиогр.: с. 14. - ~Б. ц. - Текст : непосредственный.	ЭР*	18	100	+

\*ЭР – электронный ресурс доступный через Электронный каталог/Электронную библиотеку ТИУ <http://webirbis.tsogu.ru/>