К.А. ШИПОВСКИЙ, К.В. АВДЕЕВА

ПОСТРОЕНИЕ ОДНОМЕРНОЙ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Лабораторный практикум

Самара Самарский государственный технический университет 2024



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Бурение нефтяных и газовых скважин»

К.А. ШИПОВСКИЙ, К.В. АВДЕЕВА

ПОСТРОЕНИЕ ОДНОМЕРНОЙ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Лабораторный практикум

Самара Самарский государственный технический университет 2024 Печатается по решению методического совета Института нефтегазовых технологий СамГТУ (протокол № 2 от 05.02.2024 г.).

УДК 622.276(076.6) ББК 33.36я73 Ш 63

Шиповский К.А.

Построение одномерной геомеханической модели: лабораторный практикум / К.А. Шиповский, К.В. Авдеева. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2024. – 52 с.

Предназначен для использования в ходе выполнения лабораторных работ по дисциплине «Компьютерные и математические методы моделирования и обработки данных в нефтегазовом деле» студентами, обучающимися по направлению подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело», профилю «Бурение нефтяных и газовых скважин».

Рассматриваются практические вопросы расчета устойчивости ствола скважины и создания конструкции скважины в программном комплексе «РН-СИГМА». Приводятся вопросы для контроля знаний студентов по темам лабораторных работ.

Рецензент: д-р физ.-мат. наук, профессор А.М. Штеренберг

УДК 622.276(076.6) ББК 33.36я73 Ш 63

© К.А. Шиповский, К.В. Авдеева, 2024
 © Самарский государственный технический университет, 2024

ВВЕДЕНИЕ

Проведение буровых работ имеет важное значение в процессе строительства скважин. Процесс бурения обладает своей уникальной спецификой, так как углубление ствола скважины развивается в условиях постоянно изменяющихся геологических параметров. Несмотря на то, что во вовремя проведения буровых работ собирается технологическая информация, часто возникают осложнения и аварии, что способствует привлечению дополнительных ресурсов на их предупреждение и ликвидацию.

Внедрение специализированного программного обеспечения в процессы строительства скважин позволяет эффективно решать производственные, научно-исследовательские и учебно-методические задачи. Применение программного комплекса позволяет студентам, магистрантам и аспирантам изучать технологии строительства и методы решения практических задач, моделировать технологические процессы и визуализировать полученные результаты.

В данном практикуме при проведении лабораторных занятий используется отечественное программное обеспечение в области геомеханического моделирования – программный комплекс «РН-СИГМА».

ПК «РН-СИГМА» – программный продукт для решения задач геомеханического моделирования и анализа устойчивости ствола наклонно направленных и горизонтальных скважин.

ПК «РН-СИГМА» позволяет решать следующие задачи:

– создавать 1D стационарную геомеханическую модель;

– определять безопасное окно плотности бурового раствора;

– проектировать конструкции скважин;

– интерпретировать данные ГИС;

 использовать корреляционные зависимости для геомеханических свойств;

 производить геомеханическое сопровождение бурения в режиме реального времени;

 – анализировать риски пескопроявлений и разрушений цементного кольца в процессе эксплуатации.

3

СОЗДАНИЕ ПРОЕКТА И ЗАГРУЗКА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

ПК «РН-СИГМА» построен по проектному принципу. Одновременно в Приложении может быть открыт только один проект, соответствующий файлу с расширением **rnsigma**.

Проект – это множество разнородных данных, которые в соответствии с логикой построения модели должны существовать и передаваться вместе. Например, это может быть геомеханическая модель, петроупругая модель, увязанные элементы данных ГИС, керновые данные, конструкция и траектория скважин, модель нефтяного пласта по одной скважине, одному кусту скважин или по целому месторождению.

Порядок выполнения

- 1. Создать проект.
- 2. Добавить элемент Скважина.
- 3. Загрузить траекторию скважин.
- 4. Загрузить данные ГИС.
- 5. Загрузить точечные данные.
- 6. Загрузить стратиграфические отбивки.

Создание проекта

Для создания нового проекта в *приложении* необходимо воспользоваться кнопкой *Новый проект* на панели инструментов (рис. 1.1) или меню **Файл** \rightarrow **Новый проект** (рис. 1.2). Можно также воспользоваться комбинаций горячих клавиш *Ctrl* + *N*.



Puc. 1.1

<u>56</u> n	ew	projec	t.rsigma -	[C:\Use	rs\Учител	ь∖Desl	ktop\Сюрае	ва КВ\Компы	ю
<u>Ф</u> ай	іл	<u>В</u> ид	<u>И</u> нстру	менты	Базы дан	ных	<u>П</u> омощь		
Ľ	Н	овый п	роект			C	trl+N	1	
	01	гкрыть	существ	ующий	проект	C	Ctrl+O		
Θ	Св	язаты	проект						
H	Co	охрани	ть проек	г		C	Ctrl+S		
₽.	С	охрани	ть проек	г как					
×	3a	крыть	проект						
<u>©</u> }	Ha	астрой	іки			C	Ctrl+Alt+S		
Ð	Вь	ыход							

Puc. 1.2

Далее в появившемся окне необходимо выбрать директорию, в которой будет располагаться новый файл проекта, ввести его имя и нажать кнопку *Сохранить проект*.

Ранее созданный проект можно открыть с помощью кнопки главного меню *Открыть существующий проект*.

Сохранить изменения в открытом проекте можно в любой момент, нажав кнопку *Сохранить проект* на панели инструментов, используя комбинацию клавиш Ctrl + S или воспользовавшись пунктом меню **Файл** \rightarrow *Сохранить*. Также при закрытии проекта *приложение* задаст вопрос, нужно ли сохранять проект. При закрытии проекта без сохранения он останется в исходном состоянии и внесенные изменения не будут в нем сохранены.

Добавление элемента Скважина

Основной единицей проекта является элемент. В *приложении* существует четыре вида базовых элементов: *Скважина*, *Полигон*, *Карта*, *Геометрия*. Для хранения и сортировки разнородной информации существует также элемент *Папка*. Эти элементы являются базовыми, поскольку могут быть созданы в проекте независимо от наличия остальных элементов. Каждый элемент в свою очередь может содержать набор вложенных элементов, специфичный для данного типа.

Скважина – основной элемент, предназначенный для загрузки и хранения данных с одной скважины, построения геомеханических и петроупругих моделей, а также расчетов устойчивости.

Элемент Скважина всегда имеет строго определенную структуру папок (рис. 1.3).

 • Оскважина 	
13 ГИС	(0)
10 гти	(0)
1 Геомеханика	(0)
ا Данные бурения	(0)
\llbracket Зоны	(0)
🔚 Имиджи	(0)
📲 Конструкции	(0)
📒 Петрофизика	(0)
🞏 Точечные данные	(0)
🗲 Траектория	

Puc. 1.3

• ГИС – папка для загрузки и хранения данных геофизических исследований скважины, а также профилей – результатов работы инструментов.

• ГТИ – папка для загрузки и хранения данных геологотехнологических исследований, в том числе данных, получаемых во время бурения.

• Геомеханика – папка для хранения элементов Устойчивость ствола скважины для построения одномерных геомеханических моделей и расчета устойчивости ствола скважины.

• Данные бурения – папка для загрузки и хранения данных отчетов по бурению.

• Зоны – папка для загрузки и хранения стратиграфических отбивок по скважине.

• Имиджи – папка для загрузки и хранения данных специализированных исследований микроимиджеров, в том числе синтетических.

• Конструкции – папка для создания и хранения вариантов конструкции скважины.

• Петрофизика – папка для хранения элементов Петроупругое моделирование для построения моделей упругих свойств пористых композитных материалов, содержащих флюид.

• Точечные данные – папка для хранения результатов точечных исследований, в том числе специального формата лабораторных исследований керна.

• Траектория – папка для загрузки траектории скважины.

Создать базовый элемент в проекте можно через контекстное меню дерева проекта (рис. 1.4) или пользуясь кнопкой *Добавить объ*ект на панели инструментов (рис. 1.5). В пустом проекте в блоке свойств до загрузки какой-либо информации отображается подсказка.

При создании элементов Скважина и Геометрия им присваивается уникальное имя, состоящее из названия элемента.



Puc. 1.4



Puc. 1.5

Загрузка траектории

Траектория (или инклинометрия) скважины — это набор точек, через которые она проходит в пространстве. Траектории скважин могут быть загружены из файлов различных форматов (*dev*, *dat*, *csv*, *txt*, *div*, *xls*, *xlsx*). Для загрузки траектории (рис. 1.6) необходимо воспользоваться пунктом контекстного меню элемента Скважина \rightarrow Импортировать \rightarrow Импортировать траекторию (рис. 1.6, 1) или пунктом контекстного меню вложенного элемента Траектория \rightarrow Импортировать траекторию (рис. 1.6, 2).



Puc. 1.6

В папке *Тестовые данные* → *1. Опорная скважина* → выбрать файл *3652_true.dev*.

Приложение содержит алгоритмы для автоматического разбора стандартных форматов файлов траектории на основании заголовков столбцов данных. Если стандартный способ не срабатывает, *прило*жение предлагает пользователю определить способ чтения файла.

Если траектория загружается из файла текстового формата, в верхней части окна разбора траектории (рис. 1.7) находятся поля *Название скважины* и *Альтитуда скважины*. Поле *Название скважины* заполняется автоматически по правилам, указанным во вкладке *Разное* основных настроек. Значение поля *Альтитуда* выделяется из шапки входного файла. При отсутствии значения альтитуды траектории присваивается ноль.

При необходимости пользователь может самостоятельно изменить значение этого поля.

Далее пользователь может выбрать один из вариантов чтения траектории из файла: по инклинометрии (MD, INCL, AZIM), по координатам (X, Y, Z) или по приращению координат (DX, DY, TVD). Для удобства разбора файла в нижней части окна разбора приведен верхний фрагмент (200 первых строк) файла траектории. После выбора варианта чтения необходимо указать номер столбца, соответствующего каждому полю данных. В приведенном на рис. 1.7 примере загрузка выполняется по координатам X, Y, Z. Колонка MD в файле имеет номер 1, а колонки X, Y и Z – номера 2, 3 и 4 соответственно. Если приложение некорректно определило кодировку, ее можно поменять в поле *Кодировка*. Нажать *OK*.

						-
😳 Импорт траектории	ı					×
D						
Входные данные						
Название скважины:	3652					
Альтитуда скважины:	81.4					
Считывать данные п	ю: Номер	колонки в файле:				
O MD, INCL, AZI	M 🗹 MD:	1				
X, Y, Z	X:	2				
O DX, DY, TVD	Y:	3				
	Z:	4				
	Кодировка С	P1251	\sim			
Отбрасыя	ать строки с не	корректным числом	и столбнов			
Первые 200 строк файла	a:					
Line 1 # WELI	TRACE FROM	M REXLAB				
Line 2 # WELI	NAME:	3652				
Line 3 # WELI	L HEAD X-CO	ORDINATE: 9289	3.20000000			
Line 4 # WELI	L HEAD Y-CO	ORDINATE: 1023	39.10000000			
Line 5 # WELI	L KB:	81.	40000000			
Line 6 # WELI	L TYPE:	UNDE	FINED			
Line 7 # MD A	AND TVD ARE	REFERENCED (=	0) AT KB AND	INCREASE DOWNWAR	DS	
Line 8 # ANGI	LES ARE GIVI	EN IN DEGREES	NAC NOT INDOD	TED HOING ANGLES		
Line 9 # ANG	LES ARE NOT	EARCI (IRACE	WAS NOT IMPOR	IED USING ANGLES		
Line 11	MD	x	Y	7.	TVD	DX
Line 12 #=====						
Line 13 0.0	0000000	92893.20000000	102339.10000	000 81.40000000	0.00000000	0.0000
Line 14 20.0	00000000	92893.2000000	102339.10000	000 61.40000000	20.00000000	0.0000
Line 15 40.0	0000000	92893.2000000	102339.10000	000 41.40000000	40.00000000	0.0000
Line 16 60.0	0000000	92893.11500543	102339.18999	425 21.40051078	59.99948922	-0.0849
			ОК для	всех ОК От	мена Отмени	ть для всех

Puc. 1.7

После загрузки траектории становится доступна возможность ее визуализации (рис. 1.8).



Puc. 1.8

Загрузка данных ГИС

Для загрузки данных ГИС необходимо воспользоваться контекстным меню элемента *Скважина* — *Импортировать* — *Импортировать ГИС* (рис. 1.9).



Puc. 1.9

Можно также воспользоваться контекстным меню элемента ГИС Импортировать ГИС (рис. 1.10).

<u>Φ</u> a	ійл <u>В</u> і	ид Ц	<u>И</u> нстр	ументы Базы данных	<u>П</u> омощ	ь	
ь	li 🗖	;	۳÷.	× *	=	: +:	Приступая к работе
Ipoek	~	3652					
Ш.	>	🗧 ги	AC.	(1)			
-		О П		Открыть	Enter	1	
Лог	9	🚺 Ге	E	Копировать			
(!!)	1	🖥 Д	2	Вставить			
	1	30	\times	Удалить	Del		ŀ
		🗖 и	Ð	Переименовать	F2		
	1 3	🖞 Ko		Сортировать	►		
	1 3		5	V			
	1	📴 To		удалить содержимое			
		🗲 Tp	Ľ	Импортировать	•		Импортировать ГИС
				Построить набор ГИС			Импортировать РИГИС
			3+3	Сшивка каротажей			
			+×	Калькулятор ГИС			

Puc. 1.10

В папке *Тестовые данные* → 1. Опорная скважина → выбрать файл *PTL3652_AK_корр.las*.

После выбора файла с расширением *las* открывается окно загрузки данных (рис. 1.11) для определения правил разбора файла.

В левой части данного окна (см. рис. 1.11) отображается содержимое исходного файла. В правой части окна содержится результат разбора файла по столбцам. Здесь галочками можно выбрать данные для загрузки. Строка загружаемых данных имеет зеленый цвет, строка пропущенных данных – серый.

На рис. 1.11 приведен пример верно разобранной размерности, указанной в шапке файла. При наличии несоответствия тип или единицы измерения должны быть скорректированы пользователем для каждого столбца данных. Отображение содержимого файла помогает пользователю понять, верно ли интерпретирован файл данных. Корректировка типа и единиц измерения доступна по двойному нажатию левой кнопкой мыши на соответствующей ячейке. После проверки единиц измерения и данных для загрузки необходимо нажать *Завершить*.

Имя сквах	кины из: Шап	ки las-файла ∖	/	Кодировка: ср1251	~	Ш	аблон: + 💾	✓ Ø	~ ~	^ ≡
<pre># LAS f # Proje</pre>	ormat log f: ct units are	ile from REX e specified	LAB as depth units			Колонка	Тип	Ед. изм.		
#	n informatio				1	DEPTH	1 Длина	м		
VERS.	2.0:				2	DTp	Время пробега	мкс/м		
WRAP.	NO:					— ·	волны Время пробега			
Woll					3	🗹 DTs	волны	мкс/м		
STRT.m	2860.1	. 00000000					-			
STOP.m	3068.	00000000 :			4	GGKp	Плотность	r/cm°		
STEP.m	0.2	0000000 :								
NULL.	-999.3	25000000 :								
COMP.	: 0	OMPANY								
WELL.	: WELL									
TOC	: FIELD	NT								
SRVC.	: SERVICE (COMPANY								
DATE.	: DATE									
PROV.	: PROVINCE									
UWI.	: UNIQUE N	WELL ID								
API.	: API NUM	BER								
*										
DEDTH			• DEPTH							
DTp	. 13.51 /m		: DTp							
DTs	.us/m		: DTs							
GGKp	.g/cm3		: GGKp							
#										
~Ascii				0.0000						
286	0.0000	298.4644	580.3725	2.6078						
286	0.4000	284.4682	531,8980	2.6132						
286	0.6000	277.2063	511.8077	2.5956						
286	0.8000	267.5192	485.7722	2.5304						
286	1.0000	257.8384	466.9857	2.4480						
286	1.2000	249.9987	455.9428	2.4149						
286	1.4000	246.3837	449.6311	2.4110						
286	1.6000	243.5368	448.4722	2.4031						
286	2.0000	240.2093	452.6373	2.3992						
286	2.2000	240.9489	454.1679	2.4097						
286	2.4000	241.6948	455.7139	2.4080						
286	2.6000	242.7911	453.5043	2.4029						
286	2.8000	242.4638	451.6978	2.4122						
286	3.0000	240.3654	460.2009	2.4290						
286	3.2000	238.6120	466.4798	2.4297						
286	3.4000	230.2114	465.1238	2.4200						
286	3.8000	229.7760	445.0237	2.3783						
286	4.0000	224.9016	434.0303	2.4022						
286	4.2000	218.6188	431.4255	2.4533						
286	4.4000	212.4353	419.2117	2.4687		 ✓ 	О Выбрано	4 из 4 колонок	Завер	шить

Puc. 1.11

Для каждого из загруженных файлов в элементе ГИС создается отдельный элемент набор данных, который, в свою очередь, состоит из элементов загруженных данных.

Загрузка точечных данных

Точечные данные – это элемент для загрузки и хранения данных, записанных в нерегулярных точках по глубине. Главное отличие точечных данных от данных ГИС – это невозможность их интерполяции на другие точки. Другое не менее важное отличие заключается в том, что в одной точке может храниться более одного значения (вектор). В *приложении* реализованы два специальных вида точечных данных векторного типа: *Керновые данные* и *Ориентация трещин*.

Для загрузки наборов точечных данных необходимо воспользоваться пунктом *Импортировать* — *Импортировать точечные данные* контекстного меню элемента *Скважина* (рис. 1.12). Можно также воспользоваться пунктом *Импортировать точечные данные* контекстного меню элемента *Точечные данные* (рис. 1.13).



Puc. 1.12



Puc. 1.13

В папке *Тестовые данные* → *1. Опорная скважина* → выбрать файлы *3652_P_DRILL_МПа.las*, *3652_P_XPT_МПа.las*.

Разбор загружаемого файла совершенно аналогичен разбору файлов данных ГИС (рис. 1.14, 1.15).

Имя скважины из: Шапки las-файла 🗡 Кодировка: ср1251 🗸	Шаблон: 🕂 💾 🗸 🚳	× × ≈ ≡
Имя скважины из Шапки las-файла ∨ Кодировка: cp1251 ∨ ↓ LAS format log file from SIGMA ↓ Project units are specified as depth units ↓ VERS. 2.0: WRAP. NO: ↓ · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	Шаблон: + 💾 🖍 <table-cell></table-cell>	✓ < < ≡
~Ascii 2954 39.5	🕗 🔵 Выбрано 2 из 2 колонок	Завершить

Puc. 1.14

лонка Тип	Ел. изм.	
DEPTH Длина	м	
D Лавление	MПа	
давление	IVII IG	

Puc. 1.15

После окончания разбора загружаемого файла необходимо завершить интерпретацию файла, нажав кнопку Завершить.

Загрузка стратиграфических отбивок

Стратиграфические отбивки или зоны – это специфические данные, определяющие принадлежность горных пород, через которые проходит скважина, определенному геологическому периоду или выделенному пласту. Зоны позволяют применять различные способы расчета для различных интервалов скважины по глубине.

Для загрузки наборов точечных данных необходимо воспользоваться пунктом *Импортировать* \rightarrow *Импортировать зоны* контекстного меню элемента *Скважина* (рис. 1.16). Можно также воспользоваться контекстным меню элемента зоны *Импортировать* \rightarrow *Импортировать зоны из файлов* (рис. 1.17).



Puc. 1.16



Puc. 1.17

Далее следует выбрать файл, содержащий информацию по зонам для данной скважины. *Приложение* позволяет загружать данные о зонах из файлов форматов *csv*, *txt*, *xls*, *xlsx*.

В папке *Тестовые данные* → *1. Опорная скважина* → выбрать файл *3652_zones.xlsx*.

Появится окно загрузки данных (рис. 1.18). Формат записи зон в файле должен быть строго определенным. В колонках должны быть последовательно записаны: название зоны, глубина вдоль ствола (MD) кровли зоны, глубина вдоль ствола (MD) подошвы зоны.

кнопку 'Установ 3) В случае необ кнопку 'Установ	ить строки заголо бходимости выдел ить первую строку	вков'; ите первую строку данных и нажми / данных';	те
4) Выберите нео 5) Проверьте, со желаемым:	бходимые столбц оответствуют ли вы	ы и настройте их свойства; ыделенные цветом области в табли.	е Свойство Значение
6) Нажмите кно	пку 'Завершить'		✓ Настройки данных
ones			Читать каждую строку 1
	0		Проверять время на возрастание
A	В	C C	Удалять строки с некорректными/пустыми з
Formation	Тор	Bottom	 Theoopasonanine crostoga gatar apenienti
Glina	2915	2934.9	
u00	2934.9	2968.1	
u01	2968.1	2988.9	
u02	2988.9	3017.7	Колонка Тип Ед. изм.
U02_down	3017.7	3100	1 Formation Название
			2 Тор Длина м
			3 Bottom Длина м
			О выблано 0 из 3 колонок Завелици

Puc. 1.18

После того как появится окно загрузки, необходимо установить заголовок, выделив его и нажав кнопку *Установить строки заголовков*. Строки заголовков будут выделены зеленым цветом (рис. 1.19). Далее в таблице необходимо задать типы и единицы измерения для каждой из колонок. Типы должны быть также строго фиксированы: *Название*, *Длина*, *Длина*.

После проверки единиц измерения и данных для загрузки нужно нажать Завершить.

 Выберите ну Выделите в т кнопку 'Устанс В случае нес кнопку 'Устанс Выберите не Выберите не 	жную страницу из ф аблице строки, сод вить строки заголов юходимости выдель вить первую строку вобходимые столбц	файла Excel в строке ержащие заголовки, эков'; ите первую строку д данных'; ы и настройте их сво	выбора; и нажмите инных и нажмите йства;	Шаблон: + 💾 🗸 🏟 🗠 🗸 🗸 📼
желаемым;	оответствуют ли вы	деленные цветом о	ласти в таблице	Свойство Значение
6) Нажмите кн	опку 'Завершить'			 Настроики данных Читать каждую строку 1
Zones			~	Проверять время на возрастание
A	В	с		Удалять строки с некорректными/пустыми з 🔽
1 Formation	Тор	Bottom		> Преобразование столбца даты-времени
2 Glina	2915	2934.9		
3 u00	2934.9	2968.1		
4 u01	2968.1	2988.9		
5 u02	2988.9	3017.7		Колонка Тип Ед. изм.
6 U02_down	3017.7	3100		1 🔽 Formation Название
				2 🗹 Тор Длина м
				3 🗹 Bottom Длина м
				Выбрано 3 из 3 колонок Завершить

Puc. 1.19

Вопросы для самостоятельной работы

- 1. Что такое альтитуда скважины?
- 2. Что измеряют геофизическим методом АК?
- 3. Что такое инклинометрия?
- 4. Какую информацию отображают точечные данные, которые загрузили?
- 5. Что означают сокращения MD, TVD и TVDSS?

Лабораторная работа № 2

РАСЧЕТ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОРОД

Порядок выполнения

1. Подготовка данных.

- 2. Расчет синтетической плотности.
- 3. Расчет геостатического (горного) давления.
- 4. Расчет порового (пластового) давления.

Подготовка данных

Для начала построения модели устойчивости ствола скважины в папке *Геомеханика* соответствующей скважины необходимо с помощью правой кнопки мыши в контекстном меню выбрать пункт *Добавить Устойчивость ствола* (рис. 2.1).

Фа	йл	Вид	Инстру	мент	ы Базы данных Помощь	
늋	Ľ		- 🗒 - >	×	-	≡ +.
Dod	~ (36	552			
ш	:	> 😫	ГИС		(2)	
L		10	гти		(0)	
°Ľ			Геомеха			E ()
1111			Данные		Открыть	Enter
	:	> 📘	Зоны		Копировать	
		1	Имиджи	2	Вставить	
		1	Констру	\times	Удалить	Del
		1	Петроф	≡Ī	Переименовать	F2
	:	> 1	Точечнь		Сортировать	•
		<u>_</u>	Траекто	*	D -6	
				C.	дооавить устоичивость ствола	
1				1D	Добавить Геомеханическую 1D модель	

Puc. 2.1

Далее необходимо задать Устье (MD), Забой (MD) и Шаг дискретизации (рис. 2.2). Нажать **ОК**.

В папке *Геомеханика* появится элемент *УСС-1*. При двойном нажатии левой кнопки мыши на элементе появится окно *УСС* (рис. 2.3). В верхней части окна находится специфический только для этого окна элемент интерфейса: панель с кнопками-разделами.

Последовательность кнопок отображает последовательность шагов при построении геомеханической модели. Некоторые этапы построения являются обязательными, а некоторые этапы являются вспомогательными или служат для использования дополнительных (расширенных) возможностей при построении модели.

90 РН-СИГМА 2020	×
Устье (MD):	0м
Забой (MD):	3133 м 🗘
Шаг дискретизации:	0.2 м
	ОК Отмена
_	





Puc. 2.3

Расчет синтетической плотности

Первым обязательным этапом для построения модели геомеханических свойств и напряжений является расчет синтетической объемной плотности пород. Необходимость этого этапа обусловлена тем, что интеграл плотности определяет величину горного давления – основного источника напряженного состояния породы. При этом практически не встречаются исследования профилей плотности пород, начинающиеся непосредственно с дневной поверхности. Это приводит к необходимости тем или иным способом восстанавливать плотность породы до уровня дневной поверхности на основании участков записанных исследований. В ПК «РН-СИГМА» предложены следующие методы расчета синтетической плотности:

- метод экстраполяции;
- осредненная плотность;
- метод Гарднера;

– плотность (константа);

– метод Миллера;

– эмпирическое соотношение Атосо;

– метод Трауготта.

Далее следует рассмотреть входные параметры, которые необходимо задать в методе Экстраполяция (рис. 2.4). В поле Объемная плотность осуществить выбор исходного элемента данных плотностного каротажа, добавить файл PTL3652_AK_корр/GGKp. Также необходимо задать *глубины точек А* и *В* для экстраполяции плотности от устья до забоя вручную либо интерактивно с помощью мышки поместить точки на нужные глубины. Параметры A0 и Alpha будут рассчитаны автоматически. Также этим параметрам можно присвоить собственные значения. В поле Pesyльтирующая кривая необходимо задать название для расчетного элемента данных синтетической плотности пород.

П	риступая к рабо	те УСС-1 🗵											
/3	652/Геомеханик	а/УСС-1											
	****	↓ ₽↓		-Mrs	Ť	÷	5	*/*					
	Синтетическая плотность	Геостатическое давление	Поровое давление	Синтетическая акустика	Динамические упругие свойства	Статические упругие свойства	Прочностные свойства	Давление ГРП					
Me	тод Экстраполя	ция		~ ►	× 💾		I	▶ 🇱 🚍					
	Свойство Значение												
	 Входные пар 	аметры											
	Объемная	плотность				PTL3652_AK_kop	p/GGKp						
	Плотность	породы на повер	хности			1650 кг/м ³							
	Истинная і	лубина в точке А				2794.933 м							
	Плотность	в точке А				2607.806 кг/м ³							
	Истинная	лубина в точке В				3001.525 м							
	Плотность	в точке В				2432 кг/м ³							
	A0					0.883							
	Alfa					0.881							
	✓ Дополнит	ельные параметр	ы										
	Плотно	сть воды				1030 кг/м³							
	Граница	а синтетических з	начений (TV	D)		0 м							
	У Выходные па	араметры											
	Результиру	/ющая кривая				Плотность							
	Коэффици	ент детерминаци	4(R²)										
	— Описание ме	1043											
		Строр											
			$x = \frac{1}{\ln(Z_A)}$	$\frac{ln(\rho_A - \rho_0) - J}{-Z_{AG} - Z_{WD}} = -\frac{ln(\rho_A - \rho_0)}{-}$	$\frac{\ln(\rho_B - \rho_0)}{\ln(Z_B - Z_{AG} - Z_{AG})}$	(WD)							
	$A_0 = \frac{\rho_A - \rho_0}{(Z_A - Z_{AG} - Z_{WD})^{\alpha}}$												
	2. Расчет по пол	тученным параме Р	трам синтет $ ho= ho_0+ ho_0$	гической кривой ∙ А ₀ ∙ (Z _{TVD}	от устья до забоя $-Z_{AG}-Z_V$	_{VD})α							
	3. Сшивка синто указанной гран	етической плотно ицы синтетически	сти в пропу іх значений ~	щенных интервал будет гарантиров	пах с входной кр занно заполнен с	ивой плотности интетическими	. Интервал от ус і значениями	тья до					

Puc. 2.4

Далее необходимо нажать кнопку *Рассчитать и сохранить* (рис. 2.5). После расчета добавить результаты расчета в *Менеджер рабочих процессов*



Puc. 2.5

Менеджер рабочих процессов

Рабочий процесс – это последовательность методов, которые можно сформировать и настроить на одной скважине, сохранить, а затем рассчитать на других скважинах. Настройка метода подразумевает задание имен входных кривых, выходных кривых и других параметров расчета метода. При расчете метода на конкретной скважине выполняется поиск каждой входной кривой по имени набора кривых и имени самой кривой. Поэтому необходимо, чтобы наборы кривых и сами кривые на скважинах для дальнейшего расчета имели те же имена, что и на скважине, на которой был сформирован рабочий процесс.

Чтобы открыть менеджер рабочих процессов, следует воспользоваться пунктом главного меню *Инструменты* → *Менеджер рабочих процессов*.

Расчет геостатического (горного) давления

Вторым обязательным этапом построения геомеханической модели 1D является расчет геостатического (горного) давления. Чтобы построить профиль геостатического давления, необходимо знать плотность горной породы от дневной поверхности до максимальной абсолютной глубины пласта H_{max} .

В ПК «РН-СИГМА» предложены три метода расчета геостатического (горного) давления (рис. 2.6):

– интеграл плотности;

- постоянный градиент;
- объединение кривых.

/3652/Геомеханик	а/УСС-1								
	[↓] ₽↓	× ₽ #	-Mm	***	÷				
Синтетическая плотность	Геостатическое давление	Поровое давление	Синтетическая акустика	Динамические упругие свойства	Статические упругие свойства				
Летод Интеграл плотности 🗸 🕨 🕇 🚺									
Интеграл г	плотности								
Постоянны	ый градиент			Значение					
В: Объединен В: Объединен	ние кривых								
Объемная	плотность		-						
Выходные па	✓ Выходные параметры								
Геостатиче	еское давление		Geostatic pressure						
Геостатиче	еская эквивалентн	ая плотн	Geo_eq_density						

Puc. 2.6

При работе с проектом 3652 в разделе Геостатическое давление в окне методов выбираем метод расчета Интеграл плотности. В нижней части окна дано описание данного метода (рис. 2.7). Этот метод выполняет численный расчет горного давления σ_V как интеграла от профиля плотности вышележащих пород $\rho(z)$. Для этого требуется задать профиль плотности от устья до требуемой глубины. В противном случае расчет не будет выполнен.



Puc. 2.7

После выбора метода расчета в появившемся окне необходимо задать входные параметры. Во входных параметрах подгружается информация, рассчитанная ранее в разделе *Синтетическая плотность*, а именно *УСС-1/Плотность*. В выходных параметрах необходимо переименовать кривую *геостатическое давление*, кривую *геостатическая эквивалентная плотность* можно оставить без изменений (рис. 2.8).

/3652/Геомеханика	а/УСС-1							
	↓ ₽ ↓	× ₽ # ₽ ₽	-Mm	***	÷			
Синтетическая плотность	Синтетическая Геостатическое давление		Синтетическая акустика	Динамические упругие свойства	Статически упругие свойства			
Метод Интеграл п	лотности		✓ ▷ + 💾					
	Свойство		Значение					
✓ Входные пар	аметры							
	Объемная плотность			УСС-1/Плотность				
Объемная	плотность		УСС-1/Плотност	ь				
Объемная У Выходные па	плотность араметры		УСС-1/Плотност	ь				
Объемная • Выходные па Геостатиче	плотность араметры ское давление		УСС-1/Плотност Геостатическое д	ь цавление				

Puc. 2.8

После этого нажать *Рассчитать и сохранить* и добавить результаты расчетов в *рабочий процесс*.

На выходе по результатам расчета (рис. 2.9) должны получить в дереве проекта в папке $\Gamma UC \rightarrow YCC-1 \rightarrow \Gamma eocmamuueckoe dasnehue$ (*Геостатическое давление*) и *Геостатическая эквивалентная плот*ность (*Geo_eq_density*).



Puc. 2.9

Расчет порового давления

Третьим обязательным этапом построения геомеханической модели 1D является расчет порового (пластового) давления. В проницаемых коллекторах поровое давление совпадает с пластовым. В непроницаемых пластах нет фильтрации жидкости

и пластовое давление не определено. Его необходимо рассчитать. Для расчета порового давления необходимо перейти в раздел *Поровое давление*.

В ПК «РН-СИГМА» предложены семь методов расчета порового (пластового) давления (рис. 2.10):

- с помощью геостатического давления;
- метод Итона;
- метод Бауэрса;
- с помощью постоянного градиента;
- с помощью интерполяции замеров плотности;
- метод объединения кривых;
- с расчетом по зонам и фациям.

При работе с проектом 3652 в разделе Поровое давление в окне методов выбрать метод расчета Расчет по зонам и фациям (см. рис. 2.10).

/3652/Геомеханика/У	C-1				
00000	[↓] [₽] ↓	P P	-Mm	 T	÷
Синтетическая Гео плотность	остатическое давление	Поровое давление	Синтетическая акустика	Динамические упругие свойства	Статически упругие свойства
Метод Расчет по зона	м и фациям		~ Þ	+ I ^{II}	> 4
Гидростатичес Метод Итона Лит Метод Бауэрса	кое давление			Значени	e
Рез Постоянный г Интерполяция Объединение Расчет по зона	радиент я замеров плот кривых ам и фациям	ности	Re	esult_curve	
Поиск зон		~	Поиск фаций		~
30	оны		Фации	Мето	д
🗹 Все зоны			🗹 Все фации	-	
Glina					
u00					
u01					
u02					
U02_down					

Puc. 2.10

Для корректного расчета порового (пластового) давления следует использовать точечные данные для калибровки модели. Для этого в дереве проекта в папке *Точечные данные* \rightarrow 3652_*P*_*DRILL_МПа*,

3652_P_XPT_МПа следует выбрать точечные замеры давления *P*, загруженные ранее. Захватить левой клавишей мыши точечные замеры *P* и перетащить их на планшет (рис. 2.11).

Фа	йл В	ид Инструменты В	Базы данных	Помощь										
Б	ľ ľ	∙≞∙×÷	≡ +;	Приступая к работ	е УСС-1 🗵									
۾ ا	~	3652		/3652/Геомеханика	/YCC-1									
교	>	😫 ГИС	(3)	*****	1 ₽ 1	5 87	shu	***		K	<u>م</u> ام	+0++	Æ	3
		🕑 гти	(0)	****		• • •	¥1	Линамические	Статически	•	. 7.	*	•	
5	~	🚺 Геомеханика	(1)	Синтетическая	Геостатическое	Поровое	Синтетическая	упругие	упругие	Прочностные	Давление	Горизонтальные	Температура	Устойчивость
(!!)		🥘 УСС-1		плотность	давление	давление	акустика	свойства	свойства	своиства	TPH	напряжения		скважины
		🚦 Данные бурения	(0)	Метод Расчет по за	нам и фациям		~ Þ	H H	Z			2652		<u>т</u>
	>	📕 Зоны	(5)		Свойство			Значени	e	o	20.70	3032 0.MP-	Glina	_кровля
		📘 Имиджи	(0)	Литоколонка							28.78	P, MITa	39.64	MD
		📲 Конструкции	(0)	Результирующа	я кривая		Re	sult curve						1:882*
		📒 Петрофизика	(0)											
	~	📕 Точечные данные	(2)							-			u00	кровля
		🗸 🎉 3652_Р_ХРТ_МП	a (2)							_			Glina_	подошва
		DEPTH												2940
		P P												
		∽ 🎉 3652_P_DRILL_M	I∏a (2)											
		DEPTH												
		N. P												2960
		🖕 Траектория		Поиск зон		\sim	Поиск фаций		\sim				u01	кровля
					2		A	Marca						подошва
					зоны		Фации	мето	А					
	войст	в Значение	2	🗹 Все зоны			🗹 Все фации	-						2980
	✓ Ста	тистика		Glina									002	K00503
		Давление								0			u01_	подошва
		2954 м		u00										
		2954 м		u01										- 3000
		39.5 M∏a												
		39.5 MПa		u02										
		0 MПa		U02 down								• • •		
		39.5 M∏a								0			U02_dowr u02	подошва
		0 МПа												5020
		0.000E+00 (M∏a)*												

Puc. 2.11

На планшете в зонах *и00* и *и02* получим точечные данные порового давления для калибровки модели. Чтобы данные отображались корректно необходимо объединить диапазоны, чтобы шкалы давления имели одинаковые значения. Для этого на планшете нужно нажать правую клавишу мыши – выпадает окно с функцией *Объединить диапазоны* (рис. 2.12).



Puc. 2.12

Следующим этапом работ является заполнение данных для расчета. Для этого необходимо убрать галочку *Все зоны* и внести данные для каждой зоны отдельно. Для этого нужно поставить галочки в следующем порядке.

1. Glina → Все фации → метод Гидростатическое давление.

2. $u00 \rightarrow Bce фации \rightarrow метод Постоянный градиент.$ Так как есть точечный замер порового (пластового) давления, градиент давления поставить 0,01 МПа/м. В настройках оси установить галочкой глубину по TVD. Определить опорную глубину точки u00 - 2888 м и опорное значение порового давления – 39,5 МПа.

 $3.~u02 \rightarrow Bce фации \rightarrow метод Постоянный градиент. Так как есть точечные замеры порового (пластового) давления, градиент давления поставить 0,01 МПа/м. Определить опорную глубину второй точки <math>u00 - 2943$ м и опорное значение порового давления – 33,184 МПа.

4. $u01 \rightarrow Bce \phi auuu \rightarrow memod Постоянный градиент.$ Точечных замеров порового (пластового) давления нет. Но по имеющимся у нас данным известно, что для зоны u01 данные совпадают с зоной u02. Поэтому данные для расчета в зоне u01 следует взять как в зоне u02. Градиент давления поставить 0,01 МПа/м. Определить опорную – 2943 м и опорное значение порового давления – 33,184 МПа.

5. $U02_down \rightarrow Bce фации \rightarrow метод Постоянный градиент.$ Точечных замеров порового (пластового) давления нет. Но по имеющимся у нас данным известно, что для зоны $U02_down$ данные совпадают с зоной u02. Поэтому данные для расчета в зоне $U02_down$ нужно взять как в зоне u02. Градиент давления поставить 0,01 МПа/м. Определить опорную – 2943 м и опорное значение порового давления – 33,184 МПа.

После этого нажать кнопку *Рассчитать и сохранить* и добавить результаты расчетов в *рабочий процесс*.

В дереве проекта в папке *ГИС* → *УСС-1* появляется результаты расчетов – *Поровое давление*. Входные параметры и результаты расчета отобразятся на планшете (рис. 2.13). Нажать правую клавишу мыши – выбрать функцию *Объединить диапазоны*. Завершить калибровку модели по точечным данным.

2	2айл <u>В</u> ид <u>И</u> нструменты Базыданн	ых Цо	мощь										
		= 1	Приступая к рабо	те УСС-1 🗵									
ć	→ ♥ ③ 3652		/3652/Геомеханик	a/YCC-1								8-	
4		(3)		*P*		Mu	0	- ÷÷-		* <u></u>]+	÷÷+	6	Ø
	> 💱 РТL3652_АК_корр	(4)	Синтетическая	Геостатическое	Пополос	Синтетическая	Динамические	Статически	е Прочностные	Лавление	Горизонтальные	_	Устойчивость
II.	> > > S Irajectory	(5)	плотность	давление	давление	акустика	упругие свойства	упругие свойства	свойства	ГРП	напряжения	Температура	скважины
15	ii	(0)	Metos Pacuet no t	онам и фациям			- E	N 12					
	S Bho trend			<u> </u>			1_1		F		3652		+
	Плотность			Своиство			значени	e		28.78	P, MRa	39.64	MD
	🗧 Геостатическое давле.		Литоколонка	39 104839		-	оповое завление			28.78	Поровое давление,	МПа 39.64	1:1188
	Geo_eq_density		(contraction of the second seco	an opnoon			iopoboc gabrienne			P=33.	196		
	💈 Поровое давление								•	P=39. Поров	5 ое давление=33.081	Gina	фовля
	10 гти	(0)											2920
	Геомеханика	(1)											
	XCC-1								o			Glina n	одошва
	Данные бурения	(0)											2940
	> 1 Зоны	(5)											
		(0)										1	2050
	Патрофизика	(0)	Поиск зон		~	Поиск фаций		~					2900 KDOBJR
	У В Точечные данные	(2)		Зоны		Фации	Мето	А	0		1	u00_r	одошва
	i o te indie gannae	(4)	Все зоны			🖂 Все фации	Постоянный г	градиент					2020
												u02	K00808
			Glina 🗹						a			u01_r	одошва
			🗹 u00										
			J01										84
											•	1100 dama	
			✓ u02						0			u02_down	0200.83
			U02_down										
				<i>c</i> ×	0	_	2				1		3040
			N. Bus and a second	Своиство			значение	_					
			• Бходные пара	метры вления		0.01 MEla/M					1		
1			Опорная гл	/бина		2943 м							3060
			Опорное зн	ачение порового	завления	33.184 MПa							
			У Выходные пар	раметры							DLL CUITAN	A 2020	
			Поровое да	вление		Pore_pressure_gra	idient				FIT-GWI IVI	M 2020	3080
											ID: 1100488010 (ФТБ	07 00 =Cam(T) =)	
1												1	

Puc. 2.13

Вопросы для самостоятельной работы

- 1. Что такое геостатическое давление?
- 2. Как влияет геостатическое давление на бурение скважины?
- 3. Что такое поровое и пластовое давление?
- 4. Что такое фации?
- 5. Как влияет поровое (пластовое) давление на бурение скважины?

Лабораторная работа № 3

РАСЧЕТ ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПОРОД

Порядок выполнения

1. Обзор раздела синтетическая акустика.

2. Расчет динамического модуля Юнга и динамического коэффициента Пуассона.

3. Расчет статического коэффициента Пуассона.

4. Расчет пороупругости.

Расчет синтетической акустики

Расчет синтетической акустики не является обязательным при работе с проектом *3652*. Он необходим только в случае, когда не проведены геофизические акустические исследования скважины. В проекте *3652* имеются необходимые геофизические данные акустического каротажа – интервального времени пробега продольных **DTP** и поперечных волн **DTS**.

В случае отсутствия данных акустического каротажа в ПК «РН-СИГМА» (рис. 3.1) можно воспользоваться эмпирическими уравнениями и корреляциями для расчета интервального времени пробега продольной и поперечной волны (**DTP** и **DTS**).

Φ	айл <u>В</u> ид	<u>И</u> нструменты Базы данн	ных <u>П</u> ом	ощь					
EKT	li 🖕	- ≞ - × ÷	≡ +,	Приступая к р	аботе Менеджер ра	абочих проц	цессов 🗵 УСС-	1 🗵	
l a	× 🛈 3	552		/3652/Геомеха	ника/УСС-1				
Ш	~ ¶ <u>s</u>	ГИС	(3)		↓ ₽↓	P P	-Mm-	*** •	÷
:≡ Jor	Ň	Ş≰ PTL3652_AK_κopp S≩ DEPTH S≩ DTp	(4)	Синтетическ плотность	ая Геостатическое давление	Поровое давление	Синтетическая акустика	Динамические упругие свойства	Статические упругие свойства
	·	j≶ DTs		Метод 🚥 Ура	внение Фауста		~ Þ	· - ₿	> 🔀
		S GGKp		оте Ура	внение Фауста				
	>	≩ Trajectory	(5)	оте Ура	внение Заляева			Значение	
	>	§§ УСС-1	(6)	✓ B: OTF Kop OTS Voi	реляция мест. Монг	и пласт II dg	(DIP)		
	12	ГТИ	(0)	ота Ура	внение Хана для гл.	песчаников			
	~ 🚺	Геомеханика	(1)	DTS Ypa	внение Кастаньи для внение Кастаньи для	а сланцев песчаникої	R		
		💘 УСС-1		ore Key	опение кастаной дий	nee anvico			

Puc. 3.1

Расчет динамического модуля Юнга и динамического коэффициента Пуассона

Пятым обязательным этапом построения геомеханической модели 1D является расчет динамических упругих свойств. Для расчета динамических упругих свойств горной породы необходимо перейти в раздел Динамические упругие свойства.

Расчет динамических упругих свойств выполняется по данным акустического каротажа. В отсутствие результатов акустических исследований можно воспользоваться методами получения синтетических профилей в разделе *Синтетическая акустика*.

В ПК «РН-СИГМА» предложен метод *Расчет из интервальных скоростей звука* и *Эмпирические корреляции*. В случае проекта *3652* используем метод *Расчет из интервальных скоростей звука* по данным загруженных ранее каротажей (рис. 3.2).



Puc. 3.2

Для данного метода заполнить *Входные параметры*. *Плотность пород* → PTL3652_AK_корр/GGKp. *Интервальное время продольной волны* PTL3652_AK_корр/DTp. *Интервальное время поперечной волны* – PTL3652_AK_корр/DTs (рис. 3.3).

Для удобства необходимо переименовать выходные параметры: Модуль Юнга динамический и коэффициент Пуассона динамический (см. рис. 3.3).

/3652/Геомеханик	a/YCC-1							
Синтетическая плотность	↓ Р↓ Сеостатическое давление	Респользование Поровое давление	Синт	•••• етическая сустика	ф Динамические упругие	статические упругие		
: Метод Расчет из и	інтервальных скор	ростей звука	1	~ Þ	 ▼ ■ 	▶ # =		
	Свойство			Значение				
Входные пар	аметры							
Плотность	пород			PTL3652_A	К_корр/GGКр			
Интерваль	ное время продол	льной волнь	ы	PTL3652_A	К_корр/DTp			
Интерваль	ное время попере	ечной волны	a	PTL3652_A	К_корр/DTs			
У Выходные п	араметры							
Модуль Ю	нга			Модуль Ю	нга дин			
Коэффици	ент Пуассона			Коэф.Пуас	сона дин			

Puc. 3.3

После того как заполнены все необходимые поля, нажать *Рассчитать и сохранить* и добавить результаты расчетов в *рабочий процесс*.

В дереве проекта в папке *ГИС* \rightarrow *УСС-1* появятся результаты расчетов – динамический модуль Юнга (Модуль Юнга дин) и динамический коэффициент Пуассона (Коэф. Пуассона дин). Входные параметры и результаты расчета отобразятся на планшете. Также дополнительно можно рассчитать модуль сдвига *Shear_dyn* и модуль объемного сжатия *Bulk_dyn* (рис. 3.4).

•	ф Динамические упругие свойства	статические упругие свойства	Грочностные свойства	�\• Давление ГРП	Гори на	нзонт прях	альные кения	В Е Температура	ў Устойчи скваж	івость ины
	- ₽	▶ # =	Выходные	параметры	•	~	Модуль	Юнга		+
I	Значение			1	583.3	\checkmark	Коэффі	ициент Пуассон	a	MD
				1	77.32		Модуль	сдвига		1:1295
А	К_корр/GGКр				GGKp=		Модуль	объемного сж	атия	

Puc. 3.4

Расчет статического коэффициента Пуассона

Шестой обязательный этап построения геомеханической модели 1D – это расчет статических упругих свойств. Для расчета статических упругих свойств горной породы необходимо перейти в раздел *Статические упругие свойства*. Расчеты статического модуля Юнга E_{st} , статического коэффициента Пуассона v_{st} и коэффициента пороупругости а выполняются по известным корреляционным зависимостям. Методы представляют корреляции, построенные по различным месторождениям.

Для расчета коэффициента Пуассона выбрать метод *Коэффици-ент Пуассона* (*линейн. завис-ть*). На вход подается ранее рассчитанная кривая \rightarrow *УСС-1/Коэф. Пуассона дин*. Применить эмпирическую константу – *0,91*.

На выходе должны получить *Статический коэффициент Пуассона* (рис. 3.5). После этого нажать кнопку *Рассчитать и сохранить* и добавить результаты расчетов в *рабочий процесс*.

Приступая к работе	УСС-1 🗵									
/3652/Геомеханика/	VCC-1									
	[↓] ₽↓	5 8 8	-Mm	*** •	÷					
Синтетическая Г плотность	еостатическое давление	Поровое давление	Синтетическая акустика	Динамические упругие свойства	Статические упругие свойства					
Метод <mark>PR</mark> Коэффиц	leтод 📴 Коэффициент Пуассона (линейн. завис-ть) 🛛 🗸 🕨 🕈 🔛									
	Свойство			Значение						
🕆 Входные парам	летры									
Динамически	ий коэффициен	т Пуассона	УСС-1/Коз	ф.Пуассона дин						
Константа			0.91							
У Выходные пара	аметры									
	-									

Puc. 3.5

Расчет пороупругости

Пороупругость рассчитывается в разделе *Статические упругие свойства*, метод *Пороупругость* (*константа*) – *0,9* (эмпирическая величина) (рис. 3.6).

После этого нажать кнопку *Рассчитать и сохранить* и добавить результаты расчетов в *рабочий процесс*.

/36	52/Геомеханик	а/УСС-1					
******	Синтетическая Геостатическое Пор плотность давление дав.		× ₽.* • ↓ •	-Mm	 T	÷	
•			Поровое давление	Синтетическая акустика	Динамические упругие свойства	Статические упругие свойства	Г
Me	год 🕰 Пороуг	пругость (конст.)		~ 🖻	- E	> 2	•
		Свойство			Значение		
~	Входные пар	аметры					
	Константа			0.9			
~	Выходные п	араметры					
	Пороупру	гость		Пороупру	гость		

Puc. 3.6

Вопросы для самостоятельной работы

- 1. Что такое модуль Юнга и коэффициент Пуассона?
- 2. Чем отличаются статический коэффициент Пуассона от динамического?
- 3. Какие ГИС нужны для расчета динамического модуля Юнга и коэффициента Пуассона?
- 4. Что такое пороупругость?
- 5. Что такое эмпирическая корреляция?

Лабораторная работа № 4

РАСЧЕТ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ СВОЙСТВ ПОРОД

Порядок выполнения

- 1. Добавление и редактирование корреляции.
- 2. Расчет статического модуля Юнга.
- 3. Импорт корреляции.
- 4. Расчет предела прочности на сжатие.

Добавление и редактирование корреляции

В проекте 3652 необходимо создать собственные корреляции. Произвести восстановление статического модуля Юнга через динамический модуль Юнга. Для этого нужно зайти на вкладку Инструменты — Специальные — Редактор корреляций (рис. 4.1).



Puc. 4.1

Редактор корреляций

Редактор корреляций предназначен для ввода пользовательских формул для зависимостей, которых нет в *приложении*. После сохранения пользовательской корреляции и установки галочки *Показать в модуле УС* зависимость попадает в базу корреляций и становится доступна в качестве метода расчета в соответствующем разделе окна по расчету устойчивости.

Корреляции распределены по разделам окна расчета устойчивости за исключением разделов Устойчивость скважины,

Устойчивость скважины в динамике и Эксплуатация. Добавлять корреляции в эти разделы нельзя. Раздел можно выбрать в выпадающем списке, выбрать *Статические упругие свойства* и добавить новую корреляцию (рис. 4.2).



Puc. 4.2

Данные для создания корреляции взять из файла *Corellations Est.txt* в папке опорная скважина. Записать корреляцию как *Modyль Юнга_ПТЛ*. В таблицу *Входные кривые* внести название переменной *Edyn*, выбрать тип (*моdyль Юнга*), единицу измерения – *ГПа*. Далее внести значения для констант, в разделе выходные кривые название переменной – *Est*, тип (модуль Юнга), единицу измерения – *ГПа*.

Прописать скрипт Est = const1 * Edyn + const2. Протестировать скрипт (рис. 4.3).

🤨 Редактор корреляций								- [×	
+ Информация										
Раздел: Статические упруг	ие свойства 🗸 🗸		Настройки корр	еляции Статическ	ие упругие свойств	a/Koppe	ляция Мо	дуль Юнг	а_ПТЛ	
		+	= ×=					Вхолн	-	e
			Нагвание	Перемения	а Тип		Елиници		ниа	i.
Название	Показывать в модуле УС	1	Дин.модуль Юнга	Edyn	Модуль Юнга	ГПа	carine	лизшере		1
Корреляция Самотлорского мест.(YME)										1
Корреляция Фуллера										
Коэффициент Пуассона (линейн. завис-ть)										
Корреляция Приобское мест.(АС12)										
Корреляция Киняминское мест.(ЮС1)		1						1	Константь	4
Корреляция Самотлорского мест.(PR)			Название	Переменная		Зна	чение			4
Пороупругость (конст.)		1	Константа	const1	0.863					
Пороупругость (пористость по Крифу)		2	Константа-1	const2	-6.966					4
Пороупругость (проницаемость по Климентосу)										
Статический модуль сдвига										
Модуль объёмного сжатия		+	= × <u>-</u>					Выходн	ые кривы	_
Упругие модули слоистой породы		1	Haanaauso	Пополнониза	Tun		E	выходл	ыс кривы	i.
Модули трансверсально-изотропной породы (уп		1	Пазвание	Est	Модудь Юнга	ГПа	сдиниць	гизмерен	ия	1
Объединение кривых		1.	станиодультени		подультонна	11 M				1
📃 Корреляция Модуль Юнга_ПТЛ										
Скрипт										
•										
1 Est = const1 * Edyn + const2										1
										1
							[ок	Отмена	ว้

Puc. 4.3

Аналогично добавляется вторая корреляция, называть ее *Модуль Юнга_Элхам*. Данные для создания корреляции взять из файла *Corellations Est.txt*.

Проверить наличие пользовательских корреляций *Модуль Юнга_ПТЛ* и *Модуль Юнга_Элхам* в методах раздела *Статические упругие свойства* с их описанием (рис. 4.4).



Puc. 4.4

Расчет статического модуля Юнга

Шестой обязательный этап построения геомеханической модели 1D – это расчет статических упругих свойств. Для расчета статических упругих свойств горной породы необходимо перейти в раздел *Статические упругие свойства*. Расчеты статического модуля Юнга E_{st} , статического коэффициента Пуассона v_{st} и коэффициента пороупругости а выполняются по известным корреляционным зависимостям. Методы представляют корреляции, построенные по различным месторождениям. На данном этапе в разделе метод выбрать *Расчет по зонам и фациям*. Результирующую кривую переименовать *Модуль Юнга стат*.

Для каждой зоны выбрать нужную корреляцию.

1. Glina → Bce фации → метод Корреляция Модуль Юнга_Элхам. Входные параметры → УСС-1/Модуль Юнга дин.

2. Зона *и00* заполняется аналогично зоне *Glina* (рис. 4.5).

3. *и01 → Все фации →* метод *Корреляция Модуль Юнга_ПТЛ*. Входные параметры → *УСС-1/ Модуль Юнга дин*.

4. Зоны *u02*, *U02_down* заполняются аналогично зоне *u01* (рис. 4.6).

7	3652/Геомеханик	a/YCC-1							
	*****	t b t	5 P A	Mu		.	÷	5	**
	Синтетическая плотность	Геостатическое давление	Поровое давление	Синтетич акусти	еская ка	Динамические упругие свойства	Статические упругие свойства	Прочностные свойства	Давлен ГРП
Ν	Летод Расчет по з	онам и фациям			~ 🕨	- ₿		I	2
I		Свойство					Значение		
Г	Литоколонка				-				
	Результирующ	ая кривая			Mo	дуль Юнга стат			
	Поиск зон			~	П	оиск фаций			~
		Зоны				Фации		Иетод	
								10.00	
	Все зоны					🖉 Все фации	Корреляция Мо	дуль Юнга_Элха	IM
	🗹 Glina								
	🗹 u00								
	🔽 u01								
	🗹 u02								
	U02_down								
									_
I		Свойство					Значение		
F	 Входные пара 	метры							
	Дин.модуль	Юнга			УСС	-1/Модуль Юнга	дин		
	Константа				0.12	3			
	Константа-1				1.35	1			
1	У Выходные пар	раметры							
	Стат.модуль	ь Юнга			Est_	props			

Puc. 4.5

7	3652/Геомеханик	а/УСС-1						
	*****	↓ Þ↑		-Mm	 (1)	÷	5	*/*
	Синтетическая плотность	Геостатическое давление	Поровое давление	Синтетическая акустика	Динамические упругие свойства	Статические упругие свойства	Прочностные свойства	Давлен ГРП
N	Іетод Расчет по з	юнам и фациям		~ Þ	• ₿		- I	2
		Свойство				Значение		
Г	Литоколонка			-				
	Результирующ	ая кривая		Moz	уль Юнга стат			
	Поиск зон			× ⊓	оиск фаций			\sim
		Зоны			Фации		Метод	
	Все зоны				🛛 Все фации 🛛 🖡	Сорреляция Мо	одуль Юнга_ПТЛ	
	🗹 Glina							
	🗹 u00							
	🗹 u01							
	🗹 u02							
	✓ U02_down							
I		Свойство				Значение		
`	 Входные пара 	метры						_
	Дин.модуль	Юнга		УСС	-1/Модуль Юнга	дин		
	Константа			0.86	3			
	Константа-1			-6.9	00			
Ľ	Стат.молуль	Юнга		Est	props			
	2.211110,40710			234				

Puc. 4.6

После этого нажать кнопку *Рассчитать и сохранить* и добавить результаты расчетов в *рабочий процесс*.

Импорт корреляции

Для дальнейших расчетов необходимо снова воспользоваться готовой корреляцией, и чтобы ее импортировать, нужно открыть инструмент *редактор корреляций*, выбрать раздел *прочностные свойства*. Далее выбрать *импорт корреляции* \rightarrow *опорная скважина* \rightarrow *Correlations_all.h5*. Добавятся 2 корреляции *UCS* (ПТЛ), *UCS_slm* (рис. 4.7).

Нажать ОК.



Puc. 4.7

Расчет предела прочности на сжатие

Седьмой обязательный этап построения геомеханической модели – это построение профилей прочностных свойств. Для расчета прочностных характеристик породы необходимо перейти в раздел *Прочностные свойства*, в методах должны быть отображены корреляции, которые вы ранее импортировали (рис. 4.8). Для выполнения расчета предела прочности на сжатие следует зайти в методы и выбрать *Расчет по зонам и фациям*. Результирующую кривую переименовать *Предел прочности на сжатие*.



Puc. 4.8

Следующим этапом работ является заполнение данных для расчета. Для этого необходимо убрать галочку *Все зоны* и внести данные для каждой зоны отдельно.

Для этого поставить галочки в следующем порядке.

1. Glina \rightarrow Bce фации \rightarrow memod UCS_slm. Входные параметры \rightarrow VCC-1/ Модуль Юнга стат.

2. *и00* заполняется аналогично зоне *Glina* (рис. 4.9).



Puc. 4.9

3. $u01 \rightarrow Bce фации \rightarrow memod UCS (ПТЛ)$. Входные параметры \rightarrow *УСС-1/ Модуль Юнга стат*.

4. Зоны *u02*, *U02_down* заполняются аналогично зоне *u01* (рис. 4.10).

/3652/Геомеханика/УСС-1												
	t b t	с. 1	Mu	.	_ •	5	**					
Синтетическая плотность	Геостатическое давление	Поровое давление	Синтетическая акустика	Динамические упругие свойства	Статические упругие свойства	Прочностные свойства	Давлен ГРП					
Метод Расчет по з	онам и фациям		~ Þ	- E			2					
	Свойство				Значение							
Литоколонка			-									
Результирующ	ая кривая		Пр	едел прочности н	а сжатие							
Поиск зон			 Г 	Іоиск фаций			~					
	Зоны			Фации	I	Метод						
Все зоны				🗹 Все фации	UCS (ПТЛ)							
🗹 Glina												
🔽 u00												
🗹 u01												
✓ u02												
U02_down												
	Свойство				Значение							
Входные пара	метры											
Статически	й модуль Юнга		УС	УСС-1/Модуль Юнга стат								
Константа_1			0.63	32								
Константа_0)		25.2	275								
Выходные па	раметры											
UCS			у_р	rops								

Puc. 4.10

После этого нажать кнопку *Рассчитать и сохранить* и добавить результаты расчетов в *рабочий процесс*.

Вопросы для самостоятельной работы

- 1. Чем отличаются статический модуль Юнга от динамического?
- 2. Какие корреляции применяются для терригенного разреза?
- 3. Какие корреляции применяются для карбонатного разреза?
- 4. Что такое скрипты, их назначение?
- 5. Какой язык программирования применятся при написании скриптов?

Лабораторная работа № 5

РАСЧЕТ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ПОРОД

Порядок выполнения

1. Расчет угла внутреннего трения.

2. Расчет предела прочности на растяжение.

3. Расчет давления ГРП и поглощения жидкости в пласт.

4. Расчет минимального и максимального горизонтального напряжения.

Расчет угла внутреннего трения

Угол внутреннего трения – это один из параметров, определяющий устойчивость грунта к сдвигу. В проекте *3652* угол внутреннего трения определяется по корреляции Лала и считается по формуле (рис. 5.1).



Puc. 5.1

Итак, в разделе прочностные свойства выбрать метод *Корреляция Лала (глинистые сланцы)*, переименовать выходную кривую *Угол внутреннего трения* и подгрузить кривую времени продольной волны.

После этого нажать кнопку *Рассчитать и сохранить* и добавить результаты расчетов в *рабочий процесс*.

Расчет предела прочности на растяжение

Следующим этапом расчета является определение такой характеристики, как предела прочности на растяжение. Выбрать раздел *Прочностные свойства*, метод *Линейная функция TS (UCS)*. Для расчета используется кривая *УСС-1/Предел прочности на сжа-тие*. Выходная кривая – *Предел прочности на разрыв* (рис. 5.2).



Puc. 5.2

После этого нажать кнопку *Рассчитать и сохранить* и добавить результаты расчетов в *рабочий процесс*.

Расчет давления ГРП и поглощения жидкости в пласт

Для расчета давления гидроразрыва пород необходимо перейти в раздел *Давление ГРП*. Оценка давления гидроразрыва необходима для определения, насколько нужно превысить давление в скважине, чтобы расклинить горную породу и получить в ней магистральную трещину. Расчет давления гидроразрыва выполняется по известным корреляционным зависимостям.

В поле *Метод* необходимо выбрать метод расчета для выбранного свойства. Основной метод расчета давлений ГРП – *Метод Итона* (рис. 5.3).

/3652/Геомеханик	а/УСС-1											
*****	↓ ₽↓	• • •	Mu	 (1)	÷	5	*/*					
Синтетическая плотность	Геостатическое давление	Поровое давление	Синтетическая акустика	Динамические упругие свойства	Статические упругие свойства	Прочностные свойства	Давление ГРП					
Метод Метод Ито	на		~ Þ				>					
	Свойство)		Значение								
У Входные пар	аметры											
Поровое д	авление		-									
Геостатиче	еское давление		-									
Коэффици	ент пороупругост	и	-									
Коэффици	ент Пуассона		-									
У Выходные п	араметры											
Давление	гидроразрыва		Bre	eakdown_pressure	Eaton							

Puc. 5.3

Внести рассчитанные на предыдущих этапах значения *Порового давления*, *Геостатического давления*, *Пороупругости*, *Статического коэффициента Пуассона*, для удобства переименовать выходную кривую. Нажать *Рассчитать и сохранить* и добавить результаты расчетов в *рабочий процесс*. На выходе должны получить значения давления гидроразрыва Итона (рис. 5.4).

Далее необходимо провести расчет давления ГРП следующими методами:

- с помощью постоянного коэффициента (константа = 0,5);
- методом Итона Дейниса (коэффициент Betta = 0,3);
- методом расчета давления начала поглощения;
- методом расчета по зонам и фациям (выбрать метод Итона).



Puc. 5.4

Нажать *Рассчитать и сохранить* и добавить результаты расчетов в *рабочий процесс*.

Вопросы для самостоятельной работы

- 1. Как влияют горизонтальные напряжения на стабильность ствола?
- 2. Что такое угол внутреннего трения?
- 3. Для чего проводятся тесты FIT, LOT и XLOT?
- 4. Как выгрузить расчетные данные давления гидроразрыва пласта в *Excel*?
- 5. Дать описание кривых минимального и максимального горизонтальных напряжений.

Лабораторная работа № 6

ПОСТРОЕНИЕ ОДНОМЕРНОЙ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Порядок выполнения

- 1. Расчет азимута регионального напряжения.
- 2. Расчет устойчивости ствола скважины.

Расчет азимута регионального напряжения

После расчетов минимального и максимального горизонтальных напряжений необходимо рассчитать *азимут регионального напряжения*. Выбрать раздел *Горизонтальные напряжения*, метод *Азимут регионального напряжения*. Значение константы -20° (рис. 6.1).



Puc. 6.1

Нажать *Рассчитать и сохранить* и добавить результаты расчетов в *рабочий процесс*. На выходе *Азимут*.

Расчет данных из раздела *Температура* – необязательный этап построения модели 1D. Оценивает термическое влияние породы.

Расчет устойчивости ствола скважины

Основной целью расчета устойчивости ствола скважины является построение окна безопасного бурения. Окном безопасного бурения называется диапазон давления бурового раствора (БР) или эквивалентной циркуляционной плотности (ЭЦП), при поддержании которых не происходит механических нарушений целостности ствола скважины. Основными характеристиками окна безопасного бурения являются следующие профили: – критическое давление / плотность БР начала притока флюида в скважину;

– критическое давление / плотность БР обрушения стенки скважины;

– критическое давление / плотность БР начала поглощения поглощении;

– критическое давление / плотность БР гидроразрыва стенки скважины.

Выбрать метод *Расчет устойчивости ствола скважины*. Заполнить необходимые для расчета значения, полученные на предыдущих этапах моделирования (рис. 6.2).



Puc. 6.2

Нажать *Рассчитать и сохранить* и добавить результаты расчетов в *рабочий процесс*.

Выходные параметры: *Плотность обрушения*, *Плотность поглощения*, *Плотность выброса*, *Плотность ГРП* (рис. 6.3).

Диаграммы напряжения и стереограмма плотности бурового раствора

Данные стереограммы интерактивные. Использовать для этого кнопки *Диаграммы напряжения* и *Стереограмма плотности бурового раствора*. Визуализация распределения компонент напряжения в околоскважинном пространстве на заданной глубине является вспомогательным инструментом в методе *Расчет устойчивости ствола скважины*.





Стереографическая проекция полусферы, на которой изображается плотность ГРП и обрушения горной породы. Эти стереограммы позволяют выбрать безопасные направления бурения в определенных точках по глубине для определения оптимальной траектории.

Стереограмма критической плотности – это зависимость критической плотности от азимута и наклона скважины в выбранной точке по глубине. Стереограмма позволяет дать рекомендации по выбору наиболее безопасного направления бурения в определенных (наиболее рискованных) точках по глубине для последующего планирования траектории скважины (рис. 6.4).

Графики Зависимость критических плотностей от наклона при фиксированном азимуте скважины (сверху) и Зависимость критических плотностей от азимута при фиксированном наклоне скважины (снизу). Между графиками расположена легенда. Эти графики позволяют провести более полноценный анализ наиболее безопасного направления бурения с учетом всех четырех значений критических плотностей (рис. 6.5).



Puc. 6.4



Puc. 6.5

В левом верхнем углу расположен список данных в табличной форме, которые можно заменить в процессе анализа. По умолчанию этот список скрыт. Для его раскрытия необходимо нажать на вкладку

Параметры расчета. В первом столбце отображается название входного параметра, во втором столбце – профиль, определяющий значение входного параметра на выбранной глубине, в третьем столбце – значение параметра на заданной глубине.

Выбрать по стереограммам и зависимостям критических плотностей от наклона и азимута безопасное направление бурения.

Вопросы для самостоятельной работы

- 1. Что такое безопасное окно бурения?
- 2. Проанализировать данные расчетов УСС и определить окно для безопасного бурения.
- 3. Что такое плотность бурового раствора? Ее влияние на стабильность стенок скважины.
- 4. Для чего необходимы стереограммы критических плотностей?
- 5. Что такое азимут регионального напряжения?

Лабораторная работа № 7

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ СКВАЖИНЫ, БУРИЛЬНОЙ КОЛОННЫ

В пункте *Конструкция-1* правой клавишей мыши добавить вкладку *Конструкция-1*.

Во вкладку *Ствол* внести проектные данные по конструкции скважины: *направление*, *кондуктор*, *техническая и эксплуатацион*-*ная колонна* (рис. 7.1).

thail a	Вид Инстра	менты Бази	а ланиних Пол	1000b													_	_	_
Пристир	as x pañote	Констриония	1 1	no min															
/3652/Ko	ыструкции/8	сыструкция																	
*3 * *3	60.	🗹 🛃 🛉 🖌 🔄	3	⊭ ₩Q ≥	Ствол Буловая коло	UNA COMPANY													_
	MD K	оордината 🗙	Координата Ү	TVDSS		/ IA for the							0		11		T		
	[M]	[M]	[M]	[M]					Диаметр						Ш.		н		
1	0.000	92893.200	102339.10	-81.400	Тип	MD верх	MD HH3	Длина	открытого	Внешний диаметр	Внутренний	толщина М	200		ш.		ш		
2	20.000	92893.200	102339.10	-61.400	секции				ствола	[MM]	[MM]	[MM]			- H		11	E .	
3	40.000	92893.200	102339.10	-41.400	1 Oficashas Koso	0.000	48,000	48,000	490.000	426,000	404,000	11.000	400				ш		
4	60.000	92893.115	102339.19	-21.401	2. Обсавиая коло	0.000	300.000	300,000	393 700	324,000	305 000	9.500	600				ш		
5	80:000	92892.965	102339.32	-1.402	2 Oficatura Kono	0.000	1200.000	1200.000	205 200	245.000	229.200	7,900	600				ш		
6	100.000	92892.835	102339.41	18.598	A Ofference ward	0.000	2122 000	2122 000	255,300	168,000	152,500	7,300	800				ш		
7	120.000	92892.685	102339.54	38.597	 Обсадная коло 	0.000	3133,000	3133.000	215.900	168.000	152,000	7.700					ш		
8	140.000	92892.465	102339.71	58.595									1000				ш		
9	160.000	92892.115	102339.88	78.591													ш		
10	180.000	92891.500	102339.95	98.581									1200				н		
11	200.000	92890.540	102339.85	118.558													10		
12	220.000	92889.280	102339.56	138.516									1400				ш		
13	240.000	92887.729	102339.10	158.450									a O'rea				ш		
	10.0	1 1 1 A		0									₹1000						
	MD	Зенитный	NTO A AMANY	(reom)									1800				ш		
	[M]			1													ш		
1	0.00	00	0.000	0.000			П	раметр				Значение	2000				ш		
2	20.00	00	0.000	0.000	Текущий забой (MD)					3133 M								
3	40.00	00	0.000	0.000	4 Обсадная колонна								2200				ш		
4	60.00	00	0.355	316.637	Длина (MD) Вишто, анали (тор						3133 M								
5	80.00	00	0.569	310.914	Внутр. диам. (min)						152.6 M	M	2400						
6	100.00	0	0.453	304.695	Внеш. диам. (тах)					426 MM								
7	120.00	10	0.560	210.014	Внеш. диам. (min)						168 MM		2600						
·	120.00	×0	0.303	310.514	Толщина цементи	юго слоя (max)					34.85 M	IM							
8	140.00	00	0.797	307.693	Толщина цементя	ioro caoa (min)					23.95 N	IM	2800			сиг	10		
9	160.00	00	1.115	295.909													ш		
10	180.00	00	1.774	276.491									3000						
11	200.00	00	2.768	263.759									3200	-	-	- 53 Jac		CALINIT	
12	220.00	00	3.701	257.471															
13	240.00	00	4.642	253.301										-20	0 -10	Радинсь	10	.D 20	30

Puc. 7.1

В пункте *Конструкция-2* правой клавишей мыши добавить вкладку *Конструкция-2*.

Во вкладку Ствол внести проектные данные по конструкции скважины: направление, кондуктор, техническая, эксплуатационная колонна и хвостовик (рис. 7.2).

Во вкладку *Буровая колонна* внести проектные данные по буровой колонне для конкретного интервала ствола скважины (рис. 7.3, 7.4).

В завершении полученные результаты расчетов давлений ГРП с конструкцией скважины для визуализации нужно выложить на планшет в следующем порядке: *Инструменты* \rightarrow *Планшет* (*Глубина*).

Для этого перетащить нажатием левой кнопки мыши рассчитанные ранее давления ГРП, поглощения и конструкцию скважины.

-	a x naficite	Kouctrosome	1.0												
S 2 IV ou	in k paoore	конструкция													
+	B 2 .	LE LE Ja de	3	SHO N	Ствол Буровая коло	нна Сужения									
	MD K	оордината ХК	оордината Ү	TVDSS	1-180-0	C 12 1. 4								0	
	[M]	[M]	[M]	[M]		and the second second	in the second		Диаметр	Вистина	Вихтоенний	Толиния		200	
	20.000	92093-200	102339.10	-61.400	Тип	MD sepx	МD низ [м]	Длина	открытого	диаметр	диаметр	стенки	Множитель на	- 100	- 1
	40.000	02003200	102332.10	41.400			1-7	1.441	[MM]	[MM]	[MM]	[MINA]		~~~	
	40.000	028023200	102339.10	-41,400	1 Обсадная коло	0.000	48,000	48.000	490.000	426.000	404.000	11.000	1.000	600	
	60.000	92893.115	102339.19	-21,401	2 Обсадная коло	0.000	300.000	300.000	393.700	324.000	305.000	9.500	1.000	810	
	80.000	92892.965	102339-32	-1.402	3 Обсадная коло	0.000	1200.000	1200.000	295.300	245.000	229.200	7.900	1.000		
	100.000	92892.835	102339.41	18.598	4 Обсадная коло	0.000	2800.000	2800.000	215.900	168.000	152.600	7.700	1.000	1000	
	120.000	92892.685	102339.54	38.597	5 Обсадная коло	2725.000	3133.000	408.000	142.900	114.000	99.200	7.400	1.000		
	140.000	92892,465	102339.71	58.595											
	160.000	92892.115	102339.88	78.591										1400	
	180.000	92891.500	102339.95	98.581										2 G1600	
. 13	B	K K L A	103330.05	5										2	
١.	MD	Зенитный	угол Азимут	r (reorp.)									_	1800	
	(M)	[*]		11	_	_	_	Параметр	_	_	_		Зилиение	2000	
	0.00	0	0.000	0.000	Теклина забой (МО	1		Theparate rp				3133 M	Justenne		
	20.00	0	0.000	0.000	4 Обсадная колонна										
	40.00	0	0.000	0.000	Длина (MD)							3133 M		2400	
	60.00	0	0.355	316.637	Внутр. диам. (тах	0						404 MM			
	80.00	0	0.569	310.914	Внутр. диам. (min)							99.2 MM		2600	
	100.00	0	0.453	304.695	Внеш. диам. (тах))						426 MM		2800	
	120.00	0	0.569	310.914	Бнеш, диам, (min) Толицина цементь	(oto caoa (max)						114 MM 34.85 M			10
	140.00	0	0.797	307.693	Толщина цементн	toro caos (min)						14.45 m	a.	3000	
	160.00	0	1.115	295,909											
	180.00	0	1 774	276 491										-210	-200 -100 0
	200.00	~	3.70	202320											Радиус,

Puc. 7.2

日ン・ビ・メキ	= +	Приступая к работе	Конструкция-1	0									
4 @ 3652		/3652/Конструкции/К	онструкция-1	-									6
Растис (5))	1 • 1 • • • • •	🗹 🖻 🕺 🏂	S 44¥Q ≥	Ствол Буровая колонна С	ужения							
 19 Геомеханика (1 	,	MD Ke	оордината ХКо	ордината Ү 🛛 1	1	f. 42				0			11-1
👪 Данные бурения (О)	[M]	[M]	[M]	110	Внешний	Внутренний	Толщина	11				
В Зоны (5) Имилжи (0)	2	1 0.000	92893.200	102339.10	(M) (M	и) диаметр	диаметр	стенки	трение				
и 🚹 Конструкции (1	5	2 20.000	92893.200	102339.10	1 0.000	[MM]	[MM]	[MM]	1.000				F
Конструкция-1		3 40.000	92893.200	102339.10	1 0.000	3133.000 1273	108.620	9.190	1.000	400			
 Точечные данные (2) 	5	4 60.000	92893.115	102339.19						600			
🖕 Траектория		5 80.000	92892.965	102339.32									
		6 100.000	92892.835	102339.41						800			
		7 120.000	92892.685	102339.54									
		8 140.000	92892.465	102339.71						1000			
		9 160.000	92892.115	102339.88									
		10 180.000	92891.500	102339.95						1200			
		11 200.000	92890.540	102339.85									
		12 220.000	92889.280	102339.56						1400			
		13 240.000	92887.729	102339.10						2			
Свойство	Значение		i i i El Sa	0						2 1000			
Описание		MD (M)	Зенитный ул	ол Азимут (ге [°]						1800			
		1 0.00	0 0	.000		Danaur	70		20200000	2000			
		2 20.00	0 0	.000	Tennersi zafioji (MD)	Tapass	19		2122 M				
		3 40.00	0 0	.000	4 Обсадная колонна				5155 M	2200			
		4 60.00	0 0	.355 31	Длина (MD)				3133 м				
		5 80.00	0 0	569 31	Внутр. диам. (max)				404 mm	2400			
		6 100.00	0 0	.453 30	Внутр. диам. (min)				152.6 MM				
		7 120.00	0 0	569 31	Внеш. диам. (max)				420 MM	2600			
		8 140.00	0 0	797 30	Толщина цементного сл	os (max)			34.85 MM	2800			
		9 160.00	0 1	115 25	Толщина цементного сл	os (min)			23.95 мм		PH-	ИГИ	202
		10 180.00	0 1	774 2						3000			
		11 200.00	0 2	768 24									
		12 220.00	0 3	701 25						3200			
		12 240.00		642 21									

Puc. 7.3

Файл Вид Инструменты	Базы данных По	омощь																
0 1 − H − X ÷	≡	+ При	ступая к работе	Конструкция	-1 🛛 Констру	кция	-2 🛛											
	(4) (0) (1) (0) (2) (0) (2) (0) (2)	+ Прис //3652 12 3 4 5 6 7	ступая к работе УКонструкции/К * 1 П П № к МD кс МD кс 10000 100.000 100.000 100.000 100.000	Конструкция- онструкция-1 систрукция-1 м1 92893.200 92893.200 92893.200 92893.200 92893.200 92893.200 92893.200 92893.205 92892.835 92892.835	1 2 Конструи 3 4 1/2 Сонструи 3 4 1/2 Сонструи 102339.10 102339.10 102339.10 102339.10 102339.10 102339.32 102339.41 102339.41	жция С	-2 Teon Sypcean konor ¹ 2 → ¹ 2 MD sepx (w) 0.000	ена Срхения (12 fx 5) МD нис [м] 3133.000	Внешиний диаметр [мм] 89.000	Внутренний диаметр [мм] 70.2	a 1 200	Толщина стенки [MM] 9.400	Множитель на трение 100	0	0 200 400 600 800 1000			6×
Свойство Описание	Значе	8 9 10 ние	140.000 160.000 180.000 • * 1 () • (92892.465 92892.115 92891.500	102339.71 102339.88 102339.95 102339.95 угол Азимут	2									1400 \$ \$1600 1800			
		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	[₩] 0.00 20.00 40.00 60.00 80.00 100.00 120.00 140.00 160.00 180.00	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	0.000 0.000 0.355 0.569 0.453 0.569 0.797 1.115 1.774		Текущий забой (MD) Обсадная колонна Длина (MD) Внутр. диам. (max) Внутр. диам. (mix) Внеш. диам. (mix) Толщина цементн Толщина цементн	i i i i i i i i i i i i i i i i i i i	Парал	кетр				Значение 3133 м 404 км 992 км 426 км 114 км 3485 км 1445 км	2000 2200 2400 2600 2800 3000 3200	-200		K. 2002 D
		8 9 10	140.00 160.00 180.00	0 10 10	0.797 1.115 1.774		Толщина цементн	IORO CAOR (MIN)						14.45 MM	3200	-200 Pa	0 адиус, в	j m

Puc. 7.4

Вопросы для самостоятельной работы

- 1. Что такое зенитный угол и азимут наклонно направленной скважины?
- 2. Назначение кондуктора в конструкции скважины.
- 3. Назначение технической колонны в конструкции скважины.
- 4. Назначение эксплуатационной колонны в конструкции скважины.
- 5. Назначение хвостовика в конструкции скважины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Геомеханический симулятор «РН-СИГМА»: руководство пользователя. М.: ПАО «НК «Роснефть, 2023. 435 с.
- Шиповский К.А., Капитонов В.А., Коваль М.Е., Недомовный Б.Н., Кнутова С.Р., Гилаев Г.Г. Алгоритм расчета градиентов давления гидроразрыва горной породы при проектировании конструкции скважин // Нефть. Газ. Новации. –2021. № 8. С. 36–40.
- Шиповский К.А., Капитонов В.А., Коваль М.Е. Применение метода эмпирического коэффициента для расчетов градиентов давлений гидроразрыва пластов и поглощений бурового и тампонажного растворов // Труды международной научно-практической конференции «Ашировские чтения». – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2022. – С. 128–135.
- 4. Шиповский К.А., Капитонов В.А., Коваль М.Е., Гилаев Г.Г. Методика выбора и обоснования оптимальной конструкции проектируемой скважины на основе геомеханического моделирования // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2023. – № 5. – С. 25–30.
- 5. Капитонов В.А., Шиповский К.А., Шамсутдинова Е.Р., Живаева В.В., Плотников С.А., Кормухин О.В. Алгоритм расчета градиентов гидроразрыва горных пород с применением «РН-СИГМА» // Нефть. Газ. Новации. 2023. № 3. С. 18–21.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Лабораторная работа № 1 СОЗДАНИЕ ПРОЕКТА И ЗАГРУЗКА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ	4
Лабораторная работа № 2 РАСЧЕТ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОРОД1	8
Лабораторная работа № 3 РАСЧЕТ ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПОРОД2	28
Лабораторная работа № 4 РАСЧЕТ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ СВОЙСТВ ПОРОД	3
Лабораторная работа № 5 РАСЧЕТ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ПОРОД4	-0
Лабораторная работа № 6 ПОСТРОЕНИЕ ОДНОМЕРНОЙ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ4	-3
Лабораторная работа № 7 ВИЗУАЛИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ СКВАЖИНЫ, БУРИЛЬНОЙ КОЛОННЫ4	-8
Список литературы	1

Учебное издание

ШИПОВСКИЙ Константин Аркадьевич АВДЕЕВА Ксения Васильевна

Построение одномерной геомеханической модели

Редактор Т.Г. Воробьёва Компьютерная верстка Е.А. Образцова Выпускающий редактор Ю.А. Петропольская

Подписано в печать 17.04.24 Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная Усл. п. л. 3,02. Уч.-изд. л. 2,95 Тираж 50 экз. Рег. № 32/24

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет» 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244. Главный корпус

Отпечатано в типографии Самарского государственного технического университета 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244. Корпус № 8