

Казанский (Приволжский) федеральный университет

Институт геологии и нефтегазовых технологий
Кафедра геофизики и геоинформационных технологий

Э.Р. Зиганшин

**ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ
ПО КУРСУ «ОСНОВЫ НЕФТЕГАЗОВОЙ ГЕОМЕХАНИКИ»**

Учебно-методическое пособие

Казань - 2025

Печатается по решению учебно-методической комиссии
Института геологии и нефтегазовых технологий

Протокол №10 от 22 мая 2024 г.

Зиганшин Э.Р.

Применение программного обеспечения для лабораторных работ по курсу «Основы нефтегазовой геомеханики»: учебно-методическое пособие/ Зиганшин Э.Р. - Казань: Изд-во Казанского (Приволжского) федерального университета, 2025. – 23 с.

Пособие содержит краткое описание по использованию программного обеспечения для одномерного геомеханического моделирования при выполнении самостоятельных и лабораторных работ по дисциплине «Основы нефтегазовой геомеханики» для магистров 1-го курса направления 05.04.01 «Геология». Рассмотрены основные аспекты по работе в программном продукте: загрузка каротажных данных, инклинометрии, результатов лабораторных исследований и стратиграфии; вычисление упругих и прочностных параметров, вертикального напряжения, порового давления, горизонтальных напряжений; построение одномерной геомеханической модели для устойчивости ствола скважины. Работа выполнена за счет гранта Академии наук Республики Татарстан, предоставленного молодым кандидатам наук (постдокторантам) с целью защиты докторской диссертации, выполнения научно-исследовательских работ, а также выполнения трудовых функций в научных и образовательных организациях Республики Татарстан в рамках Государственной программы Республики Татарстан «Научно-технологическое развитие Республики Татарстан».

© Зиганшин Э.Р.

© Казанский университет, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ЗНАКОМСТВО С ПО DARCY	5
1.1 Создать/сохранить/открыть проект	5
1.2 Интерфейс ПО Darcy	7
2. ЗАГРУЗКА И ВЫЧИСЛЕНИЕ НЕОБХОДИМЫХ ВХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ	11
2.1 Знакомство с импортом/экспортом данных	11
2.2 Загрузка данных в проект	14
2.3 Вычисление входных параметров	15
3. ПОСТРОЕНИЕ 1D ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ УСТОЙЧИВОСТИ СТВОЛА СКВАЖИНЫ	24
ЛИТЕРАТУРА	28

ВВЕДЕНИЕ

Геомеханическое моделирование – практическая часть изучения основ нефтегазовой геомеханики [1, 2], направленная на приобретение навыков построения одномерной геомеханической модели устойчивости ствола скважины в программном продукте Darcy на примере одного из нефтяных месторождений Республики Татарстан. Данное месторождение тектонически приурочено к западному склону Южно-Татарского свода.

1. ЗНАКОМСТВО С ПО DARCY

1.1 Создать/сохранить/открыть проект

Darcy — это мультидисциплинарная интерпретационная платформа, включающая в себя следующие интерпретационные модули:

- Петрофизическая интерпретация
- Геолого-технологические исследования (ГТИ)
- Анализ керновых данных
- Геологическая интерпретация
- Геомеханика
- Анализ данных
- Интерпретация данных ТРИЗ

Пользователи Darcy имеют возможность работать как с локальными проектами, расположенными на жёстком диске, так и с удалёнными проектами базы данных, расположенной на сервере.

Для начала работы в программе Darcy необходимо запустить файл Darcy.exe. После запуска открывается Стартовое окно программы (рис. 1).

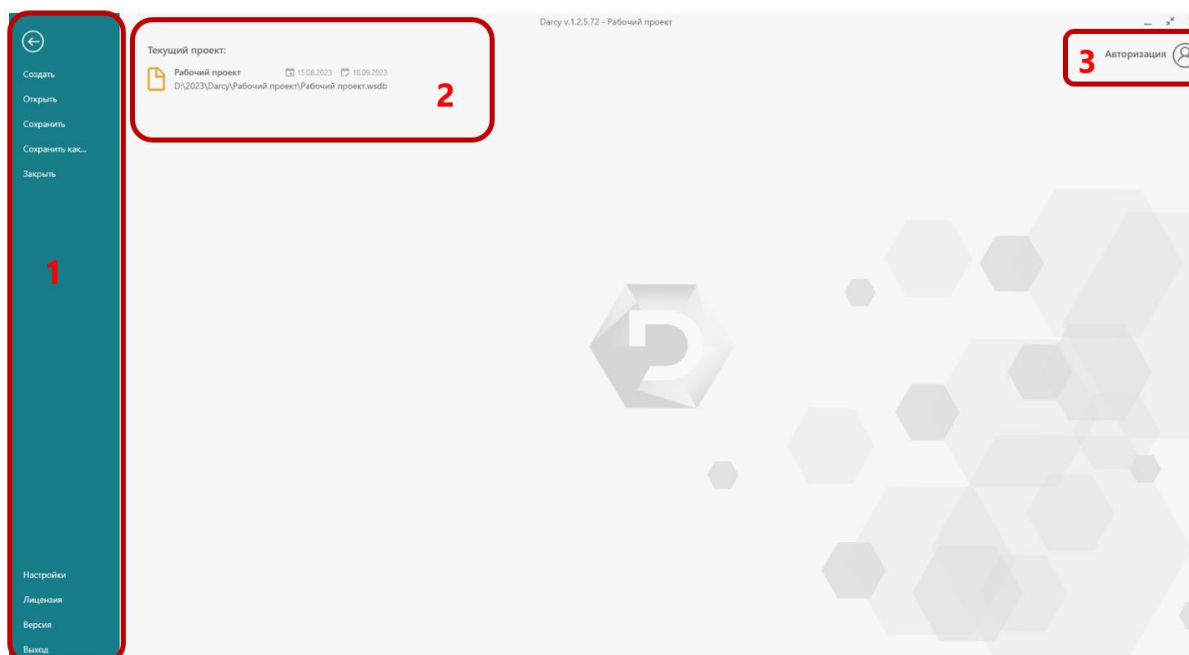


Рис. 1. Стартовое окно программы

Стартовое окно содержит следующие области:

1. Панель инструментов стартового окна
2. Область отображения последних проектов
3. Статус авторизации

Боковая панель предоставляет доступ к следующим действиям над проектами и их свойствам:

- Создание проекта
- Открытие проекта
- Сохранение проекта
- Настройки
- Лицензия
- Версия Darcy
- Выход

Для создания проекта необходимо нажать «Создать» на панели инструментов Стартового окна (рис. 2).

В окне Создание нового проекта задается имя проекта и указывается путь к папке хранения проектов на жестком диске Пользователя.

Для завершения создания проекта, необходимо нажать «Создать», после чего откроется Главное рабочее окно проекта.

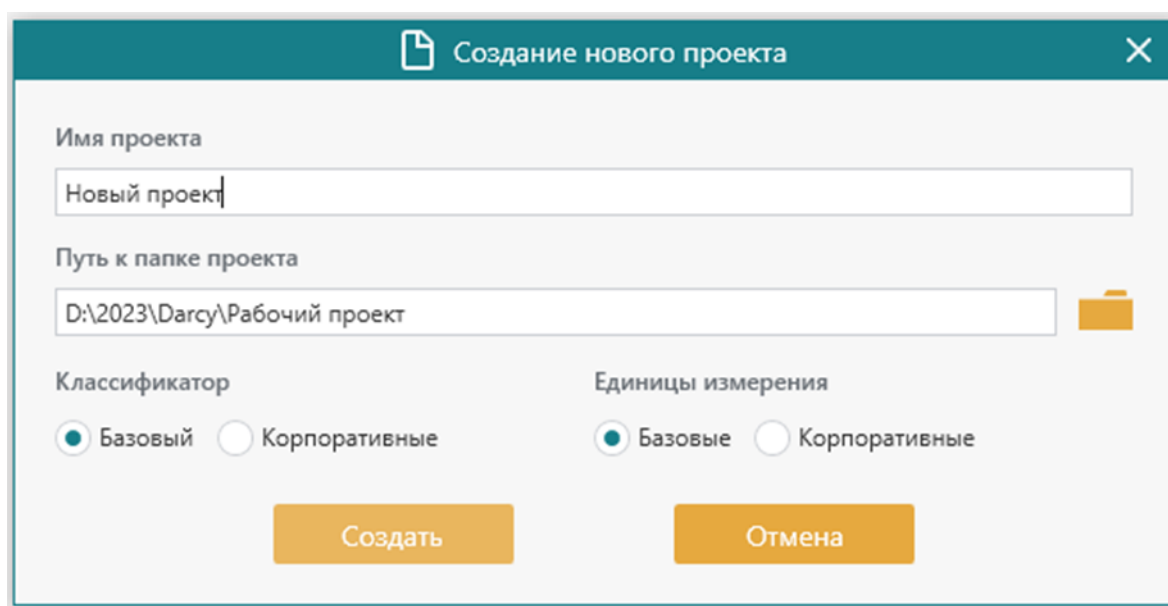


Рис. 2. Окно «Создание нового проекта»

Открыть проект можно двумя способами:

- Нажав Открыть на панели инструментов Стартового окна и выбрав нужный проект в папке хранения из Проводника;
- Выбрав проект в области отображения Последних проектов в Стартовом окне программы.

Для сохранения открытого проекта на жёстком диске Пользователя необходимо нажать Сохранить на панели инструментов Стартового окна.

Для сохранения открытого проекта под новым именем необходимо нажать Сохранить как на панели инструментов Стартового окна и ввести новое имя в открывшемся окне, при необходимости указать новый путь для сохранения.

1.2 Интерфейс ПО Darcy

Главное окно проекта содержит следующие элементы (рис. 3):

- Меню
- Панель вкладок
- Панель инструментов главного окна, включающая Действия над данными и Инструменты

- Браузер проекта
- Окно Свойств
- Рабочая область
- Центр уведомлений

1. Меню переводит Пользователя в Стартовое окно Darcy работы с проектами.

2. Панель вкладок отображает активные рабочие вкладки. Вкладки открываются при запуске соответствующих модулей на Панели инструментов.

3. Панель инструментов отображает доступные действия и инструменты для работы с данными. Панель инструментов главного окна включает две области – Данные и Инструменты. При запуске каждого модуля отображается соответствующая ему панель инструментов.

4. Браузер проекта отображает данные, хранящиеся в проекте.
5. Окно Свойств отображает свойства выделенных объектов.

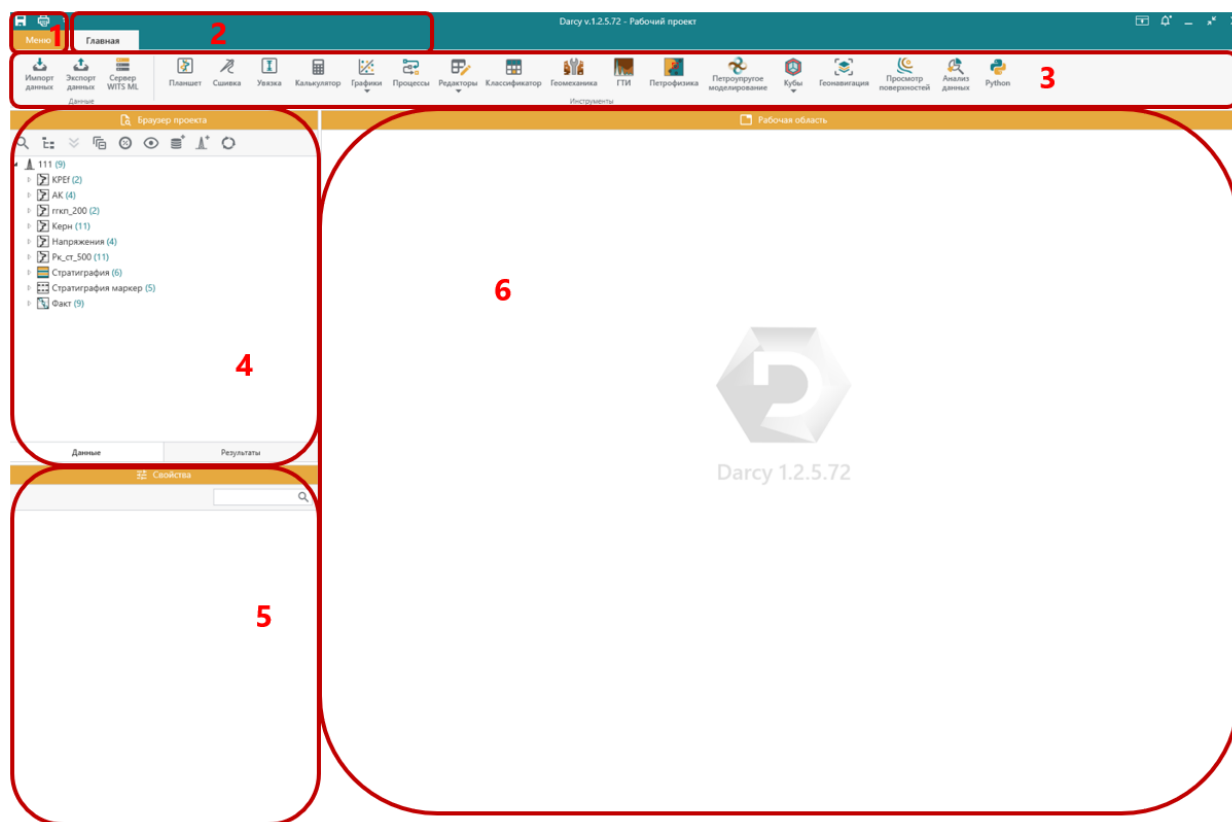


Рис. 3. Главное окно проекта

6. Рабочая область предназначена для непосредственной работы с данными. По умолчанию при перетягивании (drag&drop) дата-сета или кривых в эту область открывается новый рабочий планшет.

Панель вкладок (рис. 4) отображает активные рабочие вкладки. Вкладка Главная открывает рабочее пространство для непосредственной загрузки данных и работы с ними.



Рис. 4. Панель вкладок «»

Панель инструментов обеспечивает быстрый доступ к основным функциям (рис. 5,6).










 Импорт данных	Импорт данных – открывает окно для внесения данных в проект
 Экспорт данных	Экспорт данных – открывает окно для сохранения данных вне проекта
 Сервер WITS ML	Сервер WITS ML - предназначен для загрузки и обновления данных в процессе бурения
 Планшет	Планшет – открывает пустой рабочий планшет
 Сшивка	Сшивка – открывает окно сшивки
 Увязка	Увязка – открывает окно увязки
 Калькулятор	Калькулятор – открывает таблицу калькулятора
 Кроссплот	Кросс-плот – открывает окно кросс-плота
 Гистограмма	Гистограмма - открывает окно работы с гистограммами

Рис. 5. Основные функции

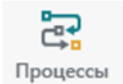



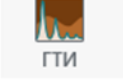





 Процессы	Процессы – открывает окно работы с процессами
 Редакторы	Редакторы - набор инструментов для работы с зонами, контактами, маркерами и траекториями
 Классификатор	Классификатор – открывает окно работы с семействами данных
 Геомеханика	Геомеханика - открывает панель инструментов модуля «Геомеханика»
 ГТИ	ГТИ - открывает панель инструментов модуля «ГТИ»
 Петрофизика	Петрофизика - открывает панель инструментов модуля «Петрофизика»
 Геонавигация	Геонавигация - открывает панель инструментов модуля «Геонавигация»
 Просмотр поверхностей	Просмотр поверхностей - открывает панель инструментов модуля «Просмотр поверхностей»
 Анализ данных	Анализ данных - открывает панель инструментов модуля «Анализ данных»
 Python	Python – открывает панель инструментов для работы со скриптами Python

Рис. 6. Основные функции (продолжение)

Браузер проекта отображает наборы данных, хранящихся в проекте.

2. ЗАГРУЗКА И ВЫЧИСЛЕНИЕ НЕОБХОДИМЫХ ВХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ

2.1 Знакомство с импортом/экспортом данных

Пользователь может импортировать кривые каротажа, керновые данные, имиджи и другие данные в формате «.LAS» (las 1.2, las 2.0, las 3.0), .LIS, .DLIS, .XLS, .CSV, .DLS.

Окно импорта содержит следующие элементы (рис. 7):

1. Панель инструментов окна импорта
2. Браузер проекта
3. Импортируемые данные
4. Просмотр и редактирование
5. Предпросмотр кривых



Рис. 7. Окно импорта

Панель инструментов окна импорта обеспечивает быстрый доступ к основным функциям Импорта. Она включает в себя Данные и Действия.

В окне Импортируемые данные содержатся загруженные данные, готовые к перемещению в Браузер проекта. Структура окна Импортируемые данные аналогична структуре Браузера проекта.

! Важно

Файлы, расположенные в окне Импортируемые данные, находятся в буфере обмена, но не в самом проекте.

Окно Просмотра и редактирования содержит информацию об импортируемых файлах, пока они находятся в Импортируемые данные В окне Просмотра и редактирования Пользователь может изменить данные импортируемых файлов. Для этого необходимо:

1. Выделить нужные объекты левой кнопкой мыши в Импортируемые данные (при этом выделенный объект будет подсвечиваться зелёным цветом).

2. В окне Просмотра и редактирования появятся поля, в которых можно изменить информацию об импортируемых данных.

Окно Кривые позволяет осуществить предпросмотр данных в процессе импорта для оценки качества. Для добавления одной или нескольких кривых в окно предпросмотра необходимо перетянуть их левой кнопкой мыши из окна Импортируемые данные.

Для добавления всего датасета на один трек необходимо перетянуть датасет левой кнопкой мыши в окно Кривые.

Для добавления всех кривых датасета в отдельные треки необходимо перетянуть датасет левой кнопкой мыши, удерживая клавишу Alt.

Darcy позволяет экспортировать файлы в следующие форматы: .XLS, .CSV, .LAS.

Окно экспорта содержит следующие элементы (рис. 8):

1. Область с указанием пути для сохранения и формата экспортируемых файлов

2. Браузер проекта

3. Область подготовки к экспорту

Для экспорта необходимо выделить в Браузере проекта данные и нажать «Экспорт данных», после чего откроется Окно экспорта.



Рис. 8. Окно экспорта

Darcy позволяет экспортировать необходимое пользователю количество файлов одновременно. Дополнительно можно выбрать файлы в браузере проекта и перетянуть их в область подготовки к экспорту.

Данные появятся в области подготовки данных для экспорта. В этой области отображается следующая информация об экспортируемых файлах:

- Месторождение – имя месторождения экспортируемых файлов;
- Скважина – имя скважины экспортируемых файлов;
- Тип данных - тип формирования экспортируемых данных;
- Исходное имя – имя экспортируемых файлов из проекта;
- Имя для сохранения – имя, под которым сохранится экспортируемый файл, его можно редактировать;
- Кривые – показывает какое количество кривых датасета Пользователь выбрал для экспорта;
- Формат – формат экспортируемых файлов, можно выбрать из выпадающего меню;

После нажатия кнопки Экспорт, будет произведён экспорт файлов;

2.2 Загрузка данных в проект

1. Загрузка каротажных данных

После того, как создан проект, необходимо загрузить данные скважины. Начнем с загрузки стандартного каротажа. Для этого следует выполнить следующее:

Импорт данных – Перетаскиваем las-файл в окно импортируемые данные – редактируем данные (задаем имя скважины, месторождение) (рис. 9).

Рис. 9. Редактирование импортируемых данных

После всех поправок выбираем галочкой скважину и в окне Им-

порт нажимаем .

Далее загрузим по аналогии кривые ГГКП и АК.

Желательно вынести каротажи на планшет и убедиться, что всё загрузилось и отображается корректно.

2. Загрузка инклинометрии

Нажмем правой кнопкой мыши по скважине и выберем «Открыть в траектории». Скопируем из таблицы инклинометрии в рабочую область первые три столбца: MD, INKL, AZIM. Остальные столбцы должны рассчитаться автоматически. Проверяем альтитуду стола ротора. Сохраняем изменения в инклинометрии.

3. Загрузка керновых данных

Импорт данных – перетаскиваем в окно **«Импортируемые данные»** таблицу с результатами измерения керна – В открывшемся окне **«Импорт данных»** выбираем загружаемый файл и проверяем таблицу на корректность единиц измерения.

Далее редактируем Имя, Месторождение и Куст. Добавляем таблицу в проект. Переименуем название файла, например **«Керн»**.

4. Загрузка стратиграфии

Стратиграфию можно загрузить в виде **зон** или **маркеров**. Попробуем оба варианта.

Для создания зон необходимо выбрать **«Редакторы» - Редактор зон**. Нажать на **«создайте новый»** и дать название, например **«Стратиграфия»**. В открывшемся окне Рабочей области нажать на **«добавить зону»** столько раз, сколько у нас имеется стратиграфических единиц. Задать каждой зоне её название, кровлю и подошву. Сохранить изменения.

Для создания маркеров необходимо выбрать **«Редакторы» - Редактор маркеров**. Нажать на **«создайте новый»** и дать название, например **«Стратиграфия маркер»**. В открывшемся окне Рабочей области нажать на **«добавить маркер»** столько раз, сколько у нас имеется стратиграфических единиц. Задать каждой зоне её название и кровлю. Сохранить изменения.

2.3 Вычисление входных параметров

1. Вычисление упругих свойств

Вычисление упругих свойств выполняется по следующему алгоритму:

На **Планшет** выносятся данные ГИС, из которых будет рассчитываться упругий параметр,

На кривую ГИС добавляются керновые данные в виде точки (необходимо отредактировать кривую),

Далее переходим в раздел «Геомеханика» - «Упругие свойства» - «Интерпретатор»,

В окне «Методы» выбираем галочкой параметр, который хотим рассчитать,

В окно «Скважины» перетаскиваем из браузера проекта исходную кривую, необходимую для расчёта и выбираем её галочкой,

В окне «Входные данные» убеждаемся, что входные данные заполнены в необходимых ячейках,

Переходим во вкладку «Результаты» и отмечаем галочкой те параметры, которые хотим получить,

Новые кривые отобразятся в браузере проекта.

Теперь необходимо сопоставить новую кривую с результатами керновых исследований. Для этого все новые данные выносятся на один планшет. Оставляются те кривые, которые удовлетворяют нашим требованиям. Остальные кривые следует удалить из браузера проекта.

Примеры расчета.

Вычислим для начала V_p , так как у нас имеется только **ДТР**.

В окне «Главная» нажимаем «Геомеханика» - «Упругие свойства» - «Интерпретатор». Откроется окно интерпретатора (рис. 10).

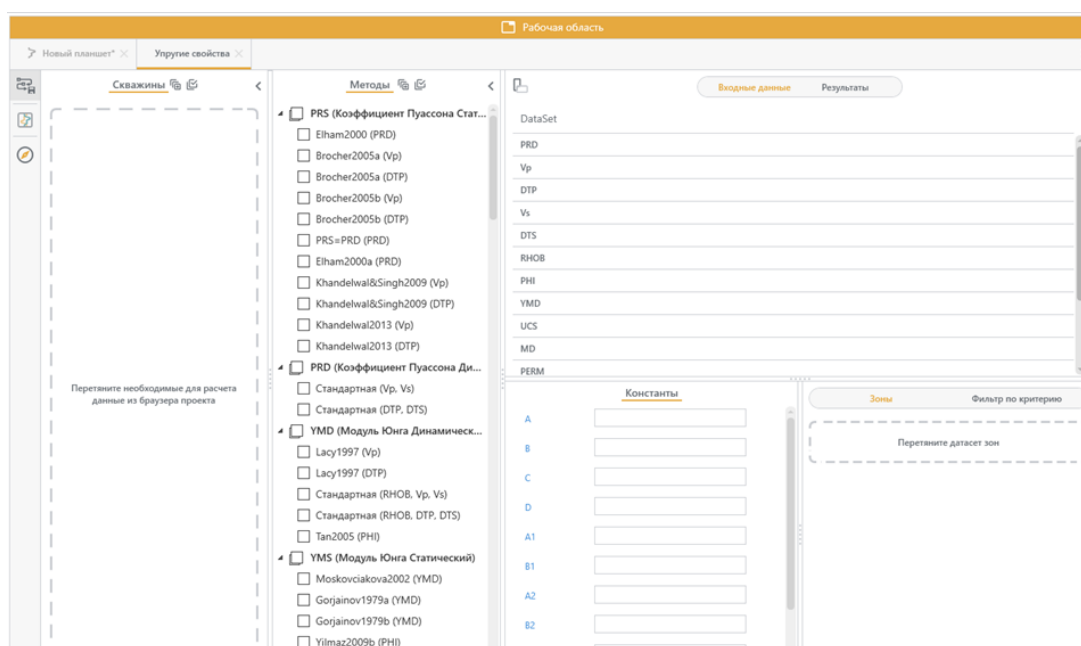


Рис. 10. Окно «Упругие свойства»

В окне **Методы** выберем в группе «**Vp (Скорость продольной волны)**» «**1000/DTP**». Для этого отметим её галочкой и нажмем на неё (рис. 11).

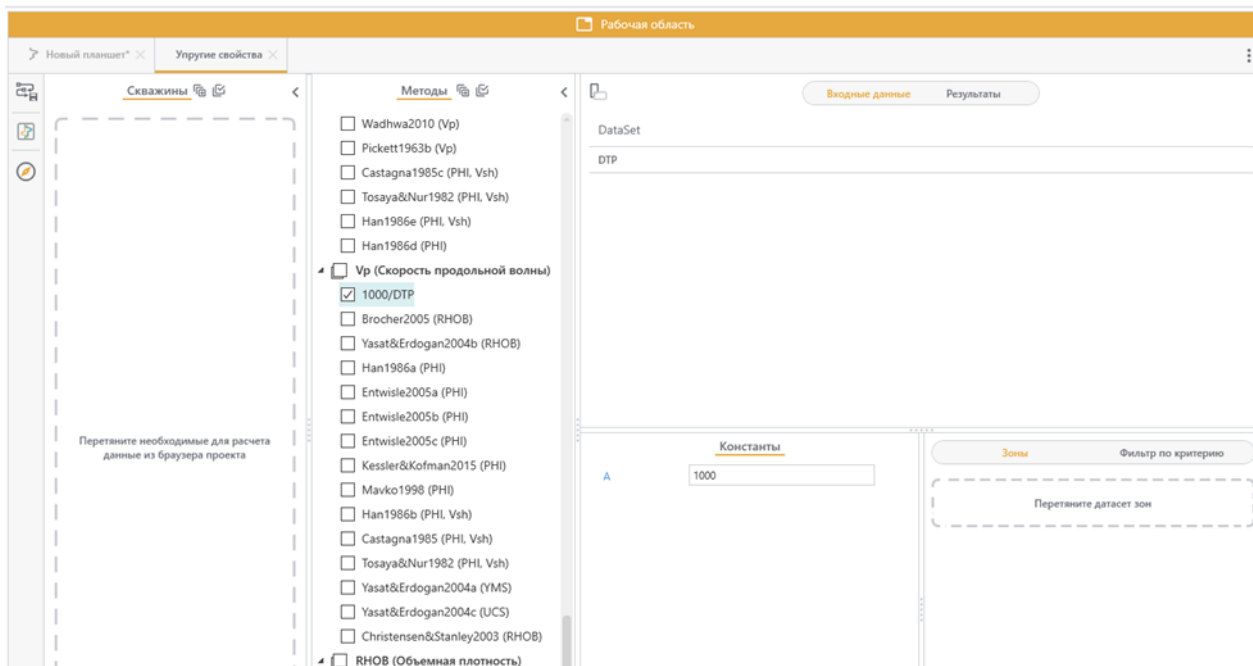


Рис. 11. Вычисление V_p

В окне «**Входные данные**» видим, что необходимо для вычисления – DTP. Следовательно, кривую АК (где есть DTP) перетаскиваем из браузера проекта в окно «**Скважины**» и отмечаем галочкой (рис. 12). Убеждаемся, что кривая DTP подгрузилась в окне «**Входные данные**».

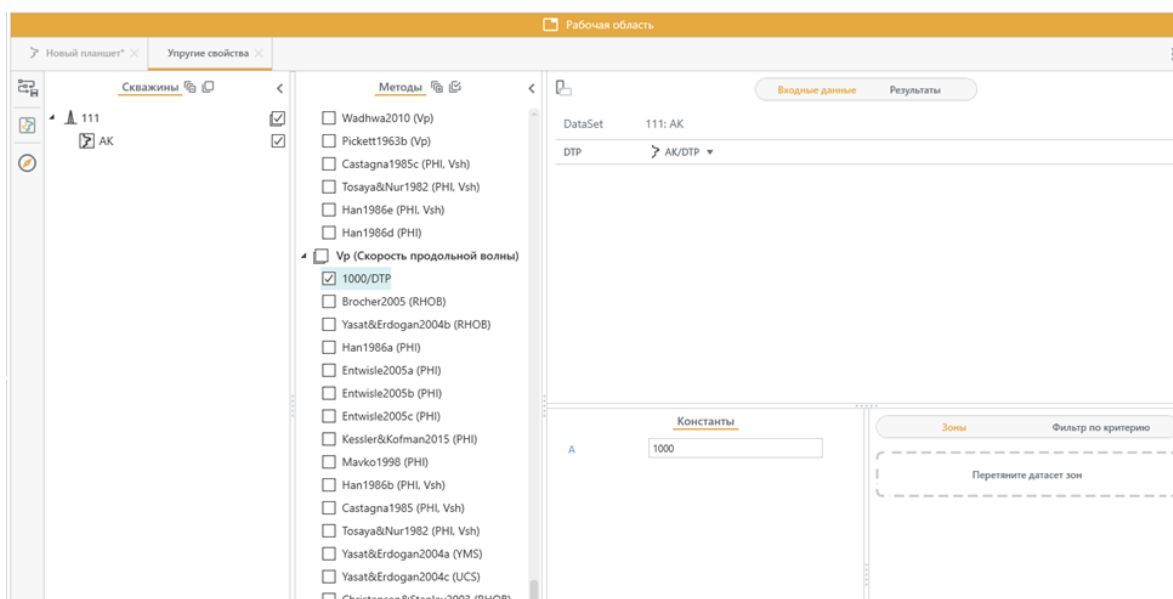


Рис. 12. Окно «Входные данные»

Переходим во вкладку «**Результаты**», выбираем в самом правом окне, куда сохранить новую кривую и отмечаем галочкой искомый параметр. Кривая появится в Браузере проекта в папке «**Упругие свойства**» (рис. 13).

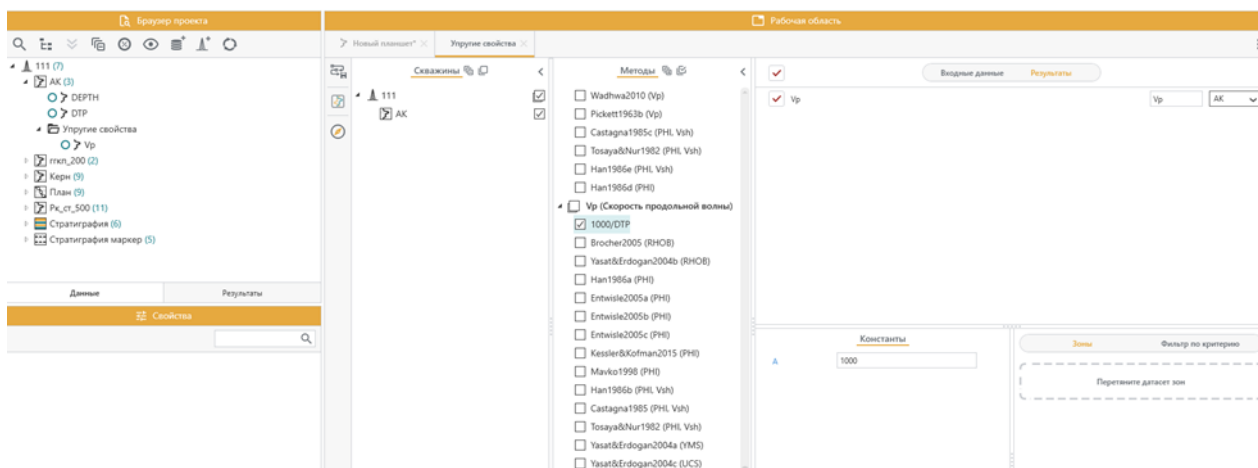


Рис. 13. Окно «Результаты»

Теперь вычислим V_s при помощи встроенных уравнений Darcy.

В окне «Главная» нажимаем «Геомеханика» - «Упругие свойства» - «Интерпретатор». Откроется окно интерпретатора. В окне «Методы» выберем в группе « **V_s (Скорость поперечной волны)**» все методы, которые позволяют вычислить V_s из V_p (Это все методы, где в скобках указано только V_p). Для этого отметим их галочкой. Перетащим из браузера проекта кривую V_p и нажав на каждый выбранный метод, убедимся, что во Входные данные подгрузилась кривая V_p (рис. 14).

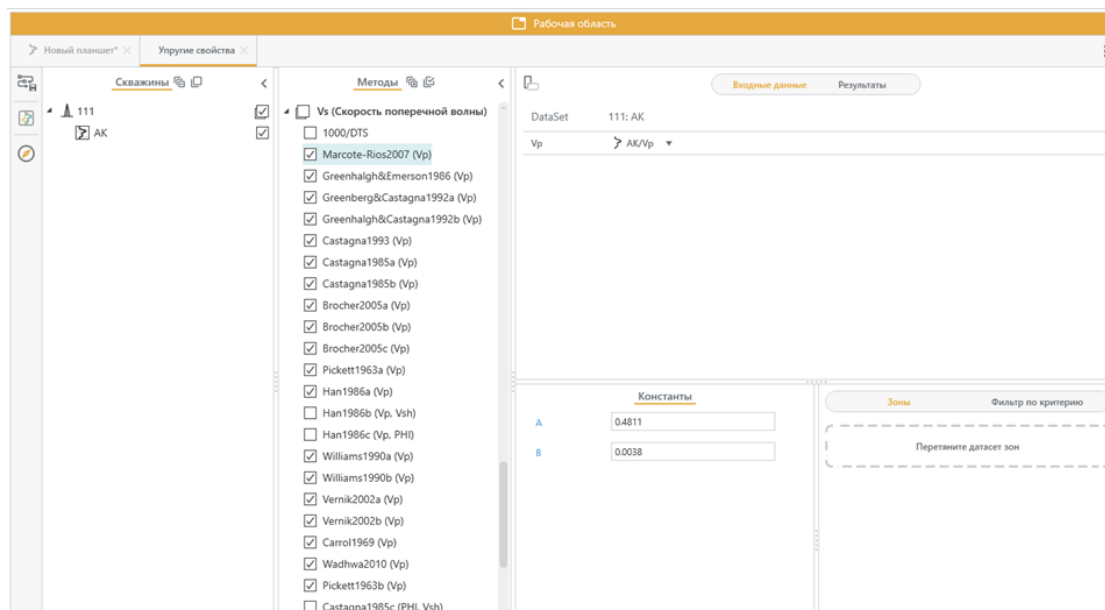


Рис. 14. Пример вычисления Vs

Переходим во вкладку «Результаты». Так как у нас будут вычисляться сразу несколько кривых, лучше результирующие кривые переименовать, например, добавив в конец номер (Vs1, Vs2, Vs3 и т.д.). Иначе каждое новое уравнение будет перезаписываться в одну и ту же кривую (рис. 15).

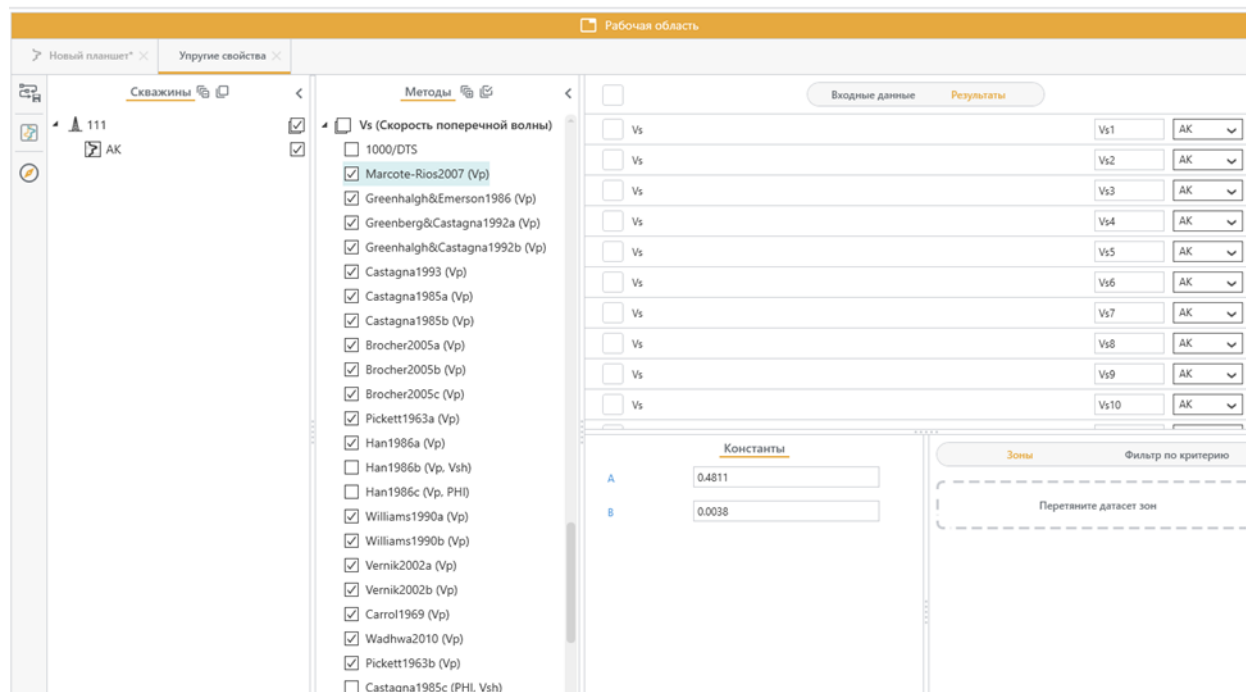


Рис. 15. Окно «Результаты» для вычисления Vs

Задание

По аналогии следует вычислить оставшиеся упругие параметры:

Коэффициент Пуассона динамический,
Модуль Юнга динамический,
Коэффициент Пуассона статический,
Модуль Юнга статический,
Константа Биота (необходимо загрузить пористость),
Коэффициент хрупкости.

2. Вычисление прочностных свойств

Прочностные свойства вычисляются аналогично упругим свойствам через керновые зависимости и через окно интерпретатора в разделе «Геомеханика» - «Прочностные свойства».

Задание

Необходимо вычислить следующие параметры:

Угол внутреннего трения,
Предел прочности при растяжении,
Предел прочности при неограниченном сжатии,
Когезия,
Трещиностойкость

В итоге следует вынести все вычисленные кривые на планшет и нанести точки керновых исследования для оценки полученных данных (рис. 16).

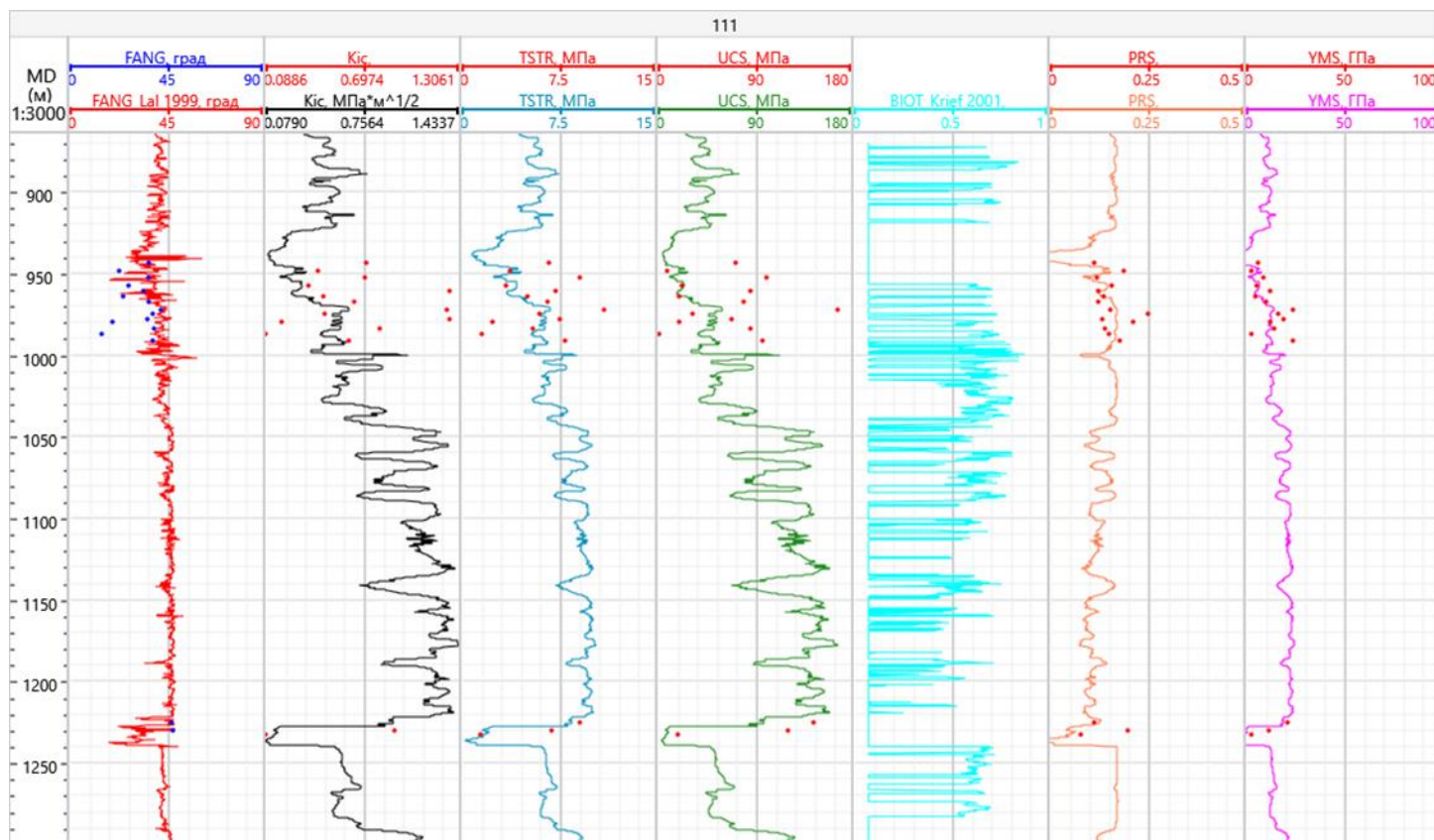


Рис. 16. Пример планшета с вычисленными параметрами

3. Вычисление вертикального напряжения

Так как напряжения планируется вычислять для всего разреза: от устья до забоя, то необходимо изначально создать отдельный датасет «**Напряжения**». Нажать правой кнопкой на скважину в **Браузере проекта**, выбрать «**Создать датасет**». Задать шаг 0,1 и название. Проверить начальную и конечную глубины.

Далее необходимо вычислить величину вертикального напряжения вдоль всего ствола скважины. Для этого необходимо перейти во

вкладку **Геомеханика** и выбрать **Вертикальное напряжение**. Далее можно выбрать необходимый метод, перетащить в окно **Скважины** необходимые данные из **Браузера проекта**, убедиться, что данные подгрузились во **Входных данных**. Перейти во вкладку **Результаты**, задать имя новых кривых, выбрать куда загрузить результат (в датасет «**Напряжения**») и поставить галочки рядом с теми методами, которые необходимо применить.



Вынести все кривые на планшет и убедиться в корректности вычислений (рис. 17).

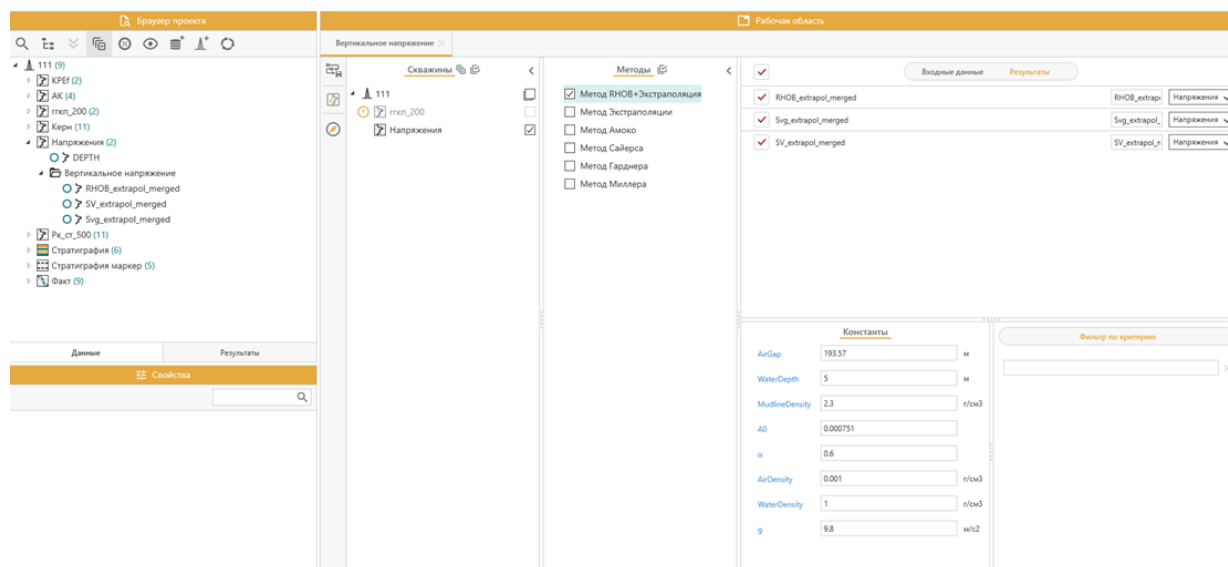
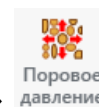


Рис. 17. Окно «Вертикальное напряжение»

4. Вычисление порового давления

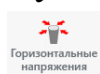
Для вычисления порового давления необходимо перейти во

вкладку **Геомеханика** и выбрать режим **«Поровое давление»**. Далее можно выбрать необходимый метод, перетащить в окно **Скважины** необходимые данные из **Браузера проекта**, убедиться, что данные подгрузились во **Входных данных**. Перейти во вкладку **результаты**, задать имя новых кривых, выбрать куда загрузить результат (в датасет «Напряжения») и поставить галочки рядом с теми методами, которые необходимо применить. Вынести все кривые на планшет и убедиться в корректности вычислений.



5. Вычисление горизонтальных напряжений

Для вычисления горизонтальных напряжений необходимо перейти во вкладку **Геомеханика** и выбрать режим **«Горизонтальные напряжения»**. Далее можно выбрать необходимый метод, перетащить в окно **Скважины** необходимые данные из **Браузера проекта**, убедиться, что данные подгрузились во **Входных данных**. Перейти во



вкладку результаты, задать имя новых кривых, выбрать куда загрузить результат (в датасет «Напряжения») и поставить галочки рядом с теми методами, которые необходимо применить. Вынести все кривые на планшет и убедиться в корректности вычислений.

Чтобы *оценить величину горизонтальных напряжений прямым методом*, следует обработать результаты мини-ГРП и вычислить давление закрытия трещины [3-5]. Для того, чтобы научиться обрабатывать данные мини-ГРП, откройте файл «Обработка мини-ГРП» и выполните задания. После выполнения заданий откройте файл «Результаты ГРП», чтобы изучить результаты обработки и определить давление закрытия трещины на исследуемом месторождении. Результат необходимо будет загрузить в виде точки на планшет (по аналогии с загрузкой керновых данных) и сравнить с рассчитанной кривой Sh_{min} .

Величину максимального горизонтального напряжения также следует *оценить путем построения диаграммы напряжений Зобака* [1]. Для этого необходимо открыть задание **Расчет SH_{max}** . Результат необходимо будет загрузить в виде точки на планшет (по аналогии с загрузкой керновых данных) и сравнить с рассчитанной кривой SH_{max} .

Также необходимо определить азимут максимального горизонтального напряжения. Это возможно сделать путем анализа скважинных сканеров или кросс-дипольной акустики. На данном месторождении проводился метод Расчет Sh_{min} (**МС-130_Заключение**). Необходимо ознакомиться с отчетом и определить азимут SH_{max} .

3. ПОСТРОЕНИЕ 1D ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ УСТОЙЧИВОСТИ СТВОЛА СКВАЖИНЫ

Для построения модели устойчивости ствола скважины необходимо перейти во вкладку **Геомеханика** и нажать **«Устойчивость скважины»**. Далее необходимо поставить галочку в блоке **«Методы»** и перетащить все необходимые данные из **Браузера проекта** в блок **Скважины**. Список необходимых параметров указан в графе **Входные данные**. Ниже приведена расшифровка мнемоник (таблица 1).

Таблица 1

Расшифровка мнемоник входных параметров

TVD	Вертикальная глубина	м
INCL	Зенитный угол скважины	град
AZIM	Азимут скважины	град
FANG	Угол внутреннего трения	град
PRD/PRS	Коэффициент Пуассона дин/стат	
YMD/YMS	Модуль Юнга динамический/статический	ГПа
TSTR	Предел прочности при растяжении	МПа
UCS	Предел прочности при неограниченном сжатии	МПа
COH	Когезия	МПа
BIOT	Константа Био	
Svg	Градиент вертикального давления	г/см ³
MINSH_G	Градиент минимальных горизонтальных напр	г/см ³
MAXSH_G	Градиент максимальных горизонтальных напр	г/см ³
SHAZIM	Азимут направления максимального горизонтального напряжения	град
PPG	Градиент порового давления	г/см ³
DTEM	Температурный контраст	°С
TEC	Температурный коэффициент расширения	°С
DS	Каверномер	м
DSN	Номинальный диаметр скважины	м

Важно проверить, что все графы заполнены входными данными из скважины. Коэффициент Пуассона и модуль Юнга следует выбрать статические. Температурный контраст (DTEM) и Температурный коэффициент расширения (ТЕС) следует перевести в константу, для этого необходимо кликнуть правой кнопкой мыши по стрелке, открывающей список **Входные данные** и нажать **«В константу»**. Азимут максимального горизонтального напряжения также следует перевести в константу и задать величину, которую определили ранее.

Если необходимо вычислить модель только для определенных зон, то можно перетащить из браузера проекта **Датасет зон**, в нашем случае это **«Стратиграфия»** и отметить галочкой те зоны, в которых необходимо построить модель.

Чтобы посмотреть получившуюся модель, следует нажать на **«Открыть вкладку планшета»** слева от блока **«Скважины»** (рис. 18).

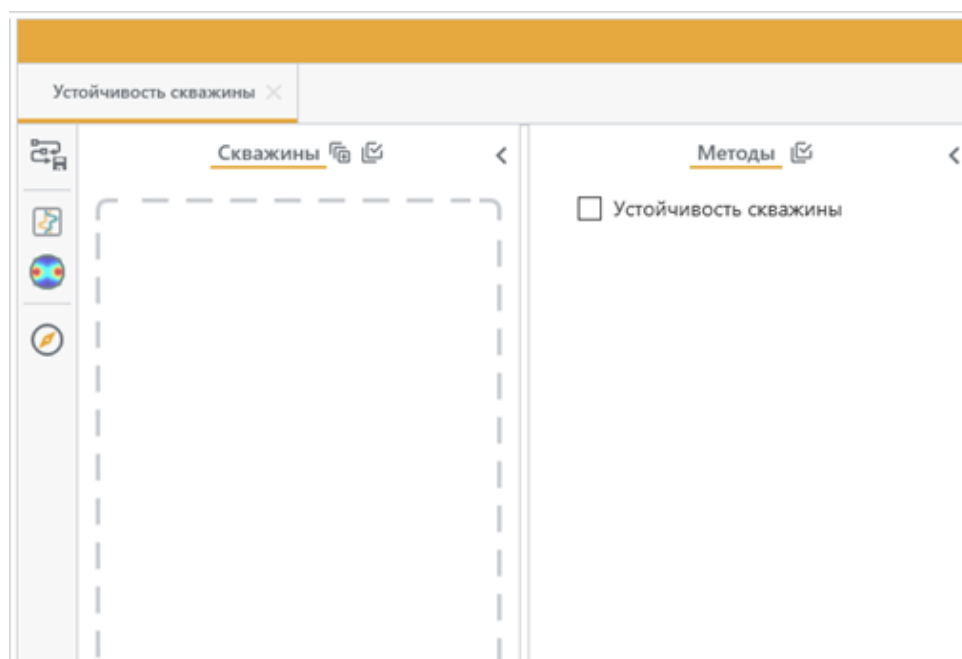


Рис. 18. Просмотр модели в окне планшета

На планшете отобразится модель устойчивости скважины. Ниже перечислены мнемоники выходных данных (таблица 2).

Расшифровка мнемоник выходных параметров

CMW_FR_EATON	Градиент давления гидроразрыва по Итону	г/см ³
CMW_KICK	Градиент давления проявлений	г/см ³
CMW_LOSS	Градиент давления начала поглощений	г/см ³
CMW_MAX_MC	Градиент давления инициации трещин сдвига по критерию Мор-Кулона	г/см ³
CMW_MAX_MTS	Градиент давления инициации трещин растяжения	г/см ³
CMW_MIN_MC	Градиент давления обрушений (сдвиговые нарушения) по критерию Мор-Кулона	г/см ³
CWP_FR_EATON	Давление гидроразрыва по Итону	МПа
CWP_KICK	Давление проявлений	МПа
CWP_LOSS	Давление начала поглощений	МПа
CWP_MAX_MC	Давление инициации трещин сдвига по критерию Мор-Кулона	МПа
CWP_MAX_MTS	Максимальное давление инициации трещин растяжения	МПа
CWP_MIN_MC	Давление обрушений по критерию Мор-Кулона	МПа

По полученной модели можно построить **стереограмму скважины**. Для это на планшете необходимо поставить маркер на той глубине, в которой планируется отображение стереограммы. После этого переходим во вкладку **Устойчивость скважины** и нажимаем на «**Открыть вкладку стереограмм**» слева от окна Скважины.

Задание

Следует оценить полученную модель, сопоставить её с данными кавернометрии и, при необходимости, откалибровать, изменив величину прочностных свойств или напряжений.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алиев, М. М.* Нефтегазовая геомеханика : учебное пособие / М. М. Алиев, А. А. Лутфуллин, З. Ф. Исмагилова. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. - 160 с.
2. *Баклашов И.В.* Геомеханика. Т. 2. Геомеханические процессы : учебник для вузов / Баклашов И.В., Картозия Б.А., Шашенко А.Н., Борисов В.Н. - Москва: Издательство Московского государственного горного университета, 2004. - 249 с.
3. *Певзнер, М. Е.* Геомеханика: учебник для вузов / Певзнер М. Е. , Иофис М. А. , Попов В. Н. - 2-е изд. , стер. - М : Издательство Московского государственного горного университета, 2008. – 438 с.
4. *Квеско, Б. Б.* Основы геофизических методов исследования нефтяных и газовых скважин: учебное пособие / Б. Б. Квеско, Н. Г. Квеско, В. П. Меркулов. - 2-е изд. , доп. - Москва : Инфра-Инженерия, 2020. - 228 с.
5. *Тетельмин, В. В.* Нефтегазовое дело. Полный курс. В двух томах. Том 1 : учебник / В. В. Тетельмин. - 2-е изд. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. - 416 с.

Учебное издание

Зиганшин Эдуард Ришадович

**ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ
ПО КУРСУ «ОСНОВЫ НЕФТЕГАЗОВОЙ ГЕОМЕХА-
НИКИ»
*Учебно-методическое пособие***