

**РОСНЕФТЬ**

Корпоративный симулятор ГРП: текущие результаты внедрения и перспективные направления развития



Целевой проект по разработке отечественного симулятора ГРП

2014

Август

введение
секторальных
санкций на
программное
обеспечение
для ГРП

2015

Май

запуск
**поисковой
НИР** по
разработке
концепции
симулятора
ГРП

2016

Январь

запуск
**проекта по
разработке**
промышлен
ной версии
симулятора
ГРП

SPE ГРП 2016

2017

Июль

релиз
РН-ГРИД 1.0

2018

Май

завершение
промышленного
внедрения

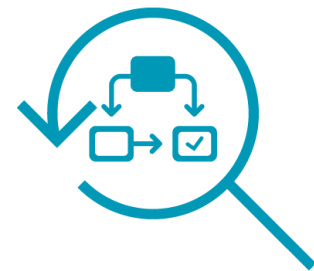
SPE ГРП 2018

Участники проекта

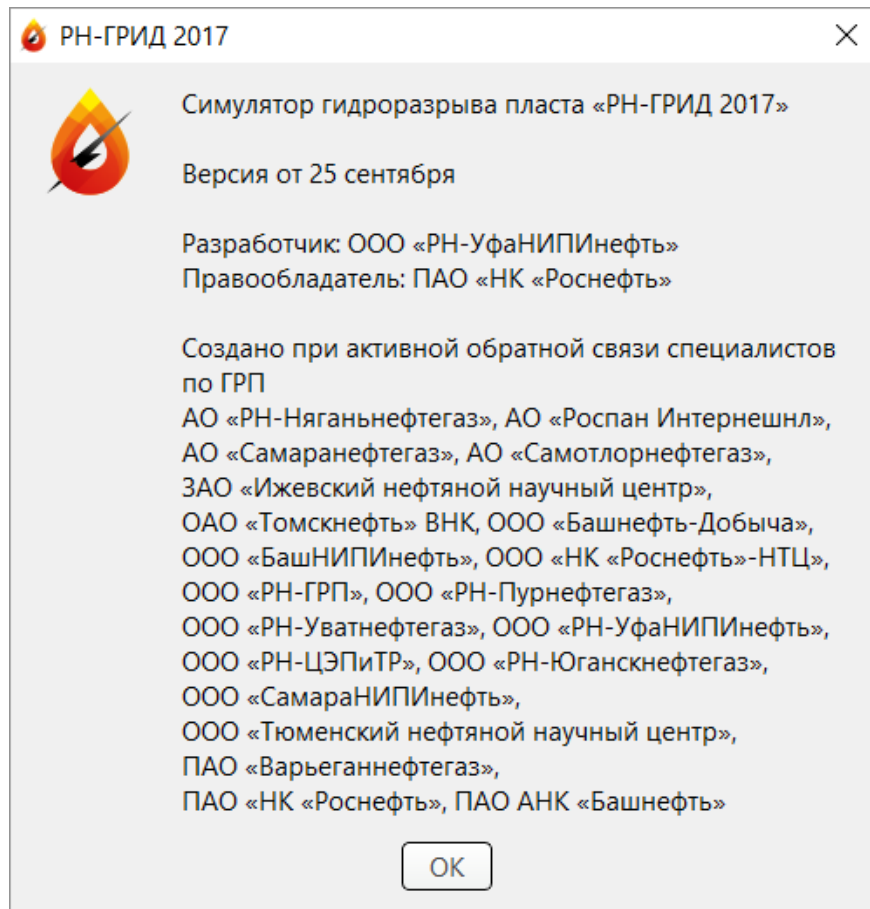


Ключевые принципы организации проекта

- Быстрое создание работающей **бета-версии**
- **Система отслеживания обращений** пользователей и решения задач
- **Ежедневная сборка** новой версии
- **Группа** пилотного тестирования
- Регулярная **рассылка новой версии** Группе пилотного тестирования
- **Ранжирование** плановых и внеплановых задач
- **Старт обучения пользователей** на стадии бета-версий
- Постоянное измерение и **повышение производительности** расчетного ядра

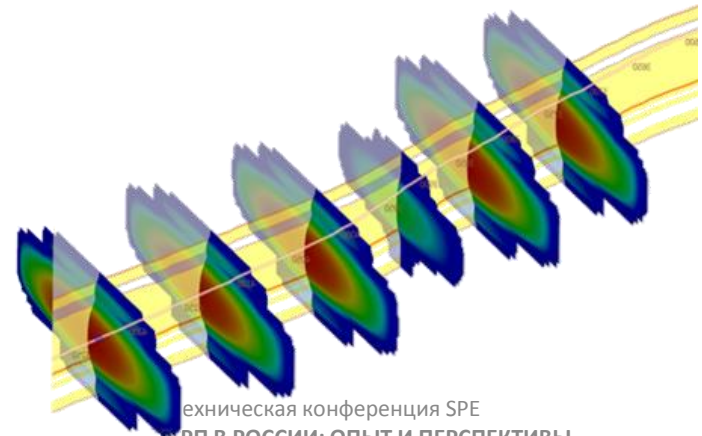
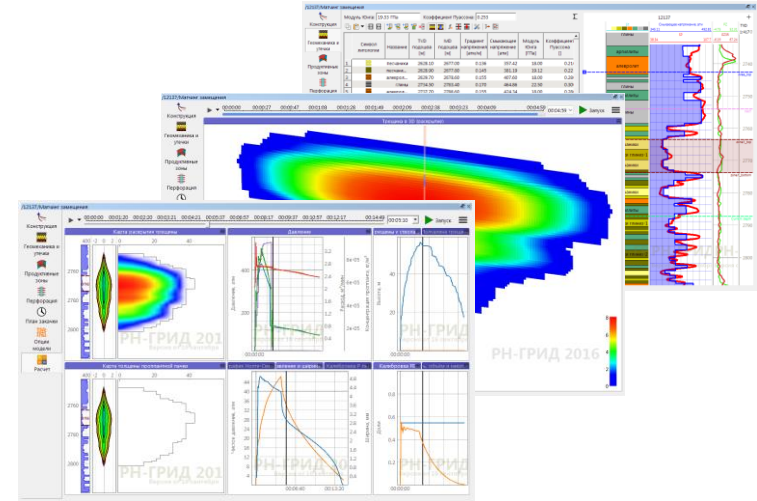


Соавторы доклада

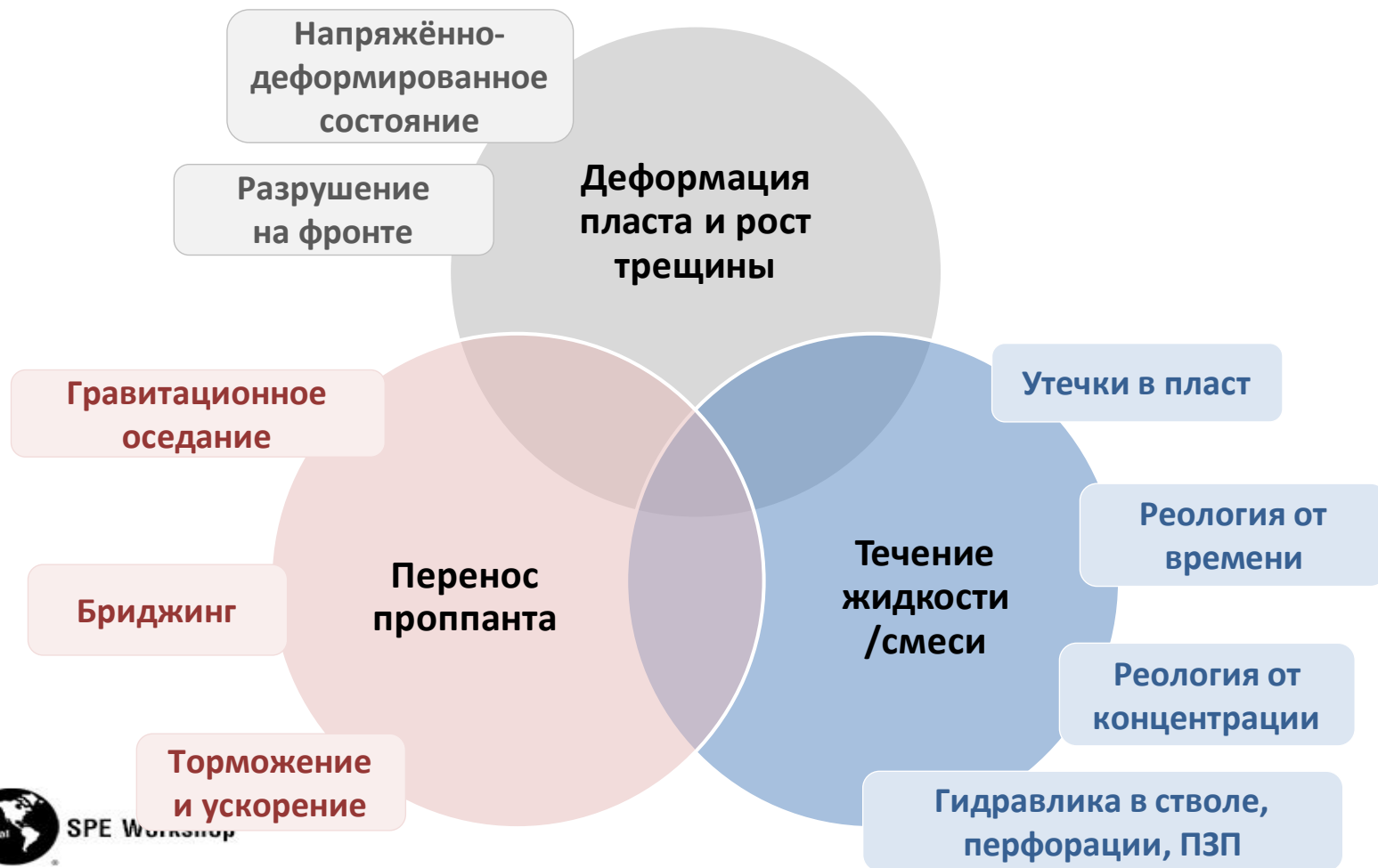


Функционал

- **Импорт, экспорт, визуализация исходных данных**
- **Расчет дизайна ГРП/КГРП на основе концепции Planar3D**
- **Анализ тестовых закачек**
- **База данных жидкостей ГРП, пропантов, труб и кислот**
- **Проектный подход к организации входных данных и результатов расчета**
- **Развитые инструменты визуализации**



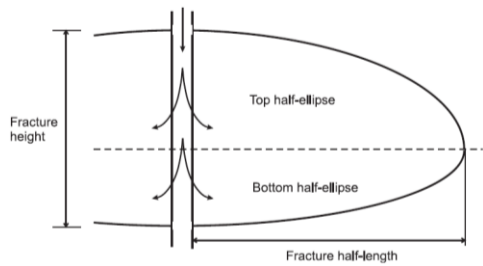
Симулятор учитывает все физические процессы для достоверного моделирования ГРП



Математическая модель ГРП базируется концепции Planar3D

Псевдотрёхмерные Pseudo3D (P3D)

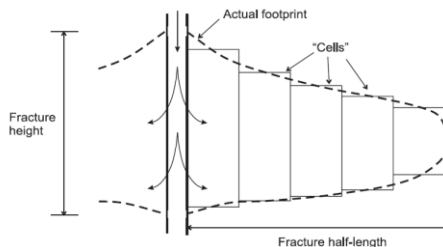
Lumped (LP)



MFrac

FRACPRO

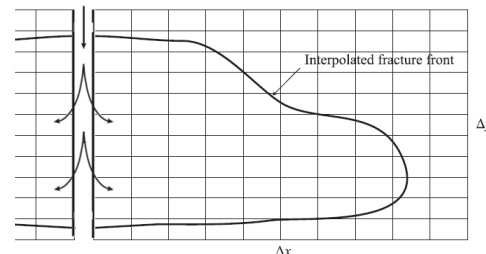
Cell-based (CB)



FracCADE

StimPlan (опция)

Планарная трехмерная Planar3D (PL3D)



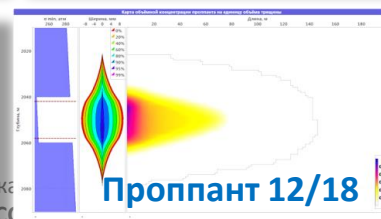
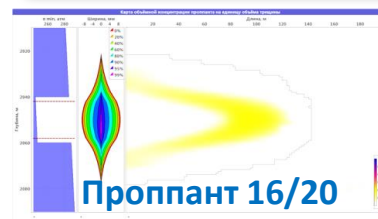
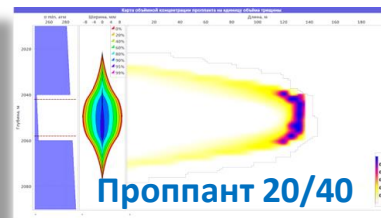
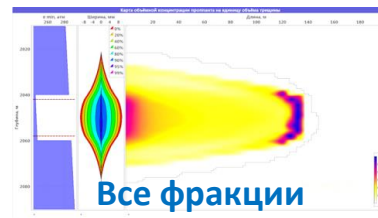
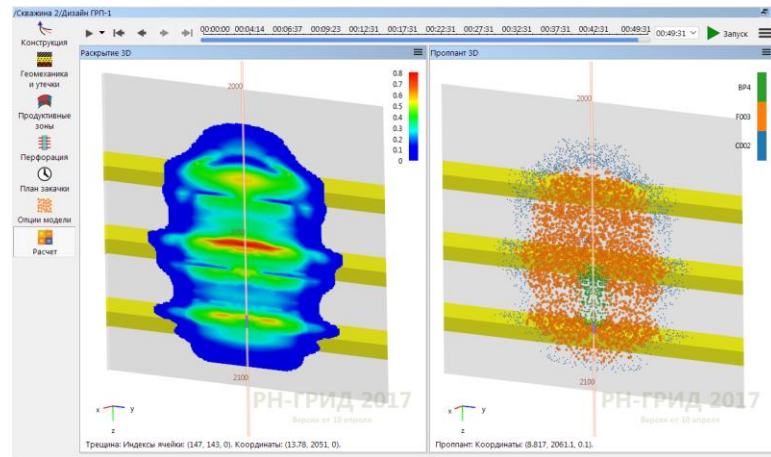
Kinetix **РН-ГРИД**

StimPlan

GOHFER

Ключевые особенности реализации модели ГРП

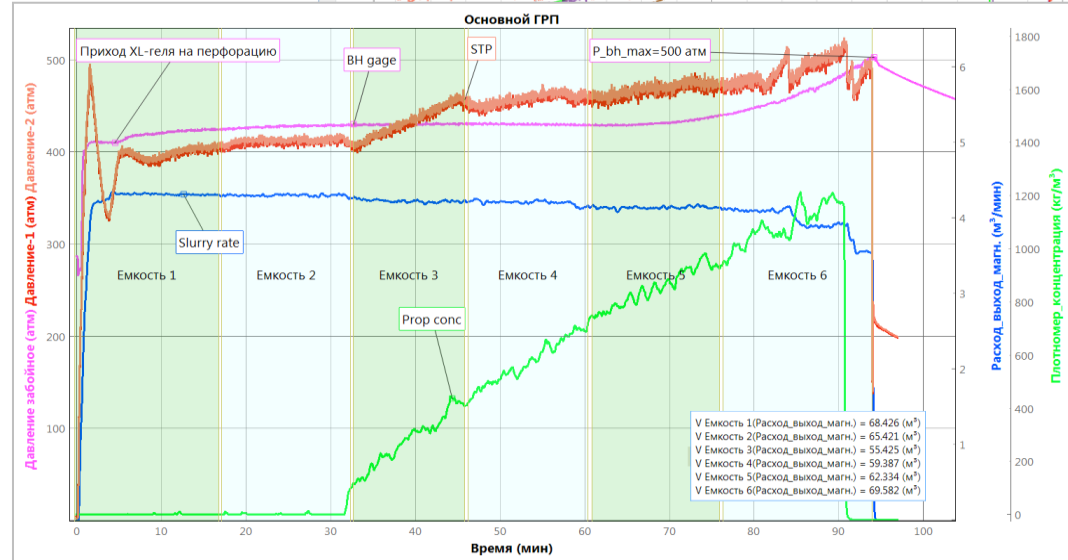
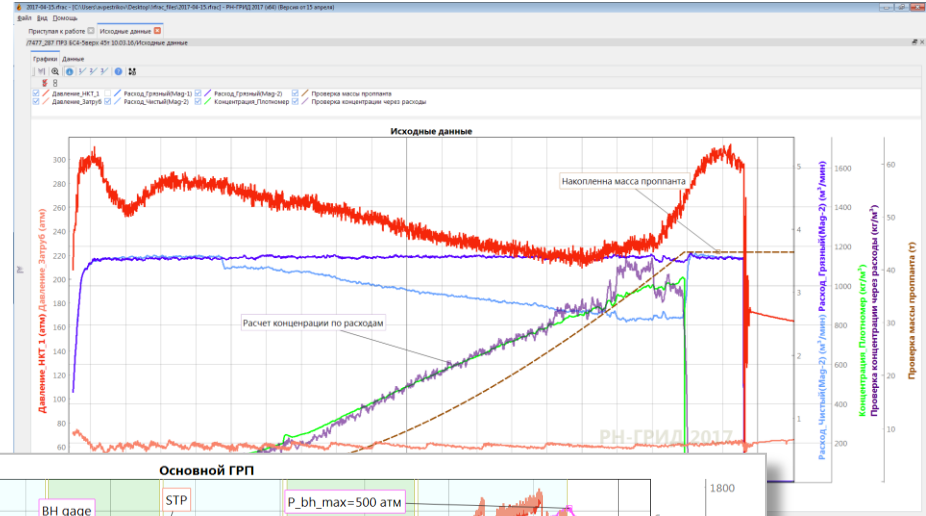
- Полностью сопряженное неявное решение задачи упругости и гидродинамики;
- Расчет переноса для каждого из закачиваемых проппантов;
- Учет всех важных физических эффектов процесса ГРП.



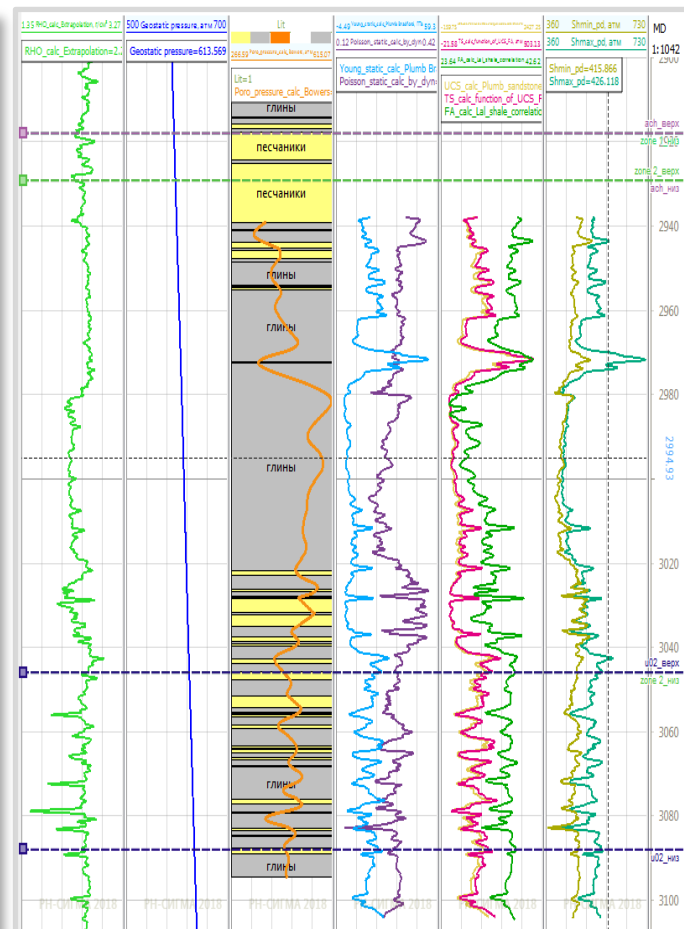
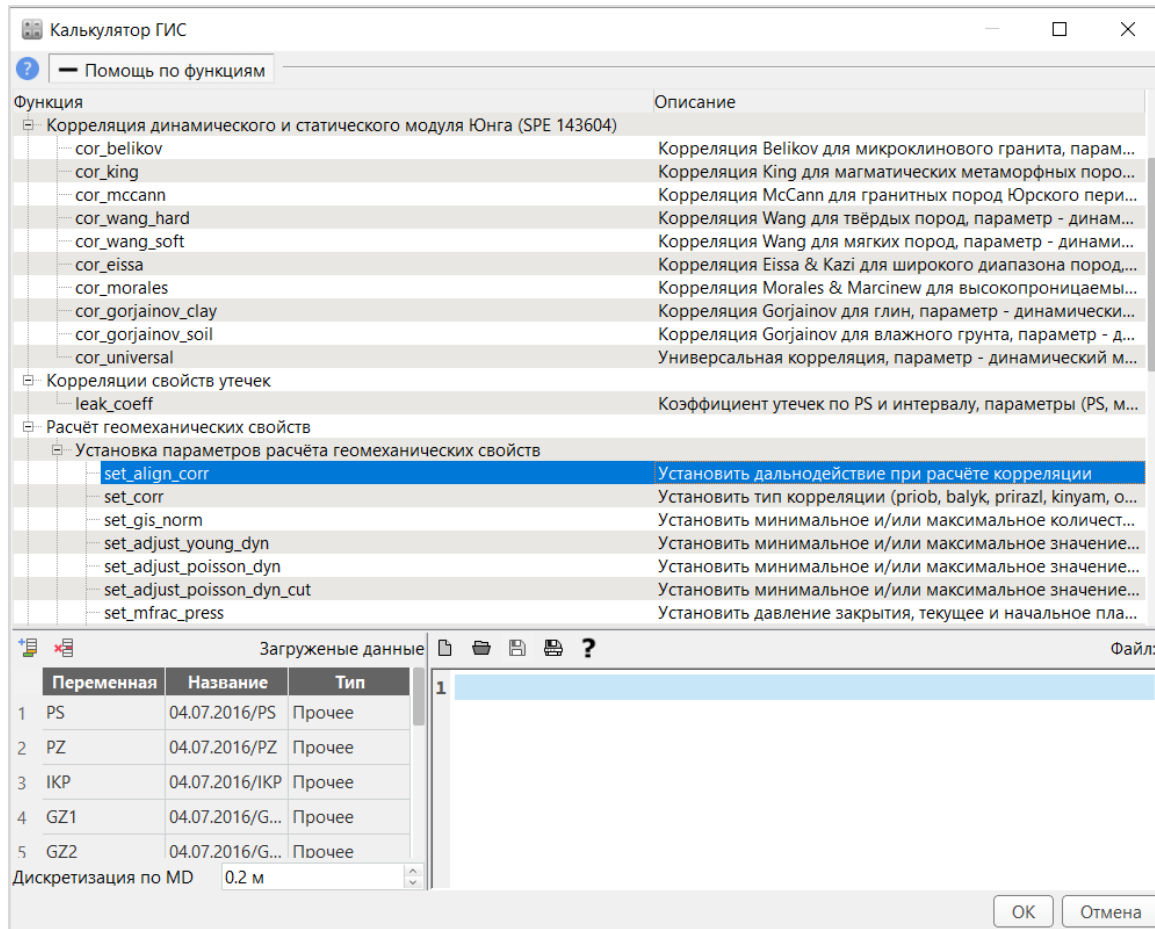
- [illegible]

Импорт и визуализация исходных данных

- Расчет и визуализация контрольных показателей расхода материалов
- Пересчеты объемов жидкости и массы проппанта разными методами
- Инструменты комментирования

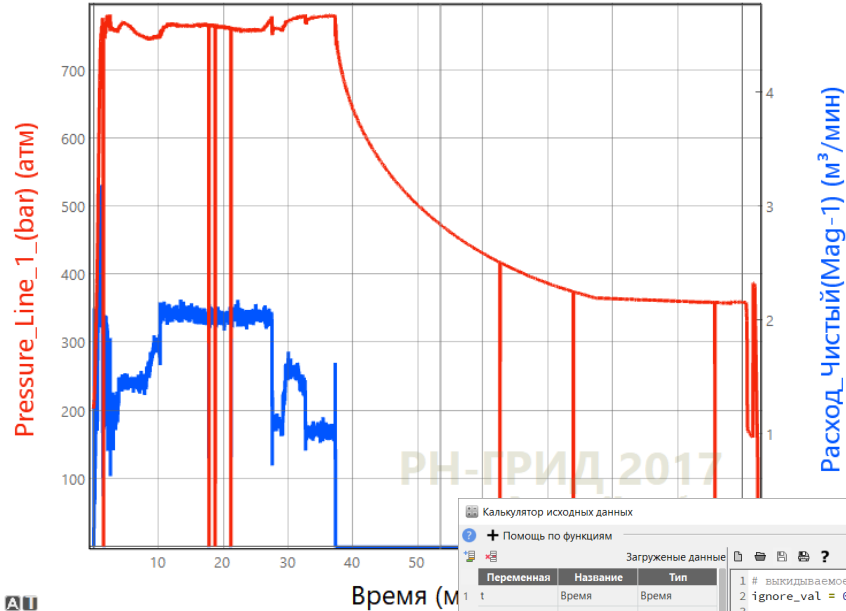


Поддержка скриптовых вычислений

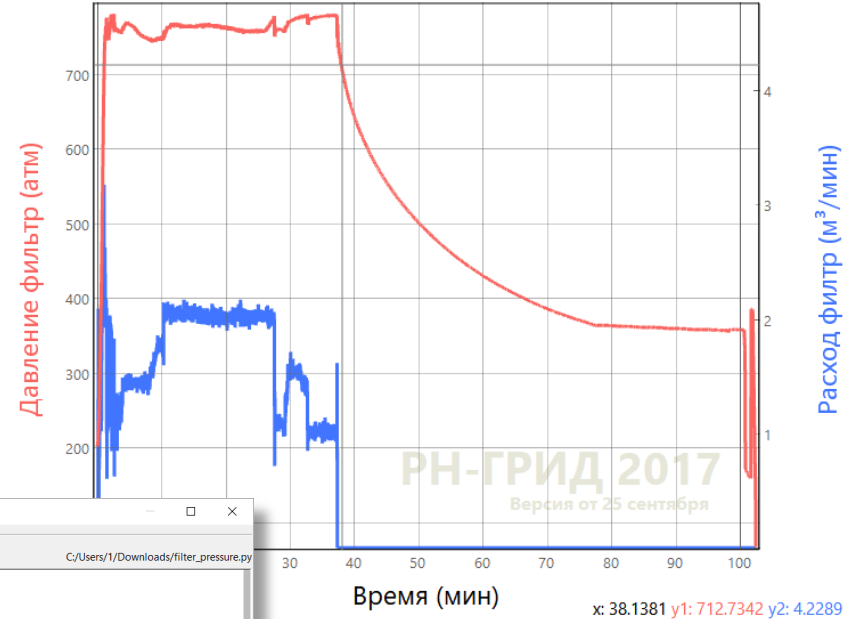


Поддержка скриптовых вычислений

Исходные данные



Автоматически отфильтрованные данные



Калькулятор исходных данных

Помощь по функциям

Загруженные данные

Переменная	Название	Тип
1 t	Время	Время
2 p	Pressure_Line_...	Давление
3 p1	Pressure_Line_...	Давление
4 p2	Pressure_Annu...	Давление
5 p3	Pressure_Annu...	Давление
6 q	Расход_Чист...	Расход
7 q1	Расход_Грязн...	Расход
8 q2	Clean_Rate(...)	Расход
9 q3	Slurry_Rate(...)	Расход
10 c	Auger_Conc(...)	Массовая ко...
11 c1	Dens_Conc(k...	Массовая ко...
12 c2	ВН_Conc	Массовая ко...
13 c3	Расчетная_ко...	Массовая ко...
14 obj	Сумматор_Ш...	Прочее
15 c4	Сумматор_Пл...	Массовая ко...
16 c5	Conc_BC-D2(...)	Массовая ко...

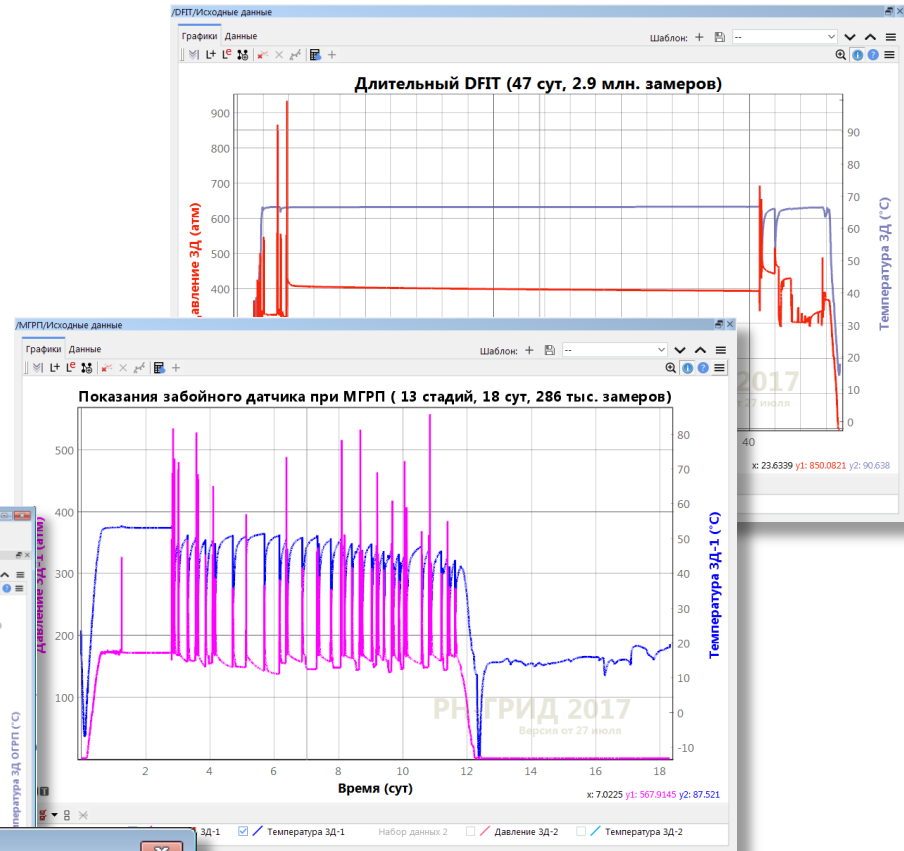
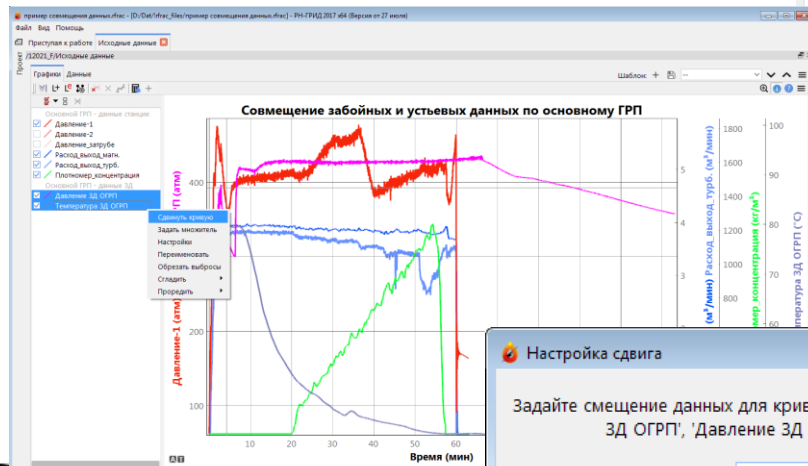
```

1 # вычисляемое значение
2 ignore_val = 0
3
4 ignore_mask = p <= ignore_val
5
6
7 # эта функция вычисляет значения в тех точках, где нет давления
8 def without_ignore(val):
9     # сначала выкинем точки без значений
10    times = t[~ignore_mask]
11    new_val = val[~ignore_mask]
12    # посчитаем точки без значений
13    ignore_values = interp(t[ignore_mask], times, new_val)
14    return ignore_values
15
16 # заменим точки на кривой давления на переинтерполированные
17 col = p
18 col[ignore_mask] = without_ignore(p)
19
20 # заменим те же точки на кривой расхода на переинтерполированные
21 col1 = q
22 col1[ignore_mask] = without_ignore(q)
  
```

OK Отмена

Импорт и визуализация исходных данных

- Отсутствие ограничений по размеру данных
- Удобные инструменты совмещения данных забойного датчика с устьевыми данными



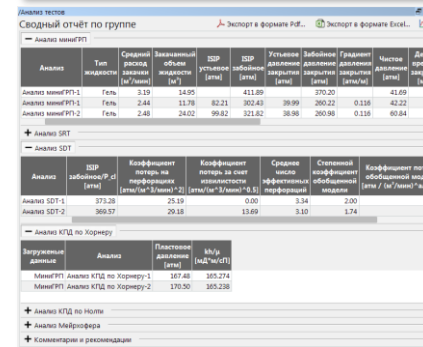
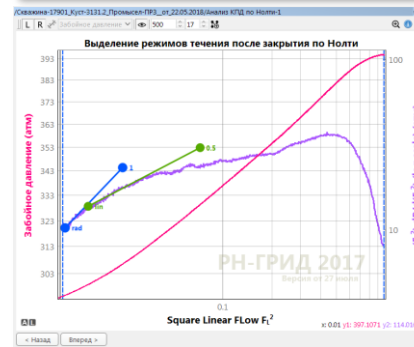
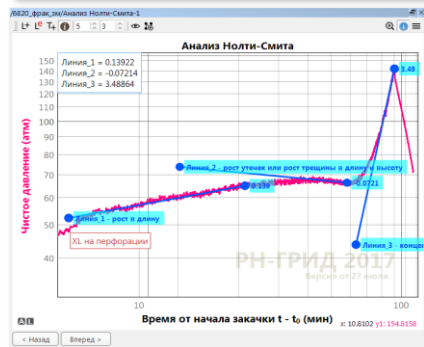
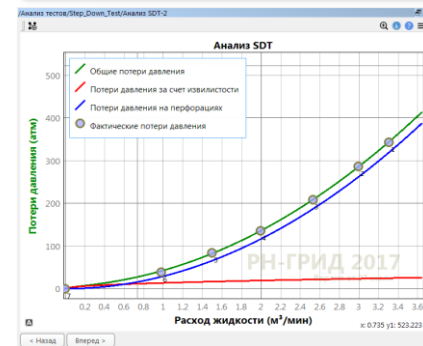
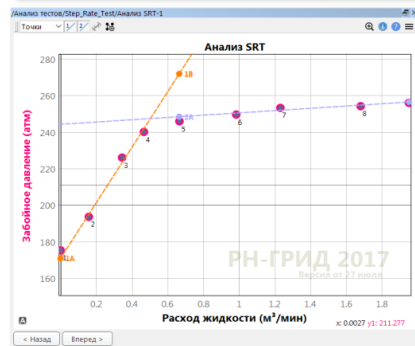
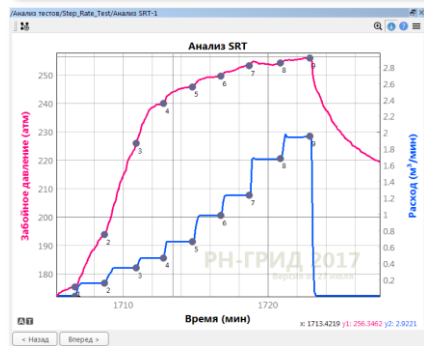
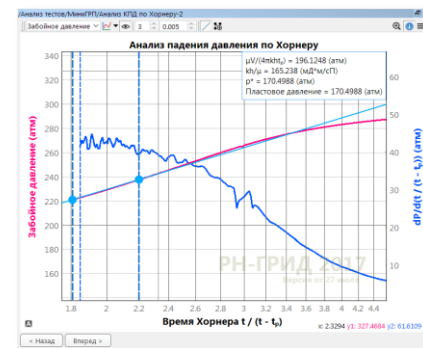
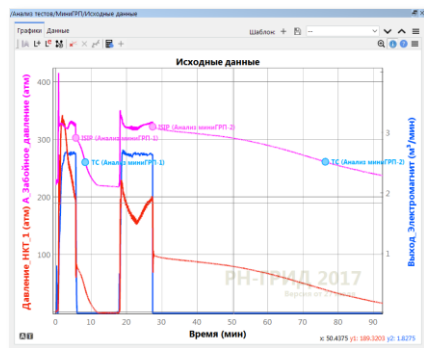
Настройка сдвига

Задайте смещение данных для кривых 'Температура ЗД ОГРП', 'Давление ЗД ОГРП'

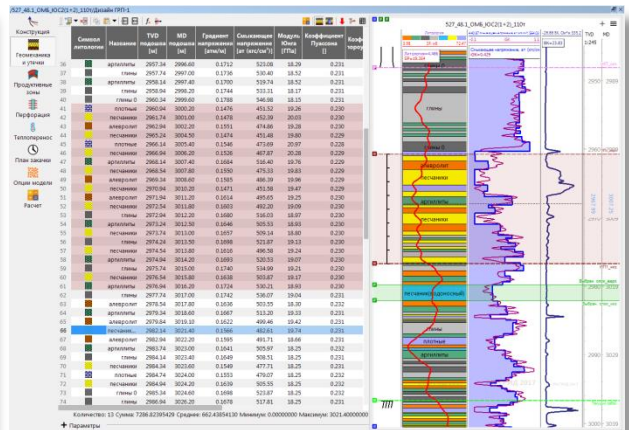
Сдвиг по горизонтали:

OK Отмена

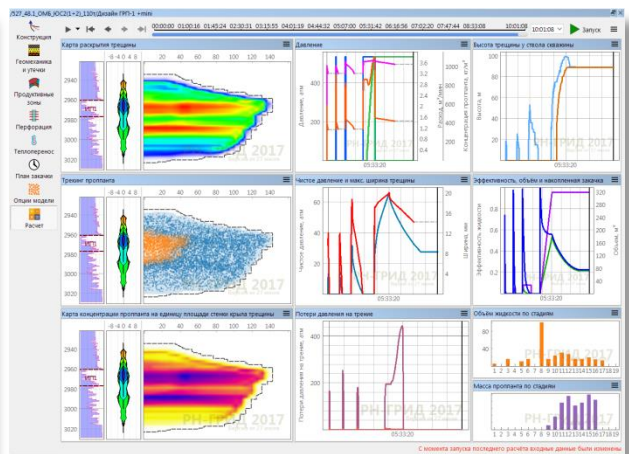
Анализы тестовых закачек



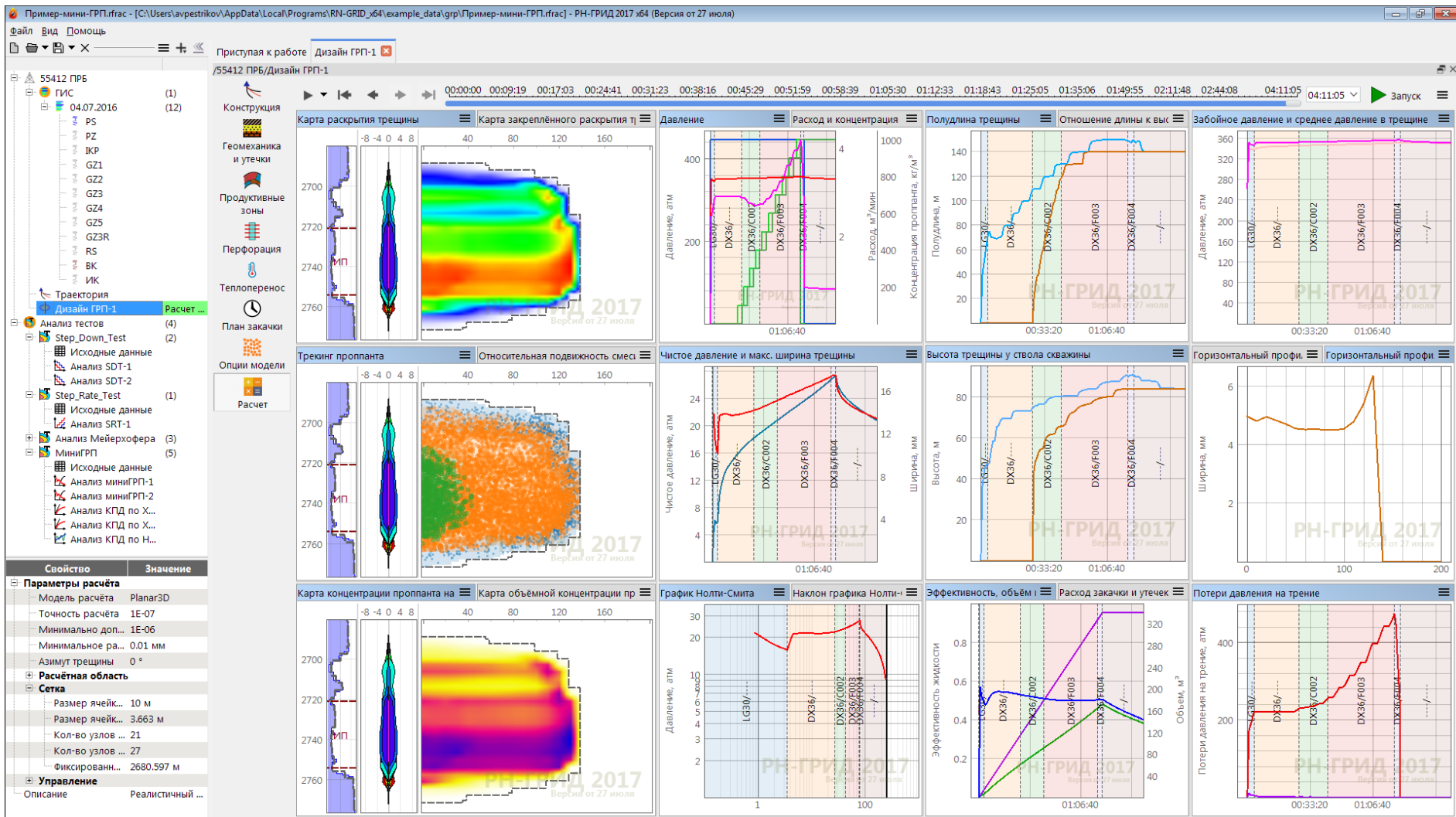
Геомеханическая модель



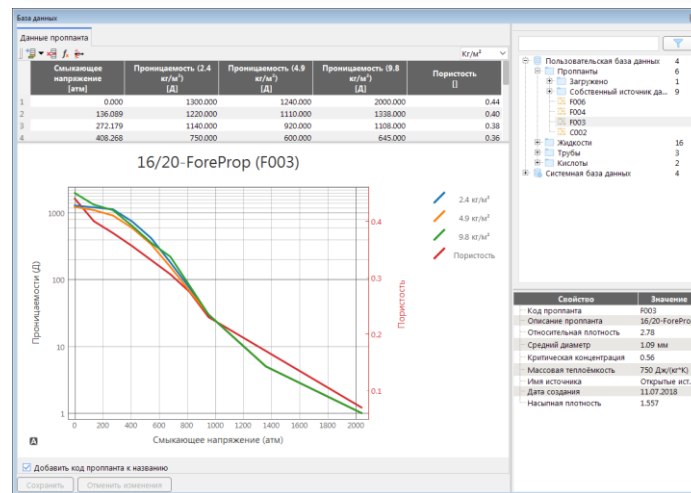
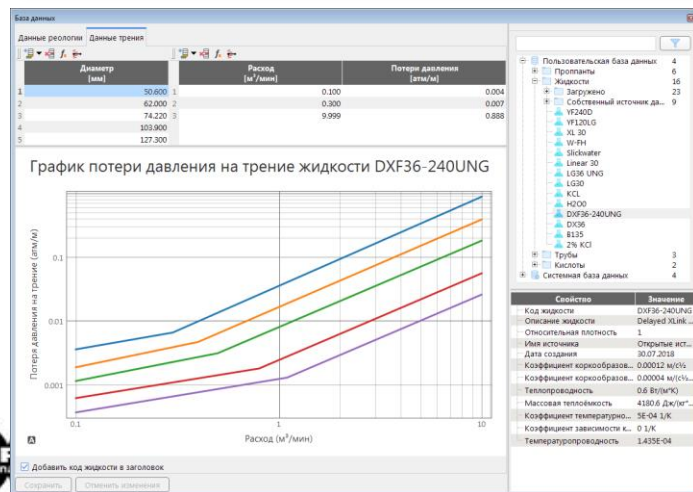
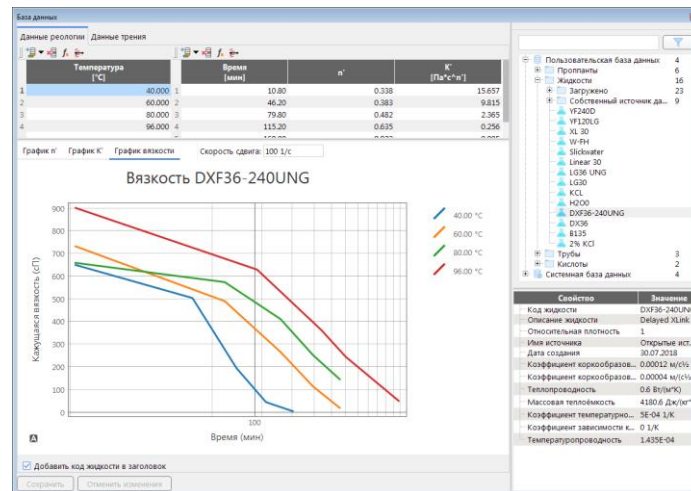
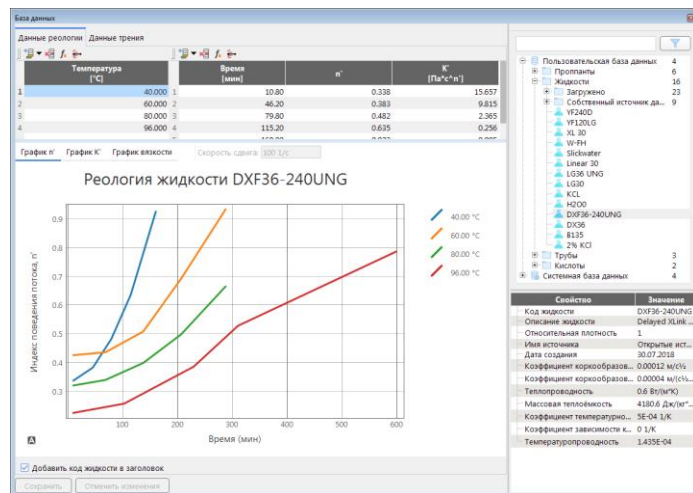
Расчет дизайна



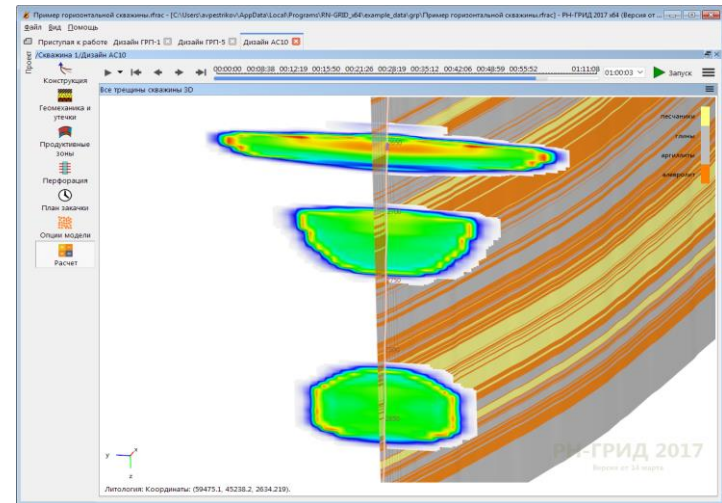
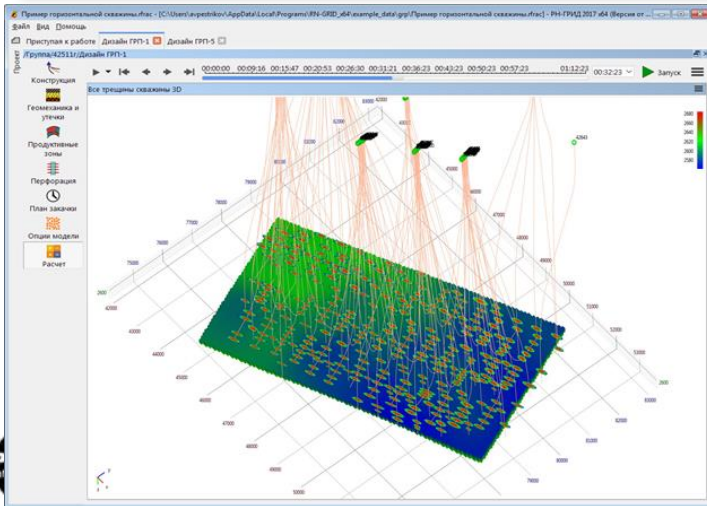
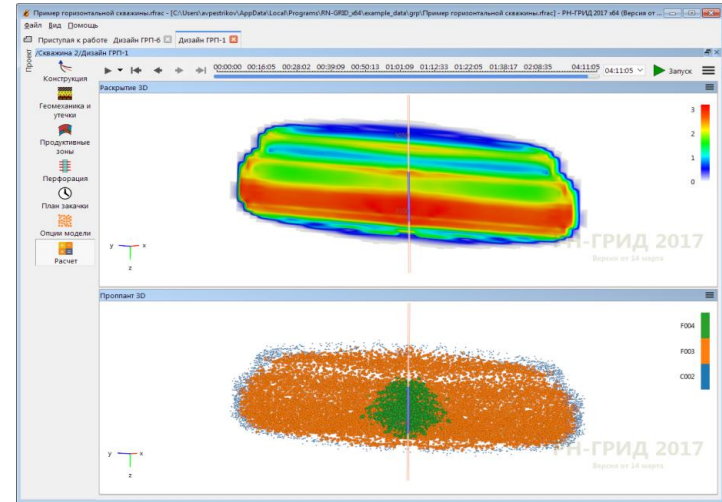
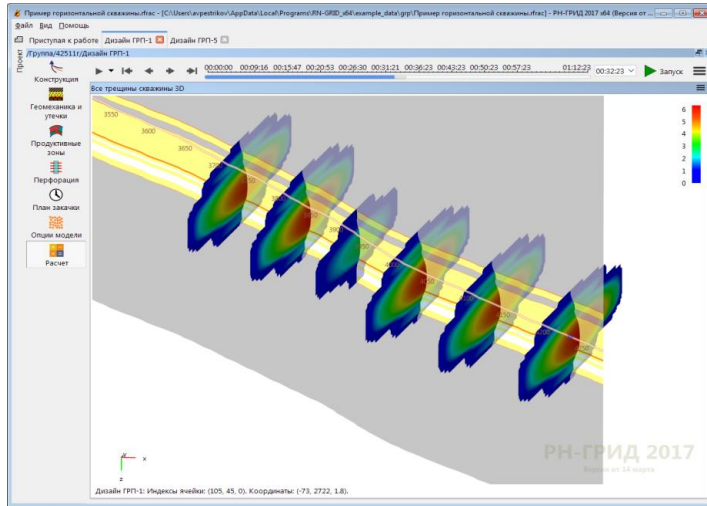
Моделирование ГРП



База данных свойств жидкостей, проппантов, труб



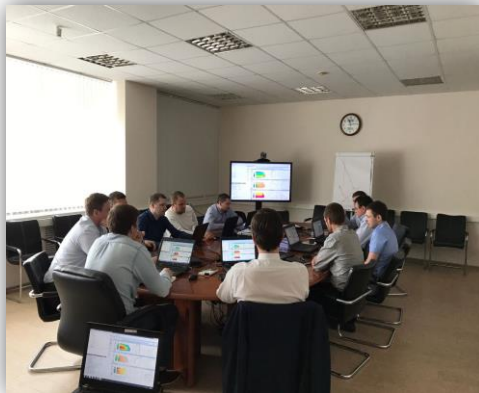
3D визуализация результатов моделирования



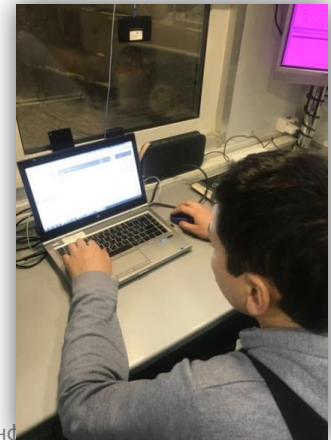
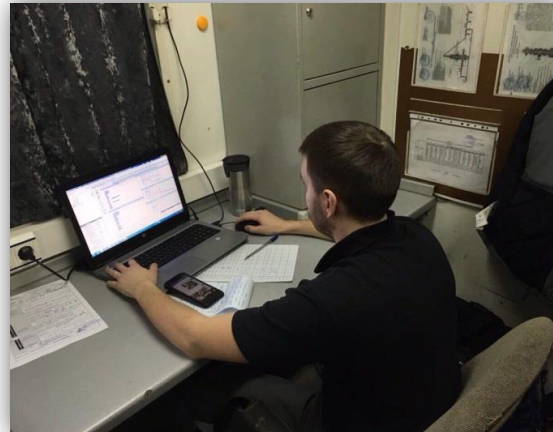
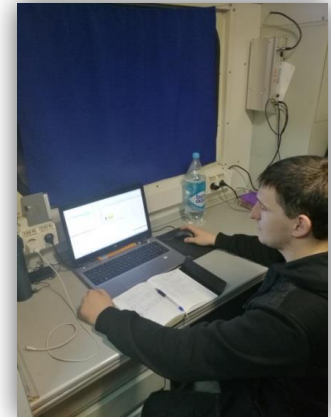
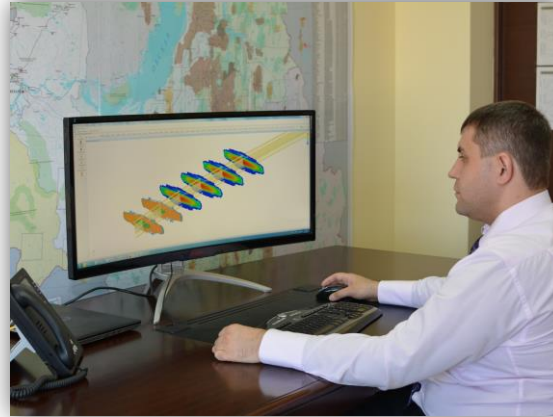


Корпоративное ИТ-решение для специалистов по ГРП

- Инструмент как для проектирования, так и контроля ГРП
- Позволяет Обществам Группы обеспечивать постоянный контроль качества и высокий уровень требований к услугам по ГРП
- Обучены более 100 специалистов из 30 Обществ Группы
- 100% инженеров внутреннего сервиса по ГРП прошли обучение
- Применяется в учебном процессе профильных ВУЗов



Применение специалистами внутреннего сервиса по ГРП



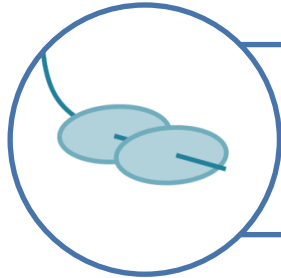
SPE Workshop

ическая конф
ГРП В РОССИИ: ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ

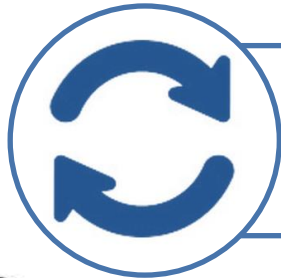
Результаты внедрения



>190 пользователей



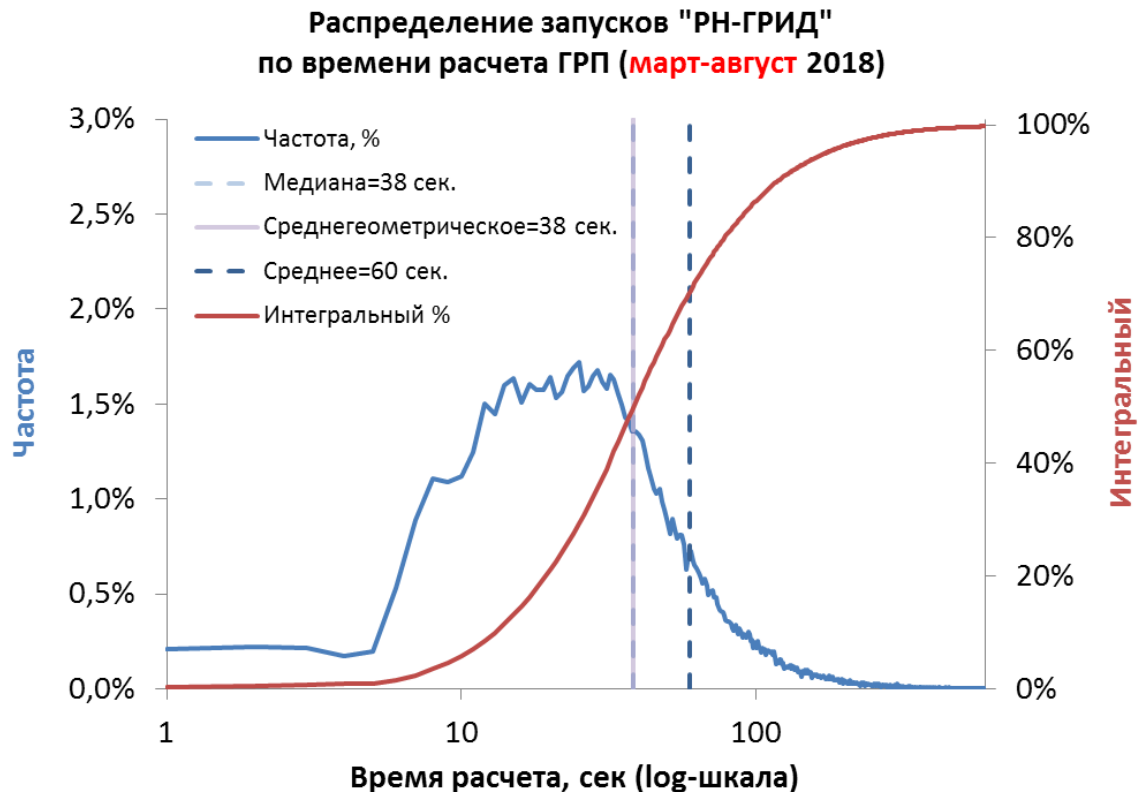
>2500 операций ГРП



100% импортозамещение

Реализованы эффективные алгоритмы высокопроизводительных вычислений для моделирования ГРП в рамках концепции Planar3D

- **5183** дизайнов ГРП;
- **103348** запусков на расчет;
- Время расчета:
среднее – **60** сек,
медиана – **38** сек;
среднегеом. – **38** сек.



Расширение внедрения и дальнейшее развитие

2017

2018

2019

Внедрение:

Пилотное
тестирование

Внедрение
«РН-ГРИД»
версии 1.0 на
базе «РН-ГРП»

Реализовано
В задачах

Обучение
внутренних
пользователей

Обучение
внешних
подрядчиков

Внедрение во
всех Обществах
Компании

Цель:
100% ГРП
по работам «РН-ГРП»

Цель:
100% ГРП в Компании
выполняется в «РН-ГРИД»

Развитие:

Разработка
«РН-ГРИД»
версии 2.0

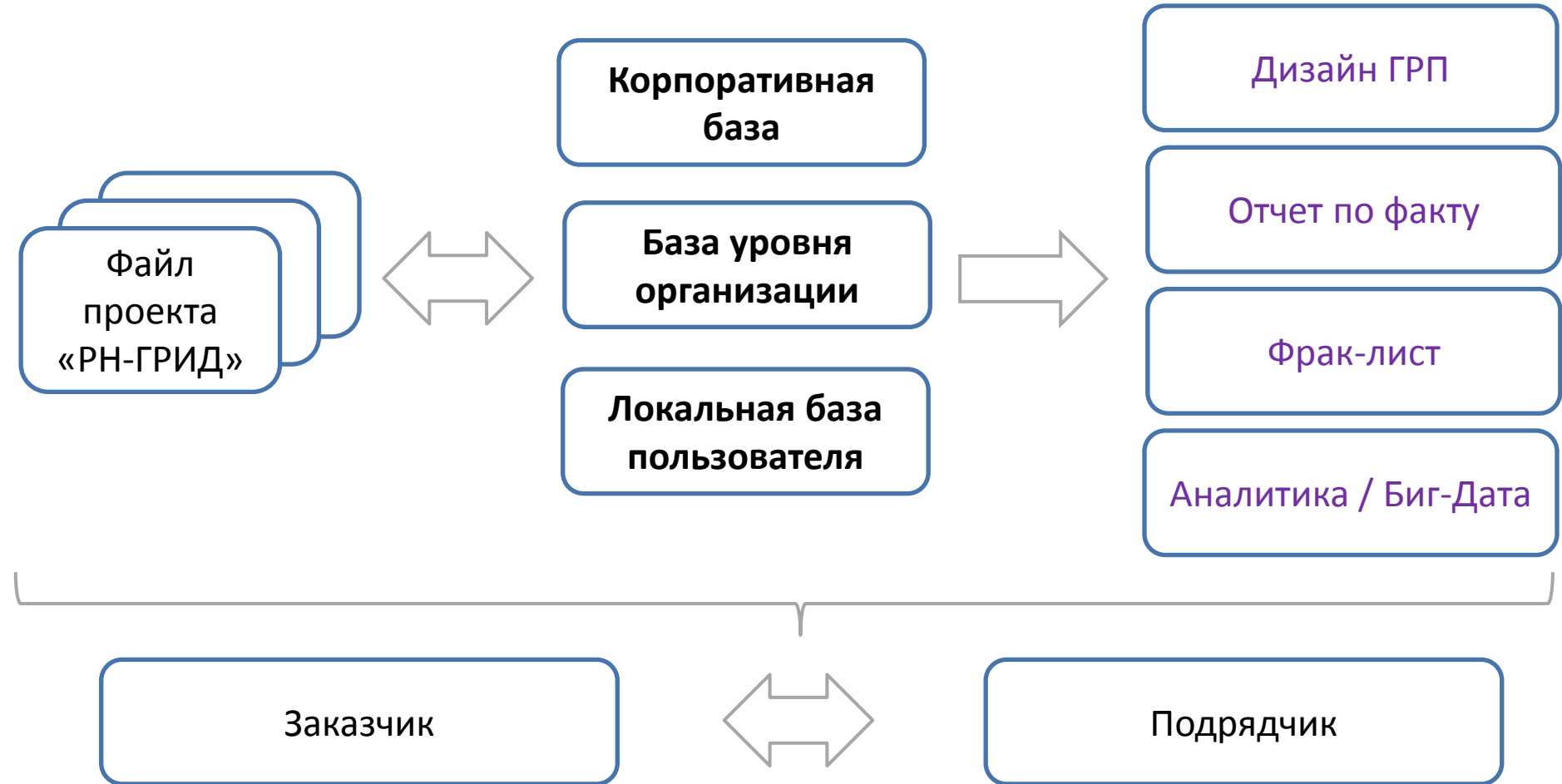
Внедрение
«РН-ГРИД»
версии 2.0

Развитие подмоделей и моделей

**Реализовано
В задачах**

- Кислотные и кислотно-проппантные ГРП
- Вычисления на GPU
- Динамическая модель утечек
- Моделирование изменения утечек при образовании Т-образных сегментов трещины
- Расчёт теплопереноса в стволе и в трещине
- Опция задания индивидуальных множителей на общий коэффициент утечек и коэффициент мгновенных утечек для разных жидкостей
- Опция зависимости коэффициента утечек от давления в трещине (калибровка PDL)
- Развитие подмодели гидродинамики и переноса проппанта в стволе скважины
- Учет взаимовлияния трещин ГРП
- Учет пороупругости
- Интеграция с корпоративным геомеханическим симулятором
- Интеграция с корпоративным гидродинамическим симулятором

Единое информационное пространство участников процесса ГРП



ГРП В РОССИИ: ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ

- Первый **отечественный симулятор ГРП** промышленного класса
- Симулятор применяется специалистами по ГРП **добывающих** обществ и **научно-исследовательских** институтов
- Внутренний сервис по ГРП **перешел на 100%** применение
- Выполнено более **2500 операций ГРП** с полным циклом проектирования ГРП
- Целевой уровень - 100% всех ГРП
- Симулятор доступен для внешних пользователей

