

РН-БУРОВЫЕ РАСЧЕТЫ

ОБЗОР ВОЗМОЖНОСТЕЙ
И ПЛАНЫ РАЗВИТИЯ

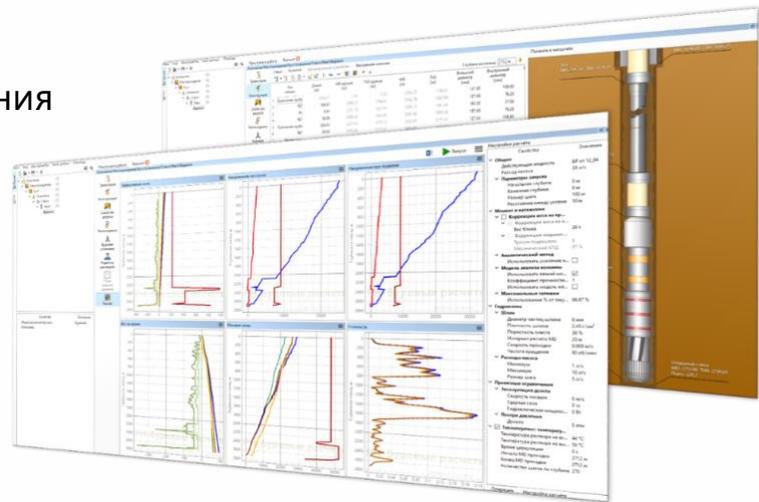
НАУКОЕМКОЕ ИНЖЕНЕРНОЕ ПО

Описание

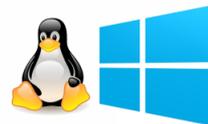
РН-БУРОВЫЕ РАСЧЕТЫ – программный комплекс для инженерных расчетов и математического моделирования технологических процессов при решении задач проектирования и строительства скважин

Преимущества

- Комплексное решение, которое объединяет в себе все виды инженерных расчетов проектирования и строительства скважины
- Передовые модели и алгоритмы
- Понятный и простой интерфейс
- Многозадачная работа с несколькими окнами/мониторами
- Экспертная поддержка пользователей тестовых и коммерческих лицензий
- Интеграция с другими продуктами линейки программного обеспечения



200+
пользователей



РЕЕСТР
ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Включение в реестр ожидается в 2024 году

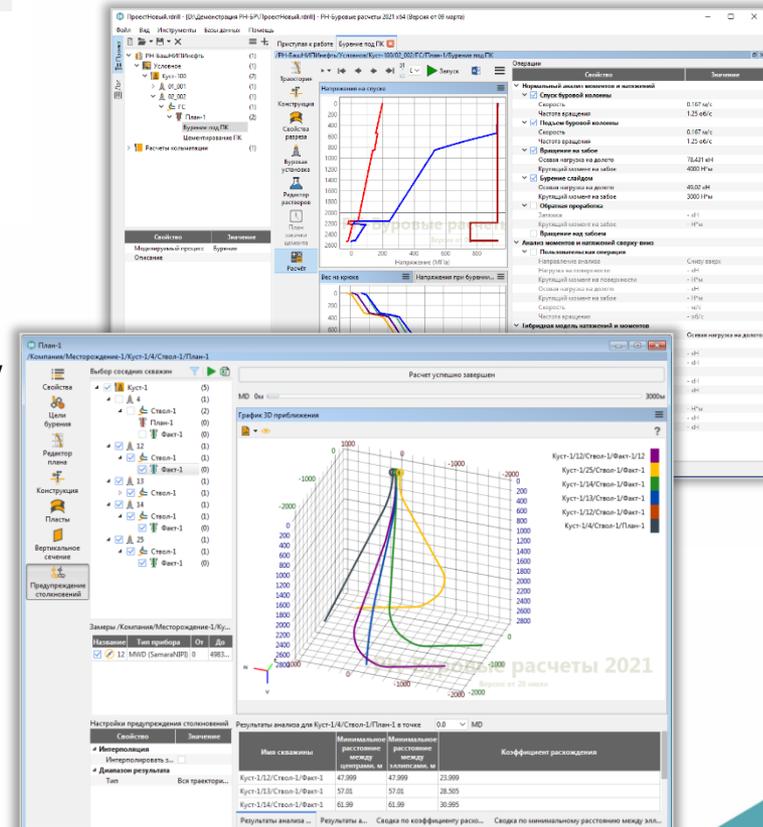
ДОРОЖНАЯ КАРТА РАЗВИТИЯ



ФУНКЦИОНАЛ ВЕРСИИ 1.0

Основные инструменты для проектирования и строительства скважин

- Проектирование профиля скважины (расчет траектории ствола скважины, анализ рисков пересечений)
- Расчет напряжений и моментов
- Гидравлические расчеты
- Расчета цементирования
- Расчет составов кольматационных смесей
- Базы данных бурового оборудования, приборов измерения, буровых растворов и кольматантов
- Вспомогательные инструменты в виде калькуляторов
- Проектный подход к организации входных данных и результатов расчета
- Развитые инструменты визуализации



ФУНКЦИОНАЛ ВЕРСИИ 2.0 (в работе)

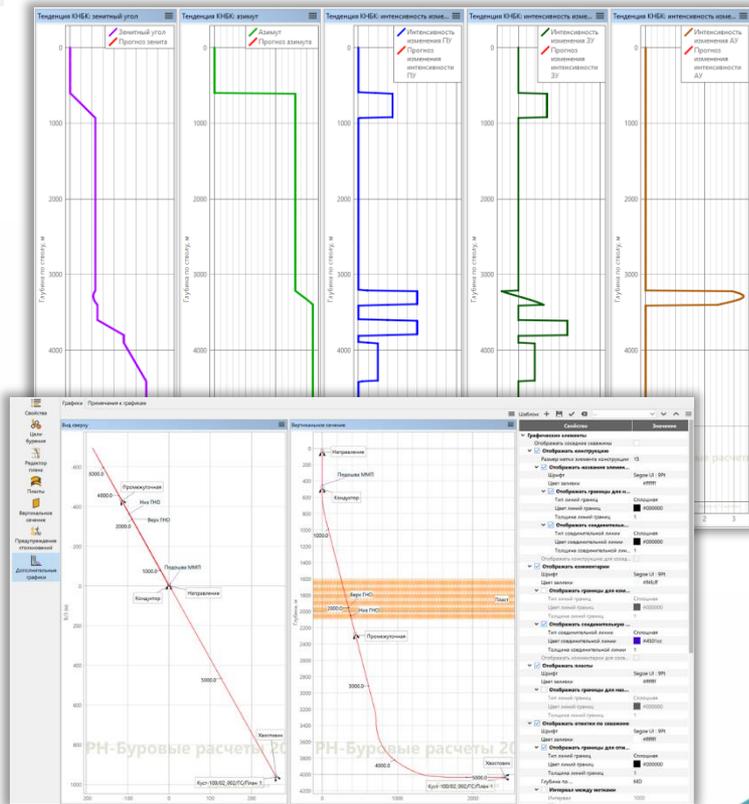
Функционал для детального моделирования и прогнозирования ситуаций

Реализовано:

- Расчет нагрузок методом жесткой колонны
- Расчет дохождения КНБК
- Анализ влияния вращения на гидравлику и прочностные характеристики обсадной колонны при цементировании
- Учет влияние эксцентриситета обсадной колонны на гидравлику
- Определение тенденции КНБК
- Цементирование с использованием внутренней колонны
- Определение циркуляционной температуры ЦР
- Формирование плана закачки цемента для установки цементного моста
- Вычисление места прихвата

В работе (будет доступно в 4-м квартале 2024г.):

- Расчет активации бурильного ясса и дохождения импульса удара бурильного ясса до долота
- Расчет расхаживания бурового инструмента
- Расчет допустимого снижения гидростатического давления при установке комбинированных противоприхватных ванн



ФУНКЦИОНАЛ ВЕРСИИ 3.0 (в планах)

Расширение функционала в рамках развития ПК «РН-Буровые расчеты»

- 3D моделирование замещения бурового раствора цементным раствором
- Расчет глубины спуска колонны, давления опрессовки
- Расчет обсадной колонны на избыточные давления (внутреннее, наружное)
- Спуск обсадной колонны поплавокным способом
- Учет реологических свойств бурового раствора при различных температурах
- Расчет влияния различных параметров на вклад в ЭЦП
- Расчет алгоритма контроля качества исходных измерений акселерометров и магнитометров забойной телесистемы
- Расчет односточечной коррекции азимутальных углов (SCC)
- Расчет многоточечного анализа данных (MSA)
- Расчет величины прогиба КНБК на основе анализа детальной модели КНБК для коррекции зенитных углов
- Клиент-серверная версия



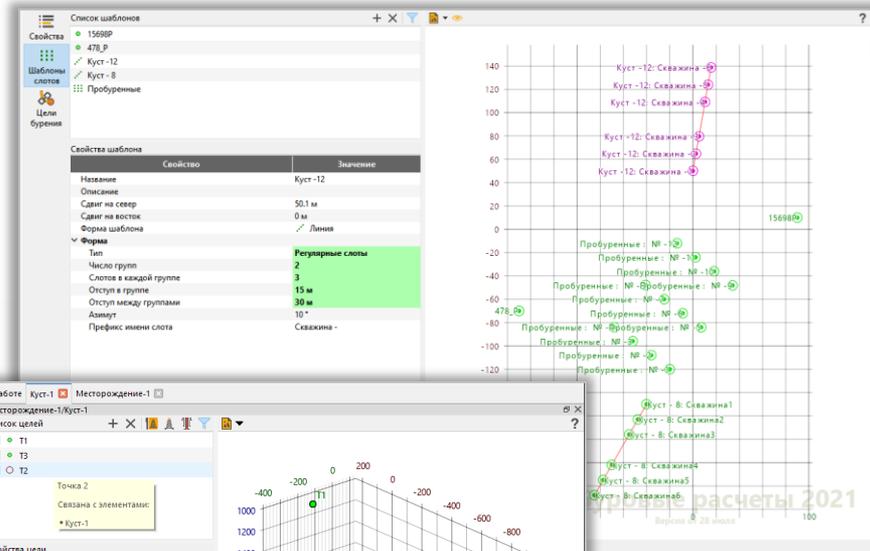
БУРОВЫЕ РАСЧЕТЫ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ
И СТРОИТЕЛЬСТВО СКВАЖИН

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИЙ СКВАЖИНЫ

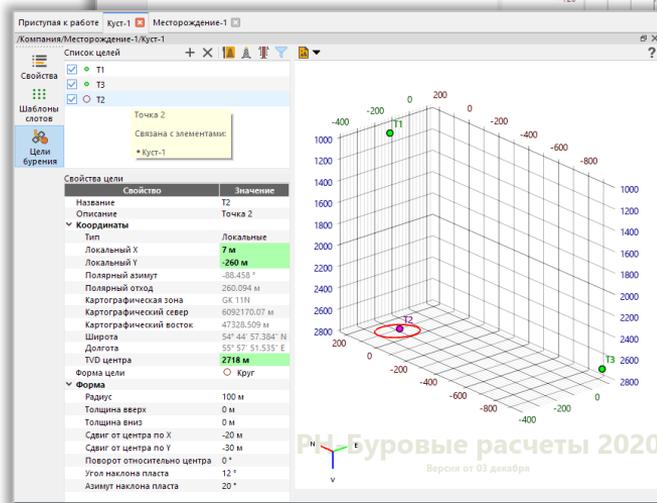
Редактор слотов скважин

- Задание расположения слотов на кустовой площадке (точка, линия, прямоугольник)
- Задание расположения устьев согласно загруженным координатам
- Отображение площадки со слотами с направлением движения станка (НДС)
- Отображение привязки скважин к слотам



Редактор целей

- Задание формы цели относительно заданного местоположения в локальных, картографических или географических координатах
- Отображение положения цели в трёхмерном виде
- Импорт/экспорт целей из файла
- Оценка качества замеров загрузки траекторий
- Вычисление промежуточной точки замера
- Формирование фактической траектории из выбранных замеров



ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИЙ СКВАЖИНЫ

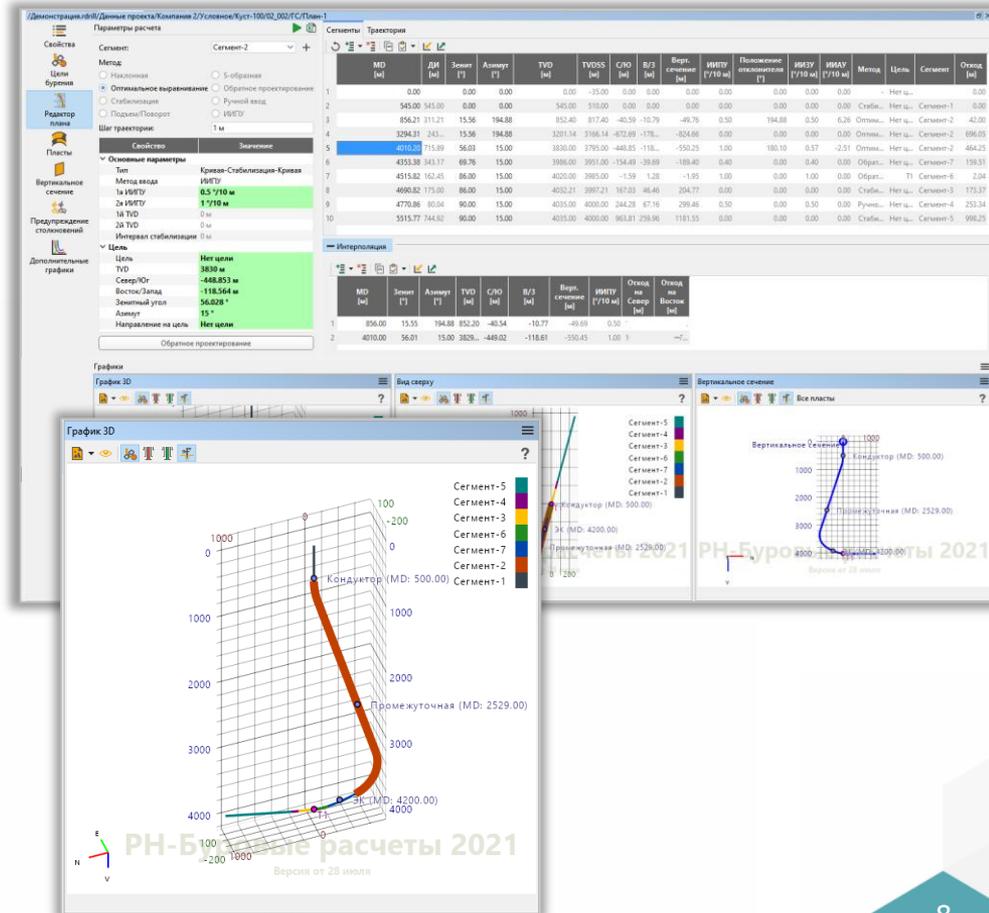
41 способ построения траекторий в 8 методах

- **2D:**
 - Наклонный (J-образный)
 - S-образный
 - Стабилизация
- **3D:**
 - Оптимальное выравнивание (Кривая – стабилизация – кривая, Кривая – кривая)
 - ИИПУ* / положение отклонителя
 - Ручной ввод
 - Обратное проектирование
 - Подъем / поворот

Загрузка траектории скважины

- Импорт данных из файла
- Оценка качества замеров
- Вычисление промежуточной точки замера
- Формирование траектории из выбранных замеров
- Загрузка информации по пластам
- 3D график замера
- График Азимута
- График Зенитного угла
- График переменной кривой

*ИИПУ – интенсивность изменения поворота угла



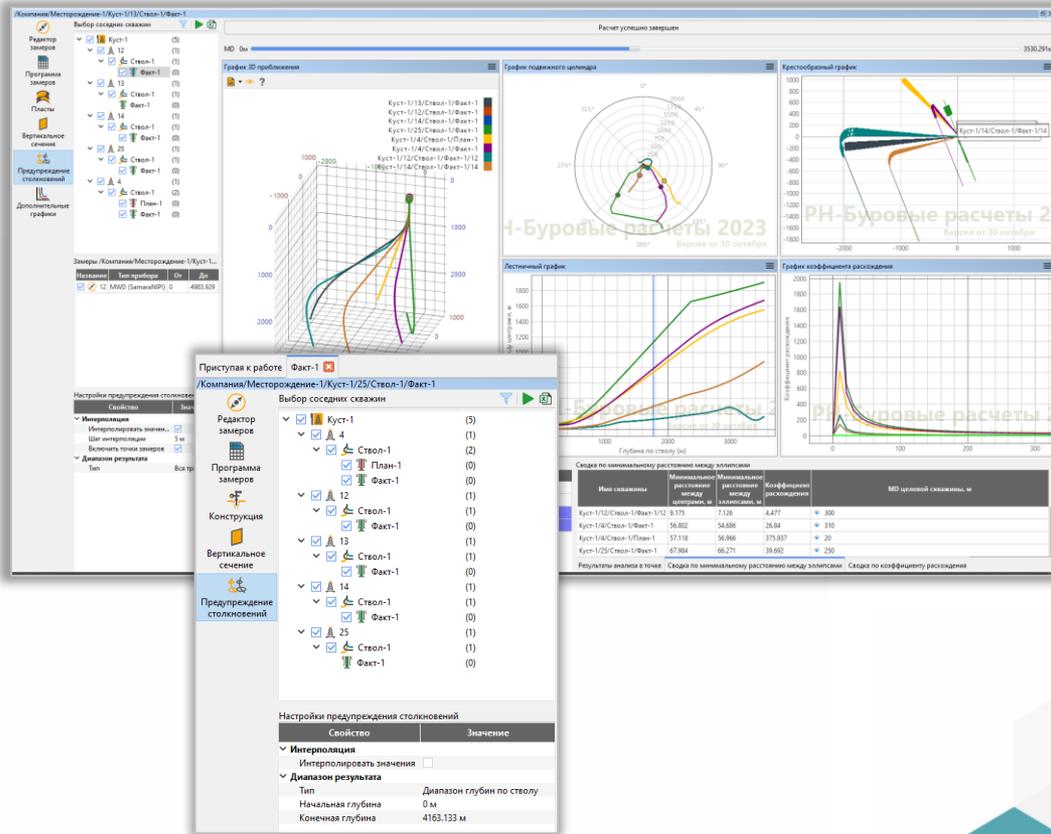
ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ СТОЛКНОВЕНИЙ СТВОЛОВ СКВАЖИН

Модели ошибок прибора

- ISCWSA (наиболее сложная и используемая модель)
- Конус ошибок
- Систематический эллипс (модель Вольфа и де-Вардта)

Модели поверхности ошибок

- Круговой конус (круглая коническая)
- Эллиптический конус (метод педальной кривой)
- Комбинированная ковариация
- Проецируемый вектор



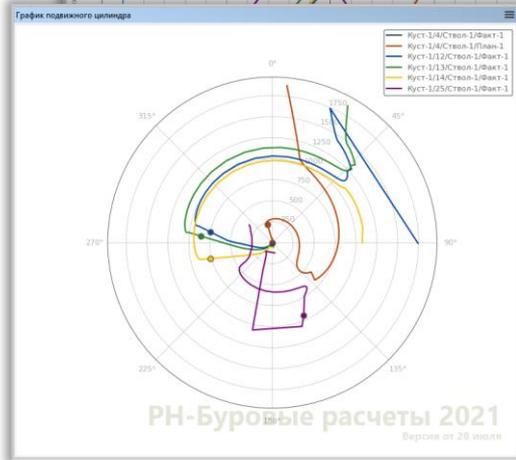
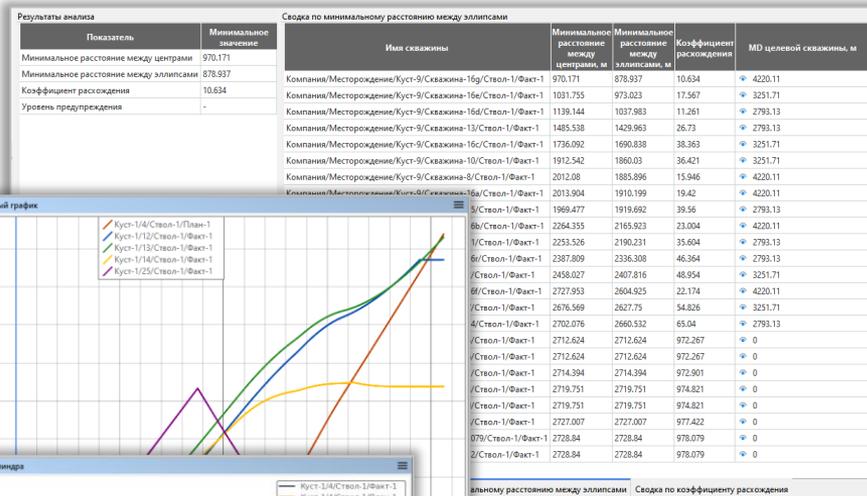
ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ СТОЛКНОВЕНИЙ СТВОЛОВ СКВАЖИН

Расчеты предупреждения столкновений

- Расчет области недостоверности на некотором замере
- Расчет коэффициента расхождения между двумя скважинами
- Расчет расстояния между скважинами
- Расчет коэффициента расхождения в любой точке указанием глубины или движением микшера на линейке глубины
- Таблица результатов анализа в точке

Графики предупреждения столкновений

- График 3D приближения
- Крестообразный график
- График подвижного цилиндра
- График коэффициента расхождения
- Лестничный график



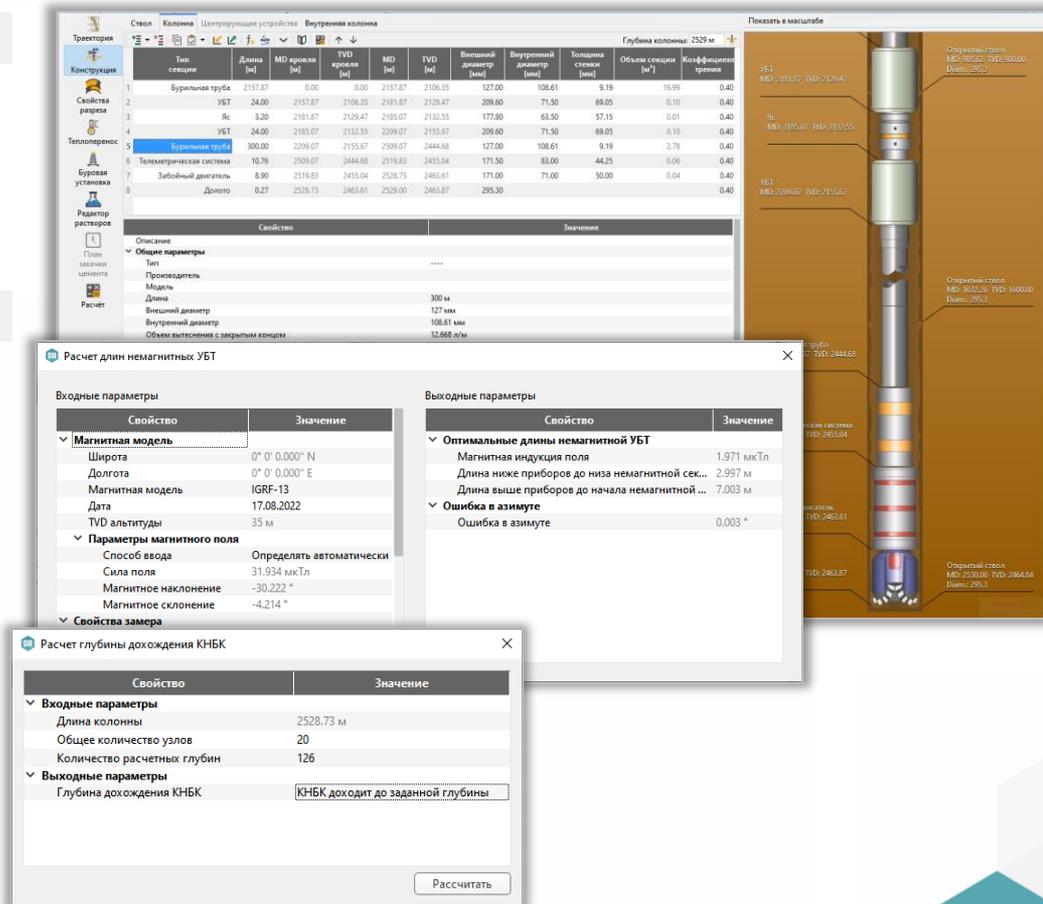
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА БУРЕНИЯ

Конструкция (ствол)

- Выбор обсадных колонн из БД оборудования
- Задание конфигурации ствола скважины
- Возможность импорта/экспорта конструкции в другие проекты

Бурильная колонна

- Выбор элементов КНБК из БД оборудования
- Возможность корректировки свойств элементов КНБК после выбора без использования каталога
- Возможность импорта/экспорта бурильной колонны в другие проекты
- Верификация ошибочно введенных данных
- Визуализация бурильной колонны
- Проведение промежуточных расчетов с бурильной колонной:
 - Расчет длин немагнитных УБТ
 - Расчет объема в рабочей колонне
 - Расчет дохождения КНБК



The screenshot displays the software interface for well construction modeling. It includes a data table for wellbore construction, a 3D visualization of the wellbore, and three calculation windows.

№	Тип скважины	Длина [м]	MD кровля [м]	MD [м]	TVD [м]	Внешний диаметр [мм]	Внутренний диаметр [мм]	Толщина стенок [мм]	Объем секции [м³]	Классификация трещины
1	Бурильная труба	2157.87	0.00	0.00	2157.87	2106.35	127.00	108.61	9.19	0.40
2	УБТ	24.00	2157.87	2106.35	2181.87	2129.47	208.60	71.50	68.05	0.10
3	Яс	3.20	2181.87	2129.47	2185.07	2132.55	177.80	63.50	57.15	0.01
4	УБТ	24.00	2185.07	2132.55	2209.07	2155.67	208.60	71.50	68.05	0.10
5	Бурильная труба	300.00	2209.07	2155.67	2509.07	2444.68	127.00	108.61	9.19	2.78
6	Телеметрическая система	10.76	2509.07	2444.68	2519.83	2455.04	171.50	83.00	44.25	0.06
7	Забойный двигатель	8.90	2519.83	2455.04	2528.73	2463.61	171.00	71.00	50.00	0.04
8	Даталог	0.27	2528.73	2463.61	2528.00	2463.87	295.30			0.40

Расчет длин немагнитных УБТ

Свойство	Значение
Магнитная модель	
Широта	0° 0' 0.000" N
Долгота	0° 0' 0.000" E
Магнитная модель	IGRF-13
Дата	17.08.2022
TVD альтитуды	35 м
Параметры магнитного поля	
Способ ввода	Определять автоматически
Сила поля	31.934 мкТл
Магнитное наклонение	-30.222 °
Магнитное склонение	-4.214 °
Свойства замера	
Выходные параметры	
Оптимальные длины немагнитной УБТ	
Магнитная индукция поля	1.971 мкТл
Длина ниже приборов до низа немагнитной сек...	2.997 м
Длина выше приборов до начала немагнитной ...	7.003 м
Ошибки в азимуте	
Ошибки в азимуте	0.003 °

Расчет глубины дохождения КНБК

Свойство	Значение
Входные параметры	
Длина колонны	2528.73 м
Общее количество узлов	20
Количество расчетных глубин	126
Выходные параметры	
Глубина дохождения КНБК	КНБК доходит до заданной глубины

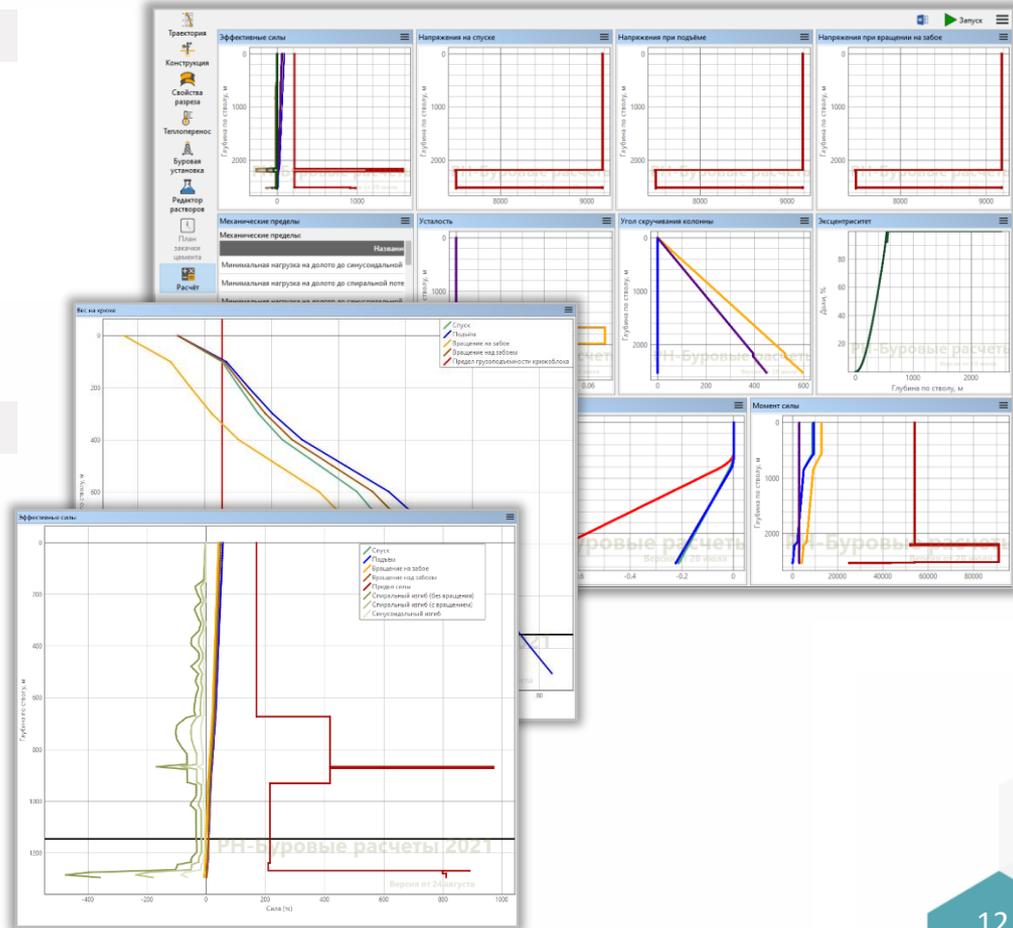
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА БУРЕНИЯ. РАСЧЕТ МЕХАНИКИ

Расчет механики

- Анализ моментов и натяжений
- Учет коррекции веса на крюке/индикатора веса
- Модель анализа колонны:
 - Учет вязкости момента и сопротивления
 - Учет коэффициента прочности на смятие
 - Учет использования модели жесткой колонны
- Сводка по натяжениям и моментам
- Отчет по результатам расчета

Графики расчета механики

- Эффективные силы
- Напряжение на спуске/ на подъеме
- Напряжение при вращении на забое, над забоем
- Напряжение при бурении слайдом
- Вес на крюке
- Момент силы
- Усталость
- Угол скручивания колонны
- Эксцентриситет
- Отклонение колонны
- Провисание КНБК
- Механические пределы (в таблице)



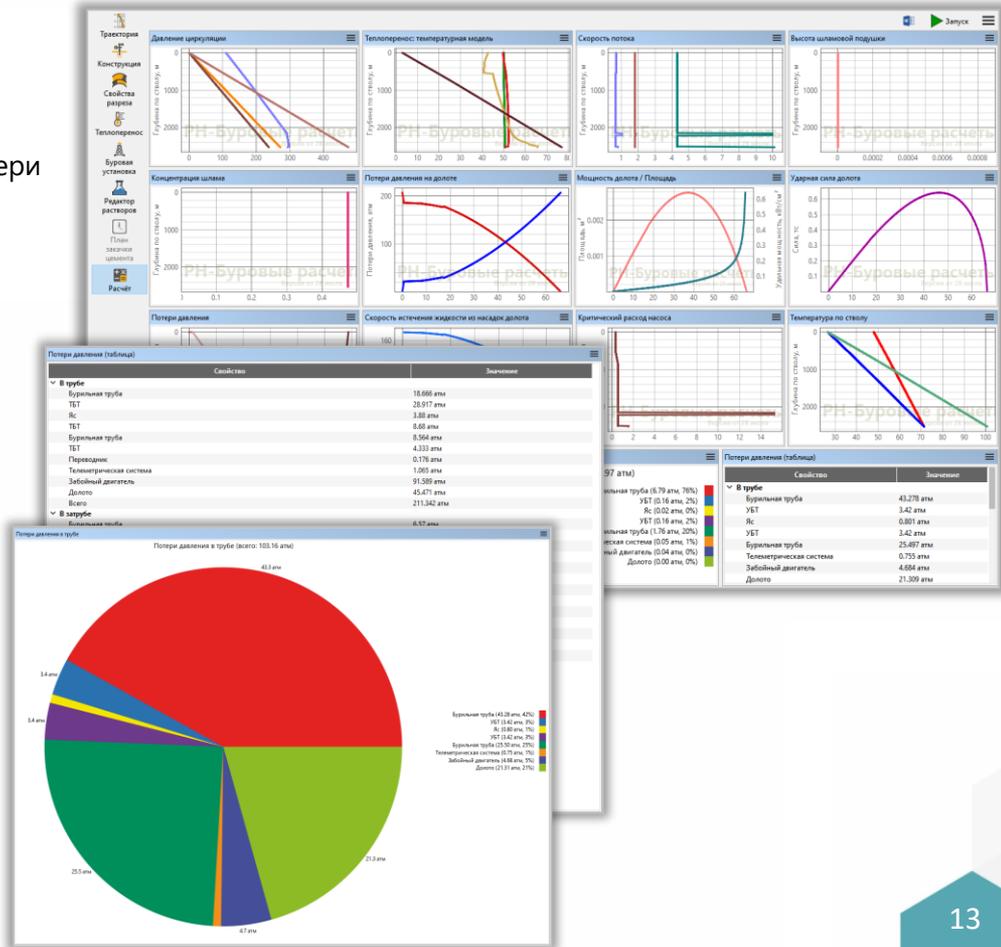
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА БУРЕНИЯ. РАСЧЕТ ГИДРАВЛИКИ

Расчет расхода и давления

- Учет вводимых данных шлама
- Учет расхода насоса
- Проектные ограничения (эксплуатация долота, потери давления долота)
- Теплоперенос (температурная модель)
- Сводка по гидравлике
- Отчет по результатам расчета

Графики расчета гидравлики

- Давление циркуляции
- Скорость потока
- ЭЦП
- Высота шламовой подушки
- Концентрация шлама
- Потери давления на долоте
- Мощность долота / Площадь
- Ударная сила долота
- Скорость истечения жидкости из насадок долота
- Критический расход насоса
- Температура по стволу
- Потери давления в трубе, в затрубе
- Потери давления (в таблице)



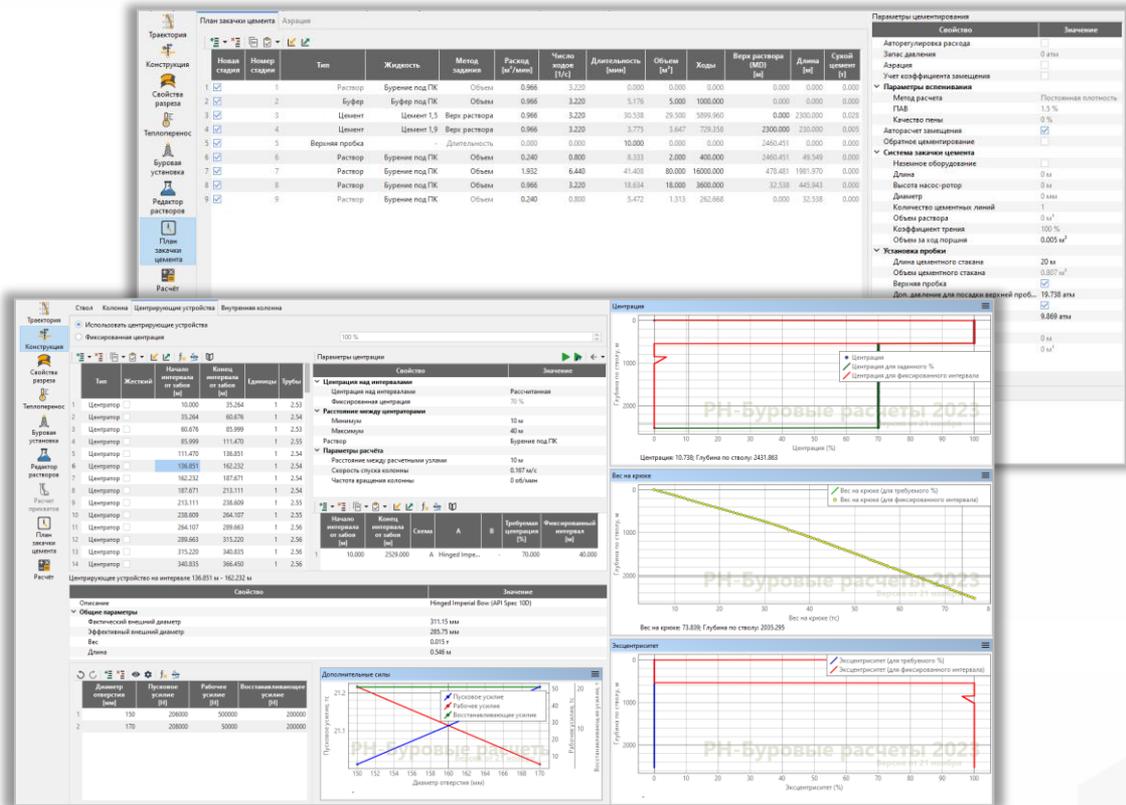
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЦЕМЕНТИРОВАНИЯ

Способы цементирования

- Прямое
- Обратное
- Комбинированное
- С использованием внутренней колонны

Параметры цементирования

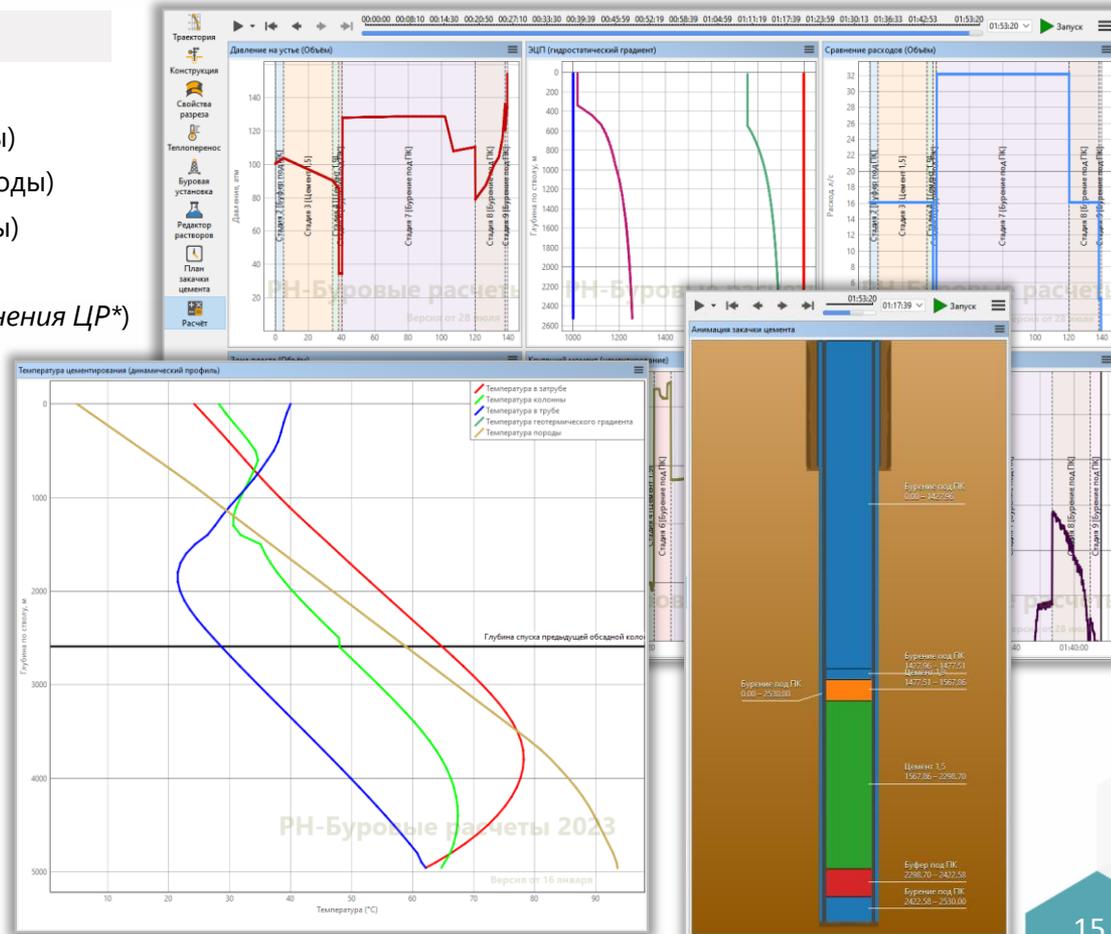
- План зачки цементирования
- Учет аэрации
- Учет коэффициента замещения
- Учет нижней разделительной пробки
- Учет центрации обсадной колонны
- Учет реологических моделей жидкостей:
 - Ньютонская
 - Шведова-Бингама
 - Степенная
 - Гершеля-Балкли
 - Обобщённая Гершеля-Балкли



МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЦЕМЕНТИРОВАНИЯ. РАСЧЕТЫ

Графики расчета цементирования

- Анимация закачки цемента
- Сравнение расходов (Объем, Время, Ходы)
- Давление в зоне пласта (Объем, Время, Ходы)
- Давление в зоне ГРП (Объем, Время, Ходы)
- Давление на устье (Объем, Время, Ходы)
- Коэффициент замещения (*Оценка вытеснения ЦР**)
- ЭЦП (гидростатический градиент)
- Эродированность
- Растяжение обсадной колонны
- Вес на крюке
- Крутящий момент
- Центрация
- Эксцентриситет
- Тепловыделение
- Температура цементирования
- Температура при затвердевании цемента



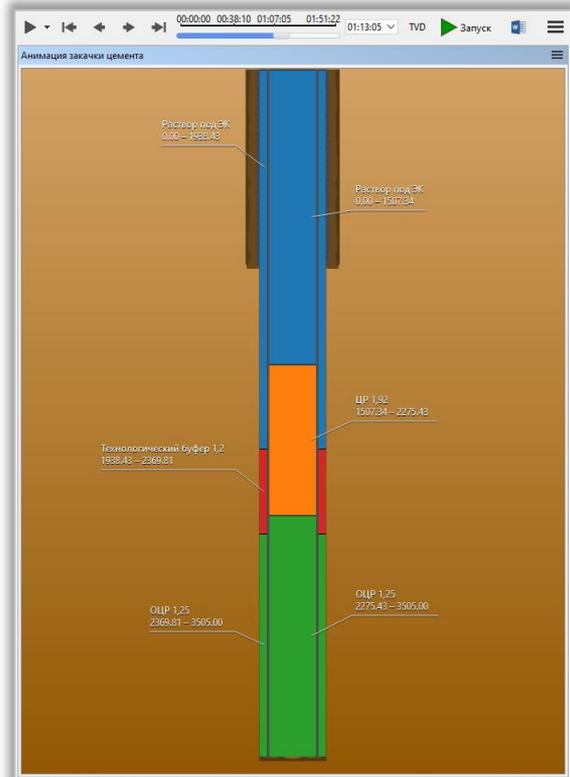
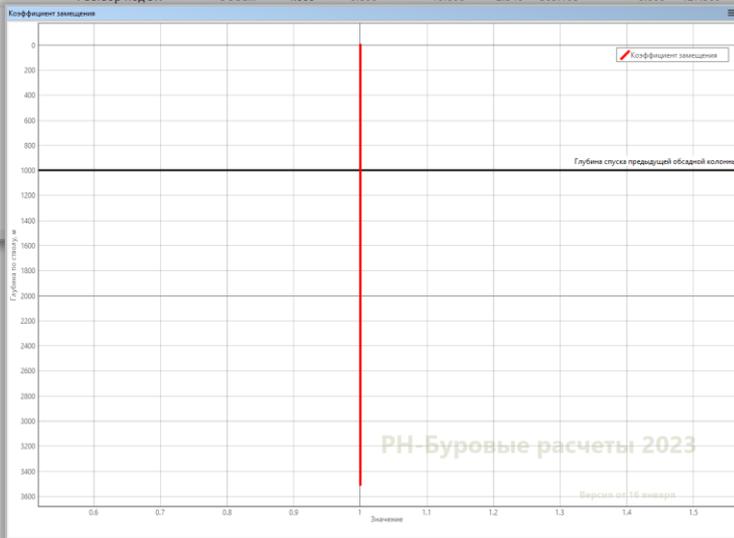
ЦР* - цементный раствор

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЦЕМЕНТИРОВАНИЯ. РАСЧЕТЫ

Расчет коэффициента замещения бурового раствора цементным

План закладки цемента Азрация

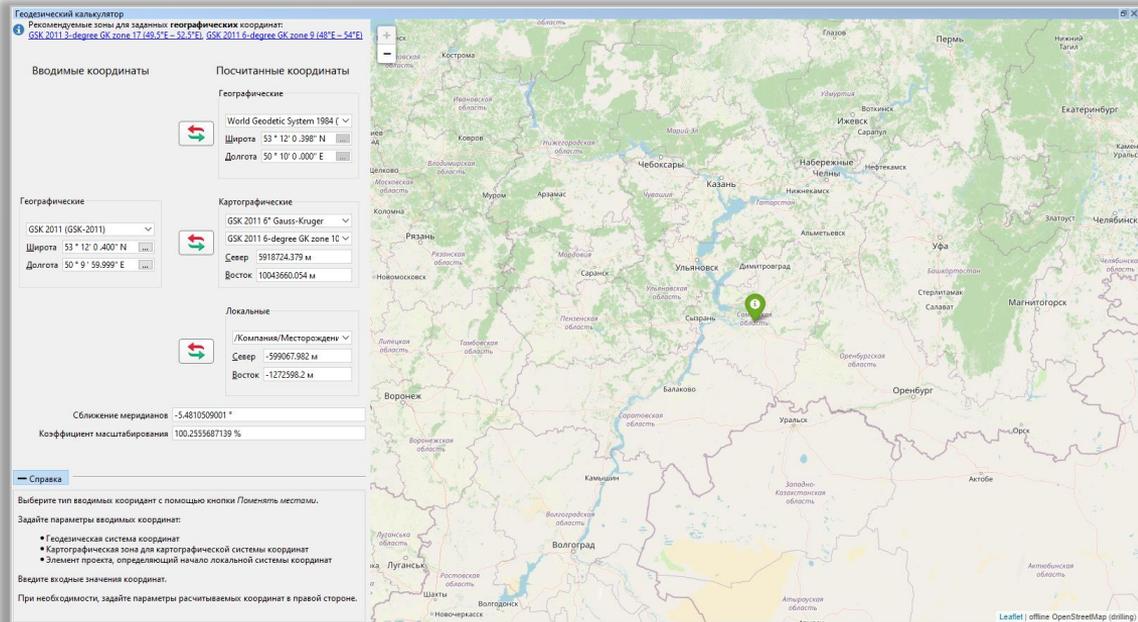
Новая стадия	Номер стадии	Тип	Жидкость	Метод задания	Расход [л/с]	Число ходов [1/с]	Длительность [мин]	Объем [м³]	Ходы	Верх раствора (MD) [м]	Длина [м]	Сухой цемент [т]
<input checked="" type="checkbox"/>	1	Раствор	Раствор под ЭК	Объем	20.000	4.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<input checked="" type="checkbox"/>	2	Буфер	Технологический буфер 1,2	Объем	20.000	4.000	6.667	8.000	1600.000	0.000	0.000	0.000
<input checked="" type="checkbox"/>	3	Цемент	ОЦР 1,25	Верх раствора	20.000	4.000	37.991	45.589	9117.769	0.000	2700.000	0.000
<input checked="" type="checkbox"/>	4	Цемент	ЦР 1,92	Верх раствора	20.000	4.000	12.773	15.328	3065.559	2700.000	805.000	0.000
<input checked="" type="checkbox"/>	5	Верхняя пробка	-	Объем	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1480.558	0.000	0.000
<input checked="" type="checkbox"/>	6	Раствор	Раствор под ЭК	Объем	32.000	6.400	20.833	40.000	8000.000	1480.558	2004.442	0.000
<input checked="" type="checkbox"/>	7	Раствор	Раствор под ЭК	Объем	20.000	4.000	22.500	27.000	5400.000	127.560	1352.998	0.000
<input checked="" type="checkbox"/>	8	Раствор	Раствор под ЭК	Объем	4.000	0.800	10.606	2.546	509.108	0.000	127.560	0.000



ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ КАЛЬКУЛЯТОРЫ

Геодезический калькулятор

- Задание координаты точки на земном шаре в локальных, географических и картографических координатах для пересчета в другие системы координат
- Учет проекционных систем координат:
 - ГСК 2011
 - МСК
 - СК-95
 - СК-42
 - WGS 84
- Автоматический расчет коэффициента масштабирования
- Автоматический расчет сближения меридианов
- Предложение оптимальных картографических зон, пересчет в которых внесет минимальные искажения



Геодезический калькулятор
 Рекомендуемые зоны для заданных географических координат:
 GSK 2011 3-degree GK zone 17 49°2'E - 50°2'E GSK 2011 6-degree GK zone 9 149°E - 54°E

Вводимые координаты

Географические

World Geodetic System 1984 (v)

Широта 53° 12' 0.400" N

Долгота 50° 10' 0.000" E

Посчитанные координаты

Географические

World Geodetic System 1984 (v)

Широта 53° 12' 0.400" N

Долгота 50° 10' 0.000" E

Картографические

GSK 2011 6° Gauss-Kruger

GSK 2011 6-degree GK zone 10

Север 5918724.379 м

Восток 10043660.054 м

Локальные

/Компания/Месторождение

Север -599067.982 м

Восток -1272598.2 м

Сближение меридианов -5.4810509001 "

Коэффициент масштабирования 100.2555687139 %

Справка

Выберите тип вводимых координат с помощью кнопки **Поменять местами**.

Задайте параметры вводимых координат:

- Геодезическая система координат
- Картографическая зона для картографической системы координат
- Элемент проекта, определяющий начало локальной системы координат

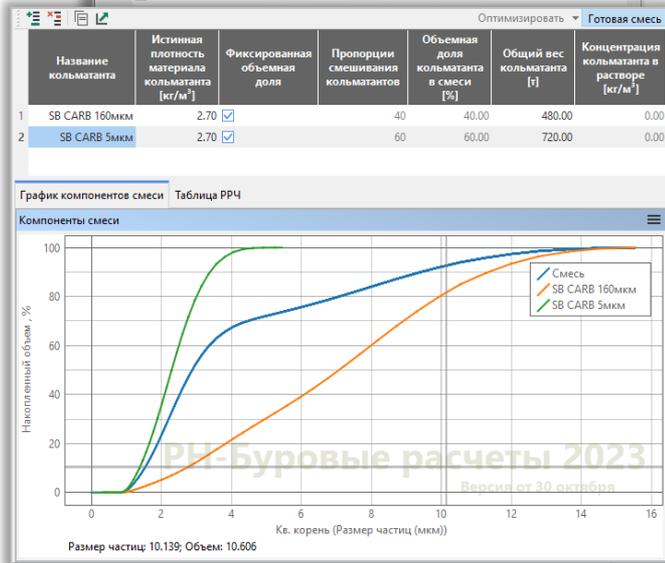
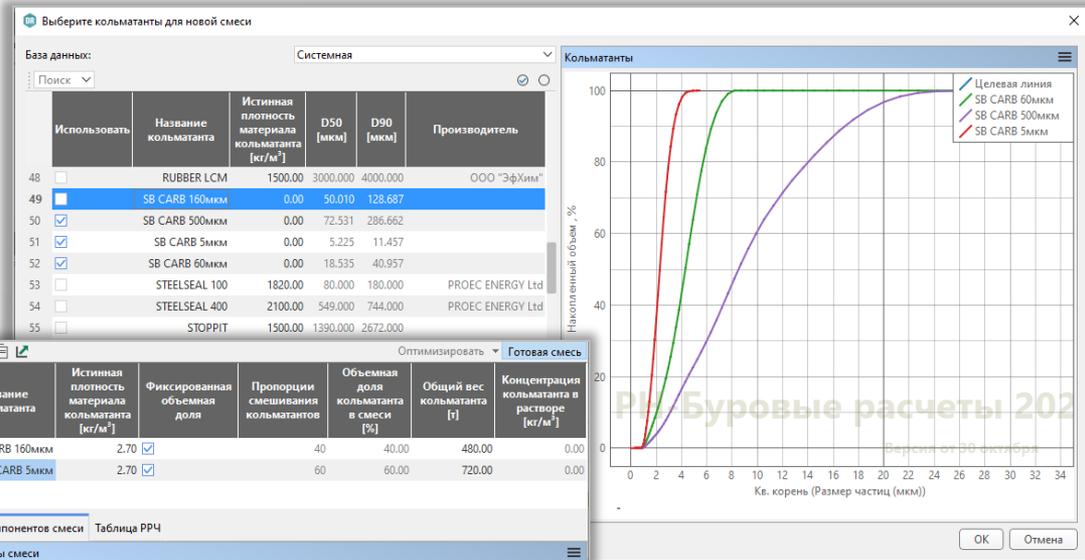
Введите входные значения координат.

При необходимости, задайте параметры рассчитываемых координат в правой стороне.

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ КАЛЬКУЛЯТОРЫ

Калькулятор коьматантов

- Выбор коьматантов из базы данных
- Редактирование состава смеси
- График распределения размеров частиц выбранных коьматантов
- Несколько способов построения целевой линии
- Расчет оптимальных концентраций компонентов для минимизации отклонений от целевой линии
- Выгрузка отчета



ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ КАЛЬКУЛЯТОРЫ

Буровые калькуляторы

- Жидкости:
 - Смешивание растворов (плотность смешанного раствора)
 - Увеличение плотности раствора (объем смешиваемого/сливаемого раствора)
 - Сжимаемость раствора (объем закачиваемого раствора)
- Гидравлика:
 - Мощность насоса (расход насоса/объема за ход поршня)
 - Затрубное пространство (объем в затрубном пространстве)
 - Труба (объем раствора в трубах и скорости движения)
- Тест герметичности (давление ГРП/градиент давления ГРП)
- Погонный вес (в воздухе/ в растворе)
- Длина каната для отрезки

Сжимаемость раствора	
Свойство	
▲ Входные параметры	
Тестовое давление	30 МПа
Объем ствола скважины	15 м ³
Буровой раствор	На основе нефти
▲ Выходные параметры	
Закачать объем раствора	0.297 м ³

Смешивание растворов	
Свойство	
▲ Входные параметры	
Объем раствора 1	1 м ³
Плотность раствора 1	1000 кг/м ³
Объем раствора 2	0.5 м ³
Плотность раствора 2	1100 кг/м ³
▲ Выходные параметры	
Плотность смешанного раствора	1033.333 кг/м ³
Общий объем	1.5 м ³

Разбавление/Увеличение плотности раствора	
Свойство	
▲ Входные параметры	
Начальный объем	1 м ³
Начальная плотность	1030 кг/м ³
Необходимая плотность	1050 кг/м ³
Смешиваемый раствор	1200 кг/м ³
Оставить начальный объем	<input checked="" type="checkbox"/>
▲ Выходные параметры	
Объем смешиваемого раствора	0.118 м ³
Общий объем	1 м ³
Объем сливаемого раствора	0.118 м ³

Мощность насоса	
Свойство	
▲ Входные параметры	
Количество цилиндров	3
Объемная эффективность	0.8
Скорость вращения	1 ход/с
Диаметр втулки	76 мм
Диаметр поршня	70 мм
Диаметр штока	<input checked="" type="checkbox"/>
Диаметр вала	12 мм
▲ Выходные параметры	
Мощность насоса	82.997 л/мин
Объем за ход поршня	1.383 л/ход

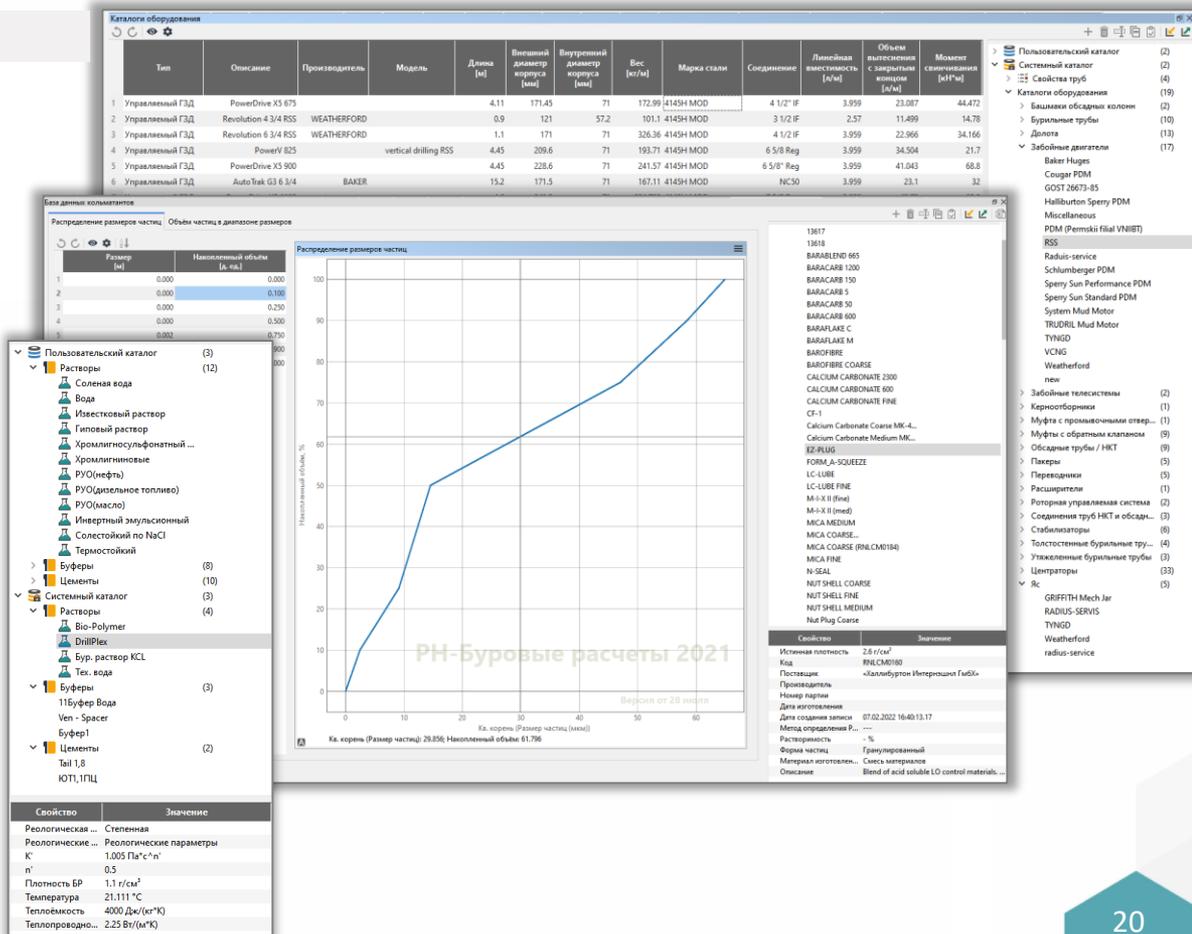
Длина каната для отрезки	
Свойство	
▲ Входные параметры	
Высота вышки	< 20.4 м
Диаметр барабана	0.2794 м
▲ Выходные параметры	
Количество витков	12.5
Длина для отрезки	10.972 м

Погонный вес	
Свойство	
▲ Входные параметры	
Внутренний диаметр	100 мм
Внешний диаметр	150 мм
Длина	1500 м
Плотность раствора	1030 кг/м ³
Материал	Сталь
▲ Выходные параметры	
Погонный вес в воздухе	115.601 т
Погонный вес в растворе	77.067 кг/м
Общий погонный вес	100.433 т

БАЗА ДАННЫХ БУРОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ, РАСТВОРОВ, КОЛЬМАТАНТОВ

Основные возможности

- Наиболее используемые виды оборудования
- Наполнение базы данных оборудования
- Каталог бурового оборудования
- Данные по материалам, маркам стали, классам износа и влиянию температур
- Возможность импорта оборудования из файла во внутреннем формате
- Возможность управлять базой данных (добавлять, редактировать, удалять)



The screenshot displays the 'Каталог оборудования' (Equipment Catalog) window with a table of equipment parameters:

Тип	Описание	Производитель	Модель	Длина [м]	Внешний диаметр корпуса [мм]	Внутренний диаметр корпуса [мм]	Вес [кг/м]	Марка стали	Соединение	Линейная вязкость [л/м³]	Объем пластичности с закрытым концом [л/м]	Момент сдвиговой [л/м²]
1	Управленный ГЗД	PowerDrive X5 675		4.11	171.45	71	172.99	414SH MOD	4 1/2" IF	3.959	23.087	44.472
2	Управленный ГЗД	Revolution 4 3/4 RSS	WEATHERFORD	0.9	121	57.2	101.14	414SH MOD	3 1/2 IF	2.57	11.499	14.78
3	Управленный ГЗД	Revolution 6 3/4 RSS	WEATHERFORD	1.1	171	71	336.36	414SH MOD	4 1/2 IF	3.959	22.966	34.166
4	Управленный ГЗД	PowerV E25		4.45	209.6	71	193.71	414SH MOD	6 5/8 Reg	3.959	34.504	21.7
5	Управленный ГЗД	PowerDrive X5 900		4.45	228.6	71	241.57	414SH MOD	6 5/8" Reg	3.959	41.043	68.8
6	Управленный ГЗД	AutoTask G3 6 3/4	BAKER	15.2	171.5	71	167.11	414SH MOD	NC30	3.959	23.1	32.2

The 'База данных: кольматанты' (Drilling Fluid Database) window shows a table of material properties:

Размер [м]	Насосный объем [л/м³]
1	0.000
2	0.100
3	0.250
4	0.500
5	0.700

The 'Распределение размеров частиц' (Particle Size Distribution) window displays a graph of relative volume percentage versus particle size (micrometers). The curve shows a bimodal distribution with peaks around 10-15 micrometers and 50-60 micrometers.

The 'База данных: свойства' (Drilling Fluid Properties) window shows a table of material properties:

Свойство	Значение
Рheological ...	Степенная
Рheological ...	Рheological parameters
K'	1.005 Pa·s ⁿ ·m
n'	0.5
Плотность БР	1.1 г/см³
Температура	21.111 °C
Теплоемкость	4000 Дж/(кг·K)
Теплопроводн...	2.23 Вт/(м·K)

The 'PH-Буровые расчеты 2021' (PH-Drilling Calculations 2021) window shows a graph of relative volume percentage versus particle size (micrometers). The curve shows a bimodal distribution with peaks around 10-15 micrometers and 50-60 micrometers.

The 'Свойство' (Property) window shows a table of material properties:

Свойство	Значение
Исходная плотность	2.0 г/см³
Код	RNLCM160
Поставщик	«Халлибуртон Интернационал ГмбХ»
Производитель	Номер партии
Дата изготовления	07.02.2002 16:40:13.17
Метод сортировки R	---
Растворимость	- %
Фирма частиц	Грундрезервий
Материал изготовления	Смесь материалов
Описание	Blend of acid soluble LD control materials...



БУРОВЫЕ РАСЧЕТЫ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ
И СТРОИТЕЛЬСТВО СКВАЖИН

По вопросам тестирования и приобретения

commersoft@bnipi.rosneft.ru



<https://rn.digital/rndrillcalc/>

Правообладатель: ПАО «НК «Роснефть»
Разработчик: ООО «РН-БашНИПИнефть»
soft@bnipi.rosneft.ru