

# РН-БУРОВЫЕ РАСЧЕТЫ

ОБЗОР ВОЗМОЖНОСТЕЙ  
И ПЛАНЫ РАЗВИТИЯ

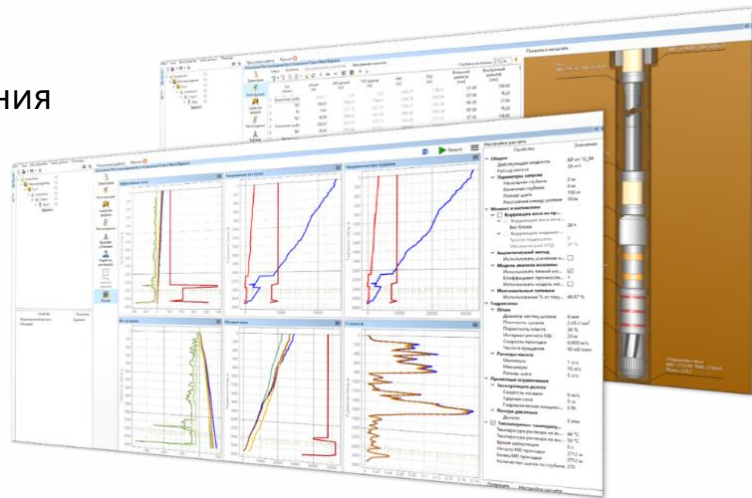
# НАУКОЕМКОЕ ИНЖЕНЕРНОЕ ПО

## Описание

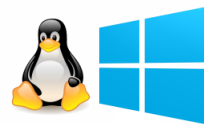
РН-БУРОВЫЕ РАСЧЕТЫ – программный комплекс для инженерных расчетов и математического моделирования технологических процессов при решении задач проектирования и строительства скважин

## 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

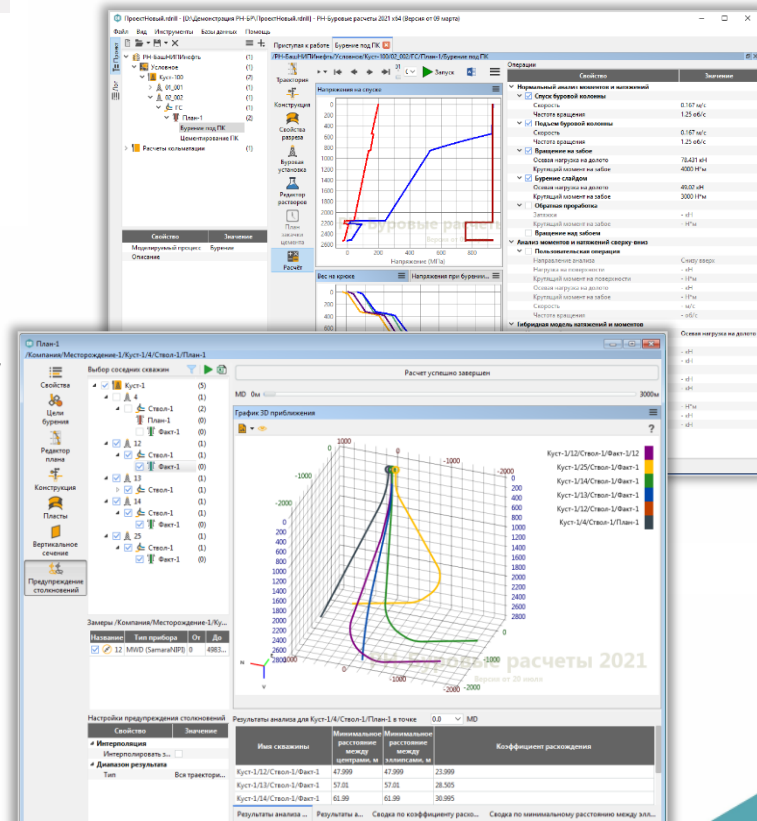
# ДОРОЖНАЯ КАРТА РАЗВИТИЯ



# ФУНКЦИОНАЛ ВЕРСИИ 1.0

## Основные инструменты для проектирования и строительства скважин

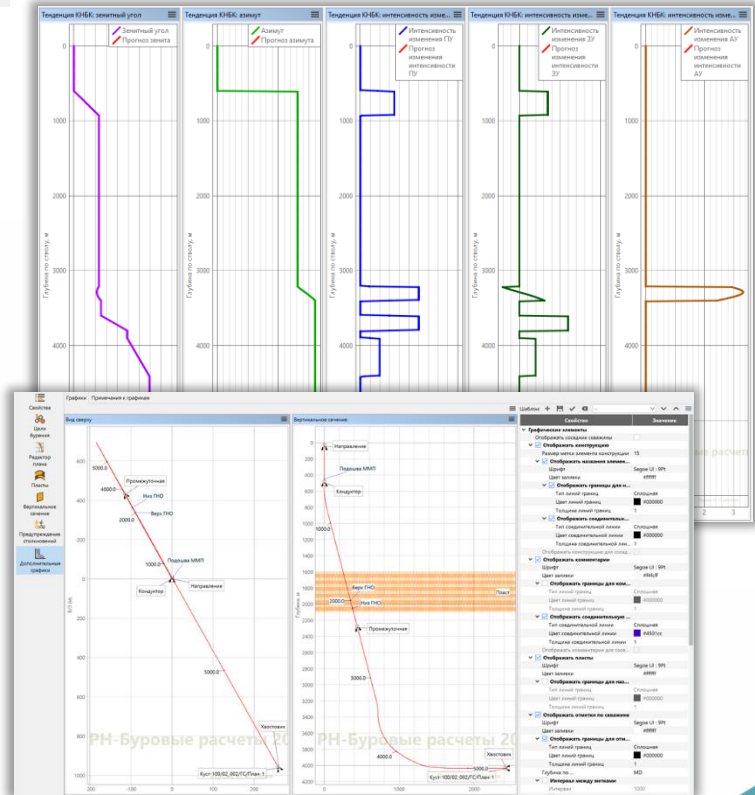
- Проектирование профиля скважины (расчет траектории ствола скважины, анализ рисков пересечений)
- Расчет напряжений и моментов
- Гидравлические расчеты
- Расчета цементирования
- Расчет составов кольматационных смесей
- Базы данных бурового оборудования, приборов измерения, буровых растворов и кольматантов
- 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

- Расширенный функционал модуля расчета напряжений и моментов, модель жесткой струны
- Прогнозирование прихвата / расчет расхаживания
- Расчет тенденции, вибрации компоновки низа бурильной колонны (КНБК)
- Распределение температуры бурового и тампонажного растворов по стволу скважины в статических и динамических условиях
- Расчет активации бурильного ясса и дохождение импульса удара бурильного ясса до долота
- Влияние вращения обсадной колонны на ее прочностные характеристики
- Свабирование и поршневание при движении бурильной колонны, обсадной колонны, в том числе при цементировании
- Возможность заполнения шаблонного отчета расчётными данными



# 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



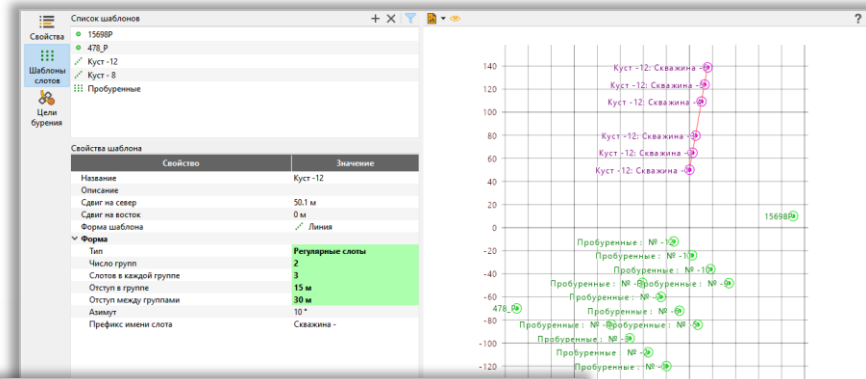
**БУРОВЫЕ РАСЧЕТЫ**

ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
И СТРОИТЕЛЬСТВО СКВАЖИН

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИЙ СКВАЖИНЫ

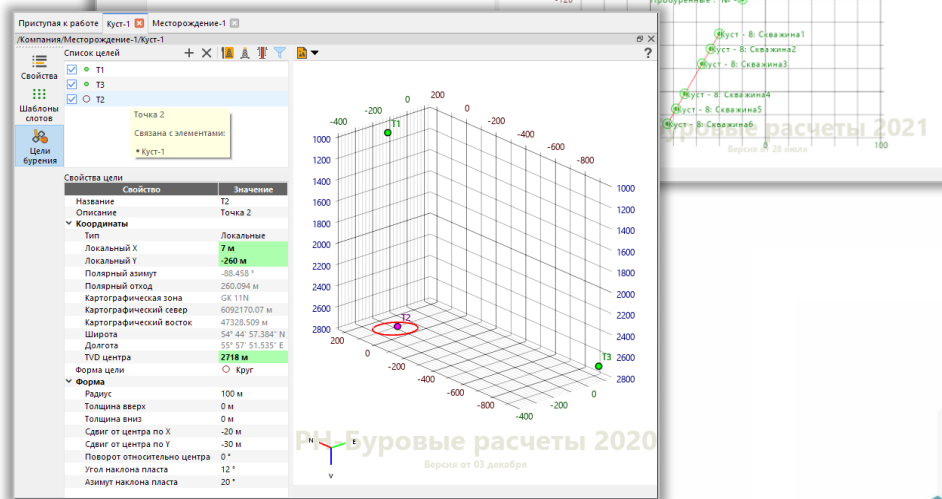
## Редактор слотов скважин

- 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

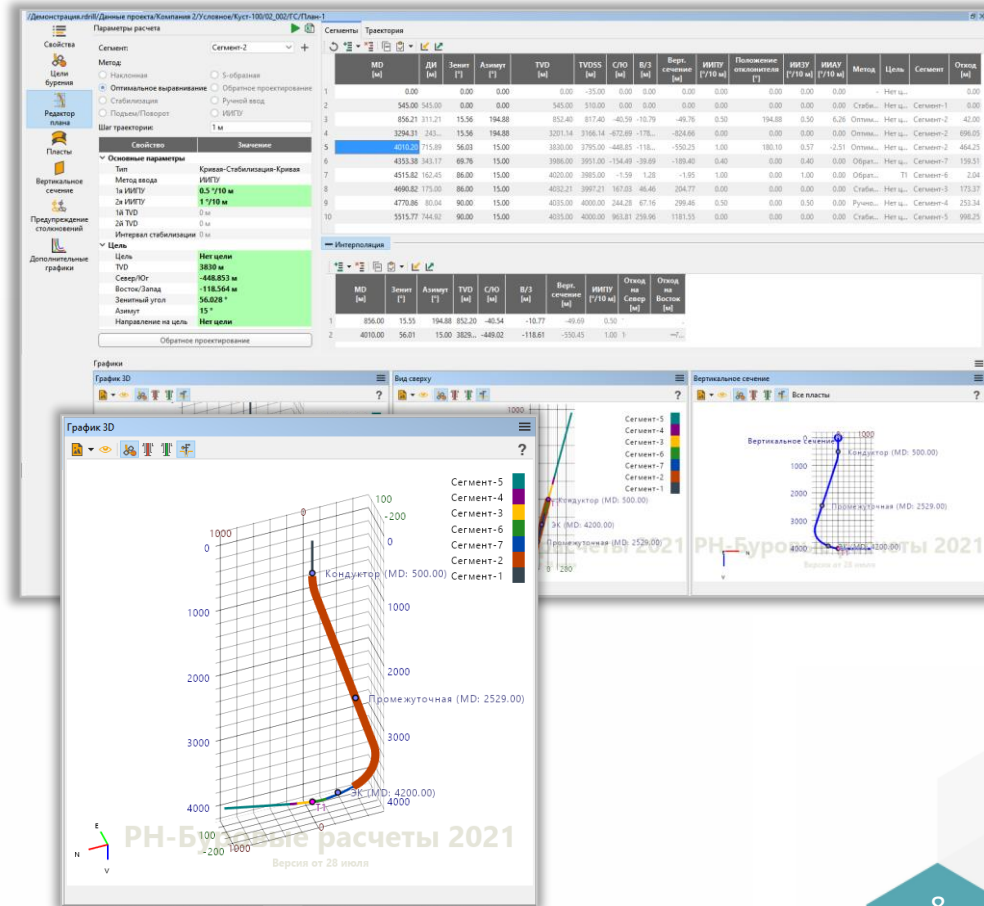
## 41 способ построения траекторий в 8 методах

- **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





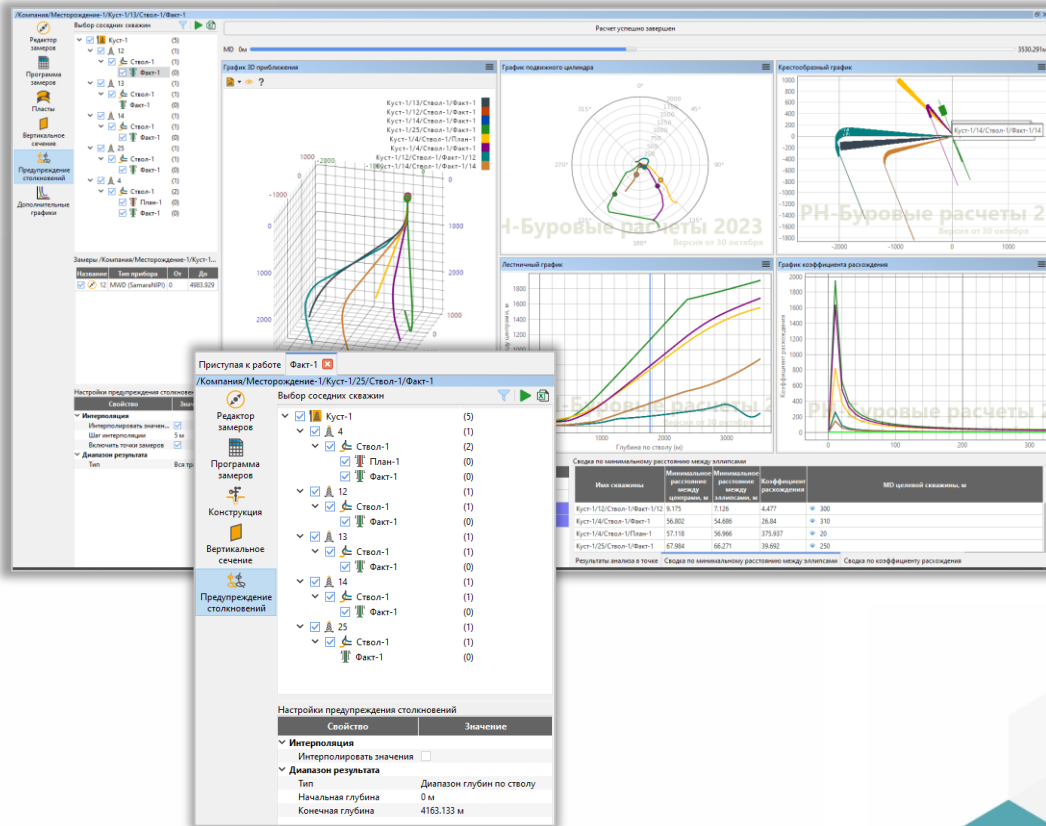
# ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ СТОЛКНОВЕНИЙ СТВОЛОВ СКВАЖИН

## 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



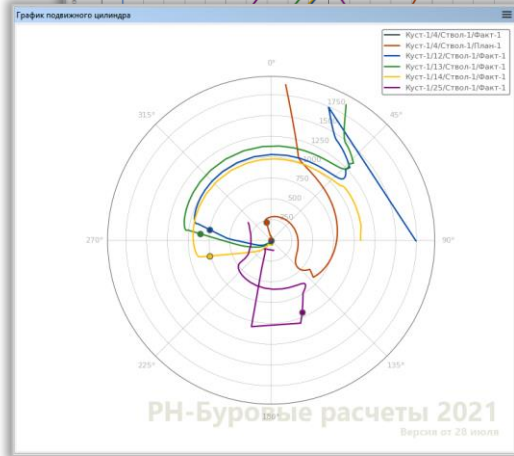
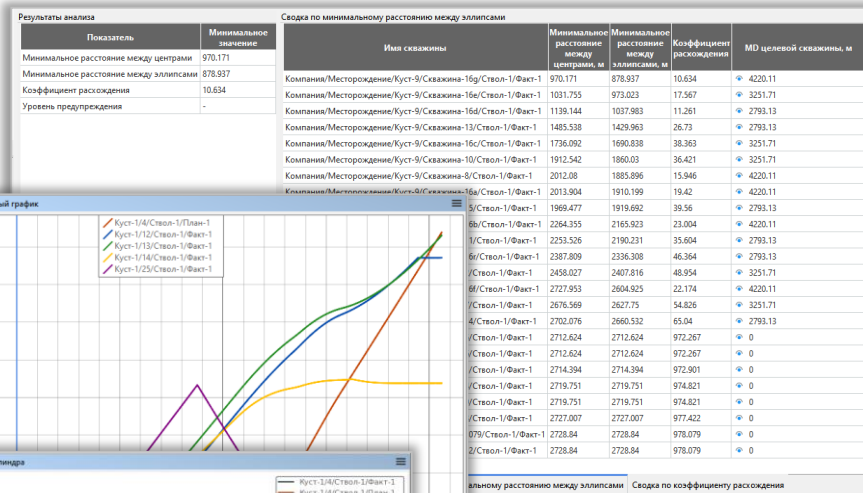
# ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ СТОЛКНОВЕНИЙ СТВОЛОВ СКВАЖИН

## 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



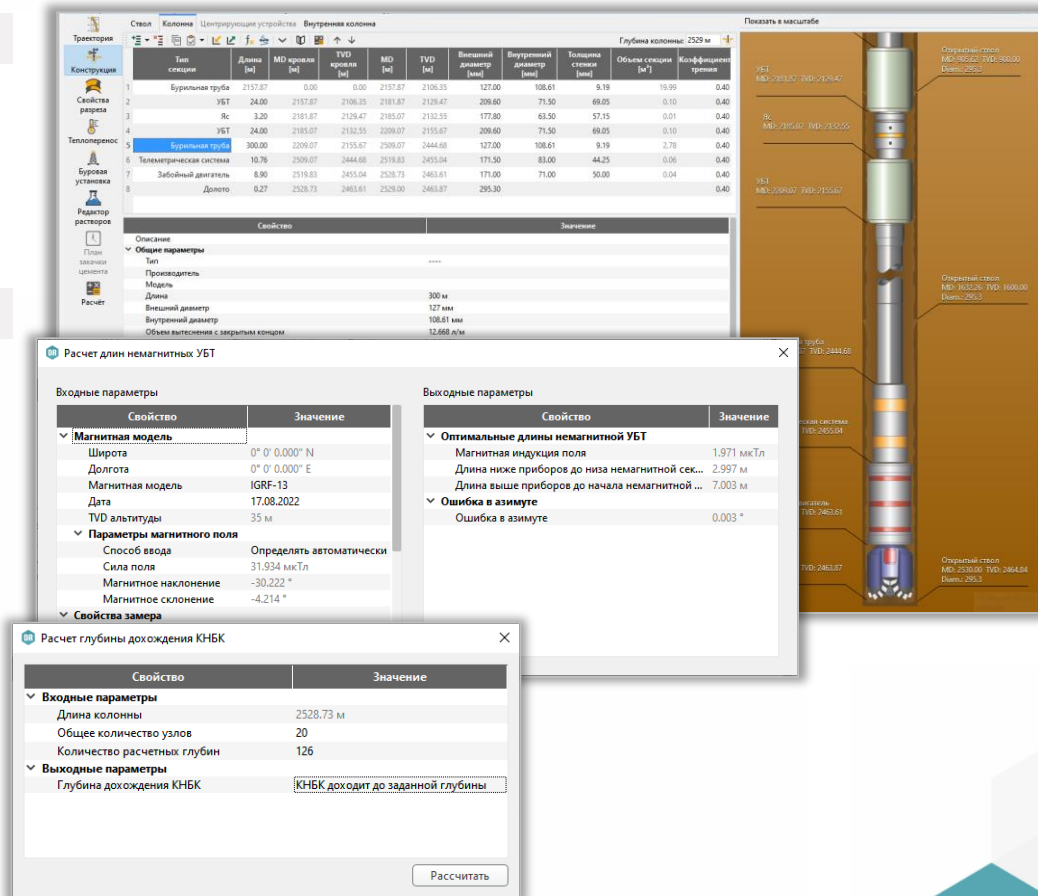
# МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА БУРЕНИЯ

## 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 simulation. It includes a main data table, a 3D visualization of the wellbore, and several calculation windows.

№	Тип скважины	Длина [м]	MD кривая [м]	MD кривая [м]	TVD [м]	TVD [м]	Внешний диаметр [мм]	Внутренний диаметр [мм]	Толщина стенки [мм]	Глубина колонны: 2528 м	Объем секции [м³]	Классификация трещины
1	Бурильная труба	2157.87	0.00	0.00	2157.87	2156.35	127.00	108.61	9.19		33.99	0.40
2	УБТ	24.00	2157.87	2156.35	2181.87	2129.47	208.60	71.50	66.05		0.10	0.40
3	Яс	3.20	2181.87	2129.47	2185.07	2132.55	177.80	63.50	57.15		0.01	0.40
4	УБТ	24.00	2185.07	2132.55	2209.07	2155.67	208.60	71.50	66.05		0.10	0.40
5	Бурильная труба	300.00	2209.07	2155.67	2509.07	2444.68	127.00	108.61	9.19		2.78	0.40
6	Телеметрическая система	10.76	2509.07	2444.68	2519.83	2455.04	171.50	83.00	44.25		0.06	0.40
7	Забойный двигатель	8.90	2519.83	2455.04	2528.73	2463.61	171.00	71.00	50.00		0.04	0.40
8	Дрифт	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

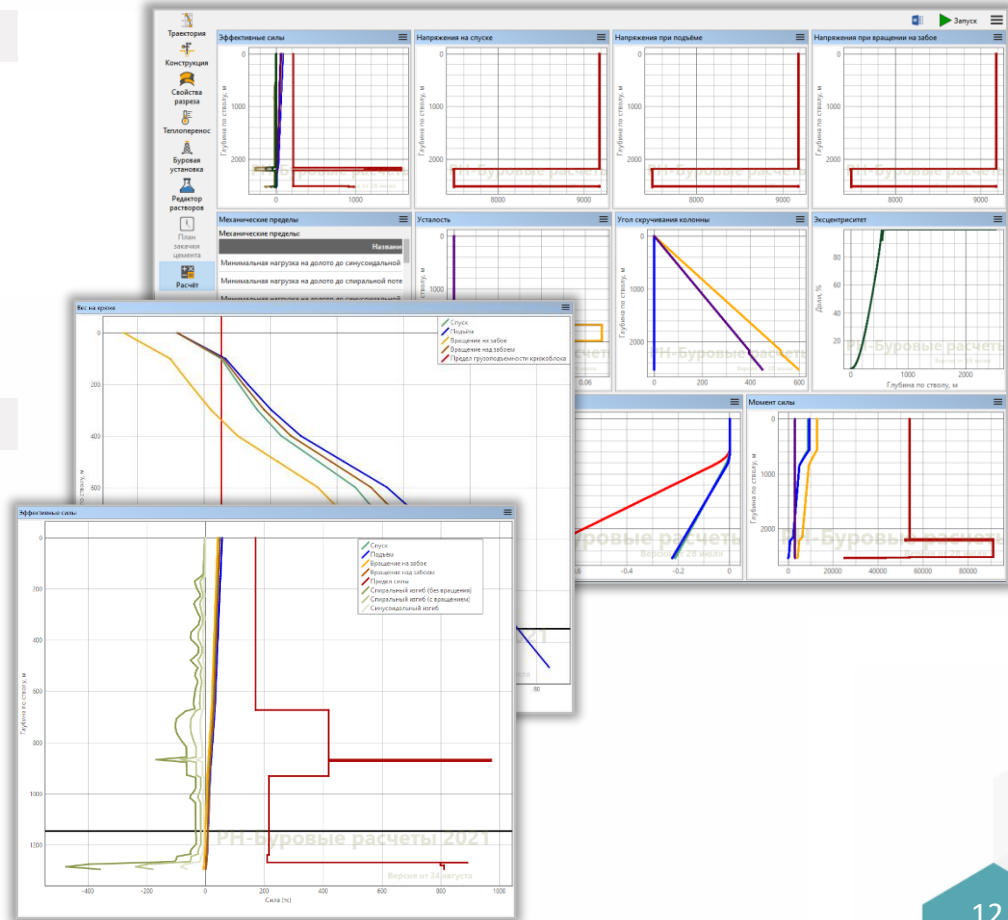
# МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА БУРЕНИЯ. РАСЧЕТ МЕХАНИКИ

## 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)



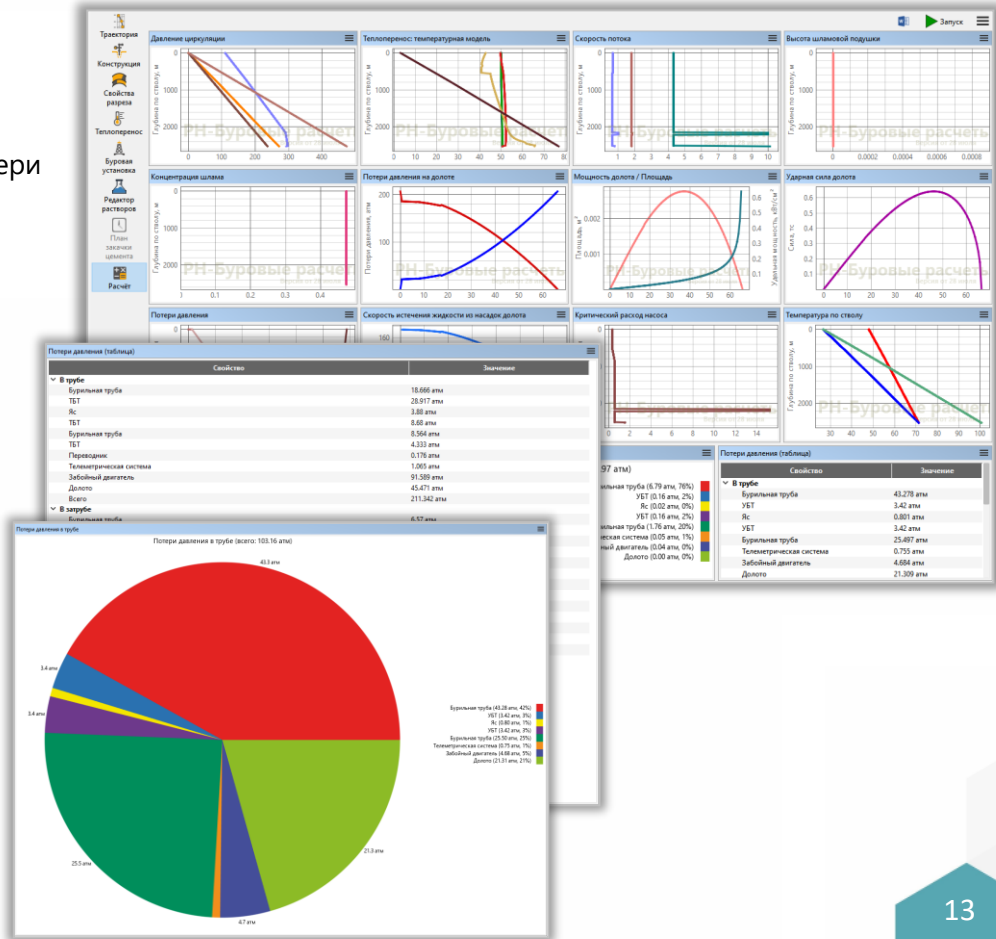
# МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА БУРЕНИЯ. РАСЧЕТ ГИДРАВЛИКИ

## 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)



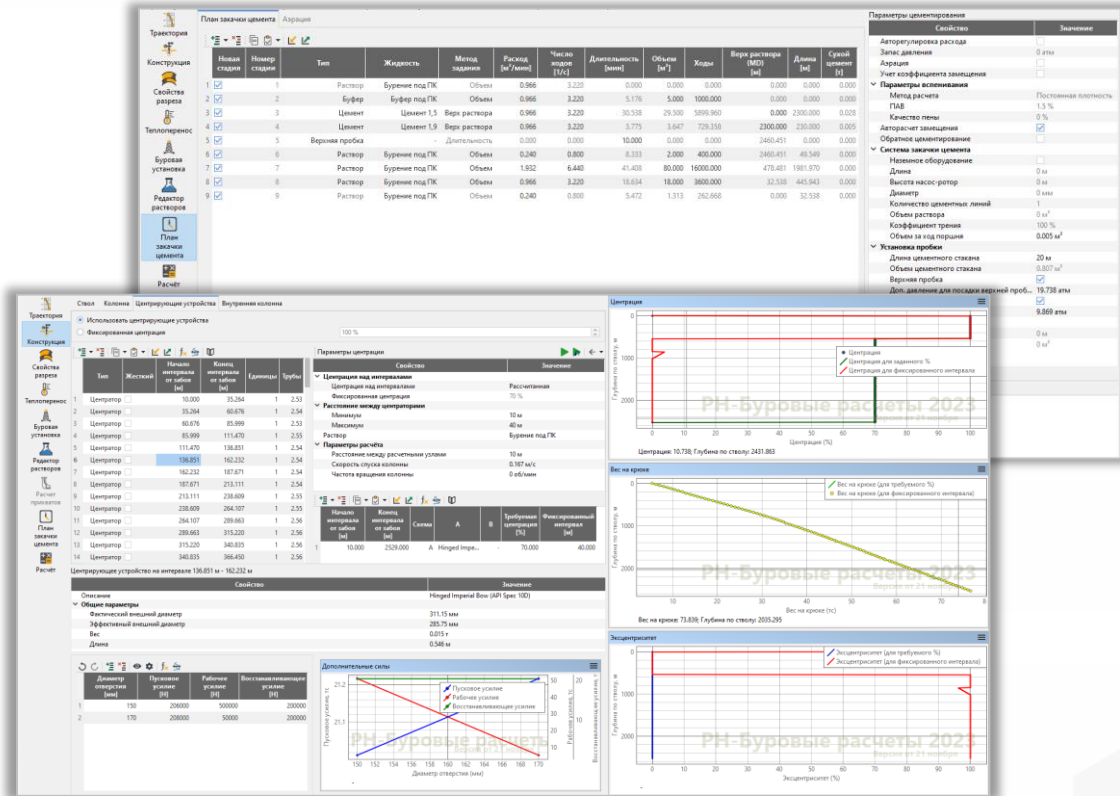
# МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЦЕМЕНТИРОВАНИЯ

## Способы цементирования

- Прямое
- Обратное
- Комбинированное
- С использованием внутренней колонны

## Параметры цементирования

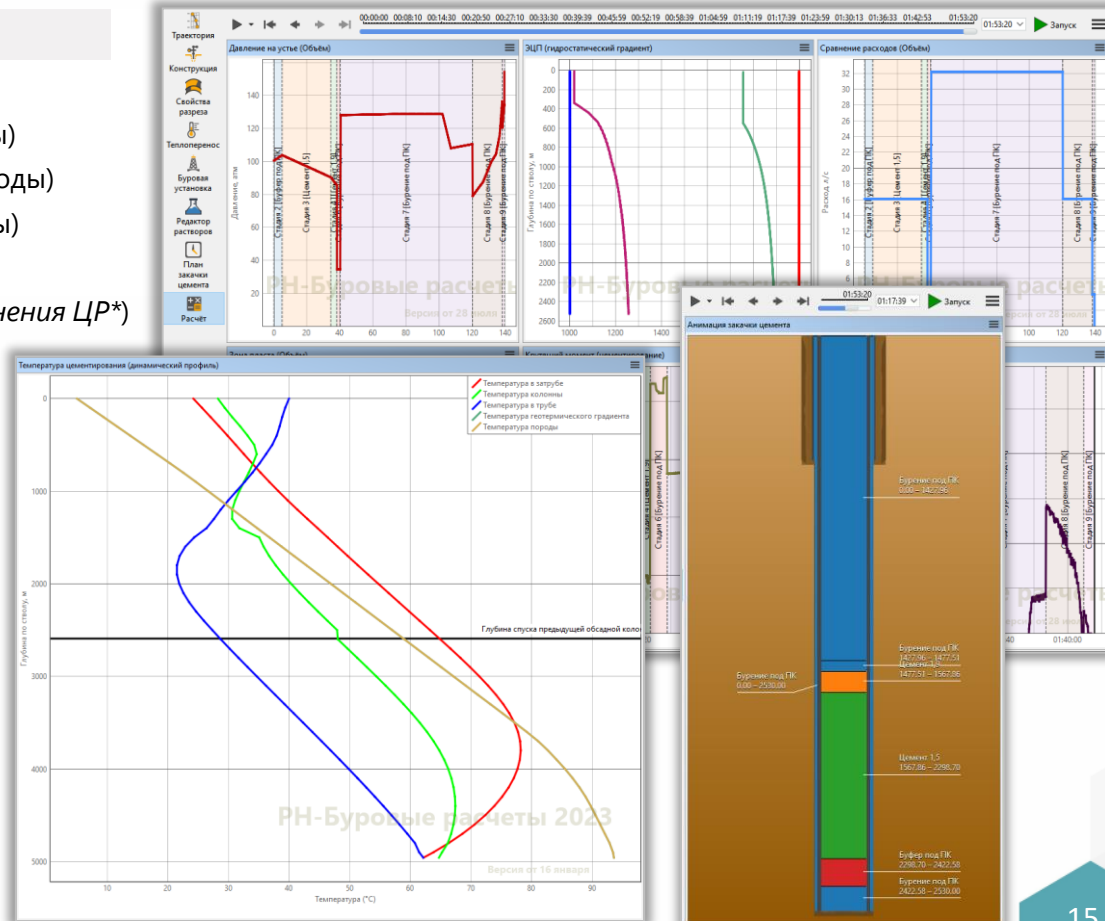
- План зачки цементирования
- Учет аэрации
- Учет коэффициента замещения
- Учет нижней разделительной пробки
- Учет центрации обсадной колонны
- Учет реологических моделей жидкостей:
  - Ньютонская
  - Шведова-Бингама
  - Степенная
  - Гершеля-Балкли
  - Обобщённая Гершеля-Балкли



# 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

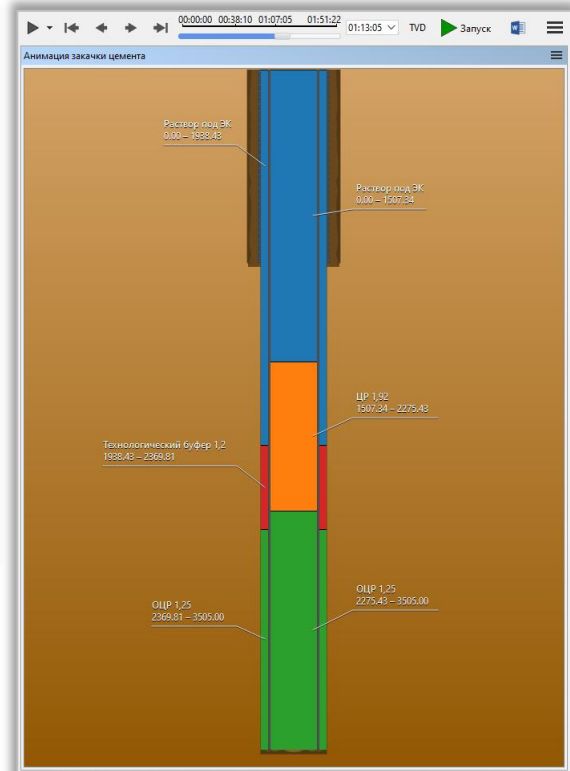
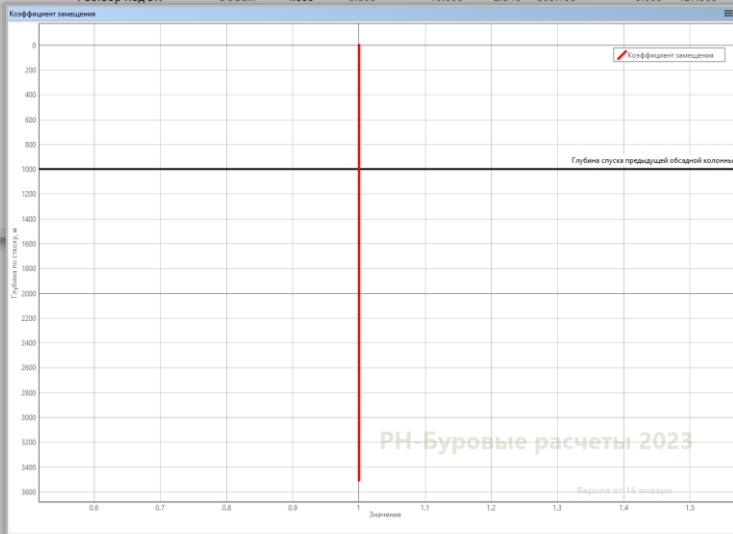


# МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЦЕМЕНТИРОВАНИЯ. РАСЧЕТЫ

## 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

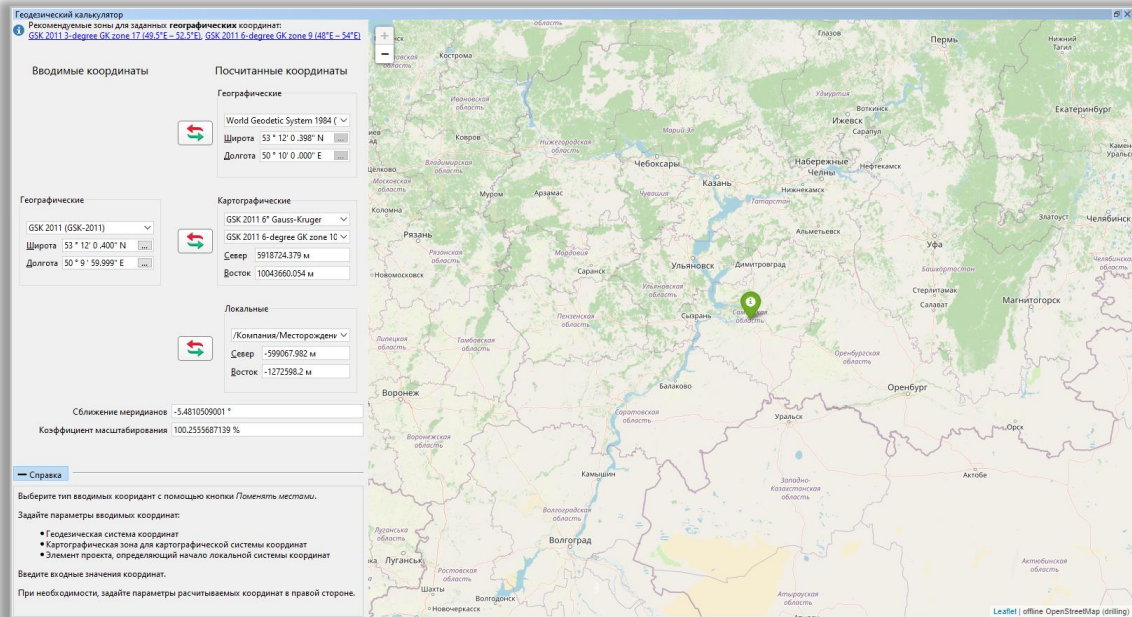




# ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ КАЛЬКУЛЯТОРЫ

## 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**

GSK 2011 6° Gauss-Kruger (v)  
 GSK 2011 6-degree GK zone 10 (v)  
 Север 5918724.379 м  
 Восток 10043660.054 м

**Картографические**

GSK 2011 6° Gauss-Kruger (v)  
 GSK 2011 6-degree GK zone 10 (v)  
 Север 5918724.379 м  
 Восток 10043660.054 м

**Локальные**

/Компания/Месторождение (v)  
 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:

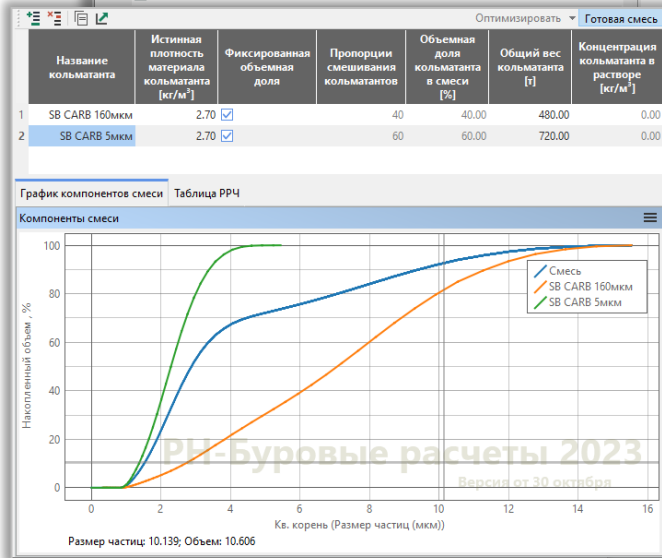
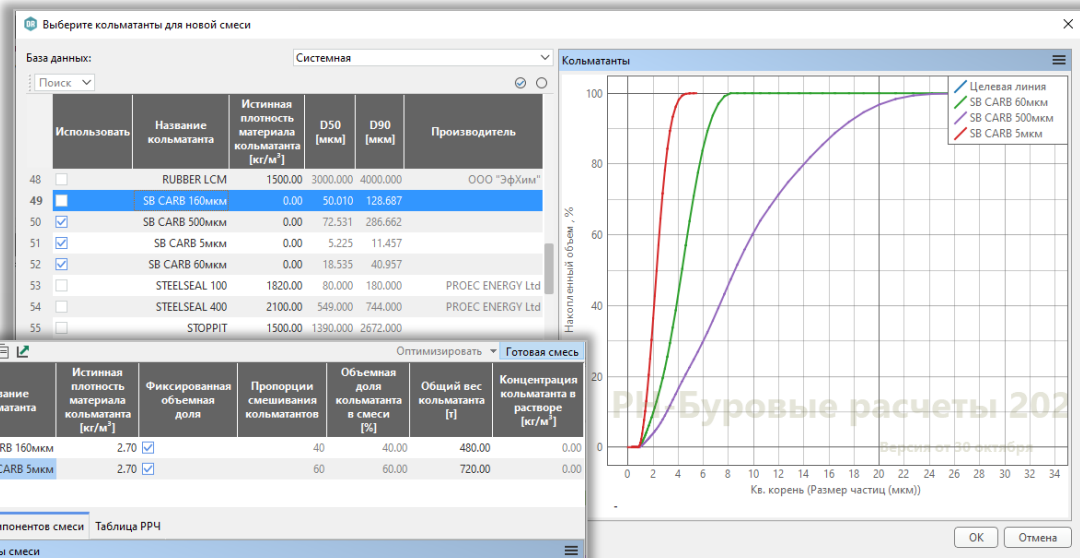
- Геодезическая система координат
- Картографическая зона для картографической системы координат
- Элемент проекта, определяющий начало локальной системы координат

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	
▲ <b>Входные параметры</b>	
Тестовое давление	30 МПа
Объем ствола скважины	15 м <sup>3</sup>
Буровой раствор	На основе нефти
▲ <b>Выходные параметры</b>	
Закачать объем раствора	0.297 м <sup>3</sup>

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

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

Мощность насоса	
Свойство	
▲ <b>Входные параметры</b>	
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
▲ <b>Выходные параметры</b>	
Расход насоса	82.997 л/мин
Длина для отрезки	1.383 л/ход

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

Погонный вес	
Свойство	
▲ <b>Входные параметры</b>	
Внутренний диаметр	100 мм
Внешний диаметр	150 мм
Длина	1500 м
Плотность раствора	1030 кг/м <sup>3</sup>
Материал	Сталь
▲ <b>Выходные параметры</b>	
Вес в воздухе	115.601 т
Общий вес	77.067 кг/м
Вес в растворе	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 a software interface for managing drilling equipment and fluid data. It includes several windows:

- Каталог оборудования (Equipment Catalog):** A table listing various drilling tools with columns for Type, Description, Manufacturer, Model, Length, Outer Diameter, Inner Diameter, Weight, Steel Grade, Connection, Liquid Viscosity, Volume, and Moment of Inertia.
- База данных: кольматанты (Drill Cuttings Database):** A window for managing cuttings data, including a table of sizes and volumes, and a graph showing the distribution of cuttings sizes.
- Распределение размеров частиц (Particle Size Distribution):** A graph plotting relative volume percentage against particle size (micrometers).
- Свойства (Properties):** A detailed view of a material's properties, including rheological parameters like flow curve, yield stress, and density.
- Системный каталог (System Catalog):** A tree view showing a hierarchy of materials and equipment types.

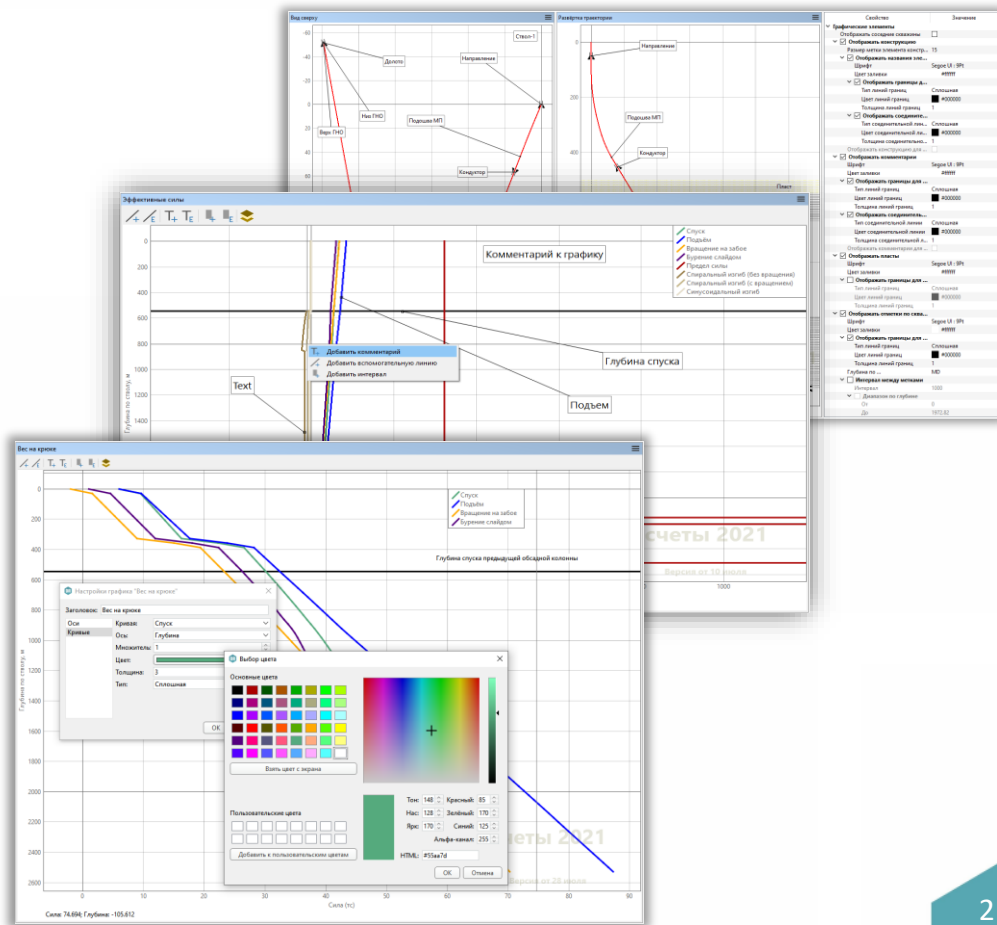
PH-Буровые расчеты 2021

Свойство	Значение
Рheological... ..	Степенная
Рheological... ..	Рheological parameters
K'	1.005 Pa·s <sup>1/n</sup>
n'	0.5
Плотность БР	1.1 г/см <sup>3</sup>
Температура	21.111 °C
Теплоемкость	4000 Дж/(кг·K)
Теплопроводн...	2.23 Вт/(м·K)

# ИНДИВИДУАЛЬНАЯ НАСТРОЙКА ГРАФИКОВ

## Пользовательские настройки

- Добавление примечаний и комментариев на графиках с траекториями скважин:
  - Отображение конструкции
  - Примечания к траектории ствола
  - Отображение пластов
  - Отображение отметок по вертикали и по стволу
- Отображение пластов, добавление текстовых комментариев, линий и интервалов для внесения пользовательской информации на графиках результатов расчета





# БУРОВЫЕ РАСЧЕТЫ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
И СТРОИТЕЛЬСТВО СКВАЖИН

**По вопросам тестирования и приобретения**

[commersoft@bnipi.rosneft.ru](mailto:commersoft@bnipi.rosneft.ru)



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

Правообладатель: ПАО «НК «Роснефть»  
Разработчик: ООО «РН-БашНИПИнефть»  
[soft@bnipi.rosneft.ru](mailto:soft@bnipi.rosneft.ru)