Содержание

Содержание ... 1
О настоящем руководстве ... 4
1 Введение ... 5
1.1 Цель документа ... 5
1.2 Термины, определения и сокращения ... 5
1.3 Область применения ... 5
2 Общее описание Комплекса ... 6
2.1 Краткое описание ... 6
2.1.1 Автоматизация процесса бурения ... 6
2.1.2 Автоматизация процесса СПО ... 6
2.1.3 Автоматизация СВП (осцилляция) ... 6
2.2 Функциональные возможности ... 6
2.3 Состав Комплекса ... 6
2.3.1 Промежуточный блок управления (коробка распределительная) ... 8
2.4 Поддерживаемые типы буровых установок и управление лебёдкой ... 8
2.4.1 Механическое управление ... 9
2.4.2 Электрическое управление ... 9
2.4.3 Гидравлическое управление с механическим регулятором давления ... 10
2.4.4 Гидравлическое управление с электрическим регулятором давления ... 10
2.4.5 Измеряемые параметры и полевые устройства ... 11
2.5 Интеграция с БУ и СВП ... 12
2.6 HMI-панель — архитектура и технологии ... 12
3 Уровни доступа и авторизация ... 13
4 Порядок использования системы ... 14
4.1 Авторизация в системе ... 14
4.2 Главное окно ... 14
4.3 Основные режимы работы ... 15
5 Режим «Бурение» ... 16
5.1 Режим бурения по одному параметру ... 16
5.2 Ограничение ... 17
5.3 Предупреждение ... 17
5.4 Оптимальный режим бурения ... 18
5.5 Обнуление нагрузки и перепада ... 18
5.6 Перехват вращения ... 19
5.7 Глубина/над забоем/забой ... 19
5.8 Описание элементов статусов системы ... 20
5.9 Старт/Стоп ... 21
5.10 Окно «Слайд» ... 21
5.11 Перехват вращения ... 22
5.12 Подвороты ... 23
5.13 Осцилляция ... 24
5.13.1 Настройка количества оборотов ... 24
5.13.2 Настройка скорости вращения при осцилляции ... 26
5.13.3 Ограничения по моменту осцилляции ... 26
5.13.4 Рекомендации по запуску осцилляции ... 28
5.13.5 Рекомендации по остановке осцилляции ... 28
5.13.6 Рекомендации по подбору режимов осцилляции ... 28
6 Проработка ... 30

Согласовано

Взам. инв.№

Подп. и дата

Инв. № подл.

Рев.	Дата	Наименование выпуска	Разраб.	Проверил	Утверд.
АА	15.07.2026	Выпущено для рассмотрения	Ибрагимова	Хайруллина	Соломин

Изм.	Кол.уч.	Лист	№док.	Подпись	Дата	DRO-NSD-DDD-00000-00-APCS-I3-00001		
						Система автоматизации операций при строительстве скважин		
Разраб.		Ибрагимова			15.07.26	Типовые решения	Стадия	Лист	Листов
Проверил		Хайруллина			15.07.26		Р	1	60
Рук.проекта		Соломин			15.07.26	Руководство пользователя ПАК и ПО ИнДрилл	NS DIGITAL		
Position		Surname, initials		Signature	Date				

6.1 Назначение режима ... 30
6.2 Условия включения режима ... 30
6.3 Настройка режима ... 30
6.4 Задание диапазона проработки ... 31
6.5 Работа с вращением ... 32
6.6 Проработка по циклам или по времени ... 32
6.7 Готовность режима ... 33
6.8 Запуск режима ... 33
6.9 Пауза и остановка ... 33
6.10 Завершение режима ... 34
6.11 Особенности работы ... 34
6.12 Автообнуление веса/автовзвешивание ... 34
6.13 Действия бурильщика ... 34
7 Режим «Подъем» ... 35
7.1 «Подъем» ... 35
7.2 Управление режимом ... 35
7.3 Контроль нагрузки ... 35
7.4 Крайние точки ... 36
7.5 Подготовка к запуску ... 36
8 Режим «Спуск» ... 37
8.1 Назначение режима ... 37
8.2 Управление режимом ... 37
8.3 Контроль параметров ... 37
8.4 Крайние точки ... 37
8.5 Подготовка к запуску ... 38
9 Функция ТПАЗ при СПО ... 39
9.1 Назначение ... 39
9.2 Включение функции ... 39
9.3 Автовзвешивание при старте ... 39
9.4 Контроль посадки и затяжки ... 39
9.5 Завершение работы режима ... 40
9.6 Дополнительные настройки ... 40
9.7 Действия бурильщика ... 40
10. Режим «Демпфер» ... 41
10.1 Назначение режима ... 41
10.2 Подготовка и включение ... 41
10.3 Основные настройки ... 41
10.4 Работа режима ... 42
10.5 Когда рекомендуется применять режим ... 42
11 Первичная настройка системы ... 43
11.1 Калибровка положения крюкоблока ... 43
11.2 Расчёт глубины инструмента и забоя ... 43
11.3 Настройка блокировок ... 43
11.4 Настройка САР ... 44
11.5 Экран конфигурации ... 44
11.6 Настройка ПБУЛ ... 44
11.7 Настройка ПБУСВП ... 45
12 Работа с системой ... 46
12.1 Запуск режима бурения по скорости ... 46
12.2 Запуск режима бурения по нагрузке ... 46
12.3 Запуск режима бурения по перепаду ... 46
12.4 Запуск режима бурения по моменту ... 47
12.5 Запуск оптимального режима бурения ... 47
12.6 Запуск режима СПО ... 47
12.7 Запуск режима проработки ... 48
12.8 Запуск режима осцилляции ... 48
12.9 Противоаварийная защита от прихватов (ТПАЗ) при СПО ... 51
12.10 Режим «Демпфер» момента ... 51
13 Цифровая платформа данных «Бурение будущего» ... 52
13.1 Возможности ... 52
13.2 Подготовка к работе (вход в систему) ... 52
13.3 Карта ... 52
13.4 Страница скважины ... 53
13.5 Графики ... 56
13.5.1 Настройка графика ... 57
13.5.2 Инструменты работы с графиками ... 58

14 Безопасность 60
14.1 Взрывобезопасность и обращение с оборудованием 60

О настоящем руководстве

Настоящий документ является сводным руководством пользователя для программно-аппаратного комплекса автоматизации бурения ПАК Индрилл и прикладного програмного обеспечения Индирлл версия 2.0, установленного на аппаратную часть ПАК (далее – Комплекс): интегрированного набора аппаратных и программных средств, автоматизирующего процесс бурения скважин, спуско-подъёмные операции и управление верхним приводом на буровых установках всех основных типов — электрических, электро-гидравлических, механо-гидравлических и механических.

Руководство предназначено для операторов-бурильщиков, инженеров по эксплуатации и инженеров по пуско-наладке, которые эксплуатируют, настраивают и обслуживают Комплекс.

1 Введение

1.1 Цель документа

Документ предназначен для ознакомления и обучения персонала пользованию Комплексом. Он описывает назначение и состав Комплекса, интерфейс оператора, процедуры первичной настройки и пошаговые процедуры работы в каждом режиме автоматизации.

1.2 Термины, определения и сокращения

В настоящем руководстве используются следующие термины и сокращения.

Таблица 1. Термины и сокращения, используемые в руководстве.

Термин / сокращение	Определение
Комплекс	Программно-аппаратный комплекс автоматизации бурения (изделие, описываемое настоящим руководством)
САР	Система автоматического регулирования — набор программных регуляторов (ПИД-регуляторов)
АПД	Автоматизированная подача долота
ПБУЛ	Промежуточный блок управления лебёдкой
ПБУСВП	Промежуточный блок управления системой верхнего привода
СВП	Система верхнего привода
БУ	Буровая установка
БЛ	Буровая лебёдка
ТБ / Крюкоблок	Талевый блок / крюкоблок
СПО	Спуско-подъёмные операции
КБТ	Колонна бурильных труб
КНБК	Компоновка низа бурильной колонны
ННБ	Наклонно-направленное бурение
ПУ	Пульт управления (запуск, штатный и аварийный останов)
HMI	Человеко-машинный интерфейс — сенсорная панель оператора
ЧРП	Частотно-регулируемый привод
DIO / AIO	Дискретные / аналоговые входы и выходы
FDO / FDI	Быстрые дискретные выходы / входы
ТПАЗ	Технология противоаварийной защиты (защита от прихватов)
УМЭ	Удельная механическая энергия — параметр оптимизации режима бурения
TFO	Ориентация отклонителя (тулфейс)
СКПБ	Система контроля параметров бурения
ПИД	Пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор

1.3 Область применения

Комплекс предназначен для автоматизации процессов бурения и осцилляции на буровых установках и СВП следующих типов:

- БУ с электроприводом — управление скоростью движения крюкоблока с помощью ЧРП буровой лебёдки;
- БУ с электрогидравлическими тормозами — управление скоростью движения крюкоблока с помощью гидравлических тормозов барабана буровой лебёдки с электрическим управлением;
- СВП с электроприводом — управление скоростью вращения вала СВП с помощью ЧРП.

В более широком смысле Комплекс поддерживает работу с буровыми установками всех основных типов управления лебёдкой: механическими, электрическими, электрогидравлическими и механогидравлическими.

2 Общее описание Комплекса

2.1 Краткое описание

Комплекс предназначен для автоматизации процесса бурения и спуско-подъёмных операций (СПО) на буровой установке, а также для автоматизации силового верхнего привода (функционал осцилляции) посредством интеграции с существующими системами управления буровой установки и СВП.

2.1.1 Автоматизация процесса бурения

Комплекс поддерживает следующие параметры бурения на заданных значениях и ограничивает их аварийные значения:

- Скорость подачи долота на забой (скорость проходки);
- Нагрузка на долото;
- Перепад давления бурового раствора;
- Момент на СВП.

2.1.2 Автоматизация процесса СПО

- Подъём и спуск с поддержанием скорости;
- Остановка крюкоблока в заданных точках;
- Проработка с возможностью настройки скорости и оборотов СВП на спуск/подъём.

2.1.3 Автоматизация СВП (осцилляция)

Осцилляция позволяет создать вращательные колебания на колонне буровых труб, что позволяет доводить нагрузку на долото при бурении горизонтальных участков без постоянного вращения СВП (бурение в слайде). Функционал обеспечивает:

- Циклически повторяющееся позиционирование колонны на заданный угол с заданной скоростью;
- «Подворот» колонны на необходимый угол как в процессе осцилляции, так и без него;
- Контроль момента при осцилляции.

2.2 Функциональные возможности

Функциональный состав Комплекса включает:

- Автобурение по скорости, по нагрузке, по перепаду давления и по моменту;
- Автобурение в оптимальном режиме (бесшовное переключение между вышеуказанными режимами);
- СПО (спуск/подъём) с защитой от затяжек и посадок;
- Проработка — циклическая / по времени, с изменением оборотов СВП на спуск/подъём;
- Осцилляция / подвороты;
- Противоаварийная защита от прихватов (ТПАЗ) при СПО;
- Режим демпфера момента (регулирование оборотов СВП для поддержания заданного среднего момента).

Примечание: Такие режимы, как демпфер момента и ТПАЗ, являются расширенными/опциональными функциями, доступными на установках, оснащённых соответствующими подсистемами; их доступность зависит от конкретной конфигурации буровой и установленных блоков управления.

2.3 Состав Комплекса

Комплекс состоит из следующих компонентов:

1. Панель управления (HMI-панель) — служит для управления, настройки и отображения параметров Комплекса;

2. Промежуточный блок управления лебёдкой (ПБУЛ) — служит для управления буровой лебёдкой;

3. Датчик оборотов лебёдки (энкодер) — служит для измерения направления и скорости вращения барабана лебёдки;

4. Промежуточный блок управления СВП (ПБУСВП) — служит для управления СВП;

5. Сплиттер сигналов энкодера — служит для дублирования сигналов с энкодера СВП (измерение направления и скорости вращения СВП);

6. Пульт управления (ПУ) — служит для запуска, штатного и аварийного останова выбранного режима Комплекса;

7. Датчик давления раствора — служит для измерения давления раствора в манифольде;

8. Датчик силы (веса) — служит для измерения веса бурового инструмента;

9. ИВЭ-50 — система контроля параметров бурения.

Реализация связи между устройствами приведена в таблице ниже.

Таблица 2. Связь между устройствами Комплекса.

Устройство 1	Устройство 2	Интерфейс связи
Панель управления (HMI)	ПБУЛ	Ethernet или RS-485
Панель управления (HMI)	ПБУСВП	Ethernet или RS-485
Пульт управления (ПУ)	ПБУЛ	RS-485 и сухой контакт для аварийной кнопки
Пульт управления (ПУ)	ПБУСВП	Сухой контакт для аварийной кнопки
ИВЭ-50	ПБУЛ / ПБУСВП	RS-485

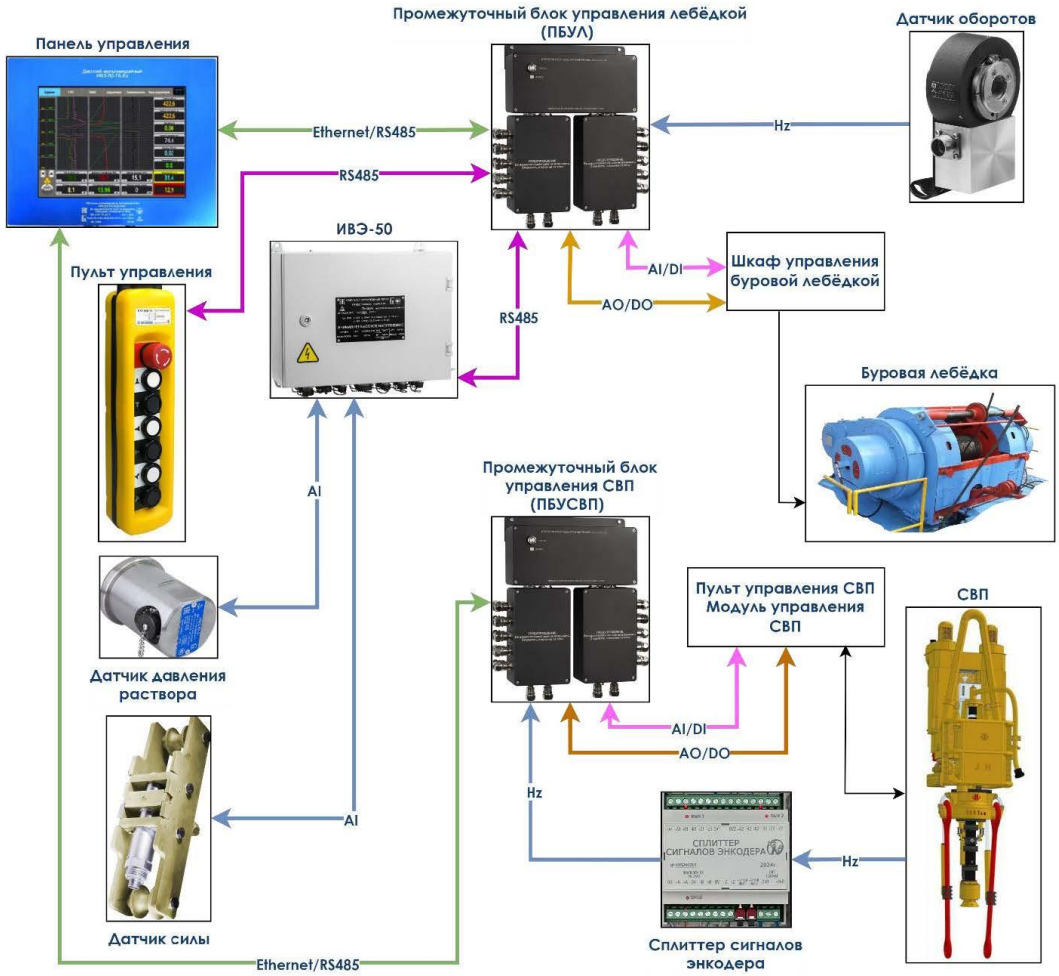

Рисунок 1. Структурная схема Комплекса (ПАК ИнДрилл) — HMI-панель, промежуточные блоки управления (ПБУЛ/ПБУСВП), датчики и пульт управления, интегрированные с лебёдкой и СВП.

2.3.1 Промежуточный блок управления (коробка распределительная)

Промежуточные блоки управления лебёдкой и СВП реализованы на базе коробки распределительной ИВЭ-50 РК5.01 Ex3 (промежуточный блок управления, ПБУ). Это взрывозащищённый контроллер, предназначенный для измерения, контроля, регулирования, сигнализации, аварийной защиты и управления технологическими процессами во взрывоопасных зонах нефтегазовой, химической и других отраслей промышленности. Его основные технические характеристики приведены ниже.

Таблица 3. Основные технические характеристики промежуточного блока управления ИВЭ-50 РК5.01 (ПБУЛ/ПБУСВП).

Характеристика	Значение
Маркировка взрывозащиты	1Ex q[ib] IIB T5 Gb X
Напряжение питания (перем. ток)	178…242 В
Потребляемая мощность (без периферии)	≤ 40 Вт
Рабочая температура окружающего воздуха	−45…+60 °C
Степень защиты от влаги и пыли	IP 67
Производительность процессора	600 МИПС
Память NAND / MRAM	512 МБ / 1 МБ
Дискретные входы (24 В) / выходы	10 / 8
Аналоговые входы / выходы тока (0–20 мА)	3 / 3
Аналоговые входы / выходы напряжения (±10 В)	3 / 3
Интерфейсы связи	1× Ethernet 100Base-T, 3× RS-485, 1× сервисный USB
Поддерживаемые протоколы	VTP, Modbus RTU/TCP
Габаритные размеры / масса	300 × 550 × 120 мм / 17 кг
Назначенный срок службы / наработка на отказ	10 лет / ≥ 10 000 ч

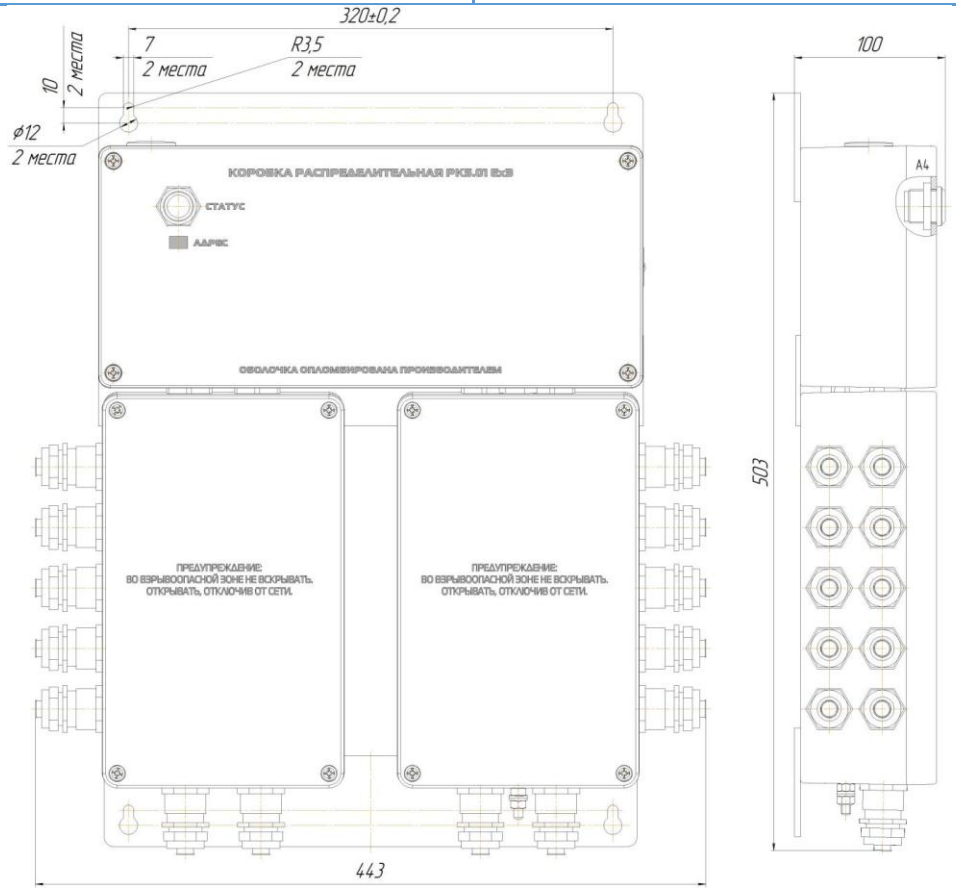

Рисунок 2. Коробка распределительная ИВЭ-50 РК5.01 Ex3 (промежуточный блок управления) — общий вид, габаритные и установочные размеры.

2.4 Поддерживаемые типы буровых установок и управление лебёдкой

Комплекс адаптируется к способу управления тормозом/приводом лебёдки на конкретной буровой. Ниже описаны четыре основных типа управления буровой лебёдкой.

2.4.1 Механическое управление

На механической лебёдке барабан затормаживается ленточным тормозом, управляемым через рычажную систему (рукоятка ленточного тормоза, тормозная лента, цилиндр пневматического тормоза, рычаг ленты, балансир). Автоматизация механической буровой достигается добавлением исполнительного механизма к тормозной системе, чтобы Комплекс мог модулировать тормозное усилие.

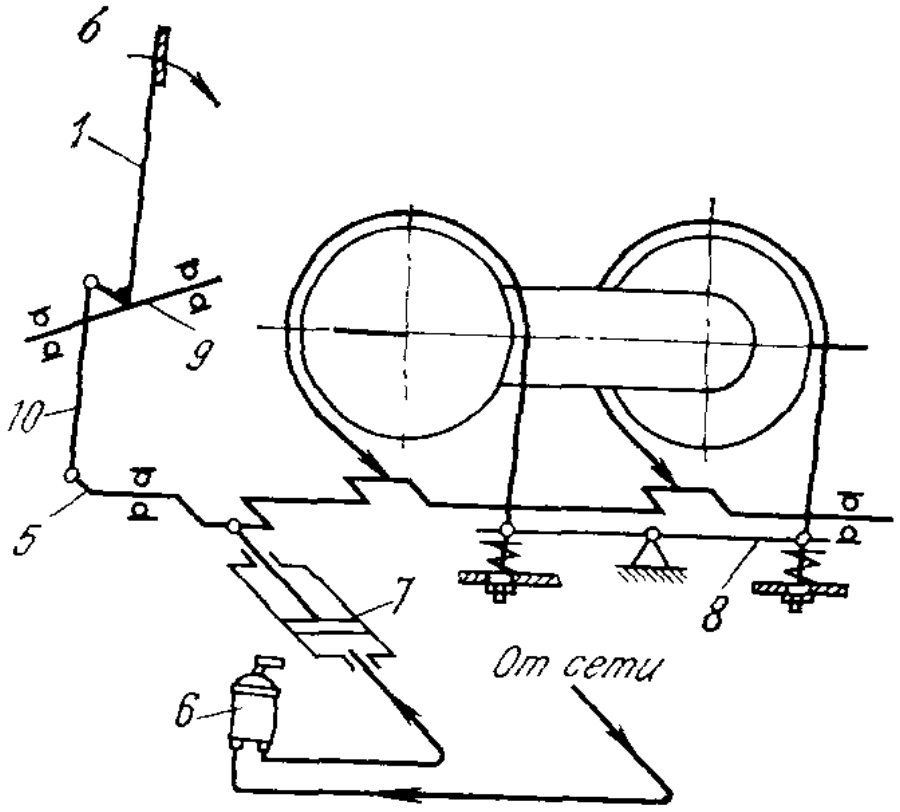

Рисунок 4. Механическое управление тормозами буровой лебёдки — схема ленточного тормоза с рычажной системой (1 — рукоятка ленточного тормоза, 2 — тормозная лента, 3 — цилиндр пневматического тормоза, 4 — рычаг ленты, 5 — балансир).

2.4.2 Электрическое управление

На электрической лебёдке движение барабана (подъём/спуск блока) управляется электрически через частотно-регулируемый привод (ЧРП) двигателя лебёдки. Комплекс задаёт требуемую скорость крюкоблока, формируя команду для ЧРП.

Рисунок 5. Частотно-регулируемый привод (ЧРП) буровой лебёдки — используется для управления скоростью движения крюкоблока на буровой с электроприводом.

2.4.3 Гидравлическое управление с механическим регулятором давления

На гидравлически затормаживаемой лебёдке тормоз барабана приводится гидравлически. В варианте с механическим регулятором давления тормозное давление (например, до 7 МПа) задаётся гидравлическим клапаном на гидравлической линии. Этот вариант соответствует механо-гидравлическому типу БУ.

Рисунок 6. Гидравлическое управление тормозом лебёдки с механическим регулятором давления — гидравлическая станция, питающая тормоз барабана.

2.4.4 Гидравлическое управление с электрическим регулятором давления

В варианте с электрическим регулятором давления тормозное давление задаётся электрически пропорциональным клапаном, что позволяет Комплексу управлять усилием тормоза барабана непосредственно из системы автоматики. Этот вариант соответствует электро-гидравлическому типу БУ.

Рисунок 7. Гидравлическое управление тормозом лебёдки с электрическим регулятором давления — пропорциональный (электроуправляемый) гидравлический клапан.

2.4.5 Измеряемые параметры и полевые устройства

Независимо от типа БУ, Комплекс измеряет — либо получает от внешних устройств — следующие параметры (настраиваются в разделе «Настройки → Внешние устройства»):

- Скорость и высота крюкоблока (м/с или м/ч) — от энкодера;
- Вес (т) — от датчика веса (силы);
- Давление (МПа или атм) — от датчика давления раствора в манифольде;
- Момент на СВП (кН·м);
- Вращение (об/мин);
- Данные от внешних устройств: система контроля параметров бурения (СКПБ) и система управления буровой установкой (АСУ БУ).

Рисунок 8. Энкодер — измеряет направление и скорость вращения барабана (скорость и высоту крюкоблока).

2.5 Интеграция с БУ и СВП

Интеграция Комплекса производится в следующие этапы:

1. Аудит текущей системы управления буровой установкой и СВП. Специалисты изучают алгоритмы управления и особенности оборудования БУ и СВП, при необходимости выезжая на объект.

2. Разработка индивидуального решения под оборудование и требования клиента. После аудита разрабатывается проект интеграции, в котором описываются схемы подключения и алгоритмы перехвата управления. При необходимости реализации функционала разрабатывается дополнительное оборудование. Проект утверждается с заказчиком.

3. Установка и настройка оборудования. После утверждения проекта производится установка и настройка оборудования Комплекса в соответствии с проектом интеграции.

4. Обучение персонала работе с системой (выбор режимов, изменение уставок, запуск и остановка). После этого система передаётся в эксплуатацию.

2.6 HMI-панель — архитектура и технологии

HMI-панель — единственный интерфейс оператора системы автоматического бурения. Это сенсорный терминал, работающий на промышленной сенсорной панели в полевых условиях и рассчитанный на использование в перчатках на вибрирующей платформе.

- Клиент: Single-Page Application на React 19 + TypeScript, развёртывается как PWA (офлайн-режим, автообновление); высокопроизводительные графики на движке uPlot;
- Связь ведётся по двум каналам: REST — команды и конфигурация, SignalR — телеметрия в реальном времени (единое соединение на всё приложение);
- Бэкенд: серверная платформа на .NET 10 / C# 13 (ASP.NET Core, SignalR), которая собирает данные с промышленных контроллеров, обрабатывает их в реальном времени и доставляет веб-клиентам; справочник и архив событий хранятся в двух независимых базах SQLite;
- Конфигурируемый движок уведомлений на правилах формирует события изменения значения, состояния, аварии/предупреждения и готовности экрана — новые параметры и правила добавляются как данные (профили оборудования) без изменения кода приложения.

Уставки работают по принципу «зеркало прибора»: интерфейс отображает только данные, пришедшие от системы (никакого optimistic UI). Предусмотрено три способа ввода под разные ситуации — кнопки + / − для быстрой пошаговой коррекции, короткий тап для контекстного попапа и перетаскиваемая виртуальная числовая клавиатура (удержание ~1,5 с) для точного ввода. Навигация между экранами блокируется при активном процессе.

3 Уровни доступа и авторизация

Различные экраны и функциональные элементы панели требуют соответствующего уровня доступа и защищены паролем. В системе предусмотрены три уровня авторизации:

- Базовый доступ — для бурильщика; без возможности редактирования глубинных/критичных настроек;
- Расширенный доступ — для инженера по эксплуатации;
- Полный доступ — для инженера пуско-наладки (ПНР).

Авторизация для бурильщика (минимальный уровень доступа) осуществляется автоматически при запуске HMI-панели, без ввода логина/пароля. Для получения верхнеуровневого доступа необходимо:

1. Нажать на область отображения «пользователь» в верхней части экрана;

2. Во всплывающем окне ввести логин/пароль, соответствующий необходимому уровню доступа.

4 Порядок использования системы

4.1 Авторизация в системе

Авторизация для бурильщика (с минимальным уровнем доступа) – осуществляется автоматически при запуске панели HMI, без ввода логина/пароля.

Для верхнеуровнего доступа необходимо выполнить следующие действия:

- Нажать на область отображения «пользователь» в верхней части экрана.

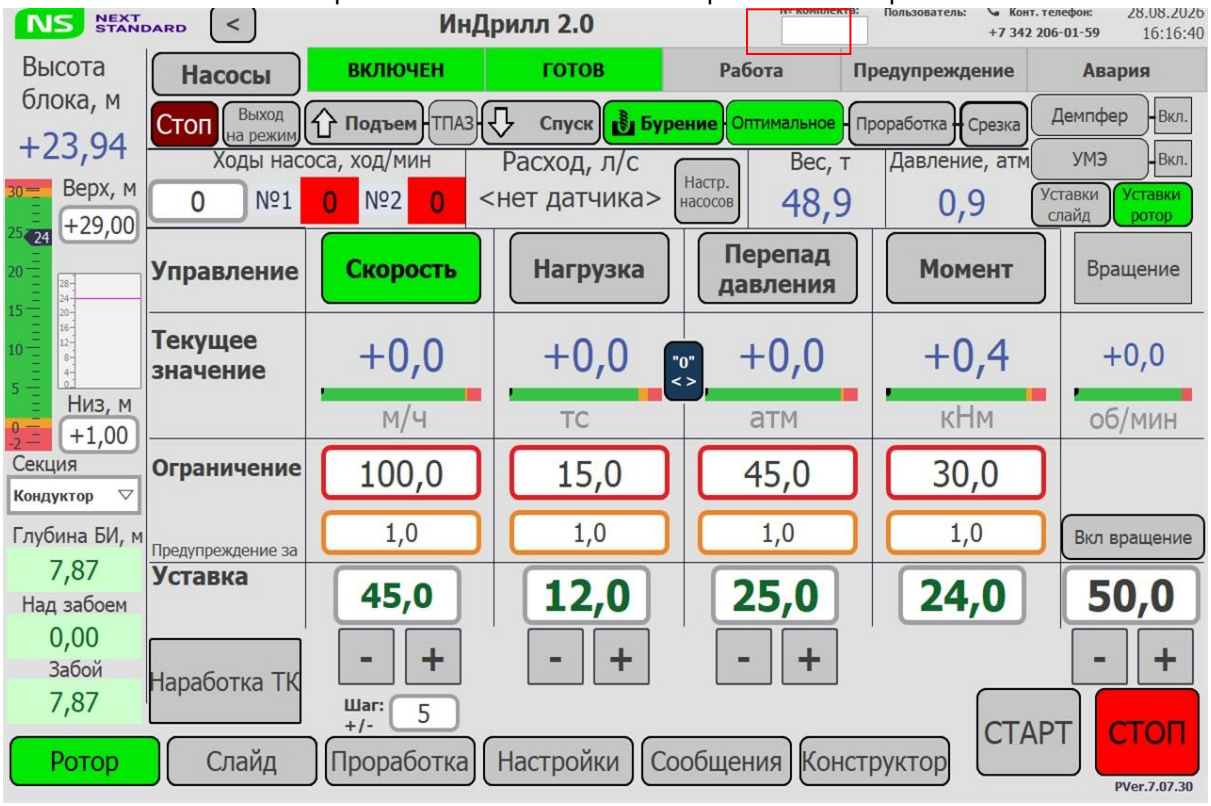

Рисунок 9. Авторизация на комплекте

- Во всплывающем окне ввести логин/пароль (исходя из необходимого уровня доступа)

Примечание: Активный пользователь отображается в области «Пользователь» в верхней части экрана. По истечении 60 минут с момента авторизации система автоматически выполняет выход для исключения несанкционированного доступа.

4.2 Главное окно

Главное окно является основным рабочим экраном системы и содержит:

- сигнализаторы статуса системы (верхняя часть экрана);
- кнопки выбора режимов работы («Ротор»,«Слайд»,«Проработка», «Конструктор», «ТПАЗ», «Подъем», «Спуск», «Демпфер», «Срезка»);
- кнопки отображения/выбора режимов управления («Скорость», «Нагрузка», «Перепад давления», «Момент»);
- поля отображения текущих значений параметров;
- поля задания уставок, ограничений и предупреждений;
- кнопки «СТАРТ» и «СТОП» для запуска и остановки АПД.

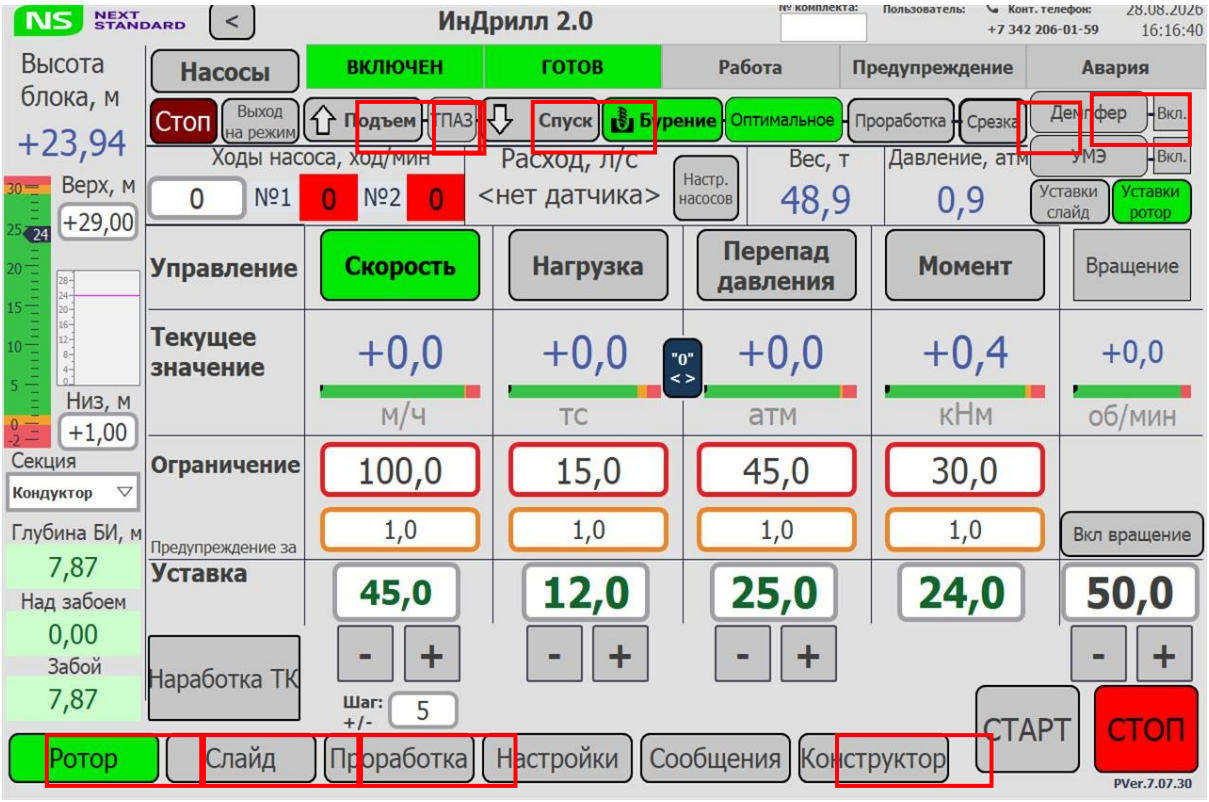

Рисунок 10. Начальный экран АПД/РОТОР. Выбор режимов

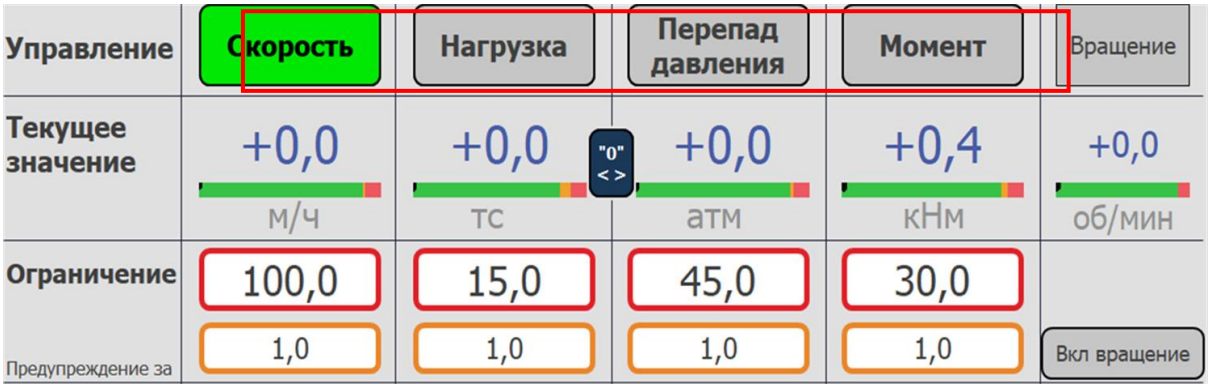

Рисунок 11. Отображение/выбор активного режима

Навигация между окнами осуществляется кнопками в нижней части экрана. Текущее активное окно подсвечивается зеленым цветом.

4.3 Основные режимы работы

Система IR-OperBot работает в трех основных режимах, соответствующих базовым технологическим операциям на буровой:

- бурение (ротор/слайд)
- подъем/спуск
- проработка

Переключение режимов осуществляется оператором на панели HMI в соответствии с фактически выполняемой операцией.

5 Режим «Бурение»

Режим «Бурение» (вкладка РОТОР/СЛАЙД) является основным режимом работы системы IR-OperBot и используется при углублении скважины. Применение системы в данном режиме направлено на поддержание стабильных режимов бурения, повышение повторяемости результата, снижение влияния человеческого фактора и помощи оператору в удержании технологических параметров в заданных пределах.

Перед включением режима «Бурение» оператор должен:

- проверить корректность заданных уставок и ограничений;
- убедиться в отсутствии аварийных сообщений и блокировок;
- контролировать, что параметры оборудования и КНБК/инструмента соответствуют выполняемой операции.

Во время работы системы в режиме бурения оператор обязан контролировать поведение оборудования, отслеживать фактические параметры на панели HMI и при необходимости своевременно корректировать настройки. Использование режима «Бурение» не отменяет ответственности персонала за безопасное и технологически корректное ведение процесса.

«Ротор». Поля уставки, ограничения и предупреждения

При работе системы IR-OperBot в режимах «Бурение» для управления параметрами (скорость, перепад, нагрузка, момент) используются три основных типа
полей: уставка, ограничение и предупреждение.

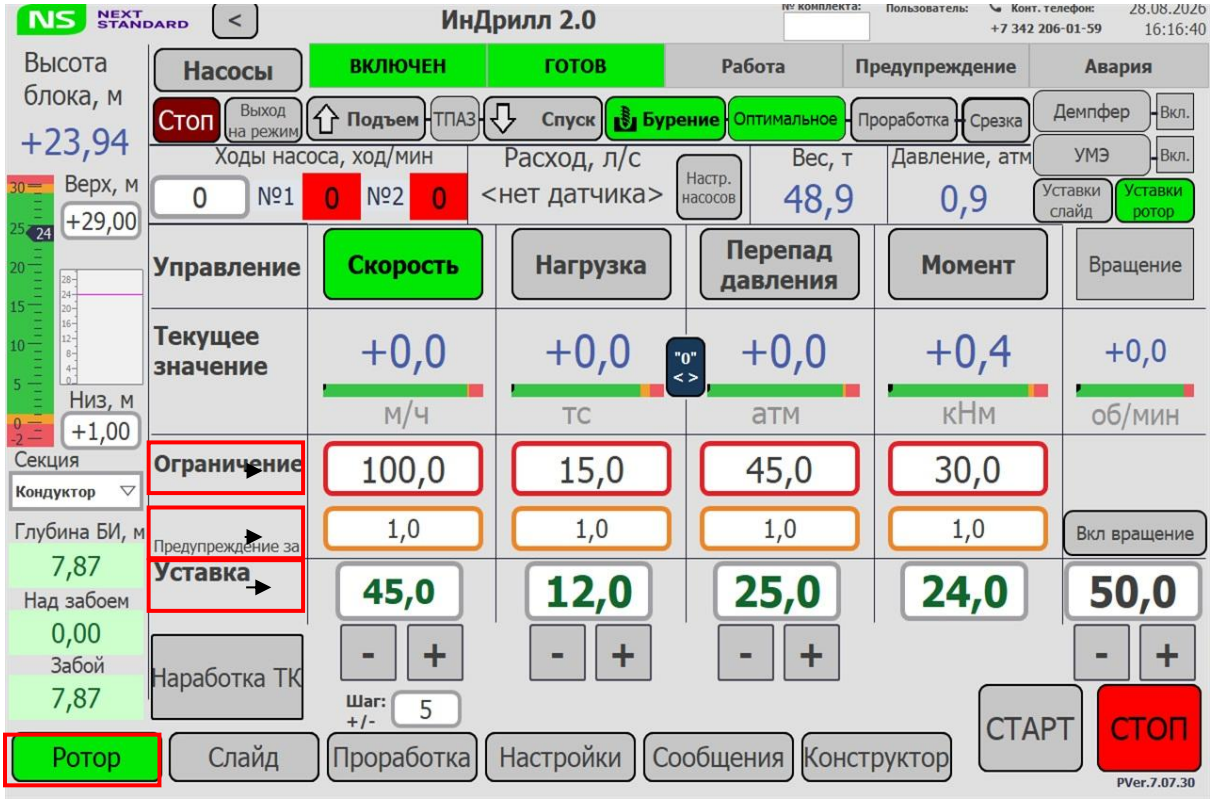

Рисунок 12. Вкладка «Ротор». Уставка, предупреждение, ограничение

Например, при бурении по скорости, если уставка задана 45 м/ч, IR-OperBot будет поддерживать скорость бурения на уровне 45 м/ч в рамках действующих ограничений и текущих условий работы оборудования. Уставка задается оператором в соответствии с технологическим планом и допустимыми режимами для данного интервала скважины.

5.1 Режим бурения по одному параметру

Режим бурения по одному параметру в окне «Ротор» рекомендуется использовать только при наличии заранее заданных жестких ограничений по ключевым параметрам. Под жесткими ограничениями в данном контексте понимаются такие значения, которые фактически не позволяют системе выйти за

пределы технологически допустимых режимов, даже если она способна обеспечить более высокие показатели.

К типичным примерам таких ограничений относятся:

- жесткое ограничение по скорости бурения (геологическое осложнение, ограничение со стороны ННБ для стабильного поведения КНБК и др.)
- ограничения по перепаду давления, вводимые для снижения нагрузки на наземное оборудование
- и т.д

В этих условиях система может работать по одному выбранному параметру, жестко удерживая его в заданных пределах, при этом остальные параметры дополнительно страхуются заданными жесткими ограничениями и предупреждениями.

5.2 Ограничение

Ограничение — это предельное значение параметра, при достижении которого система прекращает автоматическую работу по данному режиму и передает управление оператору.

При достижении ограничения:

- система останавливает процесс углубления;
- на панели отображается сообщение о срабатывании ограничения;
- дальнейшие действия выполняются оператором в ручном режиме в соответствии с производственным регламентом, либо, при отсутствии технологических ограничений — оператор может возобновить работу АПД.

Ограничения задаются таким образом, чтобы не допускать выход параметров за безопасные и технологически допустимые пределы.

5.3 Предупреждение

Предупреждение — это зона до достижения ограничения, в которой система начинает заранее снижать интенсивность воздействия, чтобы не войти в зону ограничения резко.
Предупреждение задается как отступ от значения ограничения.

Например, если по параметру «Перепад» ограничение установлено на уровне 45атм, а в поле «Предупреждение» задано значение 1, то система начнет заранее замедлять работу при достижении значения 44атм.

Важно учитывать, что система ориентируется не только на ту уставку, по которой в данный момент ведется работа, но и одновременно контролирует предупреждения и ограничения по всем другим параметрам, таких как:

- Скорость (м/ч)
- Нагрузка (т)
- Перепад давления (атм)
- Момент (кН*м)

Например, если система работает в режиме бурения по скорости и уставка по скорости задана 45 м/ч, то IR-OperBot будет стремиться поддерживать именно эту скорость только до тех пор, пока остальные контролируемые параметры находятся в допустимой зоне.

Если в процессе работы один из других параметров, например нагрузка, момент или перепад давления, входит в зону предупреждения, система начинает снижать интенсивность воздействия и перестает жестко удерживать заданную уставку по основному параметру. Это необходимо для того, чтобы не допустить выхода контролируемого параметра в зону ограничения.

Если же один из контролируемых параметров достигает установленного ограничения, система прекращает выполнение функции, выводит соответствующее сообщение на панели оператора и передает управление.

Таким образом:

- уставка определяет целевое значение параметра, которое система старается поддерживать;
- предупреждение формирует буферную зону перед ограничением, в которой система начинает заранее корректировать свою работу (притормаривать);
- ограничение определяет границу, при достижении которой автоматическая работа прекращается и управление передается оператору (бурильщику).

Следует учитывать, что даже при работе по одному основному параметру система всегда оценивает совокупность технологических ограничений, чтобы обеспечить безопасное и корректное выполнение операции.

5.4 Оптимальный режим бурения

Оптимальный режим бурения включается в правом верхнем углу экрана «Ротор» и используется как базовый режим бурения в данном окне. В этом режиме система IR-OperBot самостоятельно выбирает параметр, по которому в текущий момент осуществляется управление бурением, в зависимости от того, какой из контролируемых параметров быстрее приближается к значению своей уставки. За счет этого все основные параметры удерживаются в пределах заданных уставок без необходимости постоянного ручного переключения режимов.

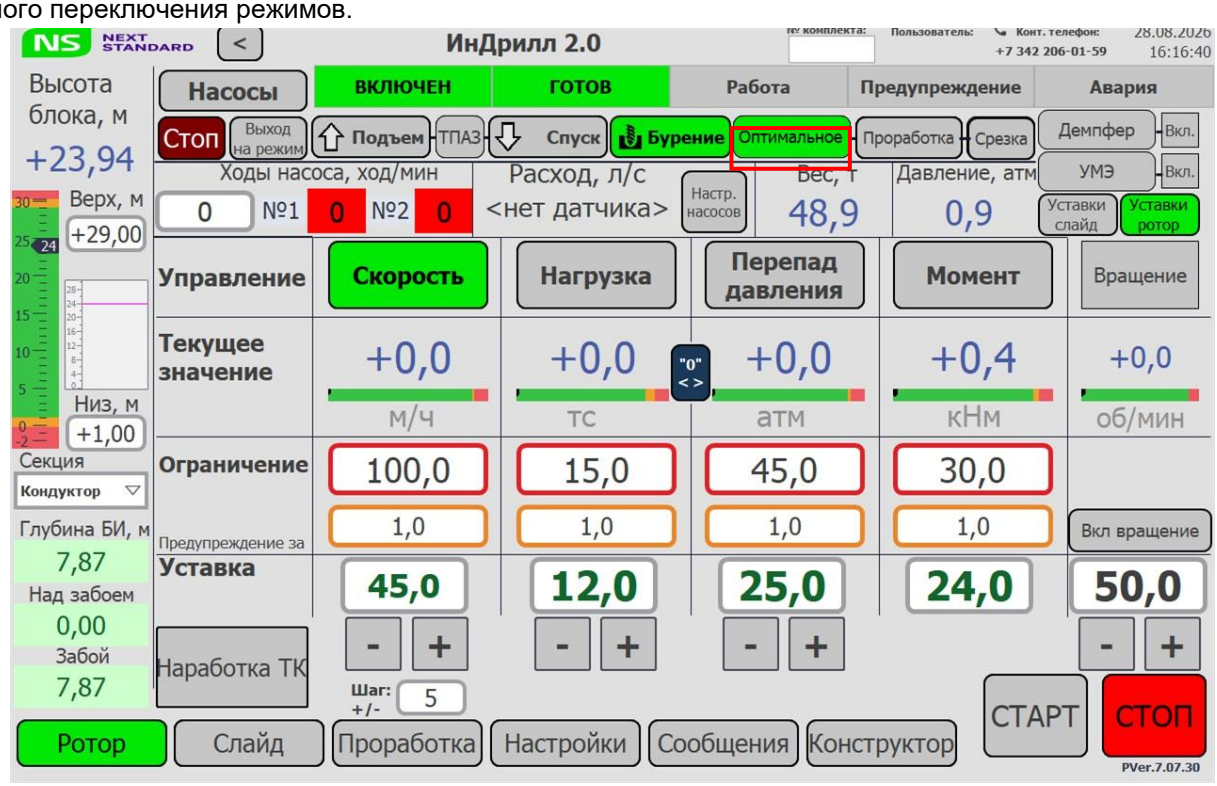

Рисунок 13. Выбор оптимального режима

При запуске оптимального режима система первоначально активирует управление по параметру «Скорость». В дальнейшем, если текущие значения нагрузки, момента, перепада давления начинают приближаться к своим уставкам быстрее, чем скорость, система автоматически переключается на соответствующий режим управления. Такой подход позволяет учитывать реальный «ограничивающий» параметр в каждый момент времени и поддерживать устойчивый, технологически корректный режим бурения.

Как правило, при работе в оптимальном режиме уставки по скорости и моменту задают с некоторым завышением (ориентировочно на 30–50% относительно целевых рабочих значений), чтобы система большую часть времени работала в режимах управления по перепаду давления и нагрузке и обеспечивала максимально возможную скорость проходки в рамках действующих технологических и геологических ограничений.

5.5 Обнуление нагрузки и перепада

Для текущих значений нагрузки и перепада давления предусмотрена кнопка обнуления. При ее нажатии текущие значения нагрузки и перепада давления сбрасываются и принимают значение 0. Кнопку обнуления необходимо нажимать перед подходом к забою, чтобы дальнейший контроль параметров велся относительно актуального состояния КНБК и скважины.

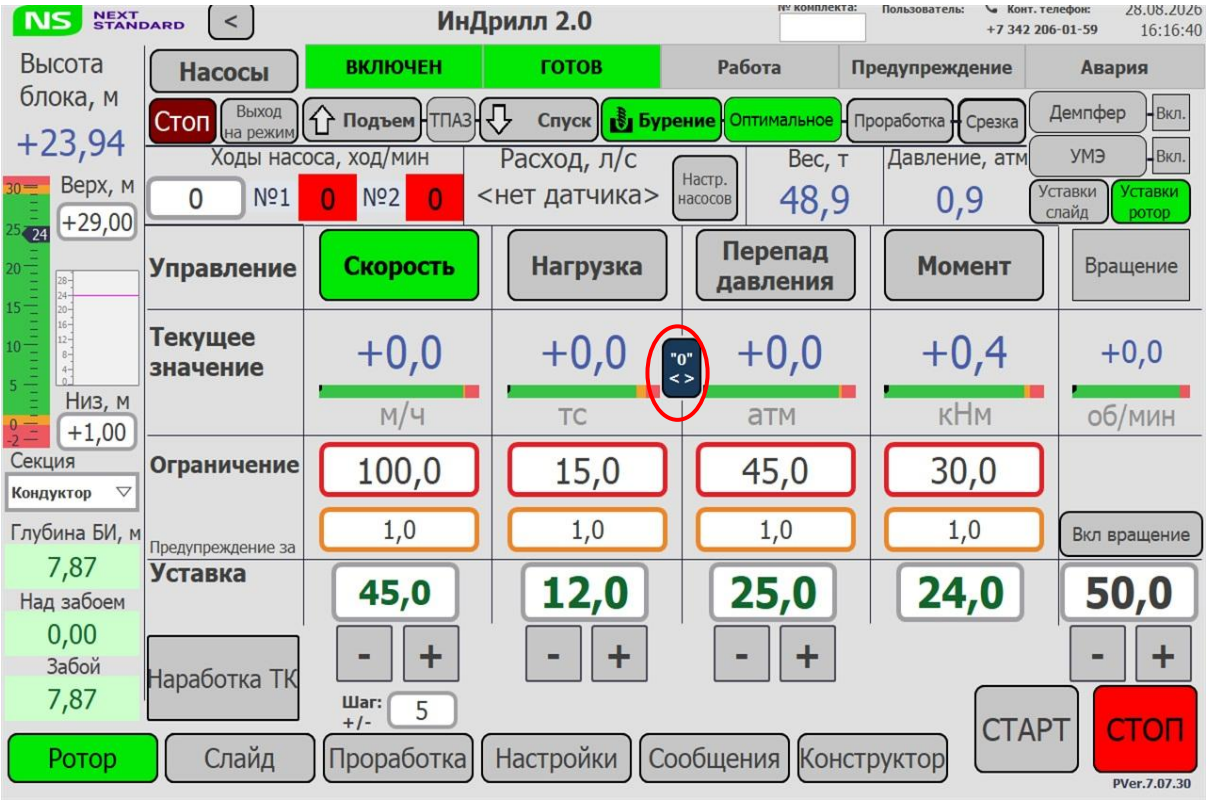

Рисунок 14. Обнуление параметров

5.6 Перехват вращения

Для перехвата управления вращением СВП используется кнопка «Включить вращение» на панели. После нажатия кнопки система запрашивает подтверждение, и только после его выполнения управление вращением передается на систему IR-OperBot.

После перехвата вращения оператор может задавать требуемое количество оборотов в минуту с панели HMI. При этом запуск вращения может осуществляться как непосредственно с панели IR-OperBot, так и с панели управления верхним приводом.

Рисунок 15. Перехват вращения

5.7 Глубина/над забоем/забой

Значения «Глубина БИ», «Над забоем» и «Забой» в системе рассчитываются автоматически на основании данных от энкодера (или АСУ БУ). Поля «Глубина БИ» и «Забой» являются кликабельными и при необходимости могут быть отредактированы оператором вручную.

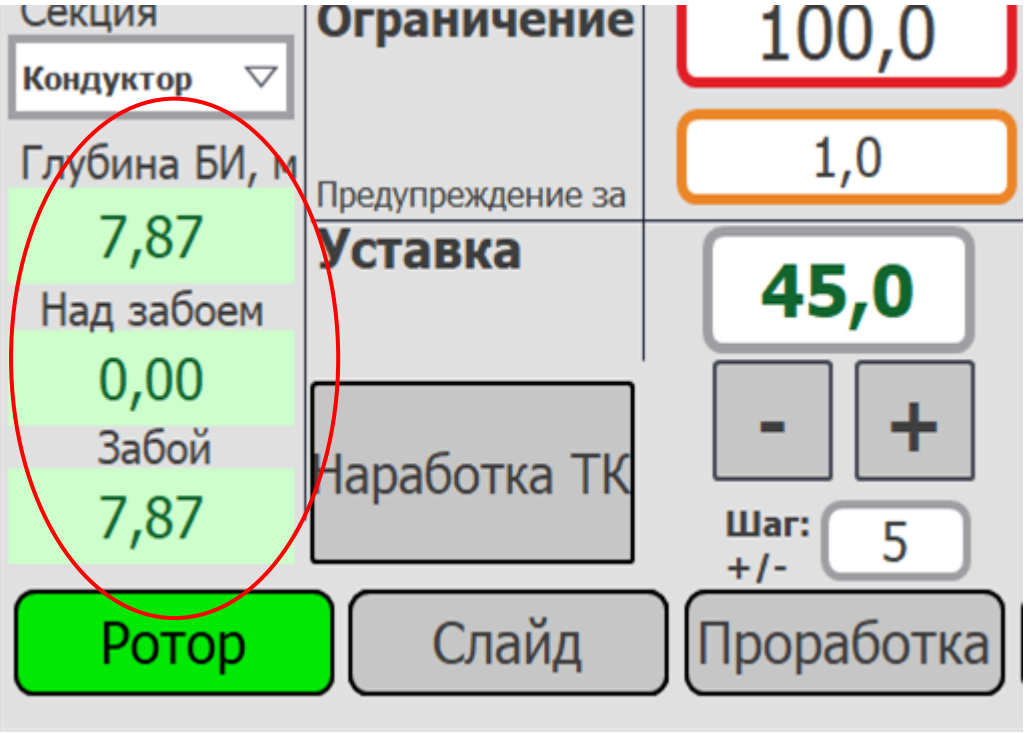

Рисунок 16. Положение БИ

Оператору рекомендуется периодически проверять, соответствуют ли отображаемые на панели HMI значения глубины и забоя фактическому положению инструмента и текущему состоянию процесса бурения. При длительной работе без ручных корректировок возможно накопление погрешности измерений энкодера БЛ, из-за чего расчетный забой может постепенно смещаться относительно реального. В таких случаях значения следует скорректировать вручную, чтобы обеспечить правильную интерпретацию данных.

5.8 Описание элементов статусов системы

Таблица описывает световые индикации системы: состояние «Включен», «Готов», «Работа», а также сигналы «Предупреждение» и «Авария». Для каждого сигнала показано, как выглядит индикатор в неактивном и активном состоянии и что означает его срабатывание для оператора (готовность к старту АПД, факт работы, вход параметров в зону предупреждения или ограничений).

Сигнал не активен	Сигнал активен	Описание
Включен	ВКЛЮЧЕН	Формируется непосредственно с пульта управления, после подачи питания на ШУПЛК
Готов	ГОТОВ	Готовность системы к началу подачи долота с панели управления. Данный сигнал формируется из нескольких параметров, которые можно проверить, перейдя в окно Настройки - Готовность АПД
Работа	РАБОТА	Загорается при включении подачи долота кнопкой «СТАРТ»
Предупреждение	ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ	Подсвечивается в той ситуации если один из параметров заходит в зону предупреждения
Авария	АВАРИЯ	Загорается и мигает, если текущие параметры заходят в зону ограничений

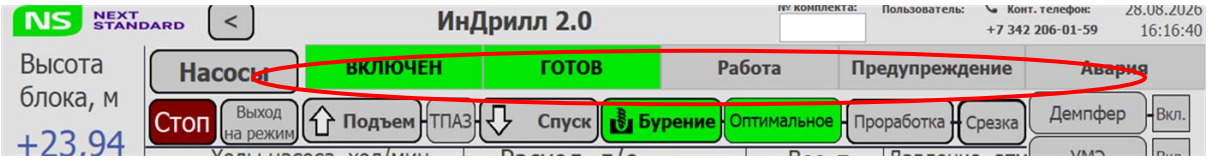

Рисунок 17. Статусы АПД

5.9 Старт/Стоп

При правильно собранной готовности системы оператор может нажать кнопку «Старт», чтобы запустить работу АПД в выбранном режиме. Кнопка «Старт» расположена в правом нижнем углу экрана и используется только после проверки всех условий готовности и заданных уставок.

При необходимости остановки системы предусмотрены три варианта действий:

- нажать кнопку «Стоп», что приводит к остановке работы АПД
- выполнить ручное вмешательство движением джойстика/палки, тем самым переведя управление обратно к оператору;
- нажатие аварийной кнопки на ПУ (находится в кабине бурильщика, и служит для физического разрыва соединения между системой Operbot с контурами управлением функциями БЛ и ВСП в случае возникновения аварийных ситуаций)

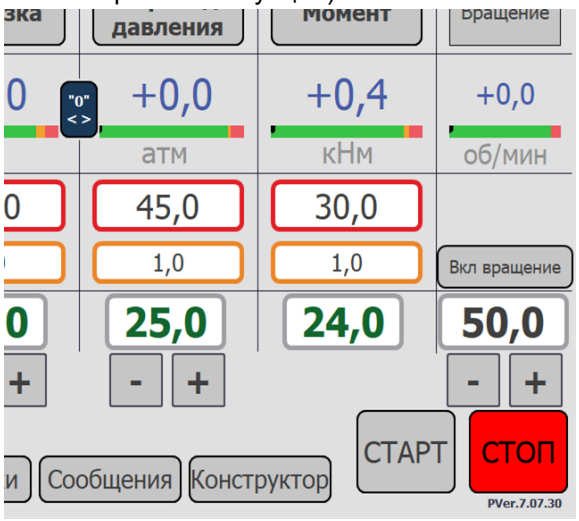

Рисунок 18. К кнопки Старт/Стоп

5.10 Окно «Слайд»

Логика работы окна «Слайд» аналогична логике окна «Ротор»: оператор задает рабочие параметры, а система IR-OperBot управляет процессом с учетом установленных уставок, предупреждений и ограничений. В связи с этим порядок задания и обработки уставок, предупреждений и ограничений в окне «Слайд» соответствует порядку, описанному для окна «Ротор».

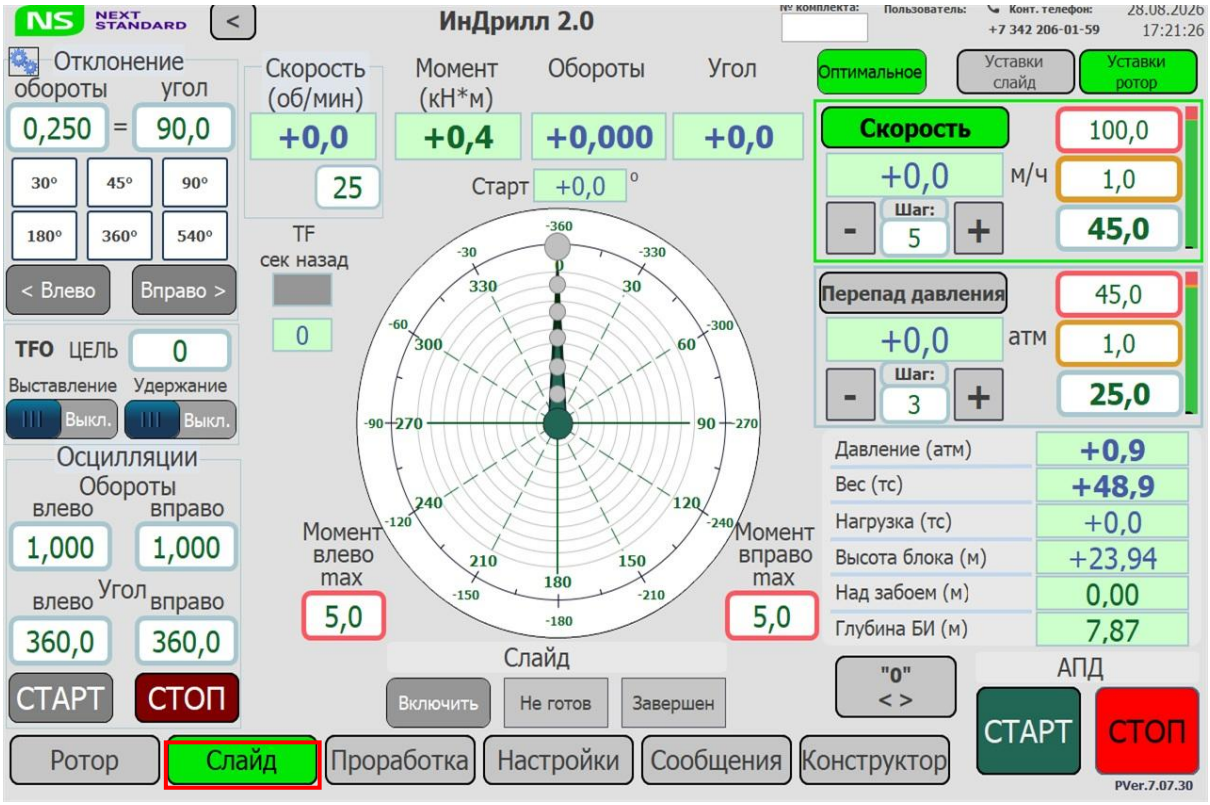

Рисунок 19. Окно «Слайд»

Основное отличие окна «Слайд» заключается в том, что оно предназначено для управления параметрами подачи и работы системы именно в режиме направленного бурения, с учетом особенностей данного технологического процесса. При этом система, как и в окне «Ротор», контролирует не только основной параметр, по которому в данный момент ведется управление, но и сопутствующие параметры.

5.11 Перехват вращения

Для использования функций, доступных в окне «Слайд», предварительно необходимо выполнить перехват вращения. Кнопка включения вращения расположена в нижней центральной части экрана. Только после перехвата вращения оператор получает возможность использовать функции подворотов и осцилляции.

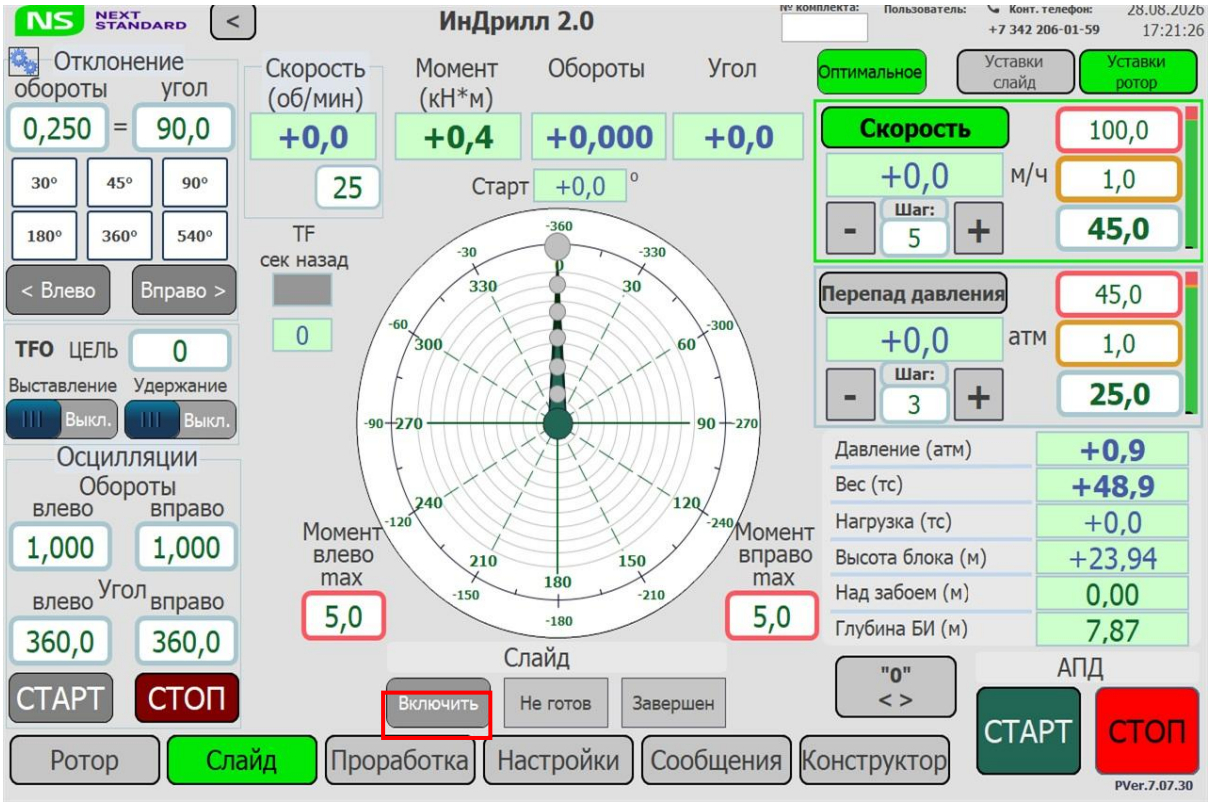

Рисунок 20. Перехват вращения

5.12 Подвороты

Функция подворотов предназначена для выполнения контролируемого доворота инструмента в требуемом направлении на заданный угол. В левой верхней части окна расположены элементы управления подворотами, позволяющие задать движение вала ВСП на определенный угол по часовой стрелке или против часовой стрелки — соответственно, вправо или влево.

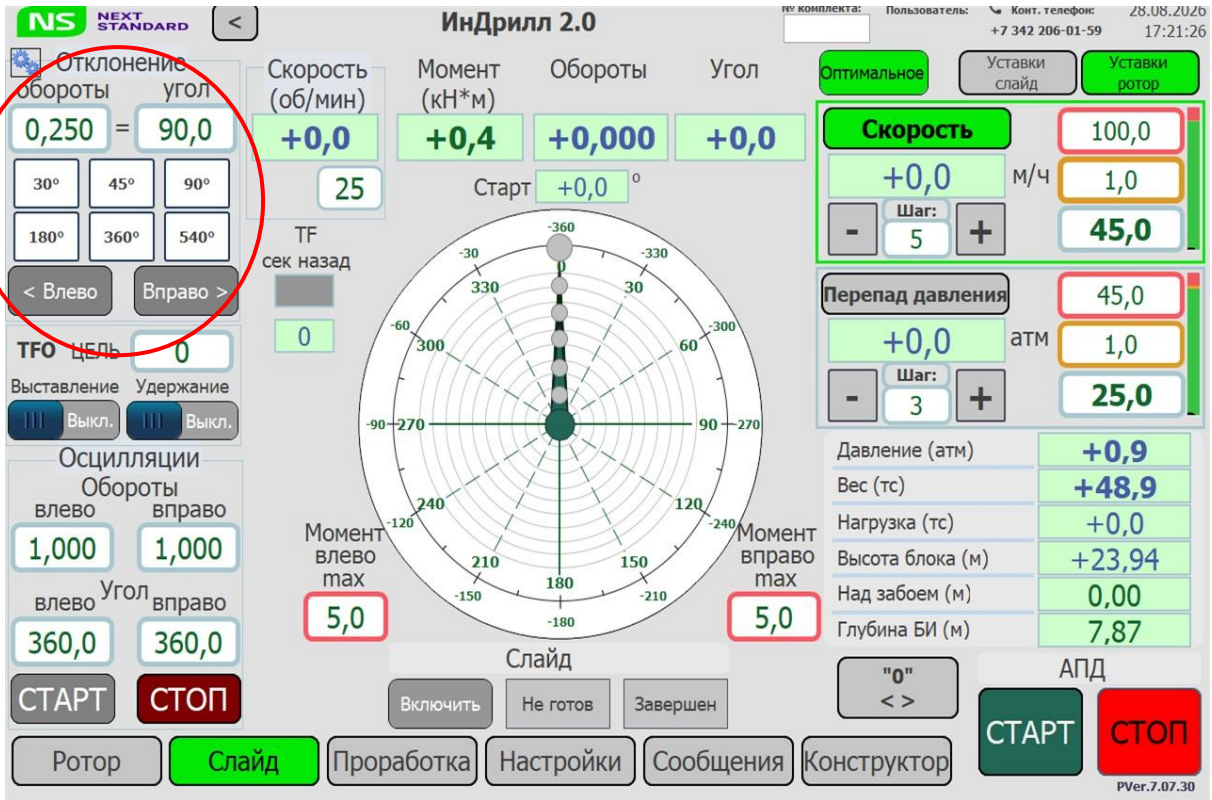

Рисунок 21. Подворотов

Для выполнения подворота оператору необходимо:

- осуществить перехват вращения СВП
- задать необходимое значение подворота;
- выбрать требуемое направление вращения (влево/вправо)
- подтвердить старт осцилляции кнопкой СТАРТ.

Также оператор может кликнуть на поле значения и вручную ввести требуемую величину подворота, если нужное значение отсутствует среди заранее заданных вариантов. Это удобно в случаях, когда требуется выполнить подворот на угол, отсутствующий в панели быстрого доступа.

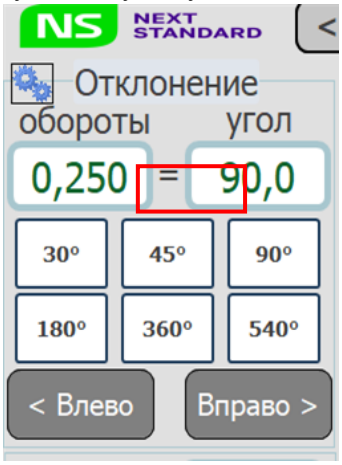

Рисунок 22.

5.13 Осцилляция

Функция осцилляции предназначена для контролируемого постоянного вращения бурильной колонны с заданными параметрами, чтобы снизить риск подвисаний/складываний инструмента и обеспечить более устойчивый подход к забою и работу в режиме слайдирования.

5.13.1 Настройка количества оборотов

В окне осцилляции оператор задает количество оборотов вправо и влево, которое система должна выполнить в каждом цикле. Осцилляция может работать как в двухстороннем режиме (поочередное вращение БК с выполнением циклов влево/вправо, согласно задания), так и в одностороннем режиме.

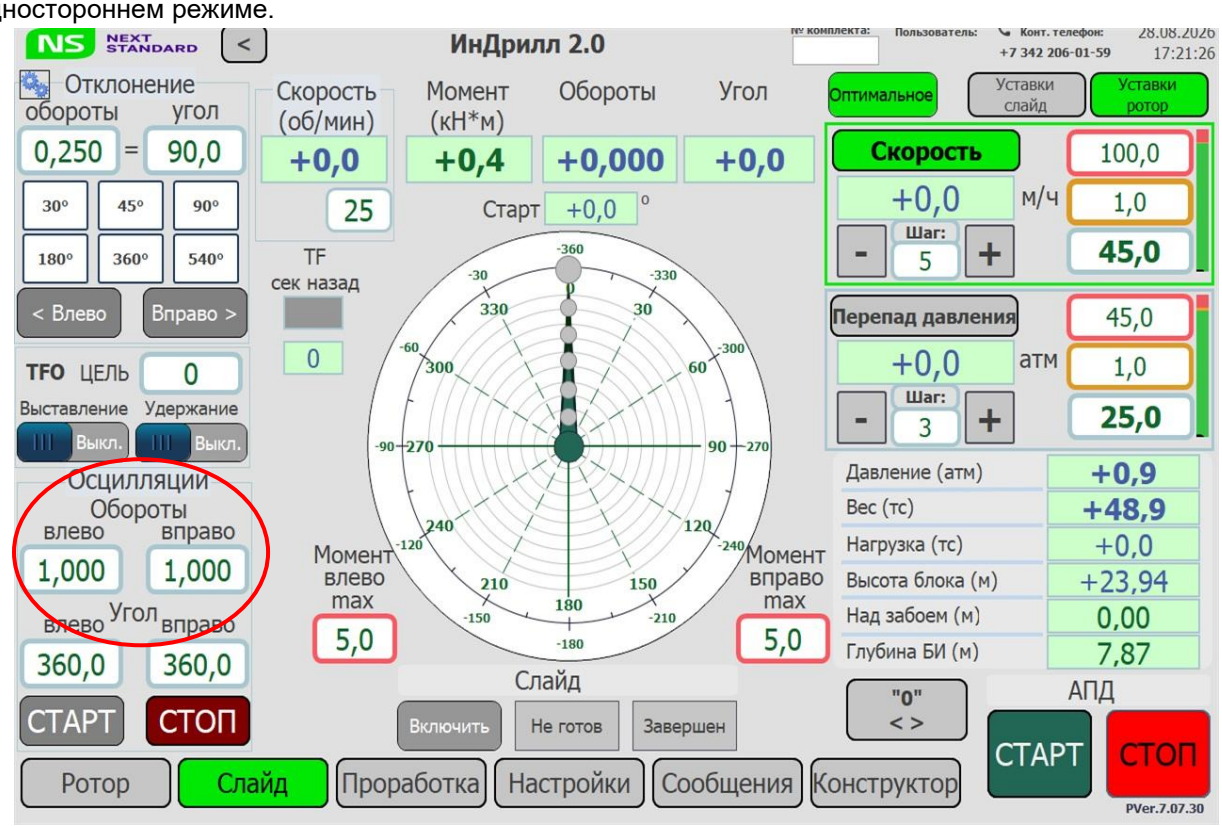

Рисунок 23. Количество оборотов осцилляции

В двухстороннем режиме задаются отличные от нуля значения количества оборотов как вправо, так и влево. В этом случае система последовательно выполняет вращение в одну сторону, затем в другую, в соответствии с заданными значениями.

Для перевода осцилляции в односторонний режим необходимо установить количество оборотов влево равным 0. При таком настроении осцилляция будет выполняться только в одну сторону, в соответствии с заданным количеством оборотов вправо.

Пояснение к заданию количества оборотов

Двухсторонний режим:

При задании значения «1 оборот вправо / 1 оборот влево» осцилляция выполняется по следующему алгоритму:

Система сначала выполняет один полный оборот вправо, тем самым отрабатывая задание по оборотам вправо. Затем выполняется один оборот влево, чтобы вернуть инструмент в исходное (нулевое) положение. После этого система делает ещё один оборот влево для выполнения задания по оборотам влево и далее выполняет один оборот вправо для возврата в нулевую точку, после чего продолжает работу в соответствии с заданными параметрами осцилляции.

Односторонний режим:

В одностороннем режиме, когда задано «0 оборотов влево» и «1 оборот вправо», система работает следующим образом. Она начинает из нулевой точки, выполняет один оборот вправо, после чего делает один оборот влево, чтобы вернуться в исходное (нулевое) угловое положение, и затем снова выполняет один оборот вправо для выполнения задания. Далее цикл повторяется по той же схеме.

ВАЖНО:

В штатном режиме максимально допускается задавать до 6 оборотов вправо и до 6 оборотов влево в одном цикле осцилляции. Увеличение этого значения выше 6 оборотов в любую сторону допускается только по отдельному согласованию с ответственным руководством или в соответствии с утверждённой методикой для конкретного объекта. Выставить значение больше 6 можно только при верхнеуровневой авторизации на панели HMI (ПНР/инженер по эксплуатации).

При работе в режиме осцилляции система учитывает все подвороты и отпускания, выполняемые в процессе слайдирования. Нулевая точка осцилляции не является фиксированной и может смещаться в зависимости от фактического положения колонны. Если в начале бурения нулевая точка совпадала, например, с положением 0°, и все обороты выполнялись относительно этого положения, то при дальнейшем слайдировании и подвороте, к примеру, на 90° вправо, нулевая точка так же сместиться. Новая нулевая точка для осцилляции будет уже соответствовать положению +90°, и система будет вести расчёт всех последующих циклов осцилляции с учетом этого смещения. Визуально данное положение нулевой точки отображается малой светло-зеленой стрелкой на экране Слайд.

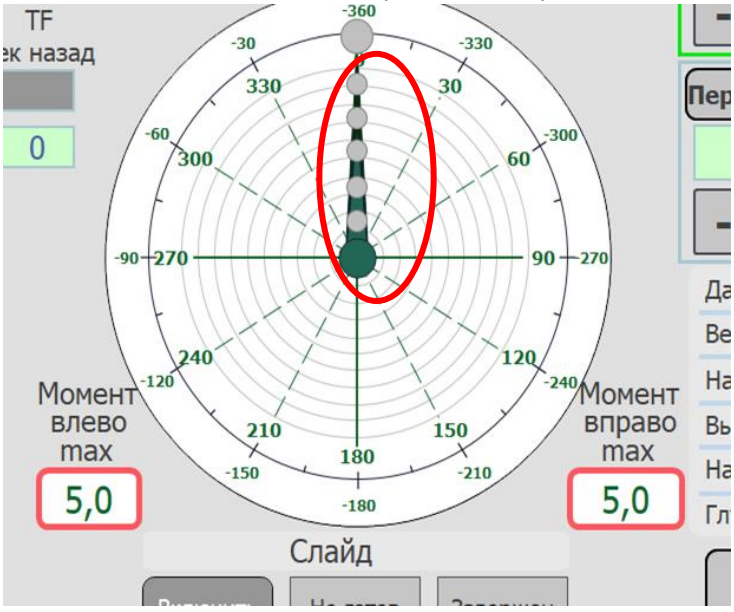

Рисунок 24. Текущее положение нулевой точки

Стандартно количество оборотов вправо равно количеству оборотов влево. Количество оборотов вправо может быть больше, чем количество оборотов влево. Это может использоваться в

ситуациях, когда требуется сформировать дополнительную «пружину» в колонне.
Количество оборотов влево никогда не может превышать количество оборотов вправо, чтобы не создавать избыточного проворота в сторону отворота БИ.

5.13.2 Настройка скорости вращения при осцилляции

Скорость вращения при осцилляции задается отдельно и определяет, с какой скоростью (об/мин) будет выполняться вращение БК в соответствии с заданным значением.

Рекомендуется подбирать скорость вращения исходя из технических характеристик верхнего привода, состояния компоновки и текущих геолого-технических условий. На практике скорость осцилляции устанавливается ниже скорости роторного бурения, чтобы обеспечить плавный проворот без резких динамических нагрузок, но при этом сохранить достаточную эффективность расхаживания.

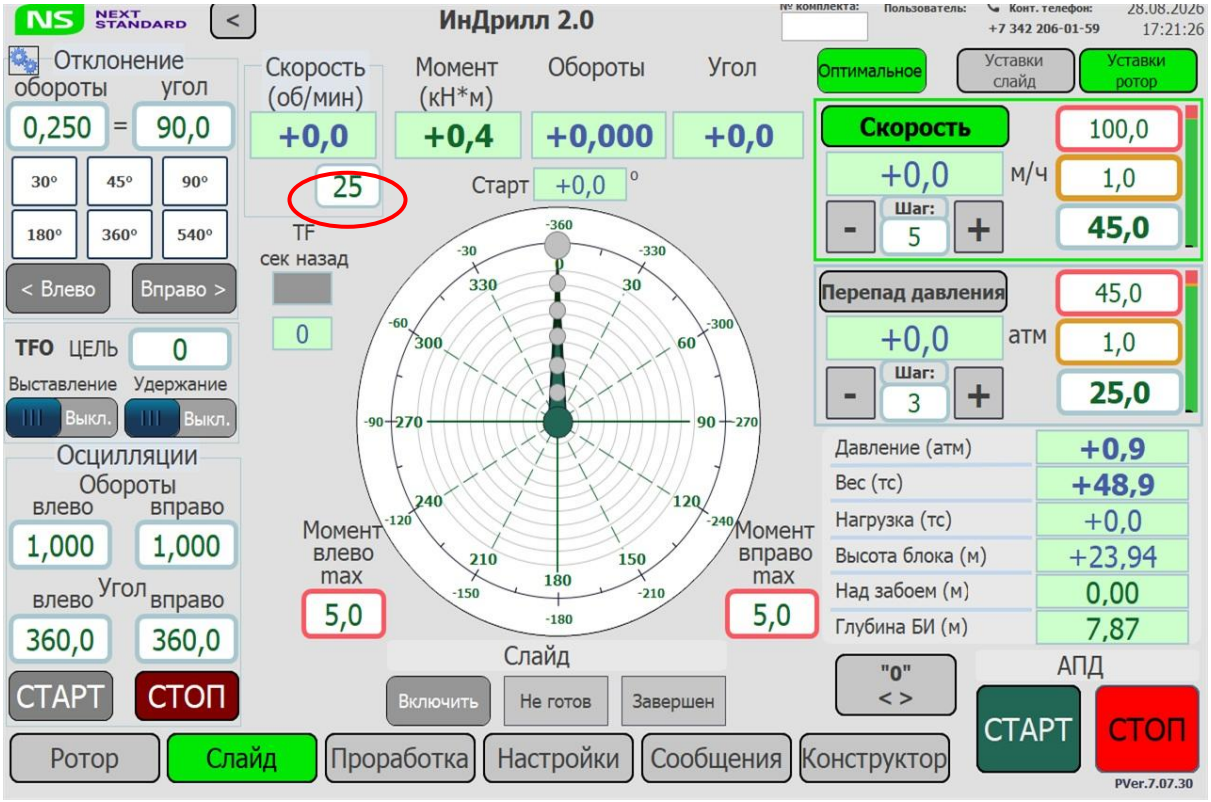

Рисунок 25. Задание скорости вращение при осцилляции

5.13.3 Ограничения по моменту осцилляции

Отдельным блоком в настройках осцилляции задаются ограничения по моменту вправо и влево. Эти параметры определяют предельные значения крутящего момента, при достижении которых система автоматически прекращает выполнение осцилляции.

Назначение ограничений по моменту:

- защита бурильной колонны и КНБК от перегрузки по крутящему моменту;
- предотвращение отворота наиболее слабых резьбовых соединений (БИ, переводников ВСП и других элементов);
- ограничение динамических нагрузок на элементы верхнего привода и КНБК.

При выборе предельных значений момента необходимо исходить из наиболее слабого элемента в компоновке по моменту. На практике рекомендуется задавать момент ВПРАВО на уровне не более 80% от максимально допустимого момента для самого слабого резьбового соединения, момент ВЛЕВО – 60%.

Такой запас обеспечивает дополнительную защиту от отворота при возможных кратковременных пиках.

Данные значения ограничений по моменту (80% вправо и 60% влево) в каждом конкретном случае обязательно подлежат согласованию с представителем РИГИНТЕЛ. Отнеситесь к настройке ограничений по моменту максимально серьезно: самостоятельное повышение предельных значений без предварительного согласования с представителями РИГИНТЕЛ запрещено.

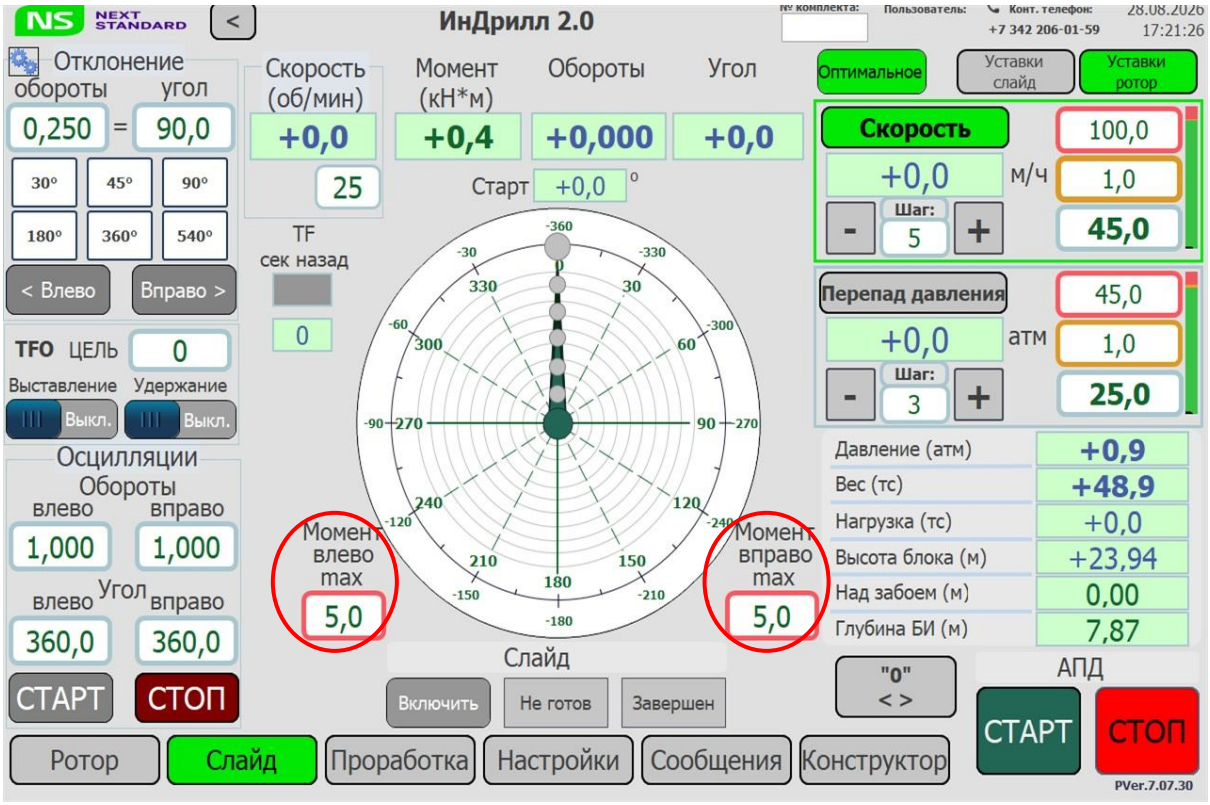

Рисунок 26. Ограничение по моменту осцилляции

Если в процессе осцилляции фактический момент вращения достигает установленного ограничения вправо или влево, система автоматически отключает функцию осцилляции и формирует на панели HMI соответствующее сообщение.

Порядок запуска осцилляции

Задать необходимые параметры осцилляции: количество полных оборотов вправо и влево, а также скорость вращения.

Убедиться, что корректно выставлены ограничения по моменту осцилляции (вправо и влево) и их значения согласованы в установленном порядке.

Выполнить перехват вращения в соответствующем окне, чтобы управление вращением было передано системе IR-OperBot.

После проверки всех параметров и перехвата вращения нажать кнопку «Старт» для запуска функции.

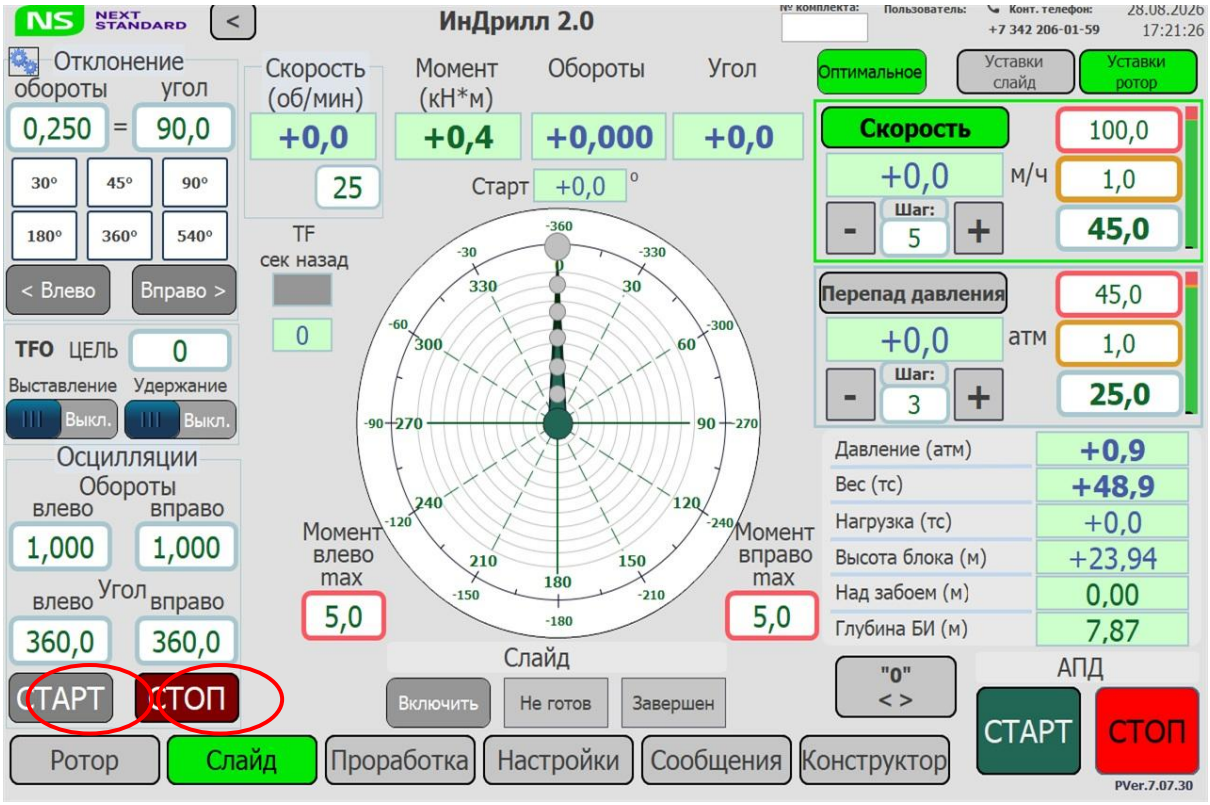

Рисунок 27. Кнопки СТАРТ/СТОП осцилляции

5.13.4 Рекомендации по запуску осцилляции

Запуск осцилляции рекомендуется выполнять над забоем. Практический порядок работы может быть следующим:

- предварительно расходить инструмент/выставиться и стабилизировать компоновку;
- остановиться ориентировочно за 1–1,5 м до расчетного забоя;
- задать параметры осцилляции по количеству оборотов, скорости и моменту;
- запустить осцилляцию и с активной функцией подходить к забою.

Такой порядок позволяет заранее включить непрерывное вращение колонны, снизить риск складывания инструмента и уменьшить накопление реактивного момента при касании долота забоя и начале работы в режиме слайда.

5.13.5 Рекомендации по остановке осцилляции

Останов осцилляции в штатном режиме выполняется кнопкой «Стоп» в левом нижнем углу экрана (смотри Рис.26)

После останова необходимо дождаться завершения текущего цикла и возврата положения КНБК в нулевую точку.

Только после этого допускается выполнять подрыв и последующее расхаживание.

При ручном останове осцилляции необходимо контролировать наличие накопленной пружины.

При автоматическом отключении осцилляции по превышению ограничений по моменту вправо или влево оператор должен руководствоваться сообщением системы и, при необходимости, выполнить доворот инструмента вправо на требуемый угол.

Во избежание отворота дальнейшее расхаживание допускается выполнять только после выполнения необходимого подворота.

Использование осцилляции на подъем не рекомендуется; функция должна применяться в режиме бурения

5.13.6 Рекомендации по подбору режимов осцилляции

Таблица представляет собой режимно-технологическую карту осцилляции IR-OperBot и содержит рекомендуемые значения количества полных оборотов и скорости вращения по интервалам глубины для

различных участков скважины. Карта носит рекомендательный характер, поскольку режимы осцилляции подбираются эмпирически и зависят от большого числа факторов (состояние ствола, профиль, коэффициенты трения, КНБК и др.), поэтому в каждом конкретном случае окончательные параметры работы должны подбираться оператором по фактическому состоянию скважины.

Обсадная колонна	Глубина по стволу			IR-Operbot Осцилляция (при бурении в слайде)		
	От	До	Интервал	Зенитный угол	Количество полных оборотов	
				Градусы	Обороты	Градусы
Ø 178	*Эксплуатационная колонна*					
	2500	2600	100	-	-	-
	2600	2700	100	40	1	360
	2700	2800	100	45	1	360
	2800	2900	100	51	1	360
	2900	3000	100	56	2	720
	3000	3100	100	61	2	720
	3100	3200	100	67	3	1080
	3200	3300	100	75	3	1080
	3300	3400	100	82	4	1440
	3400	3500	44	90	4	1440
Ø 152	*Хвостовик*					
	3500	3600	100	90	1	360
	3600	3700	100	90	2	720
	3700	3800	100	90	2	720
	3800	3900	100	90	2	720
	3900	4000	100	90	3	1080
	4000	4100	100	90	3	1080
	4100	4200	100	90	4	1440
	4200	4300	100	90	4	1440
	4300	4400	100	90	4	1440
	4400	4500	100	90	5	1800
	4500	4600	100	90	5	1800
	4600	4700	100	90	5	1800
	4700	4800	100	90	5	1800
	4800	4900	100	90	6	2160
	4900	5000	156	90	6	2160

Рисунок 28. Рекомендация по подбору режимов

6 Проработка

6.1 Назначение режима

Режим «Проработка» предназначен для расхаживания бурильного инструмента в заданном диапазоне с контролем скорости, нагрузки, перепада давления и момента. Режим используется как подрежим режима «Бурение» и доступен только при активном режиме «Бурение».

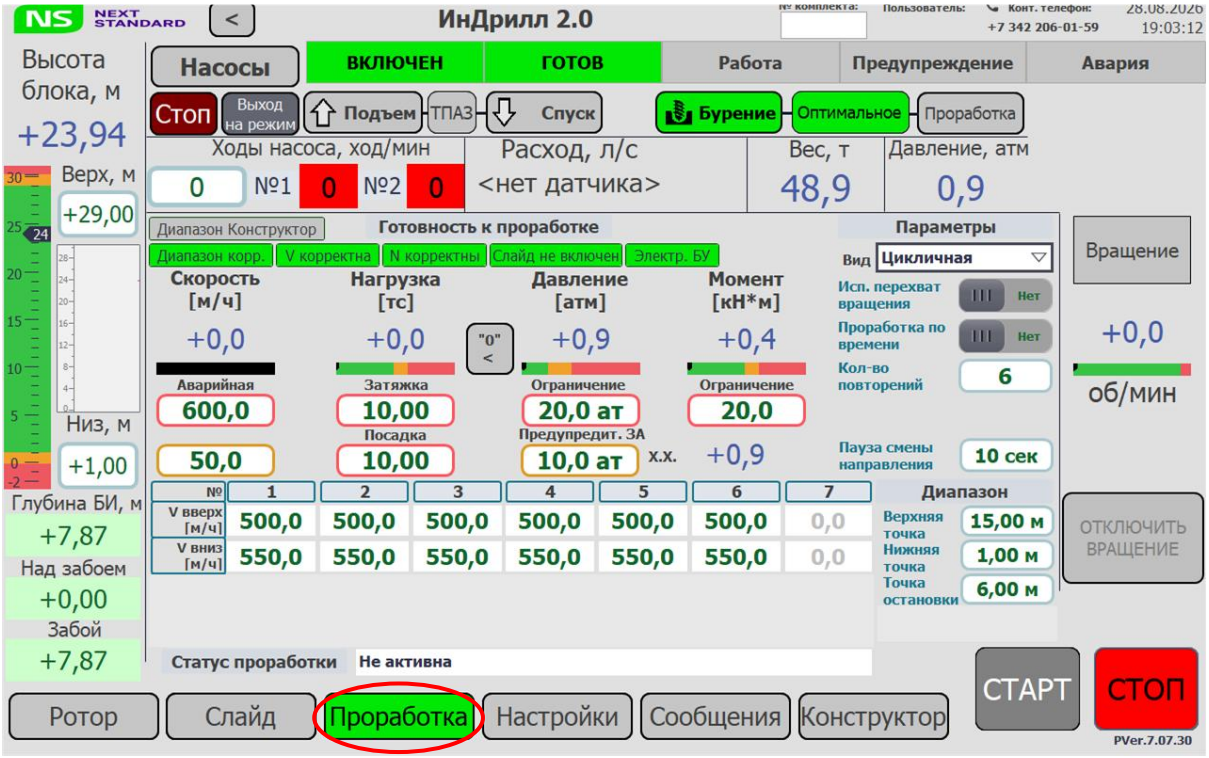

Рисунок 29. Окно «Проработка»

Режим «Проработка» не может использоваться одновременно с режимами «Оптимальное бурение», «Демпфер» и «УМЭ». Если выбран режим «Подъем» или «Спуск», кнопка включения режима «Проработка» недоступна.

6.2 Условия включения режима

Перед запуском режима бурильщик должен убедиться в исправной работе АПД и СВП. До начала работы необходимо собрать готовность АПД, при которой активна кнопка «СТАРТ» (смотри Рис.9), а также собрать готовность СВП либо предварительно включить роторное вращение с главного окна АПД.

Перед запуском режима необходимо выполнить обнуление нагрузки. После этого следует выбрать режим «Бурение» и активировать подрежим «Проработка».

6.3 Настройка режима

Перед запуском должны быть заданы основные технологические параметры режима: аварийная и предупредительная границы скорости, границы нагрузки при движении вверх и вниз(затяжка/посадка), ограничение перепада давления и ограничение момента.

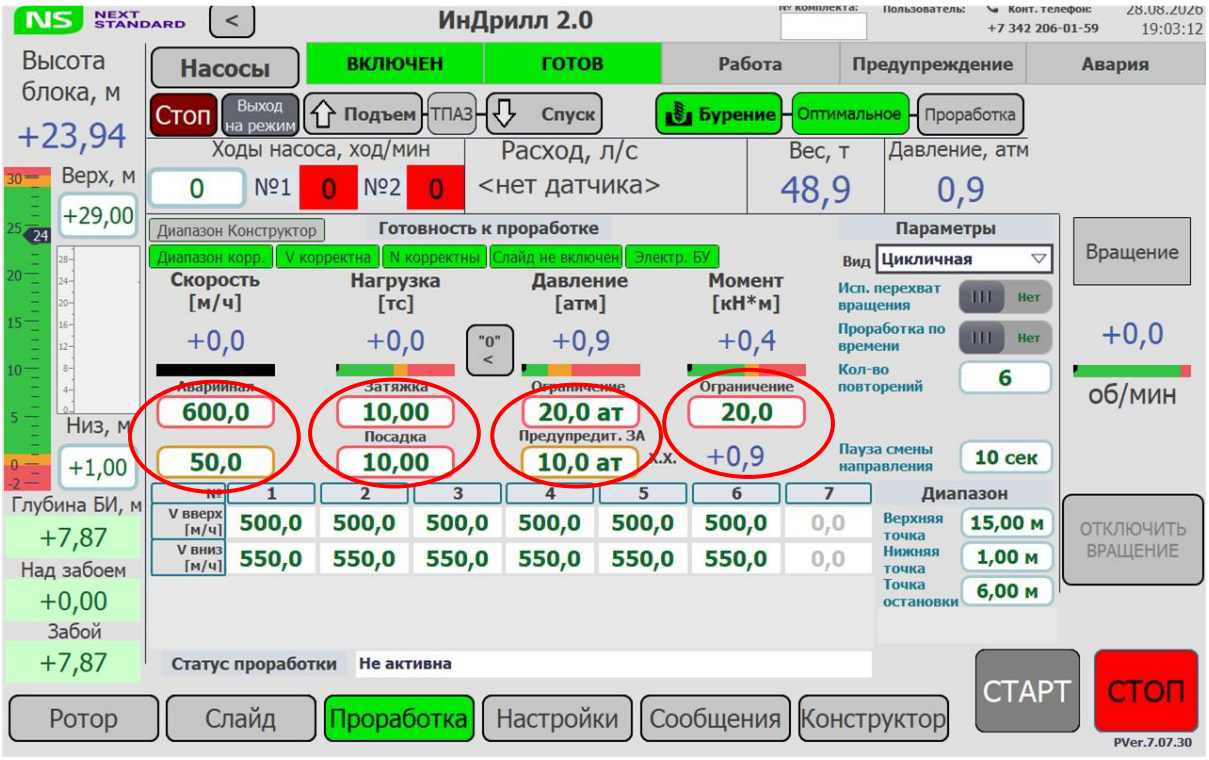

Рисунок 30. Ограничения по параметрам

При превышении аварийной границы (красной) скорости/нагрузки/давления/момента система останавливает АПД по аварии. При достижении предупредительных зон (желтых) система переходит в предупреждение и начинает снижать подачу.

Граница нагрузки при движении вверх используется как защита от затяжки, а граница при движении вниз — как защита от посадки. Предупредительная зона по нагрузке рассчитывается автоматически и составляет 20% от аварийной границы.

6.4 Задание диапазона проработки

При цикличной проработке должны быть заданы верхняя точка, нижняя точка и точка остановки. Верхняя точка определяет максимальное положение блока при движении вверх и не может быть выше верхнего ограничения, установленного на главном экране АПД.

Нижняя точка определяет минимальное положение блока при движении вниз и не может быть ниже нижнего ограничения, установленного на главном экране АПД. Точка остановки определяет положение, в котором блок должен остановиться после завершения проработки, и не может находиться ниже нижней точки.

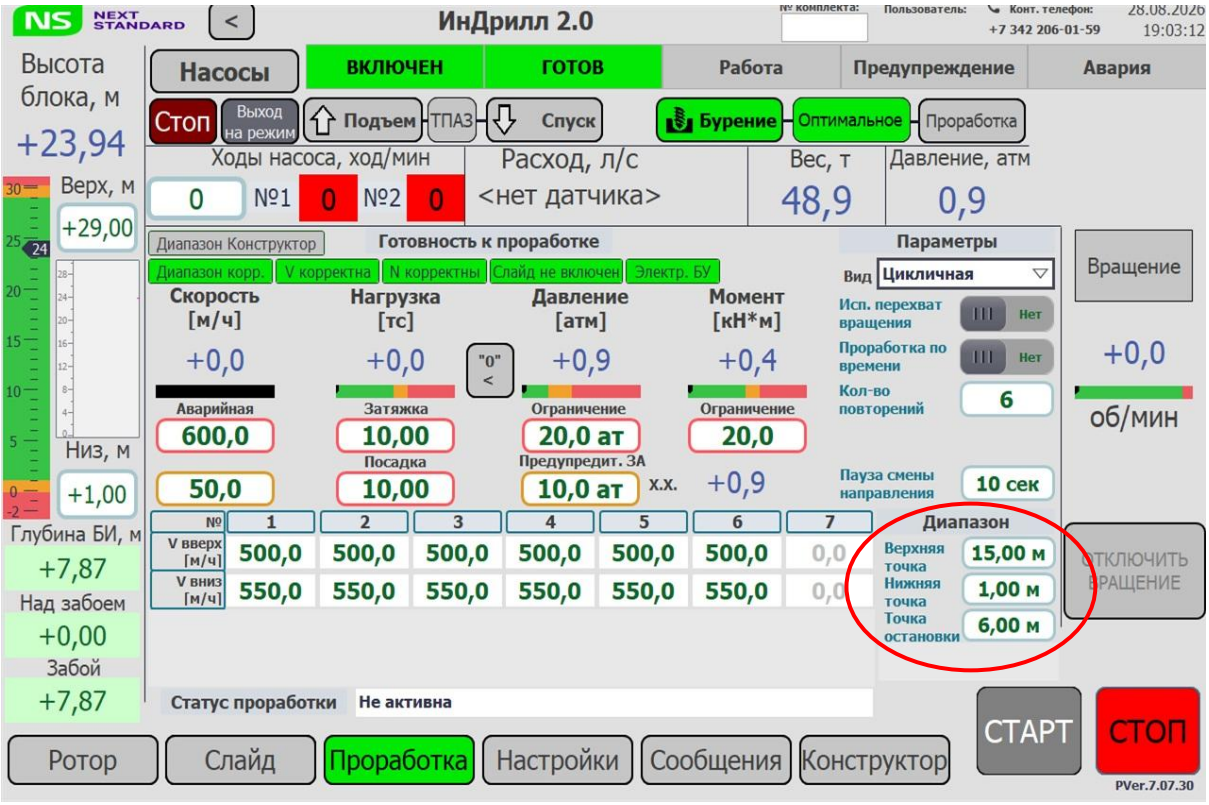

Рисунок 31. Диапазон по крайним точкам остановки

Если выбрана проработка только вверх или только вниз, задается целевая точка. При движении вверх целевая точка не может быть ниже текущего положения блока, а при движении вниз — выше текущего положения блока.

6.5 Работа с вращением

В режиме «Проработка» может использоваться перехват управления вращением СВП. Если параметр использования перехвата вращения отключен, после запуска режима блок начинает движение по заданным параметрам скорости без перехвата управления СВП.

Если параметр использования перехвата включен, перед запуском система выводит окно подтверждения перехвата управления и запуска вращения. После подтверждения система выводит вращение на заданные обороты, а затем начинает движение блока по заданному алгоритму.

Если перехват управления СВП уже был ранее выполнен и активен, повторное подтверждение не требуется.

6.6 Проработка по циклам или по времени

При цикличной проработке бурильщик может выбрать выполнение по количеству повторений или по времени. Если режим работы по времени отключен, необходимо задать количество повторений, и система выполнит заданное число циклов подъема и спуска в установленном диапазоне.

Если включена проработка по времени, необходимо задать продолжительность работы режима. В этом случае система будет выполнять циклы подъема и спуска в течение заданного времени.

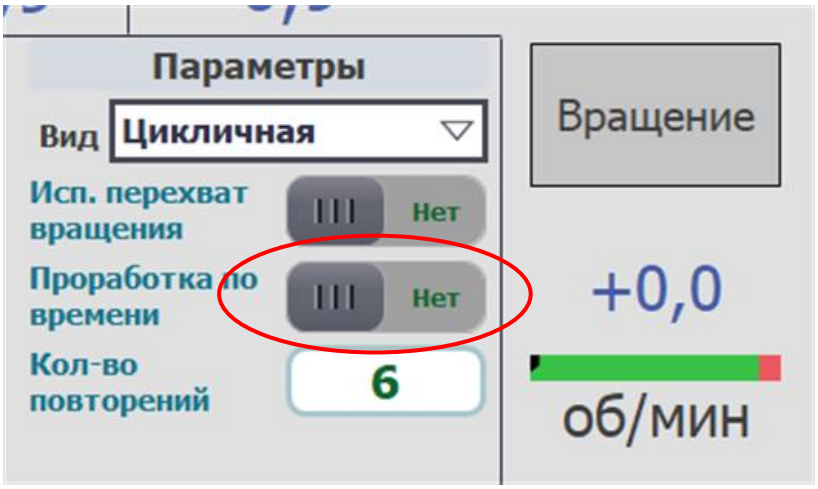

Рисунок 32. Активация проработки по времени

6.7 Готовность режима

Перед запуском бурильщик должен убедиться, что готовность режима «Проработка» собрана. Готовность режима считается собранной, если корректно заданы диапазон проработки, значения скорости и оборотов, режим «Слайд» не активен, а в настройках готовности АПД выбран тип буровой установки «Электрическая».

При отсутствии хотя бы одного из указанных условий запуск режима не допускается.

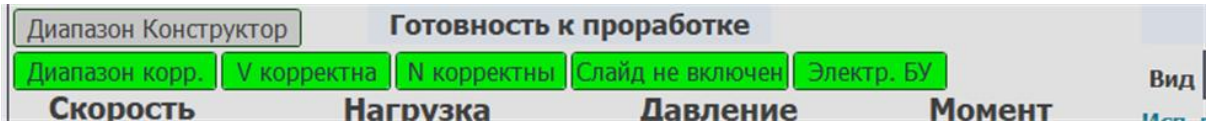

Рисунок 33. Обзор готовности системы к проработке

6.8 Запуск режима

После выполнения всех настроек и проверки готовности бурильщик нажимает кнопку «СТАРТ». После нажатия кнопки система запускает режим «Проработка» в соответствии с заданным диапазоном, скоростями, количеством повторений либо временем работы.

Во время работы бурильщик должен контролировать текущие значения скорости, нагрузки, перепада давления и момента.

Рисунок 34. Кнопки СТАРТ/СТОП

6.9 Пауза и остановка

Пауза режима «Проработка» происходит при:

- нажатии кнопки «СТОП»
- при потере готовности АПД
- при отключении вращения с главного экрана
- при превышении текущего давления над холостым давлением на заданную величину.

При наступлении одного из указанных событий движение блока к заданной точке прекращается. Если остановка произошла в режиме паузы, текущая итерация сохраняется, а при повторном нажатии кнопки «СТАРТ» работа продолжается с того момента, на котором была остановлена.

В случаях отключения вращения, превышения момента СВП, нажатия аварийной кнопки либо выключения системы с пульта АПД вращение отключается.

6.10 Завершение режима

Режим «Проработка» считается завершенным после выполнения всех итераций с переводом блока в точку остановки, после истечения заданного времени проработки, при достижении целевой точки либо при смене режима «Проработка» на любой другой режим.

После штатного завершения движение крюкоблока прекращается. После завершения текущая итерация сбрасывается, и при повторном включении режима выполнение начинается с первой итерации.

6.11 Особенности работы

При смене направления движения между итерациями система выдерживает паузу, необходимую для снижения перегрузок и уменьшения риска повреждения инструмента. В течение этой паузы вращение сохраняется с параметрами предыдущего участка, после чего переводится на параметры следующего участка движения.

В системе предусмотрены полная и сокращенная проработка. При полной проработке на последнем спуске колонна доходит до забоя, а при сокращенной — останавливается в точке останова.

6.12 Автообнуление веса/автовзвешивание

В режиме «Проработка» может использоваться функция автообнуления веса. Функция отслеживает вес бурового инструмента в зависимости от направления движения и наличия вращения и рассчитывает средние значения веса для разных режимов движения.

Для корректной работы функции должны быть заданы параметры автообнуления, а также должны отсутствовать значения, выделенные красным цветом. Параметр «Расстояние нечувствительности» задает участок у крайних верхней и нижней точек, на котором вычисление веса не выполняется.

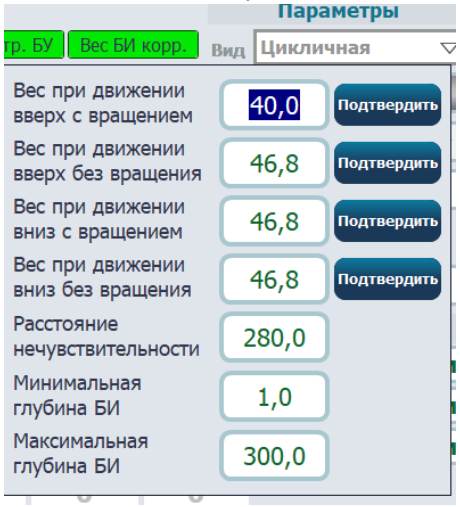

Рисунок 35. Параметры автообнуления веса (готовность автообнуления собрана)

Параметры «Минимальная глубина БИ» и «Максимальная глубина БИ» используются для первичного запуска функции автообнуления веса.

6.13 Действия бурильщика

Перед запуском режима бурильщик обязан проверить корректность введенных диапазонов, скоростей, ограничений и параметров вращения. Во время работы режима бурильщик обязан контролировать изменение нагрузки, перепада давления, момента и скорости.

При появлении предупреждений, нестабильной работе оборудования или остановке режима бурильщик должен оценить причину остановки и только после этого принимать решение о повторном запуске.

7 Режим «Подъем»

7.1 «Подъем»

Режим «Подъем» используется при выполнении спуско-подъемных операций. Также режим может использоваться для расхаживания инструмента при необходимости подъема бурильной колонны вверх в заданных пределах.

7.2 Управление режимом

Основным параметром управления в режиме «Подъем» является скорость. Для данного параметра оператор задает уставку, предупреждение и ограничение.

В режиме «Подъем» движение осуществляется только вверх, в сторону верхней крайней точки. Работа режима продолжается до остановки оператором либо до достижения верхнего ограничения по высоте блока.

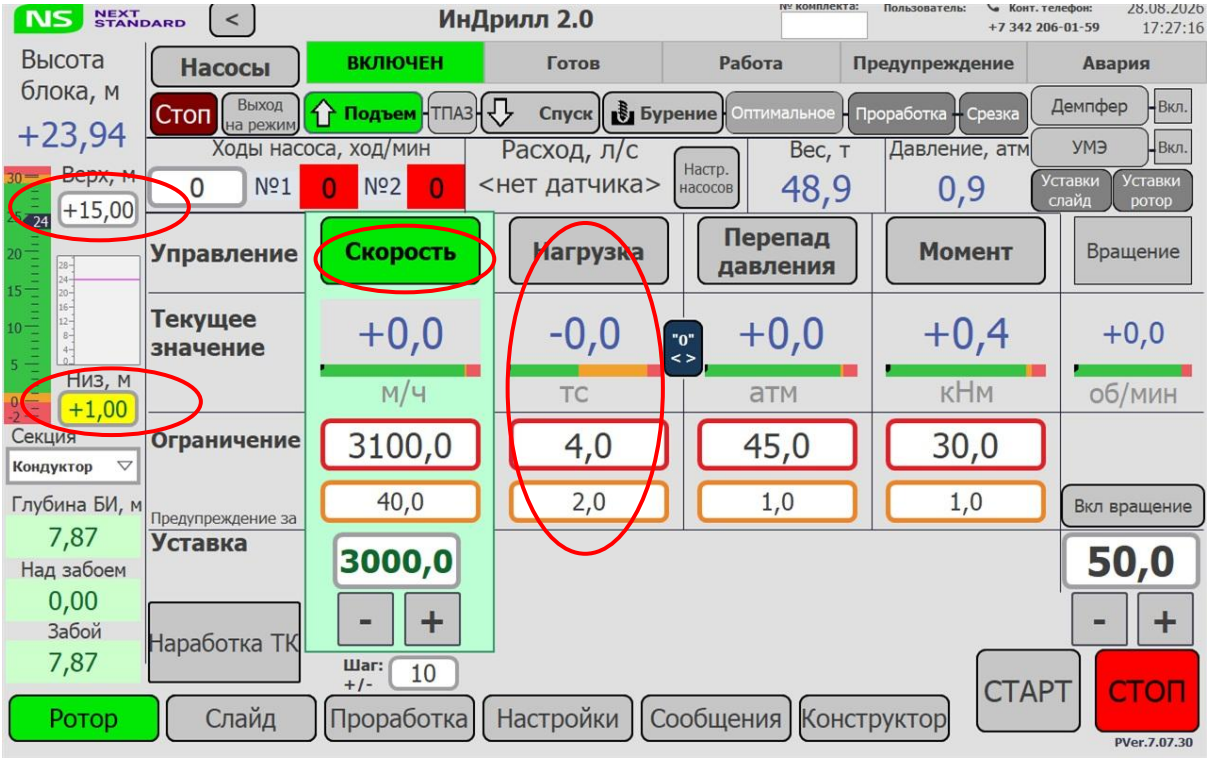

Рисунок 36. Окно «Подъем»

Примечание: Логика работы режима «Подъем» в части обработки уставок, предупреждений и ограничений аналогична логике режима «Бурение». Система стремится поддерживать заданную уставку по скорости до тех пор, пока остальные контролируемые параметры находятся в допустимых пределах.

При входе контролируемого параметра в зону предупреждения система начинает затормаживать движение, чтобы не допустить резкого выхода на ограничение. При достижении зоны ограничения происходит полная остановка, управление передается бурильщику, а на панели HMI выводится соответствующее сообщение.

При работе в режиме «Подъем» оператору необходимо контролировать не только скорость, но и другие параметры. В первую очередь следует обращать внимание на нагрузку, которая в данном режиме фактически выполняет функцию контроля затяжки, а также на перепад давления и момент

7.3 Контроль нагрузки

При работе в режиме «Подъем» параметр нагрузки выполняет функцию контроля затяжки. Для нагрузки также используются зоны предупреждения и ограничения: предупредительная зона отображается желтым цветом, зона ограничения — красным.

7.4 Крайние точки

Перед запуском режима оператор должен проверить корректность задания нижней и верхней крайних точек, отображаемых в левой верхней части экрана. Неправильно заданные крайние точки могут привести к выходу талевого блока за допустимый рабочий диапазон как вниз, так и вверх.

Верхняя крайняя точка должна быть задана таким образом, чтобы исключить подъем талевого блока выше допустимого положения. Нижняя крайняя точка должна быть задана таким образом, чтобы исключить касание ВСП/элеватора стола ротора или клиньев ПКР.

7.5 Подготовка к запуску

В режиме «Подъем» функция автообнуления веса не используется. Поэтому перед запуском оператор должен выполнить обнуление с помощью соответствующей кнопки, расположенной в центральной части экрана.

Перед стартом режима оператор также должен убедиться в корректности уставки скорости, значений предупреждения и ограничения, а также в правильности отображения текущего положения блока.

8 Режим «Спуск»

8.1 Назначение режима

Режим «Спуск» используется для проведения спуско-подъемных операций при движении инструмента вниз. Также режим может применяться для контролируемого перемещения инструмента вниз в пределах заданного диапазона.

8.2 Управление режимом

Основным параметром управления в режиме «Спуск» является скорость. В данном режиме оператор задает уставку скорости, предупреждение и ограничение.

В режиме «Спуск» система работает только по параметру скорости, а переключатели других режимов управления для данного режима не используются. Движение осуществляется только вниз, в сторону нижней крайней точки.

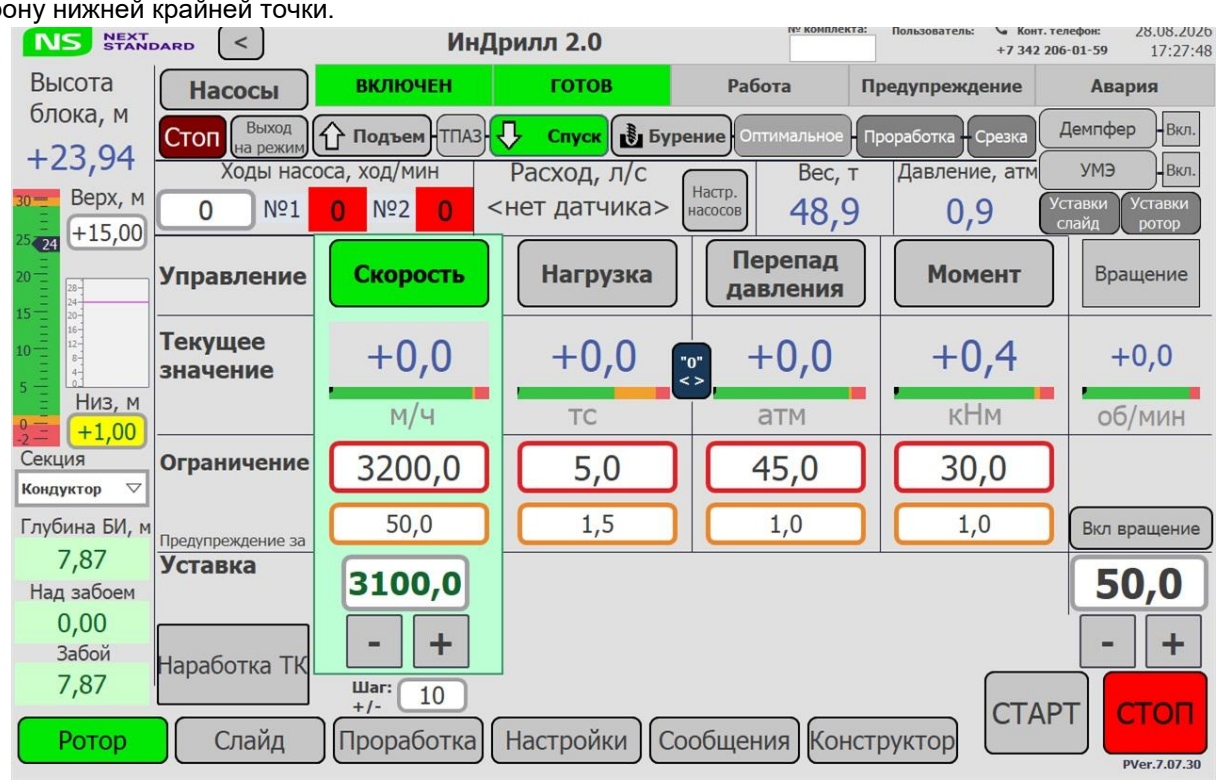

Рисунок 37.Окно «Спуск»

8.3 Контроль параметров

Логика работы режима «Спуск» в части обработки уставок, предупреждений и ограничений аналогична логике режима «Бурение». Система стремится поддерживать заданную уставку по скорости до тех пор, пока контролируемые параметры находятся в допустимой зоне.

При входе параметра в зону предупреждения система начинает снижать интенсивность движения. При дальнейшем росте параметра и достижении зоны ограничения система выполняет полную остановку, выводит соответствующее сообщение на панели HMI и передает управление бурильщику.

При использовании режима «Спуск» оператору необходимо контролировать не только скорость, но и другие параметры системы. В первую очередь следует обращать внимание на нагрузку, которая в данном режиме выполняет функцию контроля посадки, а также на перепад давления и момент.

8.4 Крайние точки

Перед запуском режима оператор должен проверить корректность задания верхней и нижней крайних точек, отображаемых в левой верхней части экрана. Неправильно заданные крайние точки могут привести к выходу талевого блока за допустимый рабочий диапазон перемещения.

8.5 Подготовка к запуску

Перед запуском режима оператор должен проверить корректность уставки скорости, значений предупреждения и ограничения, а также фактическое положение блока. Дополнительно необходимо убедиться, что контролируемые параметры находятся в рабочем диапазоне и на панели отсутствуют активные аварийные сообщения.

Если в используемой логике режима «Спуск» автообнуление не предусмотрено, перед началом работы необходимо вручную выполнить требуемое обнуление в соответствии с текущей операцией и состоянием инструмента. Кнопка обнуления в системе используется для сброса текущих значений нагрузки и перепада давления до 0.

9 Функция ТПАЗ при СПО

9.1 Назначение

Функция ТПАЗ является вспомогательной функцией системы IR-OperBot и предназначена для своевременного предотвращения прихватов бурового инструмента во время выполнения спуско-подъемных операций. Функция используется в режимах «Спуск» и «Подъем» и позволяет автоматически контролировать признаки посадки и затяжки во время движения инструмента.

9.2 Включение функции

Для включения функции ТПАЗ необходимо в режиме «Спуск» или «Подъем» нажать кнопку «ТПАЗ». После включения кнопка подсвечивается ярко-зеленым цветом, а на главном экране появляются параметры, связанные с определением посадки и затяжки: диапазоны определения, значение веса вира/майна и текущее значение посадки или затяжки.

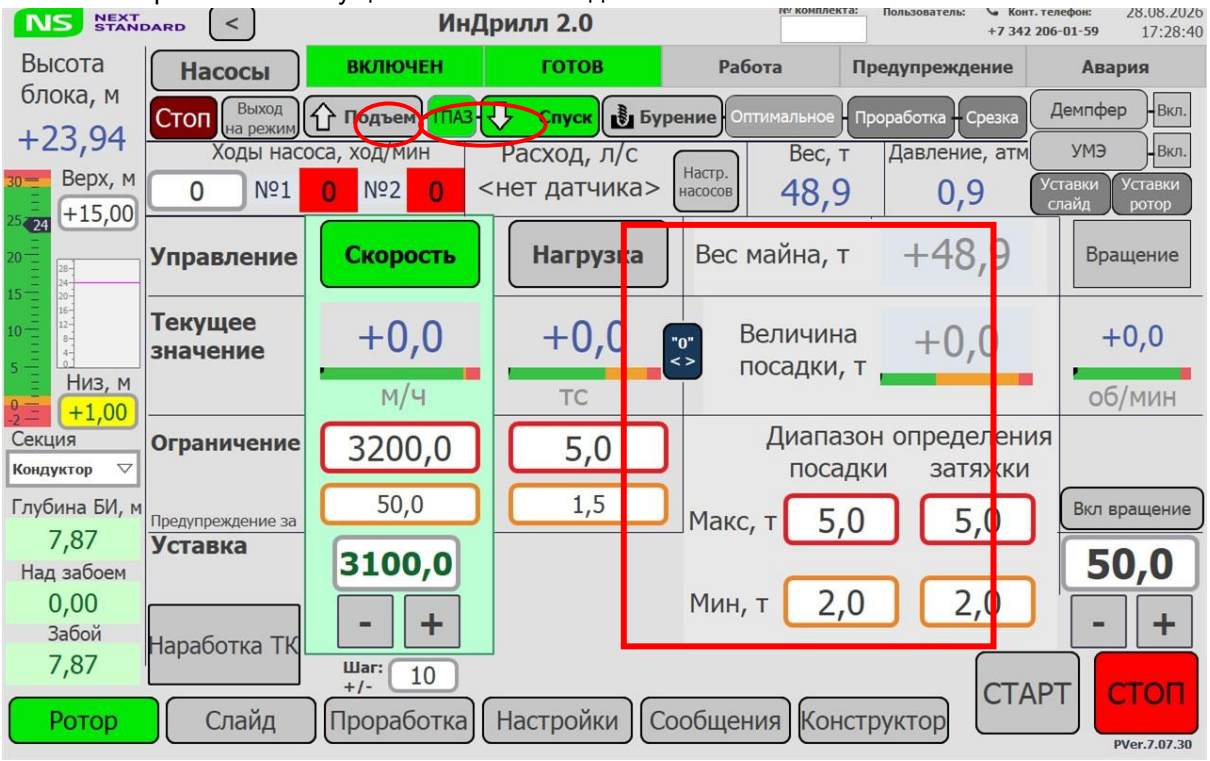

Рисунок 38. Окно «Спуск» с включенным режимом ТПАЗ

9.3 Автовзвешивание при старте

Основная особенность функции ТПАЗ заключается в том, что при нажатии кнопки «Старт» система автоматически выполняет определение веса на вира или майна. Поэтому при работе с включенным ТПАЗ в режимах «Спуск» и «Подъем» отдельное предварительное нажатие кнопки обнуления не требуется.

После нажатия кнопки «Старт» система начинает движение и в течение короткого промежутка времени выполняет автоматическое взвешивание. В режиме «Спуск» в этот момент определяется вес майна, а в режиме «Подъем» — вес вира, относительно которого далее рассчитываются посадка или затяжка.

Определенное значение отображается в отдельном окне: при спуске — «Вес майна», при подъеме — «Вес вира». Пока определение веса не завершено, оператор должен учитывать, что функции требуется некоторое время на инициализацию, поэтому ограничение по нагрузке должно быть выставлено с запасом, чтобы с одной стороны избежать ложной аварийной остановки, а с другой — не допустить прихвата инструмента.

9.4 Контроль посадки и затяжки

После автоматического определения веса фоны окон веса и величины посадки/затяжки меняются с серого на светло-зеленый цвет. Это означает, что функция ТПАЗ активна и начала полноценно контролировать признаки прихвата инструмента.

В режиме «Спуск» система контролирует величину посадки. В режиме «Подъем» система контролирует величину затяжки. При достижении зоны предупреждения (желтая зона) система начинает ограничивать задание скорости буровой лебедки пропорционально величине посадки или затяжки вплоть до полной остановки.

На экране также отображается отдельное окно величины посадки/затяжки, а диапазоны определения посадки и затяжки могут быть заданы отдельно. Эти диапазоны допускается настраивать независимо от стандартного окна нагрузки, однако их значения необходимо устанавливать в соответствии с технологическими режимами и требованиями безопасного проведения работ.

9.5 Завершение работы режима

Работа алгоритма с включенной функцией ТПАЗ продолжается до достижения крайней точки выбранного режима, до нажатия кнопки СТОП, либо до остановки по условиям входа в аварийную (красную) зону. В режиме «Спуск» работа завершается при достижении нижней крайней точки, а в режиме «Подъем» — при достижении верхней крайней точки.

Если во время работы возникает посадка или затяжка выше допустимого уровня, система сначала снижает скорость движения, а затем при необходимости останавливает лебедку. При превышении максимально допустимого значения и сохранении этого состояния дольше заданной задержки система выдает аварийное сообщение и прекращает работу.

9.6 Дополнительные настройки

Функция ТПАЗ имеет дополнительные настройки усиления тормоза и задержки отключения, которые находятся в окнах настроек режимов спуска и подъема. Параметр «усиление тормоза» определяет, насколько раньше относительно максимальной границы система будет доводить лебедку до полной остановки, не дожидаясь достижения предельного значения посадки или затяжки.

Параметр «задержка отключения» задает время, в течение которого система не будет сразу отключаться при достижении максимального значения посадки или затяжки. Это позволяет отфильтровать кратковременные помехи сигнала и избежать ложных остановок, поэтому не рекомендуется устанавливать нулевое значение задержки. Для корректировки данных настроек – обратиться к представителю компании «РИГИНТЕЛ».

9.7 Действия бурильщика

При работе с функцией ТПАЗ бурильщик должен контролировать:

- корректность выбранного режима («Спуск» или «Подъем»);
- правильность заданных диапазонов определения посадки и затяжки;
- значения веса майна или веса вира, определенных системой после старта;
- текущую величину посадки или затяжки в процессе движения инструмента.

Перед началом работы необходимо убедиться, что ограничения выставлены с учетом технологических условий конкретной операции. Слишком малое ограничение может привести к преждевременной аварийной остановке, а слишком большое — к риску пропуска опасного роста посадки или затяжки.

10 . Режим «Демпфер»

10.1 Назначение режима

Режим «Демпфер» предназначен для регулирования частоты вращения СВП с целью поддержания постоянного усредненного значения момента в соответствии с заданной уставкой. Уставка момента задается на главном экране системы.

10.2 Подготовка и включение

Для использования режима «Демпфер» необходимо предварительно собрать готовность в разделе «Настройки – Демпфер». После этого на главном экране окна «Ротор» нужно включить режим «Демпфер» и запустить вращение СВП нажатием кнопки «Вкл вращение».

При использовании данного режима управление вращением СВП должно быть передано системе IR-OperBot. Без перехвата вращения работа режима «Демпфер» невозможна.

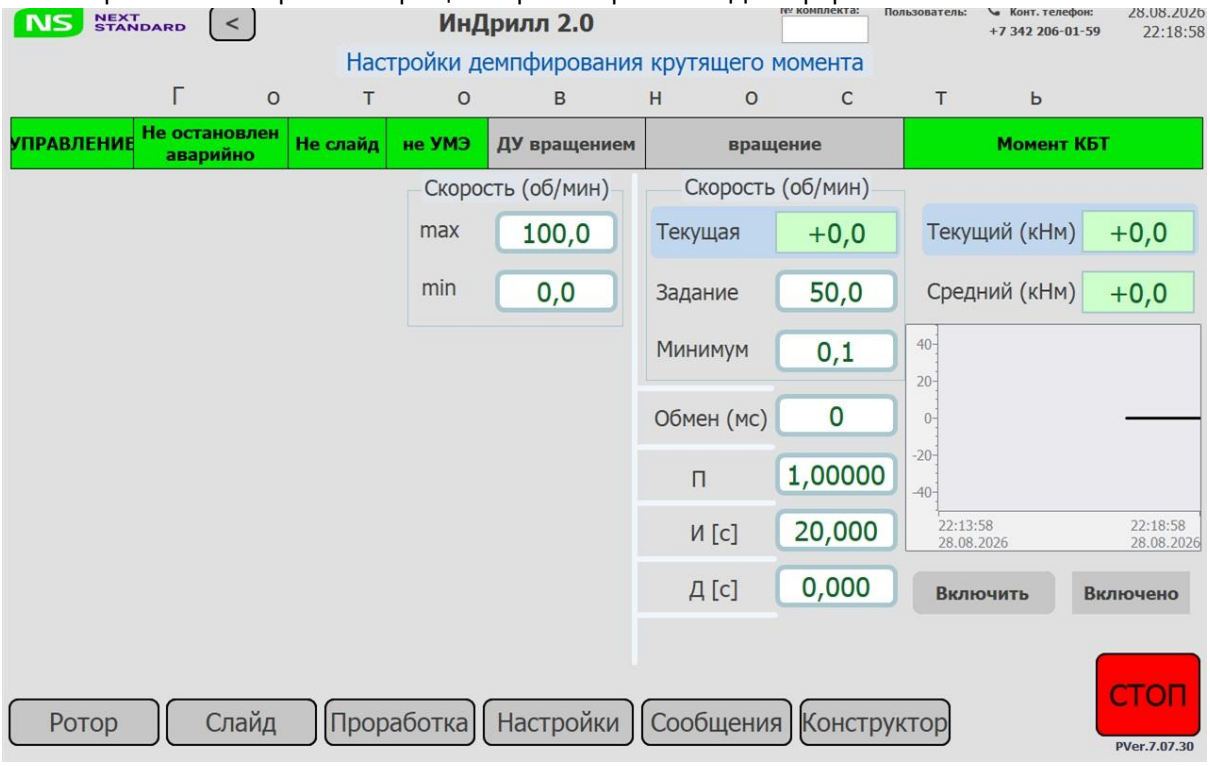

Рисунок 39. Окно настроек демпфирования

О запуске режима сигнализирует индикатор «Вкл», который должен загореться ярко-зеленым цветом (находится в правом верхнем углу экрана окна «Ротор»)

Рисунок 40. Статус демпфера - включен

10.3 Основные настройки

В полях «Задание» и «Минимум» задаются максимальная и минимальная допустимые скорости вращения КБТ. Если на главном экране будет задана скорость выше или ниже этих значений, система автоматически примет ближайшее допустимое ограничение.

Поле «Задание» показывает рабочую уставку скорости вращения, соответствующую текущему заданию на главном экране. Если заданная скорость окажется ниже минимально допустимой, режим «Демпфер» отключится, а в окне сообщений появится запись о том, что заданная скорость ниже минимальной.

Поле «Минимум» обозначает нижний порог скорости вращения КБТ, до которого система может снизить обороты при увеличении момента. Поле «Обмен (мс)» задает интервал времени, через который система выполняет анализ текущего значения момента.

10.4 Работа режима

Во время работы режим «Демпфер» анализирует момент и корректирует скорость вращения СВП так, чтобы удерживать усредненное значение момента на заданном уровне. При росте момента система может снижать скорость вращения в пределах заданных ограничений.

Бурильщику при работе в этом режиме необходимо контролировать фактические обороты, текущий момент и сообщения системы. Все ограничения по скоростям вращения должны задаваться в соответствии с технологическими параметрами буровой установки и требованиями безопасного ведения работ.

10.5 Когда рекомендуется применять режим

Режим «Демпфер» рекомендуется использовать в тех случаях, когда при бурении, наблюдается работа вблизи критических значений по моменту и требуется более плавное регулирование оборотов СВП. В этих условиях демпфирование помогает удерживать усредненный момент ближе к заданной уставке и снижать резкие колебания режима вращения.

Применение режима особенно целесообразно, когда на компоновку действуют повышенные вибрационные нагрузки, а также когда наблюдается нестабильное поведение КНБК по моменту. Режим может быть полезен при работе в осложненных интервалах, где резкие изменения момента приводят к ухудшению устойчивости бурения и росту динамических нагрузок на КНБК и СВП.

Также режим «Демпфер» рекомендуется использовать, если:

- момент во время бурения колеблется около уставки или ограничения;
- наблюдаются частые резкие изменения оборотов при попытке удерживать момент;
- требуется сделать работу СВП более плавной и снизить нагрузку на компоновку и наземное оборудование.

При этом режим «Демпфер» не заменяет корректного подбора уставок и ограничений. Если момент стабильно выходит в предупреждение или ограничение, бурильщику необходимо не только использовать демпфер, но и проверить выбранные технологические параметры бурения, а так же корректность работы наземного и забойного оборудования.

11 Первичная настройка системы

11.1 Калибровка положения крюкоблока

Для калибровки понадобится измерительный инструмент, позволяющий измерить расстояние от нулевой точки калибровки до 4-й точки калибровки (длинная рулетка или лазерный дальномер).

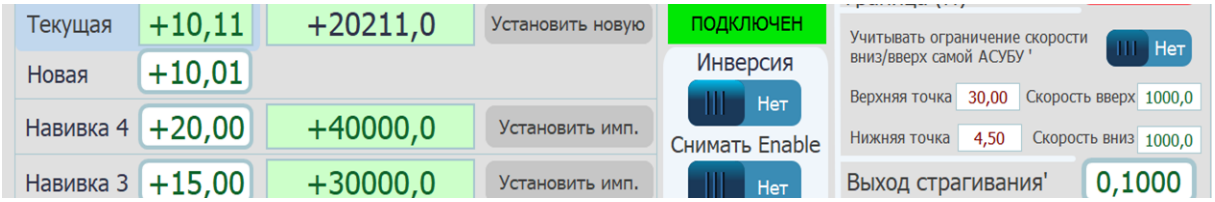

Рисунок 41. Секции отображения/настройки и калибровки высоты крюкоблока.

Для начала откройте экран «Крюкоблок» и выполните калибровку в следующем порядке:

1. Оператор буровой установки располагает СВП на самой нижней рабочей точке.

2. Если используется рулетка, надёжно закрепите её начало на нижней части СВП.

3. Введите значения метров и импульсов в строку Начальная точка калибровки и нажмите Сохранить. Значение высоты берётся с измерительного прибора, значение импульсов — из счётчика импульсов энкодера лебёдки.

4. Производите подъём крюкоблока, пока не закончится слой наматываемого троса на барабане лебёдки, затем остановите крюкоблок.

5. Введите значения метров и импульсов в строку 1 точка калибровки и нажмите Сохранить.

6. Повторите действия 4–5 для всех остальных точек калибровки.

7. После успешной калибровки индикатор Откалиброван становится зелёным. Если он красный, проверьте значения высот и импульсов — каждое предыдущее значение должно быть меньше следующего.

Также задайте следующие параметры:

- Время торможения при подъёме (по умолчанию 2 с) — влияет на динамику замедления крюкоблока при подходе к верхней точке останова. Чем значение меньше, тем резче торможение и остановка; чем больше — тем плавнее, но при этом ограничивается диапазон скорости вблизи точки останова;
- Время торможения при спуске (по умолчанию 2 с) — аналогично, для нижней точки останова;
- Коэффициент усреднения скорости (по умолчанию 20) — используется в алгоритмах сглаживания скорости бурения/СПО. Уменьшение приводит к учёту незначительных всплесков скорости (риск нестабильного регулирования); увеличение сглаживает скорость (но слишком большое значение замедляет динамику регулирования).

11.2 Расчёт глубины инструмента и забоя

На экране «Глубина инструмента/забоя» введите:

- Вес для расчёта глубины инструмента (тс) — по этому весу алгоритмы определяют, присоединена ли КБТ к крюкоблоку; при её движении изменяется параметр Глубина инструмента; при отсутствии КБТ движение не изменяет параметр;
- Давление для вычисления глубины забоя (атм) — давление в манифольде, при котором алгоритмы определяют касание долотом забоя и начало бурения; далее, если глубина инструмента равна или больше глубины забоя, происходит увеличение глубины забоя.

11.3 Настройка блокировок

Рисунок 42. Ввод аварийного значения блокировки (например, максимальное аварийное давление).

На экране «Блокировки» введите:

- Максимальное аварийное давление (атм) — при превышении давлением в манифольде данной уставки происходит аварийная остановка запущенного режима с соответствующим сообщением. Активируется тумблером «Блокировка по максимальному давлению»;
- Минимальное аварийное значение давления (атм) — при снижении давления ниже данной уставки происходит аварийная остановка. Активируется тумблером «Блокировка по минимальному давлению»;
- Аварийное значение веса колонны (тс) — при превышении весом инструмента данной уставки происходит аварийная остановка. Активируется тумблером «Блокировка по максимальному весу колонны».

11.4 Настройка САР

Перед запуском каждого функционала необходимо произвести настройку соответствующего ПИД-регулятора на экране «Настройка САР» (см. раздел 4.2.12).

11.5 Экран конфигурации

Для конфигурации Комплекса перейдите в соответствующий экран и выполните следующие действия:

1. Если система включает автоматизацию лебёдки (ПБУЛ): переведите тумблер ПБУЛ в положение Вкл; в выпадающем списке Модель БУ выберите модель буровой установки, на которой производится интеграция; с помощью тумблера Связь выберите интерфейс обмена данными между ПБУЛ и HMI-панелью; при успешной связи появится надпись Подключено (иначе Нет связи); нажмите Сохранить.

2. Если система включает автоматизацию СВП (ПБУСВП): переведите тумблер ПБУСВП в положение Вкл; в выпадающем списке Модель СВП выберите модель СВП; с помощью тумблера Связь выберите интерфейс; при успешной связи появится надпись Подключено; нажмите Сохранить.

3. Если система включает и ПБУЛ, и ПБУСВП, выполните оба вышеописанных пункта.

4. В выпадающем списке Момент СВП выберите источник параметра момента СВП.

5. Установите разрешающую способность энкодера лебёдки (импульсов за 1 оборот) в параметре Энкодер лебёдки (имп/об).

6. Установите разрешающую способность энкодера СВП (импульсов за 1 оборот) в параметре Энкодер СВП (имп/об).

7. Установите передаточное число редуктора СВП (из паспорта СВП) в параметре Коэффициент редуктора СВП — необходим для корректного расчёта угла поворота и скорости вращения СВП.

11.6 Настройка ПБУЛ

Данные настройки выставляются автоматически при выборе Модели БУ. Изменение нижеописанных параметров производится только в крайних случаях обученным персоналом.

На экране «Настройка ПБУЛ» выполните:

1. В столбце Конфигурация для аналоговых выходов AO1–AO3 выставьте тип сигнала (0–20 мА или −10…+10 В) с помощью тумблера.

2. В столбце MIN % для AO1–AO3 выставьте уровень сигнала минимального значения регулятора (например, уровень для максимального задания скорости СПО (подъём)/Проработка на подъём).

3. В столбце <0> для AO1–AO3 выставьте уровень сигнала начального (нулевого) значения регулятора (уровень, при котором лебёдка неподвижна).

4. В столбце MAX % для AO1–AO3 выставьте уровень сигнала максимального значения регулятора (например, для максимального задания скорости СПО (спуск)/Проработка на спуск и бурение).

5. В столбце Конфигурация для аналоговых входов AI1–AI3 выставьте тип сигнала.

6. В столбцах MIN % / MAX % для AI1–AI3 выставьте минимальные/максимальные значения измеряемых параметров.

7. Нажмите Сохранить.

Пример 1. Максимальная скорость лебёдки на подъём при −10 В, на спуск при +10 В, лебёдка остановлена при 0 В, сигнал управления с AO1 → Конфигурация: −10…+10 В; AO1.MIN% = −10; AO1.<0> = 0; AO1.MAX% = 10.

Пример 2. Максимальная скорость на подъём при 0 В, на спуск при 10 В, лебёдка остановлена при 5 В, сигнал с AO1 → Конфигурация: −10…+10 В; AO1.MIN% = 0; AO1.<0> = 5; AO1.MAX% = 10. Пример AI: сигнал задания с джойстика бурильщика на AI1, 0 В = 0 % / 10 В = 100 % → AI1.MIN% = 0; AI1.MAX% = 100.

11.7 Настройка ПБУСВП

Данные настройки выставляются автоматически при выборе Модели СВП. Изменение производится только в крайних случаях обученным персоналом.

Экран «Настройка ПБУСВП» настраивается аналогично экрану «Настройка ПБУЛ» (аналоговые выходы AO1–AO3 и входы AI1–AI3). Пример (AO): максимальная скорость вращения СВП при 20 мА, вращение остановлено при 4 мА, сигнал управления с AO1 → Конфигурация: 0–20 мА; AO1.MIN% = 4; AO1.<0> = 4; AO1.MAX% = 20. Пример (AI): момент на СВП на AI1, 0 мА = 0 кН·м / 20 мА = 35 кН·м → AI1.MIN% = 0; AI1.MAX% = 35. Для сохранения изменений нажмите Сохранить.

12 Работа с системой

12.1 Запуск режима бурения по скорости

Для запуска в работу выполните следующие действия:

1. Перейдите в экран «Бурение».

2. Выберите подрежим Бурение в роторе или Бурение в слайде.

3. Выберите режим Бурение по скорости проходки.

4. Проверьте актуальность уставок и при необходимости скорректируйте: предупреждение/авария скорости проходки (м/ч); предупреждение/авария нагрузки на долото (тс); предупреждение/авария перепада давления (атм); предупреждение/авария момента (кН·м); верхняя и нижняя точки останова (м).

5. Убедитесь, что значение параметра Высота блока (м) не меньше, чем Нижняя точка останова (м).

6. Выставьте необходимое значение уставки Скорость проходки (м/ч).

7. Нажмите кнопку Взвесить.

8. Убедитесь, что параметры Нагрузка на долото (тс) и Перепад давления (атм) обнулились.

9. Произведите предпусковые манипуляции с буровой лебёдкой или стояночными тормозами (описывается в проекте интеграции индивидуально для каждой буровой).

10. Убедитесь, что соблюдены все условия готовности и индикатор Готов зелёный.

11. Нажмите кнопку СТАРТ на пульте управления или на HMI-панели.

12. При успешном запуске индикатор Работа становится зелёным; скорость крюкоблока увеличивается до уставки Скорость проходки и затем поддерживается. Уставку можно изменять во время работы.

Поведение системы во время работы:

- При достижении любым параметром значения Предупреждения система останавливает движение блока, дожидается уменьшения параметра ниже предупреждения и вновь начинает регулировать скорость крюкоблока;
- При достижении любым параметром значения Авария система останавливает крюкоблок, возвращает лебёдку в режим ручного управления и выводит сообщение об аварии; индикатор Работа меняет надпись на Авария (красный);
- При достижении высоты крюкоблока значения Нижняя точка останова (м) система останавливает крюкоблок, возвращает лебёдку в ручное управление, индикатор Работа становится серым;
- При нажатии СТОП на пульте или HMI система останавливает крюкоблок и возвращает лебёдку в ручное управление (индикатор Работа серый);
- При нажатии Аварийного останова на пульте система останавливает крюкоблок и возвращает лебёдку в ручное управление; индикатор Работа меняет надпись на Авария (красный).

12.2 Запуск режима бурения по нагрузке

Выполните ту же процедуру, что и в разделе 6.1, но на шаге 3 выберите Бурение по нагрузке, а на шаге 6 выставьте уставку Нагрузка на долото (тс). После запуска система регулирует скорость крюкоблока, пока нагрузка на долото не достигнет уставки, после чего поддерживает это значение. Поведение по предупреждениям/авариям/точкам останова идентично разделу 6.1.

12.3 Запуск режима бурения по перепаду

Выполните ту же процедуру, что и в разделе 6.1, но выберите Бурение по перепаду и выставьте уставку Перепад давления (атм). После запуска система регулирует скорость крюкоблока, пока перепад давления в манифольде не достигнет уставки, после чего поддерживает это значение.

12.4 Запуск режима бурения по моменту

Выполните ту же процедуру, что и в разделе 6.1, но выберите Бурение по моменту и выставьте значение момента на СВП в уставке Момент (кН·м). После запуска система регулирует скорость крюкоблока для поддержания заданного момента.

12.5 Запуск оптимального режима бурения

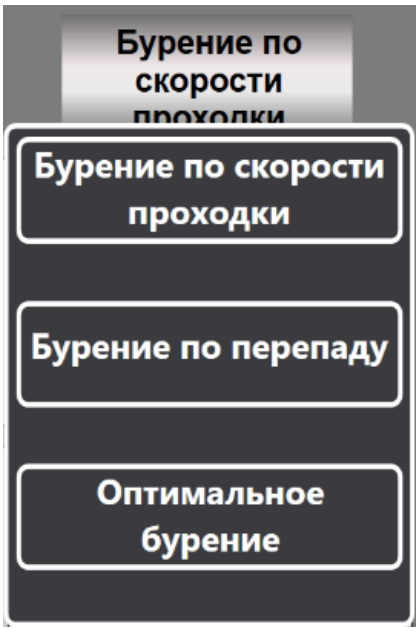

Рисунок 43. Выбор оптимального режима бурения в диалоге выбора режима.

Выполните ту же процедуру, что и в разделе 6.1, но выберите Оптимальный режим и выставьте необходимые уставки всех параметров: Скорость проходки (м/ч), Нагрузка на долото (тс), Перепад давления (атм), Момент (кН·м). После запуска система регулирует скорость крюкоблока и автоматически выбирает управляющий параметр в зависимости от того, какой из параметров бурения ближе к своей уставке. Уставки можно изменять во время работы.

Как правило, в оптимальном режиме уставки по скорости и моменту задают с некоторым завышением (ориентировочно на 30–50 % относительно целевых рабочих значений), чтобы система большую часть времени работала в режимах управления по перепаду давления и нагрузке и обеспечивала максимально возможную скорость проходки в рамках действующих технологических и геологических ограничений.

Логика уставки, предупреждения и ограничения: система всегда оценивает всю совокупность технологических ограничений. Уставка определяет целевое значение, которое система старается поддерживать; предупреждение формирует буферную зону перед ограничением, в которой система заранее снижает воздействие; ограничение определяет границу, при достижении которой автоматическая работа прекращается и управление передаётся бурильщику.

12.6 Запуск режима СПО

Для запуска в работу выполните:

1. Перейдите в экран «СПО».

2. Выберите подрежим Спуск или Подъём.

3. В зависимости от подрежима выставьте уставки (см. таблицу ниже).

4. Убедитесь, что Высота блока (м) не меньше Нижней точки останова и не больше Верхней точки останова.

5. Нажмите Взвесить и убедитесь, что параметр Затяжка/посадка (тс) обнулился.

6. Произведите предпусковые манипуляции с буровой лебёдкой или стояночными тормозами.

7. Убедитесь, что соблюдены все условия готовности и индикатор Готов зелёный.

8. Нажмите СТАРТ на пульте управления или HMI.

9. При успешном запуске индикатор Работа становится зелёным; скорость крюкоблока увеличивается до уставки Скорость спуска (м/ч) или Скорость подъёма (м/ч) и затем поддерживается.

Таблица 6. Уставки для СПО.

Для спуска	Для подъёма
Скорость спуска, м/ч	Скорость подъёма, м/ч
Посадка, тс	Затяжка, тс
Аварийная посадка, тс	Аварийная затяжка, тс
Нижняя точка останова, м	Верхняя точка останова, м

При достижении параметром Затяжка/посадка (тс) значения уставки Посадка или Затяжка (в зависимости от направления движения) система останавливает крюкоблок и возвращает лебёдку в ручное управление. Поведение по предупреждениям, авариям и точкам останова идентично режимам бурения; Аварийный останов возвращает лебёдку в ручное управление, индикатор Работа — Авария (красный).

12.7 Запуск режима проработки

Для запуска в работу выполните:

1. Перейдите в экран «СПО».

2. Выберите режим Проработка.

3. Включите или отключите обороты СВП при проработке.

4. Введите уставки для проработки (см. таблицу ниже).

5. Убедитесь, что Высота блока (м) между Нижней и Верхней точками останова; нажмите Взвесить и убедитесь, что параметр Затяжка/посадка обнулился.

Таблица 7. Уставки для проработки.

Для спуска	Для подъёма
Скорость спуска, м/ч	Скорость подъёма, м/ч
Посадка, тс	Затяжка, тс
Аварийная посадка, тс	Аварийная затяжка, тс
Нижняя точка останова, м	Верхняя точка останова, м
Обороты спуск, об/мин (если включены обороты СВП)	Обороты подъём, об/мин (если включены обороты СВП)

Проработка без оборотов СВП: после запуска скорость крюкоблока увеличивается до соответствующей уставки; при достижении Нижней или Верхней точки останова система изменяет направление движения на противоположное и продолжает спуск/подъём в заданном диапазоне до остановки.

Проработка с оборотами СВП (требуется совместная работа ПБУЛ и ПБУСВП): произведите предпусковые манипуляции с СВП; на экране «Осцилляция» включите осциллятор для перехвата управления СВП; вернитесь в экран «СПО», выберите Проработка, подтвердите готовность и нажмите СТАРТ. Обороты СВП увеличиваются до уставки Обороты спуск/подъём в соответствии с направлением движения, затем скорость крюкоблока увеличивается до своей уставки. При достижении крюкоблоком точки останова система изменяет направление движения и соответственно изменяет обороты СВП. При достижении параметром Затяжка/посадка своей уставки крюкоблок останавливается, лебёдка возвращается в ручное управление, но вращение СВП не останавливается.

12.8 Запуск режима осцилляции

Для запуска в работу выполните:

1. Перейдите в экран «Осцилляция».

2. Введите уставки: Момент влево (кН·м); Аварийный момент влево (кН·м); Момент вправо (кН·м); Аварийный момент вправо (кН·м); Угол поворота (град); Обороты СВП.

3. Произведите предпусковые манипуляции с СВП (описывается в проекте интеграции индивидуально).

4. Откройте экран «Готовность» и убедитесь, что соблюдены все условия, кроме «Включён осциллятор».

5. Нажмите Главный экран — откроется экран «Осциллятор»; нажмите Включить; индикатор Готов становится зелёным, система перехватывает управление СВП.

6. При необходимости подверните колонну на заданный угол по или против часовой стрелки соответствующими кнопками (например, +30 повернёт колонну на 30° по часовой стрелке и изменит опорный угол на 30°).

7. Нажмите Запустить для запуска осциллятора.

8. СВП начинает вращение по алгоритму осцилляции; индикатор Работа становится зелёным; начинается осцилляция СВП около значения Опорный угол (град) на Угол поворота.

9. Для остановки осцилляции нажмите Остановить.

Алгоритм. Система поворачивает шпиндель СВП на угол Угол поворота (град), затем останавливается; сигналы DO направления вращения СВП на ПБУСВП меняют состояние для вращения шпинделя в противоположном направлении; происходит вращение на угол в 2 раза больше, чем Угол поворота, после чего цикл повторяется. После нажатия Остановить шпиндель СВП возвращается в положение, указанное в параметре Опорный угол (град).

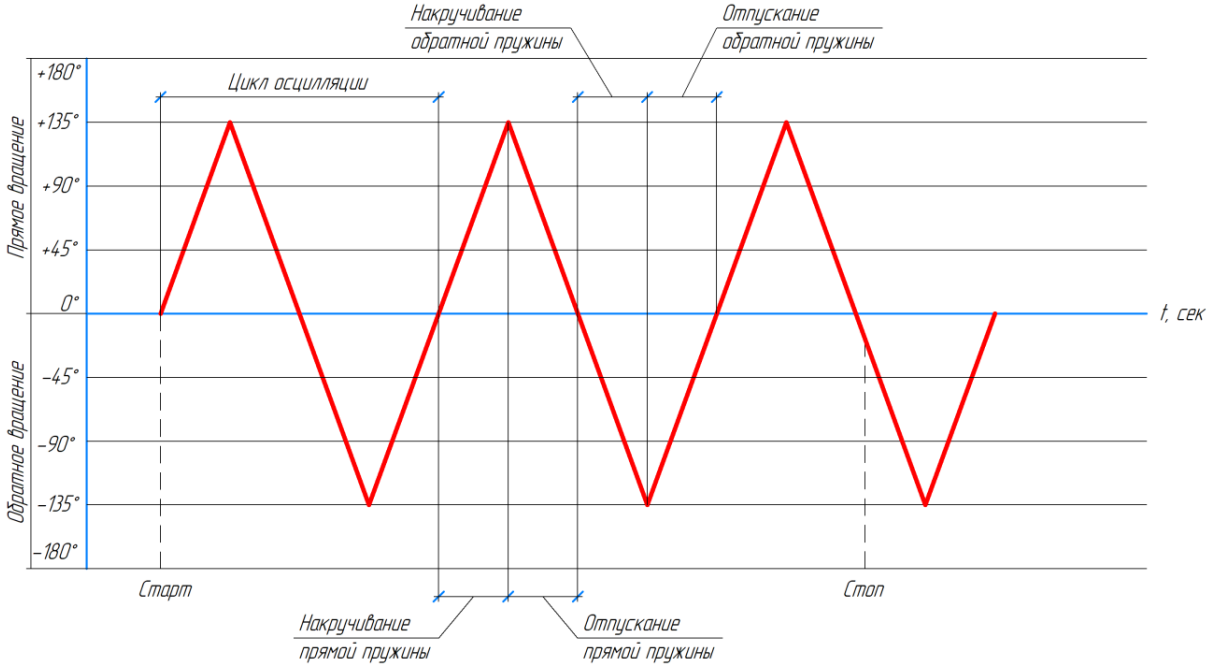

Рисунок 44. График изменения угла поворота шпинделя СВП при работе осциллятора (Угол поворота = 135°).

В процессе работы можно изменять опорный угол соответствующими кнопками, тем самым изменяя угол, относительно которого происходит накручивание/раскручивание «пружины». Это позволяет изменять угол ориентации долота (отклонителя) в процессе работы осциллятора.

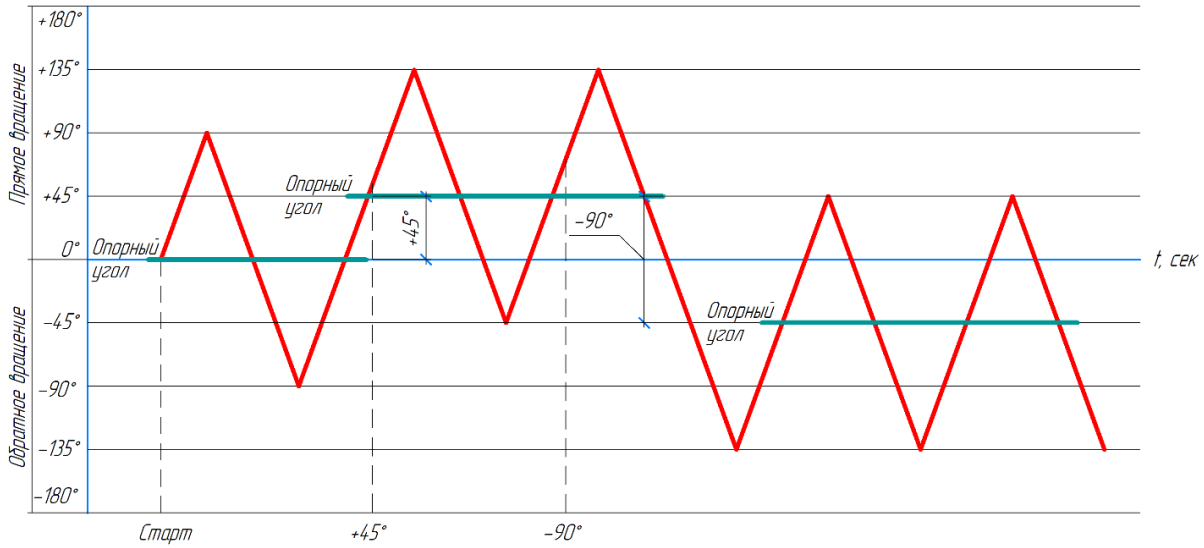

Рисунок 45. График работы алгоритма изменения опорного угла при осцилляции.

Если фактический момент достигает значения Момент влево (кН·м) или Момент вправо (кН·м), происходит остановка и реверс вращения с возвратом к опорному углу, после чего продолжается накручивание/раскручивание «пружины» в противоположном направлении.

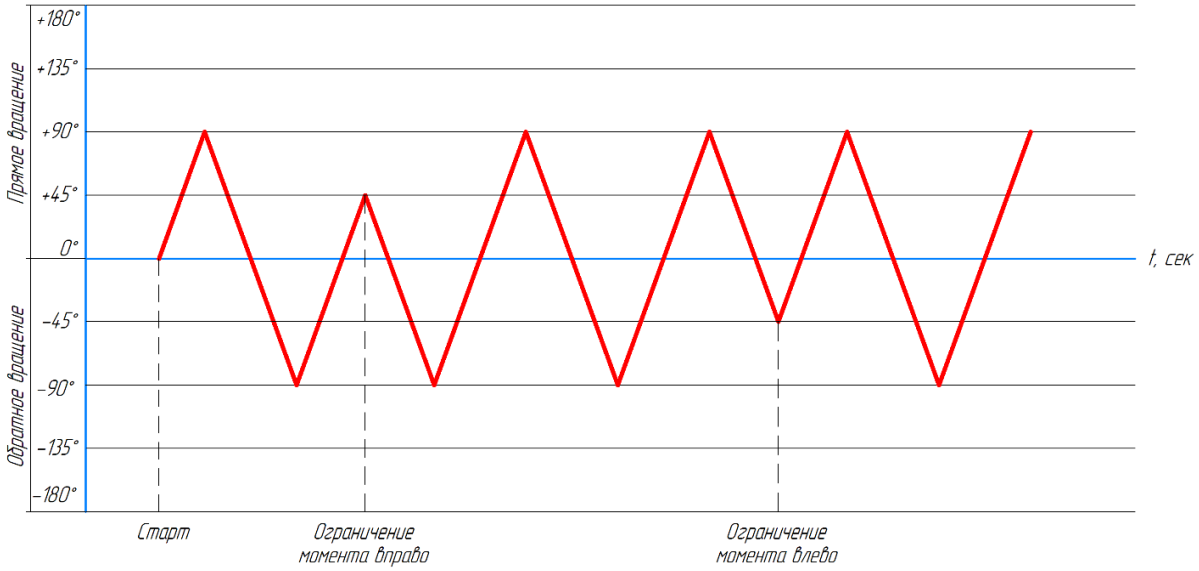

Рисунок 46. График работы алгоритма ограничения момента при осцилляции.

При достижении моментом на КБТ аварийного значения, нажатии аварийной кнопки или возникновении иной аварийной ситуации вращение прекращается, управление СВП переключается в ручной режим и передаётся оператору.

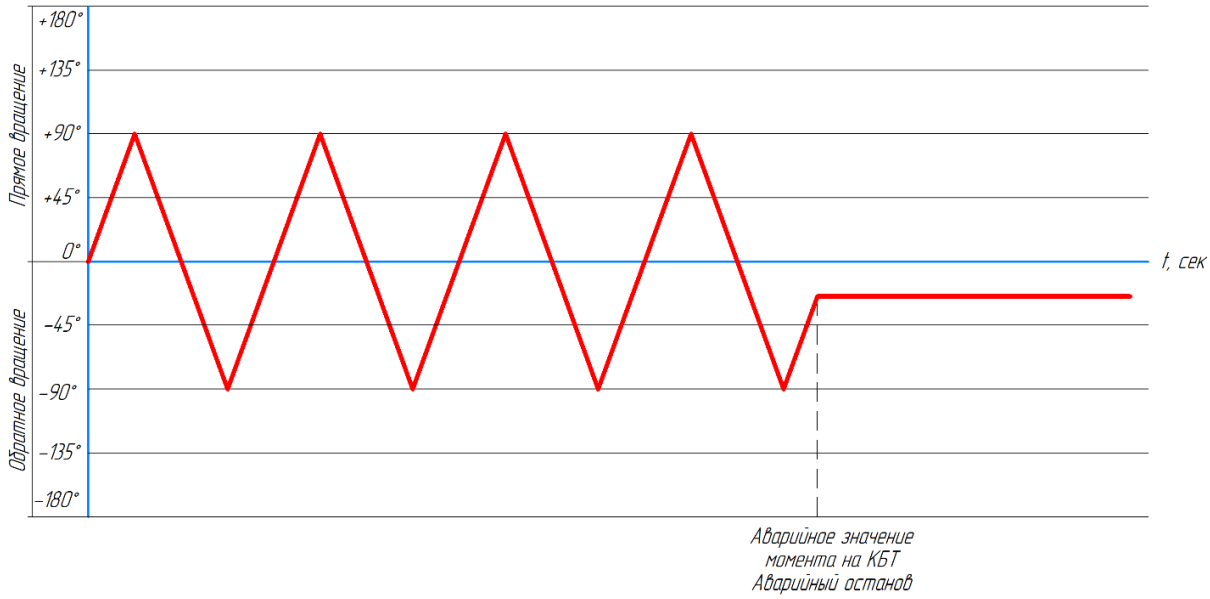

Рисунок 47. График работы алгоритма аварийного останова осциллятора.

6.8.1 Рекомендации по осцилляции

Практические рекомендации по осцилляции:

- В штатном режиме допускается задавать до 6 оборотов вправо и до 6 оборотов влево за цикл; большие значения требуют отдельного согласования и верхнеуровневой авторизации (инженер ПНР/по эксплуатации);
- Запуск осцилляции рекомендуется над забоем: стабилизируйте компоновку, остановитесь ориентировочно за 1–1,5 м до расчётного забоя, задайте параметры осцилляции (обороты, скорость, ограничения по моменту), запустите осцилляцию и подходите к забою с активной функцией;
- Ограничения по моменту задавайте исходя из наиболее слабого элемента компоновки: как правило, момент ВПРАВО — не более 80 %, момент ВЛЕВО — 60 % от максимально допустимого момента самого слабого резьбового соединения; эти значения подлежат согласованию с представителем изготовителя;

- Останов осцилляции — кнопкой Стоп; дождитесь завершения текущего цикла и возврата КНБК в нулевую точку перед подрывом/расхаживанием; использование осцилляции на подъём не рекомендуется — функцию следует применять в режиме бурения.

12.9 Противоаварийная защита от прихватов (ТПАЗ) при СПО

ТПАЗ — вспомогательная функция, предназначенная для предотвращения прихватов бурового инструмента во время СПО. Она работает в режимах «Спуск» и «Подъём» и автоматически контролирует признаки посадки и затяжки во время движения инструмента. Для включения нажмите кнопку «ТПАЗ» в режиме «Спуск» или «Подъём»; кнопка подсвечивается ярко-зелёным, и на главном экране появляются параметры, связанные с определением посадки/затяжки.

Основная особенность ТПАЗ — автоматическое взвешивание при старте: при нажатии кнопки Старт система автоматически определяет вес — «вес майна» в режиме «Спуск» или «вес вира» в режиме «Подъём», относительно которого рассчитываются посадка или затяжка. Поэтому при включённом ТПАЗ отдельное предварительное нажатие кнопки обнуления не требуется. При достижении посадки/затяжки зоны предупреждения (жёлтой) система пропорционально ограничивает задание скорости лебёдки вплоть до полной остановки; при удержании максимального значения дольше заданной задержки система выдаёт аварию и останавливается.

Ограничения по нагрузке выставляйте с учётом технологических условий конкретной операции: слишком малое ограничение может привести к преждевременной аварийной остановке, а слишком большое — к риску пропуска опасного роста посадки или затяжки.

12.10 Режим «Демпфер» момента

Режим «Демпфер» регулирует частоту вращения СВП для поддержания постоянного усреднённого значения момента в соответствии с уставкой (задаётся на главном экране). Для использования предварительно соберите готовность в разделе «Настройки — Демпфер», затем на главном экране окна «Ротор» включите режим «Демпфер» и запустите вращение СВП кнопкой «Вкл вращение»; управление вращением СВП должно быть передано системе (без перехвата вращения работа режима невозможна). О запуске сигнализирует индикатор «Вкл» в правом верхнем углу, загорающийся ярко-зелёным.

В полях «Задание» и «Минимум» задаются максимальная и минимальная допустимые скорости вращения КБТ; если заданная на главном экране скорость выше или ниже этих значений, система автоматически принимает ближайшее допустимое ограничение. Поле «Обмен (мс)» задаёт интервал анализа текущего момента. Во время работы демпфер анализирует момент и корректирует скорость вращения СВП, чтобы удерживать усреднённое значение момента на заданном уровне, снижая скорость в пределах ограничений при росте момента. Режим рекомендуется применять при бурении вблизи критических значений по моменту и когда требуется более плавное регулирование оборотов для снижения динамических нагрузок на компоновку и наземное оборудование.

13 Цифровая платформа данных «Бурение будущего»

Цифровая платформа данных «Бурение будущего»— платформа для сбора, хранения и визуализации инженерных данных бурения нефтегазовых скважин. Это веб-интерфейс, который помогает следить за буровыми работами: с его помощью можно наблюдать за прогрессом бурения и контролировать технические параметры — для работы потребуется только браузер.

13.1 Возможности

- Контроль процесса бурения в режиме реального времени;
- Анализ исторических данных, зафиксированных во время технологического процесса;
- Мониторинг и анализ отклонений при бурении скважин по данным инклинометрии;
- Формирование и выгрузка отчётности (в том числе суточной);
- Загрузка план-факта технологического процесса и построение графика плановых и фактических работ;
- Просмотр расположения и состояния контролируемых объектов и общей сводки прогресса работ.

Уровень подготовки: Все пользователи (конечные пользователи, редакторы, администраторы) должны иметь базовые навыки работы на ПК и в сети Интернет. Перед работой с системой каждому пользователю необходимо изучить настоящее руководство.

13.2 Подготовка к работе (вход в систему)

Запустите на компьютере браузер и введите в адресной строке URL-адрес системы. На странице авторизации введите свой Логин и Пароль. После успешной авторизации откроется главная страница приложения — «Карта». В верхней части экрана расположена панель управления с наименованием активной вкладки и информацией о текущем пользователе; слева — кнопка визуальных настроек (смена языка интерфейса, переключатель цветовой темы и завершение сеанса).

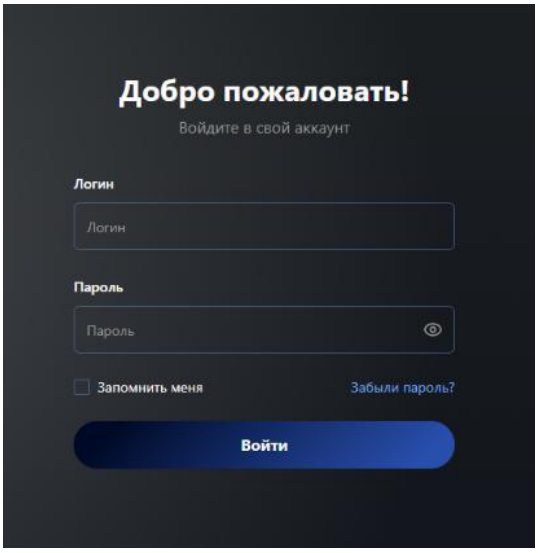

Рисунок 48. Цифровая платформа данных «Бурение будущего»— страница авторизации (вход в систему).

13.3 Карта

На странице «Карта» размещена интерактивная карта с объектами (бригады/скважины), доступными пользователю и отмеченными маркерами с подписями. При нажатии ПКМ на объект выполняется переход на локальное ПО (требуется повторная авторизация для доступа к мониторингу и графикам выбранного объекта). В левом верхнем углу — переключатель между режимами карта и спутник (можно добавить рельеф и названия объектов); в правом верхнем углу — кнопка полноэкранного режима, ниже — вспомогательные инструменты (управление камерой, просмотр улиц и изменение масштаба).

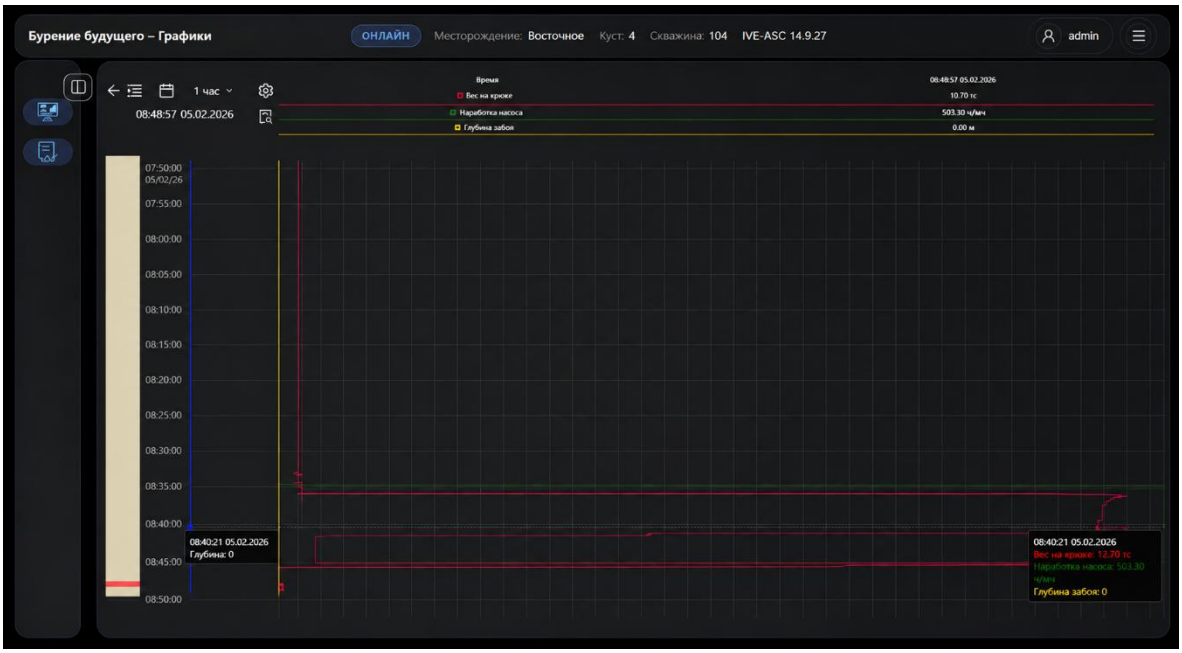

Рисунок 49. Цифровая платформа данных «Бурение будущего»— главная страница «Карта».

Под картой размещены карточки объектов с информацией о расположении, операции, запланированном и прогнозируемом окончании работ, прогрессе на текущий момент и текущих параметрах. Для каждого объекта доступны: расположение (месторождение, куст, скважина), текущая операция, запланированная дата завершения, прогнозируемая дата завершения, прогресс работ (%) и текущие значения технологических параметров. Карточки можно группировать по месторождениям и фильтровать по статусу: активные, выполненные и планируемые. Для изменения списка каналов в карточке нажмите кнопку настройки каналов и выберите новый перечень.

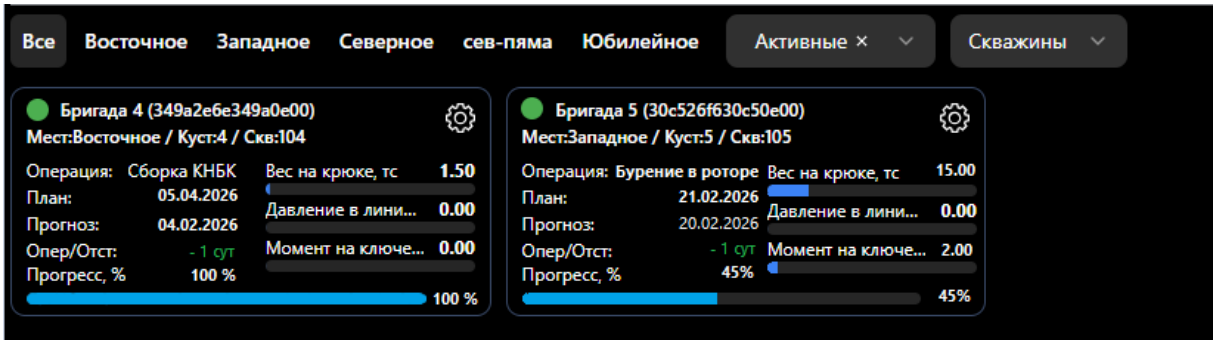

Рисунок 50. Цифровая платформа данных «Бурение будущего»— карточки объектов с расположением, операцией и прогрессом.

13.4 Страница скважины

Для перехода на страницу скважины нажмите ПКМ на название бригады в карточке. Откроется подробная информация о работах на скважине, включая графическое представление. В верхней части страницы — информация об объекте (месторождение, куст, скважина и модель установленного прибора).

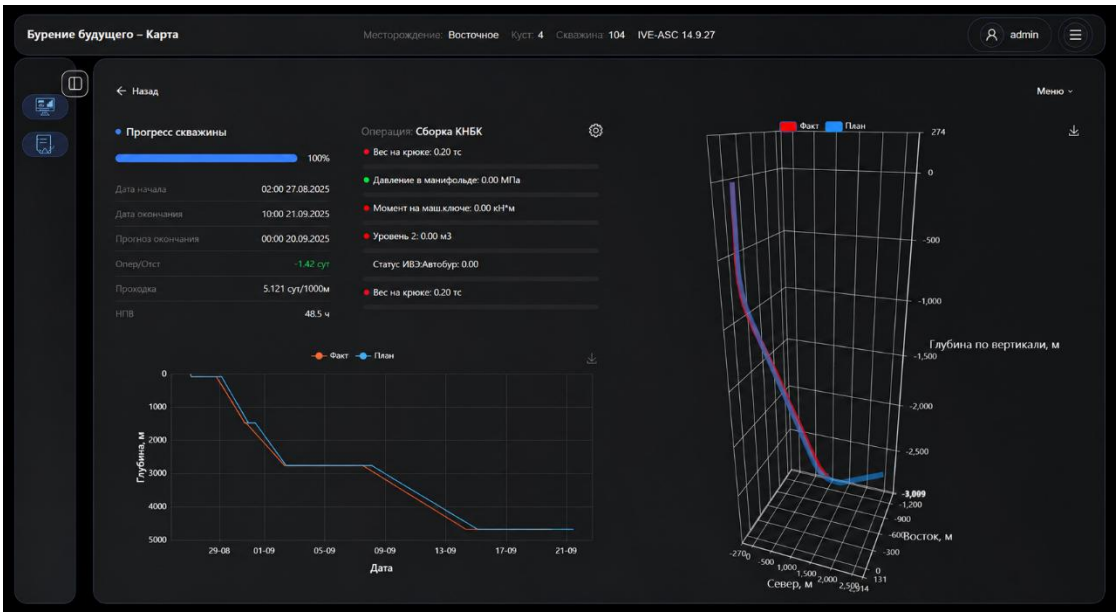

Рисунок 51. Цифровая платформа данных «Бурение будущего»— страница скважины.

Рабочая область разделена на функциональные блоки. Панель прогресса скважины отображает ключевые метрики бурения: даты начала и окончания работ, прогноз окончания, опережение/отставание от графика (в сутках), проходку (скорость на 1000 м в сутки) и нормативное время (НПВ, в часах).

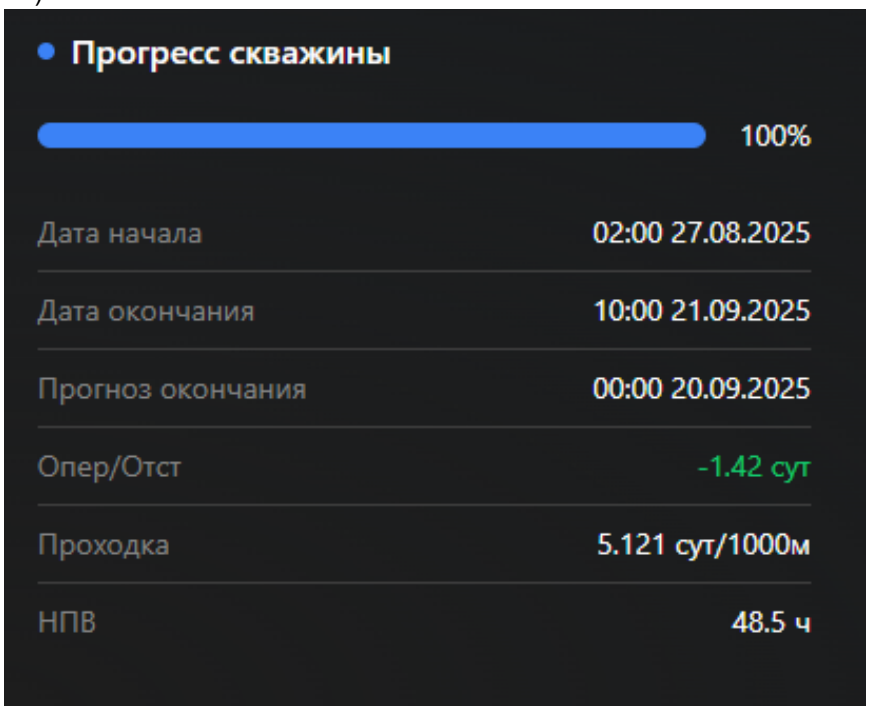

Рисунок 52. Цифровая платформа данных «Бурение будущего»— панель прогресса скважины.

Панель текущей операции отображает наименование выполняемой работы и актуальные значения технологических параметров. Для изменения списка параметров нажмите кнопку настройки и выберите новый перечень.

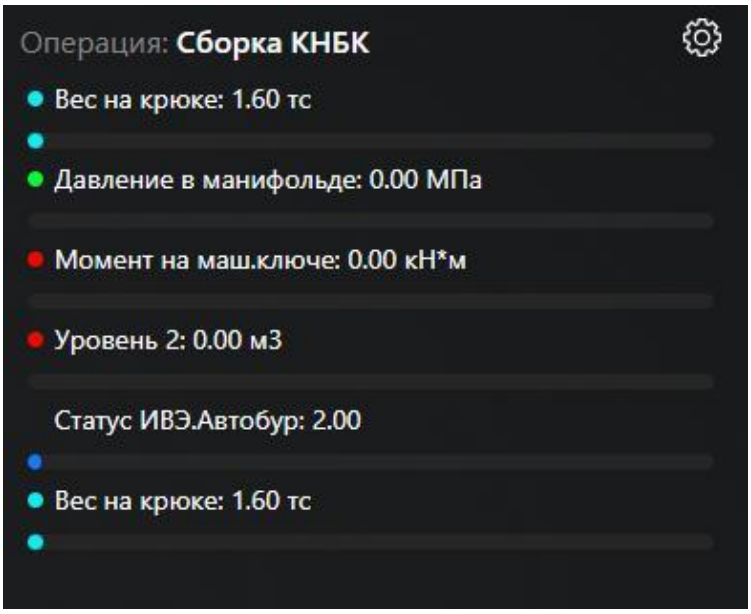

Рисунок 53. Цифровая платформа данных «Бурение будущего»— панель текущей операции.

Графическое отображение запланированных и выполненных работ показывает при наведении всплывающую подсказку с подробной информацией о каждой работе (операция, описание, дата и продолжительность, глубина забоя, отклонение). Графики можно скрыть нажатием на их название и сохранить в формате PNG.

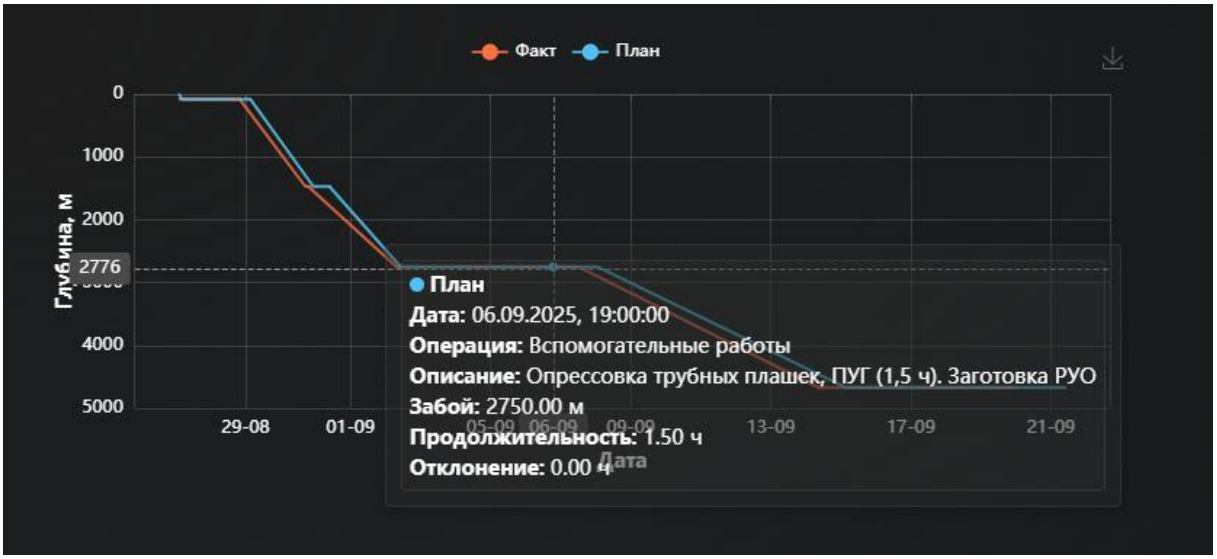

Рисунок 54. Цифровая платформа данных «Бурение будущего»— графики план/факта.

Траекторная диаграмма плана и профиля отображает две кривые: «План» (проектная траектория) и «Факт» (реальная траектория по данным инклинометрии). При наведении на траекторию появляется подсказка с ключевыми показателями; траектории можно скрыть и сохранить в PNG. Графическая информация актуализируется вручную путём загрузки соответствующих документов (доступно пользователям с соответствующими правами).

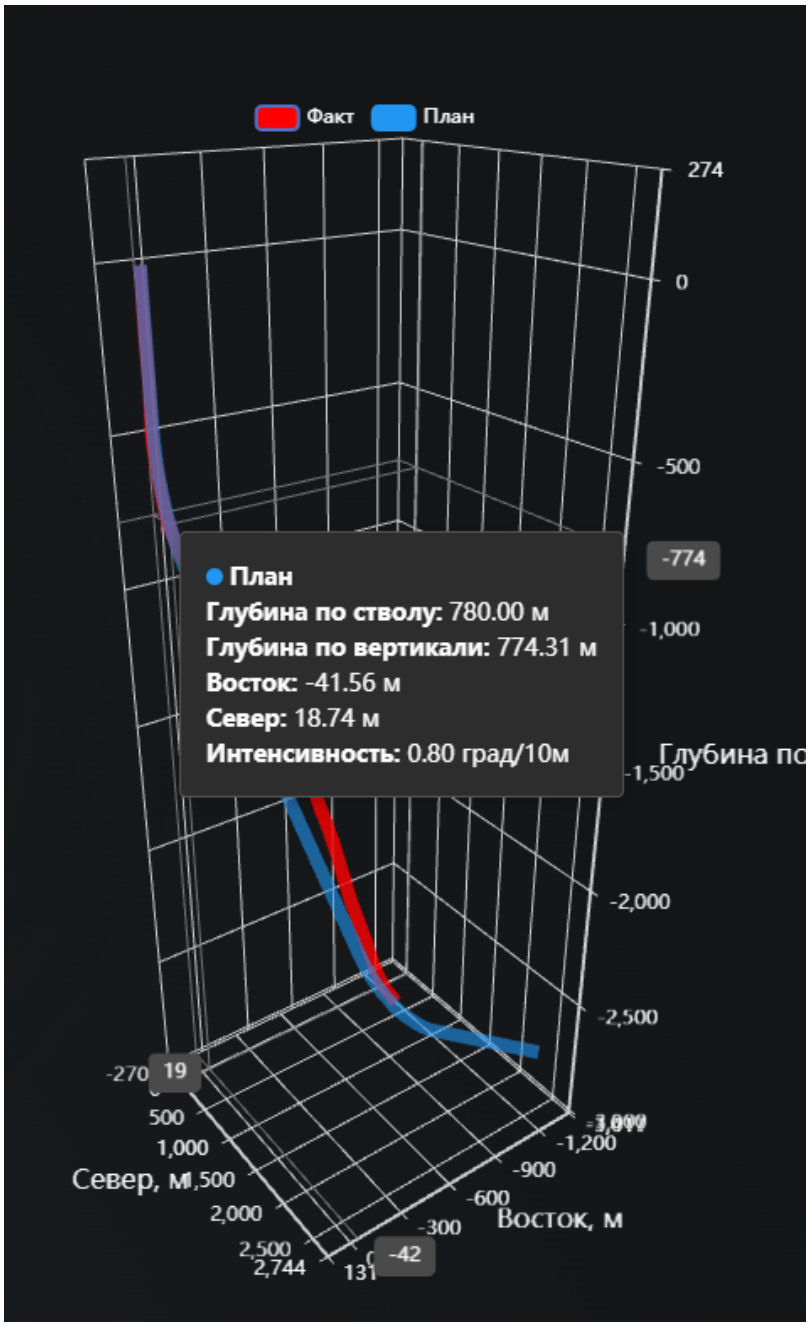

Рисунок 55. Цифровая платформа данных «Бурение будущего»— траекторная диаграмма плана и профиля.

13.5 Графики

Для доступа к графическим данным на странице скважины откройте «Меню → Графики». По умолчанию активирован режим «Онлайн», отображающий изменения выбранных параметров в реальном времени (отмечен синим цветом в верхней части страницы). Для доступа к архивным данным активируйте режим «История» — прокруткой интерфейса (отмечается красным) либо выбором даты через иконку календаря и нажатием «Применить». Для возврата в режим «Онлайн» нажмите кнопку в правом нижнем углу области графика.

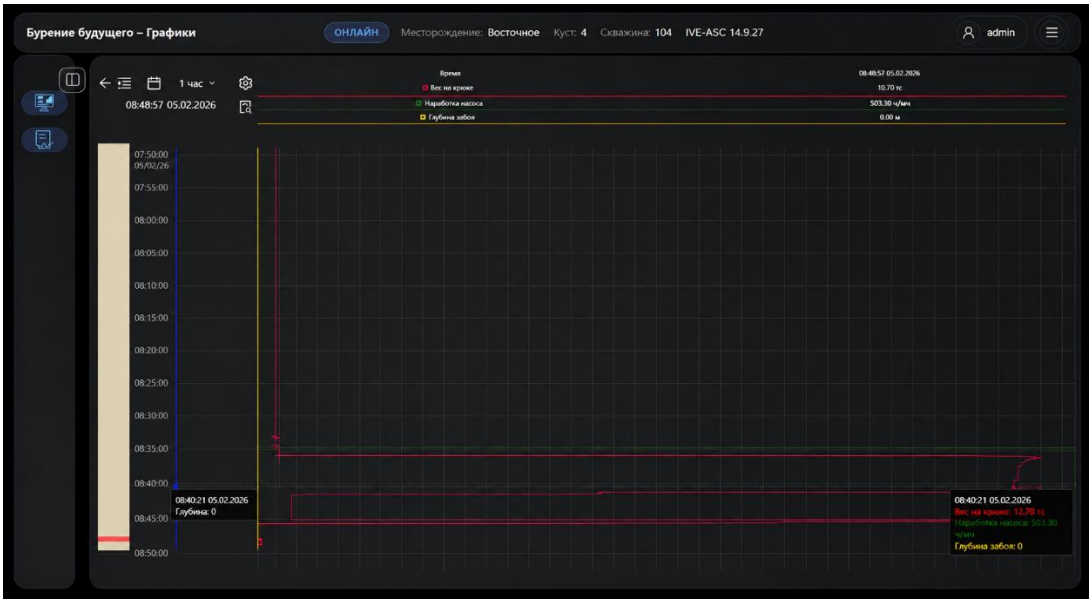

Рисунок 56. Цифровая платформа данных «Бурение будущего»— страница «Графики».

13.5.1 Настройка графика

1. Откройте окно настроек кнопкой настроек на панели управления.

2. Создайте график — в окне «Настройка графиков» нажмите «Добавить график» (появится блок «График 1»); можно добавить до пяти графиков.

3. Добавьте параметры — внутри графика нажмите «Добавить параметр» и установите галочки напротив нужных параметров; на одном графике можно отобразить до четырёх параметров.

4. Настройте параметр — измените цвет линии через палитру (цветовая шкала или «пипетка»), задайте ширину линии (>1) и при необходимости верхнюю/нижнюю границы значений (отключите тумблер автоопределения и введите значения); нажмите «Применить».

5. Завершите настройку — после выбора параметров и визуальных эффектов нажмите «Ок»; окно закроется, параметры отобразятся на графике.

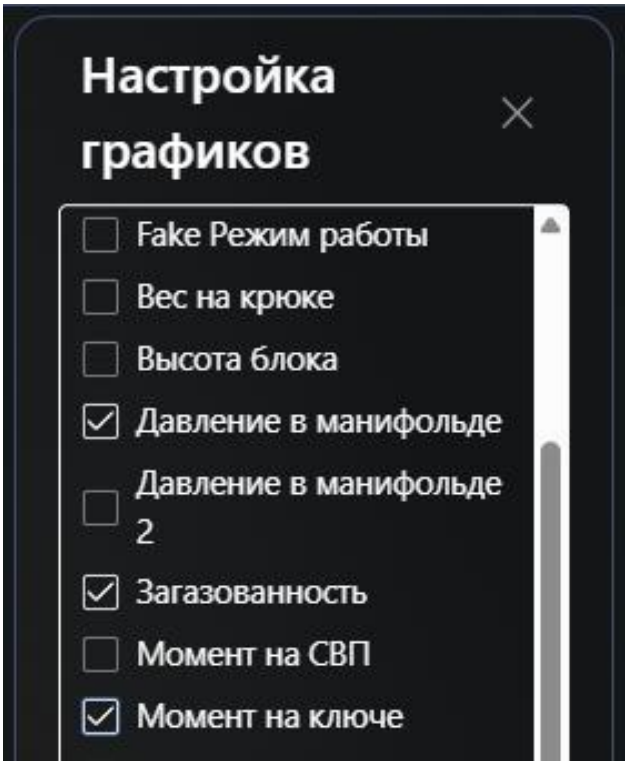

Рисунок 57. Цифровая платформа данных «Бурение будущего»— выбор параметров для графика.

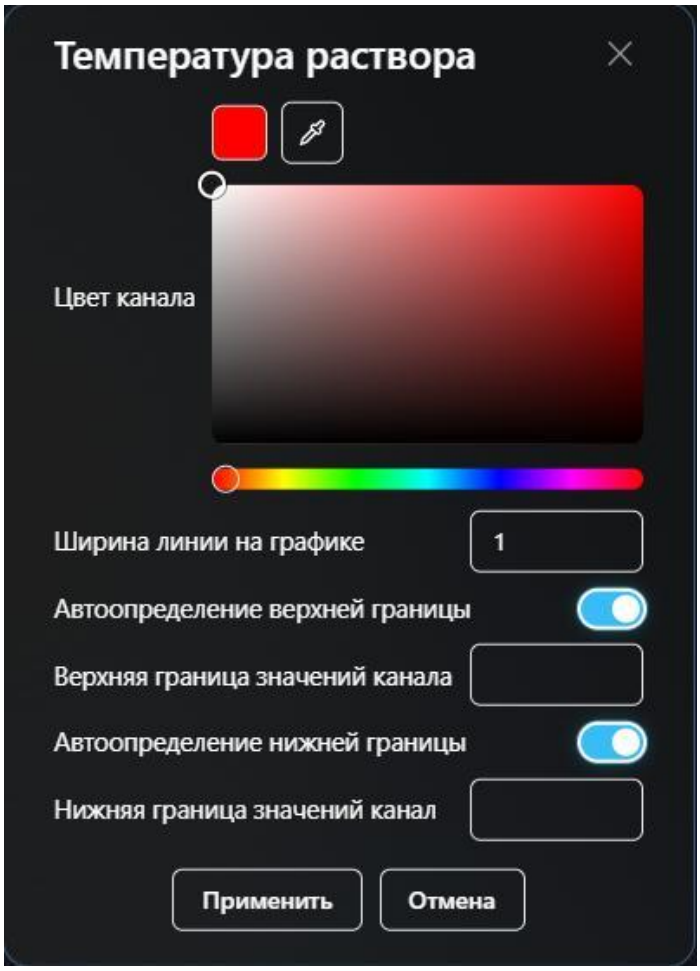

Рисунок 58. Цифровая платформа данных «Бурение будущего»— настройка параметра (цвет/ширина линии).

13.5.2 Инструменты работы с графиками

При наведении курсора на активные точки/линии графика отображается подсказка (тултип) со значениями параметров в соответствующий момент времени. Слева на графике — временная шкала с цветовым маркером, показывающим текущую операцию в выбранном масштабе. Кнопка «Выбор масштаба» в верхней части задаёт уровень детализации (например, 5 минут — высокая детализация; 24 часа — меньшая). Выделение интервала правой кнопкой мыши с перетаскиванием открывает окно параметров для выделенного интервала.

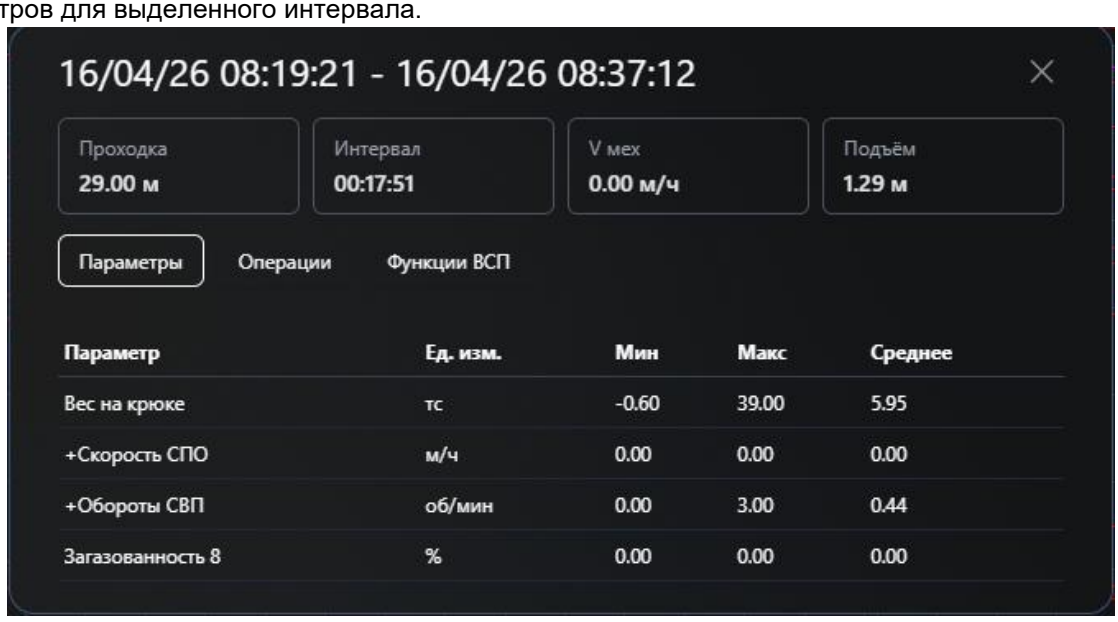

Рисунок 59. Цифровая платформа данных «Бурение будущего»— окно параметров выделенного интервала (статистика мин/макс/среднее).

Окно параметров отображает детальную статистику по всем буровым параметрам за выделенный интервал (минимальные, максимальные и средние значения), начало/конец интервала, пройденные метры, длительность интервала, среднюю механическую скорость бурения и перемещение крюкоблока. Вкладка «Операции» показывает процессы, происходившие в интервале, с длительностью и долей каждого (в %). Окно «Важные индикаторы» (открывается в верхней части страницы) позволяет отслеживать изменения параметров в реальном времени; параметры добавляются/изменяются кнопкой настройки.

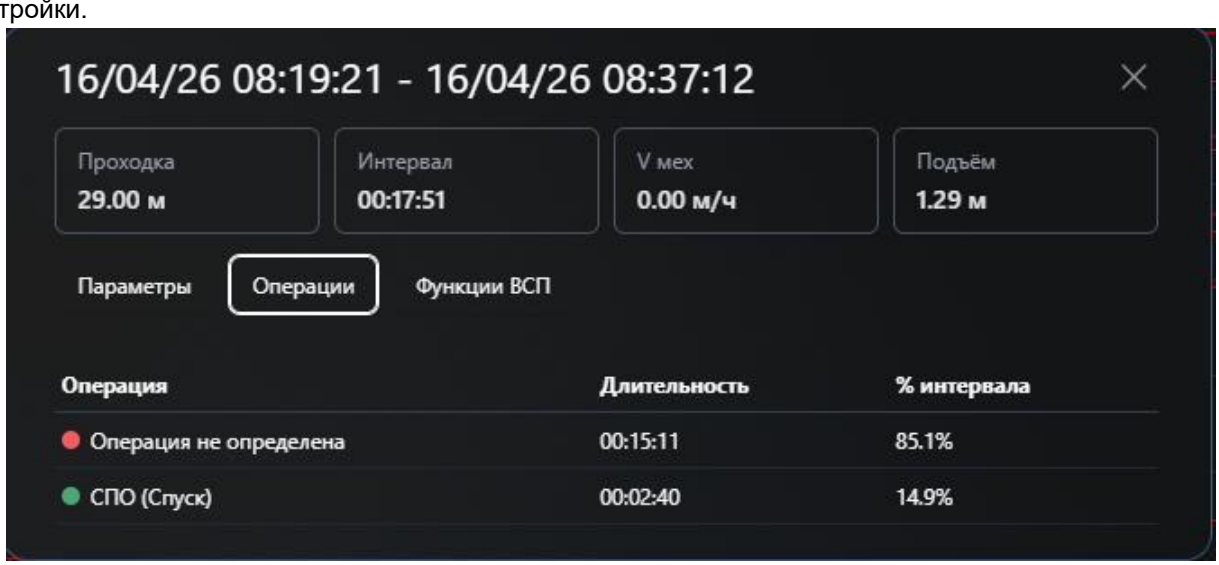

Рисунок 60. Цифровая платформа данных «Бурение будущего»— вкладка «Операции» для выделенного интервала.

14 Безопасность

К работе с Комплексом допускаются лица, ознакомившиеся с настоящим руководством и прошедшие обучение по пользованию Комплексом. При возникновении нештатной ситуации в процессе работы необходимо произвести аварийный останов нажатием аварийной кнопки на Пульте управления (ПУ). Аварийная кнопка физически разрывает соединение между системой автоматики и контурами управления лебёдкой/СВП.

14.1 Взрывобезопасность и обращение с оборудованием

Промежуточный блок управления (коробка распределительная) имеет взрывозащищённое исполнение (маркировка 1Ex q[ib] IIB T5 Gb X). При его монтаже и эксплуатации действуют следующие требования безопасности:

- К эксплуатации допускаются лица, изучившие руководство по эксплуатации/паспорт и прошедшие инструктаж по технике безопасности;
- Все ремонтные работы и профилактическое обслуживание проводить при отключённом питании;
- Изделие должно быть надёжно заземлено; должны быть установлены сертифицированные кабельные вводы;
- Категорически запрещается эксплуатация в средах, отличных от указанных в паспорте, а также вскрытие или эксплуатация ранее вскрытого корпуса;
- Изделие подвергается внешнему периодическому осмотру (целостность изоляции кабелей, надёжность заземления, отсутствие механических повреждений, пыли и грязи) не реже двух раз в год; эксплуатация с повреждениями и неисправностями запрещается;
- Ремонт на месте эксплуатации не производится; ремонт выполняется только на предприятии-изготовителе или в специализированной организации с повторным кварцевым заполнением.

Нормативные документы: При эксплуатации следует руководствоваться Правилами безопасности в нефтяной и газовой промышленности, Правилами устройства электроустановок (ПУЭ, гл. 7.3 для взрывоопасных зон), действующими стандартами серии ГОСТ IEC 60079 для взрывоопасных сред и Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей

Взам.

Подп. и дата

Инв. №

						GCC-UIO-IRS-1245000E0193-VI2-00001	
				П			1

File name / Имя файла: GCC-UIO-IRS-1245000E0193-VI2-00001.docx