

## СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ БУРЕНИЯ

Матюха С. О., Шевченко Н. Ю., Останкова Л. А.

В статье описаны теоретические особенности управления технологическим процессом бурения скважин. Акцентируется внимание на необходимости учета предварительного анализа описательных данных, характеризующих материальное обеспечение процесса бурения, при выборе оптимального режима бурения скважин. Описаны особенности разработанного программного комплекса, состоящего из двух подсистем: браузерного приложения и мобильного приложения на платформе Android OS. Предложено в качестве технологии получения данных из внешних источников использовать трехуровневую SCADA систему управления буровым комплексом. Отмечено, что описанная SCADA система бурового комплекса ULTRA SINGL 150 T имеет возможность отправлять данные, полученные с датчиков бурового комплекса, в формате SQL запроса по средствам глобальной сети Internet, формируя тем самым основу для принятия решений по управлению процессом бурения.

У статті описані теоретичні особливості управління технологічним процесом буріння свердловин. Акцентовано увагу на необхідності врахування результатів попереднього аналізу описових даних, що характеризують матеріальне забезпечення процесу буріння, при виборі оптимального режиму буріння свердловин. Описані особливості розробленого програмного комплексу, що складається з двох підсистем: браузерного додатку та мобільного додатку на платформі Android OS. Запропоновано в якості технології отримання даних із зовнішніх джерел використати трирівневу SCADA систему управління буровим комплексом. Відмічено, що описана SCADA система бурового комплексу ULTRA SINGL 150 T має можливість відправляти дані, отримані з датчиків бурового комплексу, у форматі SQL запиту за допомогою засобів глобальної мережі Internet, формуючи тим самим основу прийняття рішень щодо управління процесом буріння.

In the article the theoretical features of management are described by the technological process of well-drilling. Attention is accented on the necessity of account of preliminary analysis of descriptive data characterizing the material providing of process of the well-drilling, at the choice of the optimal mode of well-drilling. The features of the worked out programmatic complex consisting of two subsystems are described: browser application and mobile application on the platform of android os. It is suggested as technology of receipt of data from outsourcing to use three-level SCADA control system a boring complex. It is marked that the described SCADA system of boring complex ULTRA SINGL 150 T has the opportunity to send the data got from the sensors of boring complex, in the format of SQL-query on facilities of global network, forming to the same basis of making decision on a management by a well-drilling process.

Матюха С. О.

представитель ЧАТ «Донецксталь» –  
металлургический завод»

Шевченко Н. Ю.

канд. экон. наук, доц. каф. ИСПР ДГМА  
Natasha\_shev@mail.ru

Останкова Л. А.

канд. экон. наук, доц. каф. ИСПР ДГМА

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

УДК 519.6:622.2

Матюха С. О., Шевченко Н. Ю., Останкова Л. А.

## СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ БУРЕНИЯ

Бурение и сооружение скважин является перспективной отраслью развития в Украине, так как дегазация шахтного забоя с последующей когерацией газа метана, обеспечивает не только безопасность труда шахтеров, но и сокращает энергорасход на добыче угля.

В Украине получили распространение три способа бурения нефтяных и газовых скважин: роторный, гидравлическими забойными двигателями и бурение электробурами. Первые два из этих способов являются основными. Выбор наиболее эффективного способа бурения обусловлен задачами, которые должны быть решены при разработке или совершенствовании технологии бурения в конкретных геолого-технических условиях. На основании данных, полученных при опытной бурении, сравнивают способы бурения и выявляют из их числа наиболее эффективный для конкретных геолого-технических условий [1].

Для качественного и своевременного мониторинга и диагностики процесса бурения необходима автоматизированная система управления совокупностью процессов обработки информации с возможностью оперативного контроля. Для этих целей оптимально подходит клиент-серверная система, поскольку обеспечивает глобальный доступ к информации всем сотрудникам подразделения и предоставляет возможность создания хранилища данных для последующего анализа. На практике управление буровым станком может быть автоматизировано на уровне контроля процесса бурения скважины, но при таком подходе отсутствует связь с материальной базой, используемой при сооружении скважины. Поэтому необходимо при автоматизации функции контроля процесса бурения обеспечить взаимосвязь работы бурового станка и сведениями о материальном обеспечении сооружения скважины, что позволит проанализировать эффективность работы, и определить оптимальный режим бурения при определенной (заданной) материальной базе (расходе материальных ресурсов).

Целью данной статьи является описание подходов к управлению технологическим процессом бурения с помощью информационной системы на основе предварительного анализа описательных данных.

Информационное обеспечение процесса бурения нефтяных и газовых скважин является наиболее важным звеном в процессе строительства скважин, особенно при введении в разработку и освоении новых нефтегазовых месторождений. Требования к информационному обеспечению строительства нефтегазовых скважин в данной ситуации заключаются в переводе информационных технологий в разряд информационно-обеспечивающих и информационно-воздействующих, при которых информационное сопровождение наряду с получением необходимого объема информации давало бы дополнительный экономический, технологический или иной эффект. К данным технологиям следует отнести следующие комплексные работы:

- контроль наземных технологических параметров и выбор наиболее оптимальных режимов бурения (например, выбор оптимальных нагрузок на долото, обеспечивающих высокую скорость проходки);
- забойные измерения и каротаж в процессе бурения (MWD и LWD-системы);
- измерения и сбор информации, сопровождаемые одновременным управлением технологическим процессом бурения (управление траекторией горизонтальной скважины с помощью управляемых забойных ориентаторов по данным забойных телеизмерительных систем).

Основная трудность автоматизации процесса бурения нефтяных или газовых скважин заключается в том, что информация о происходящих забойных процессах пока может быть получена только косвенным образом с помощью поверхностной аппаратуры, измеряющей

реакцию узлов буровой установки на результат протекания этих процессов. Точность замера результата забойных процессов с помощью поверхностной аппаратуры не всегда достаточна для эффективного управления процессом бурения в автоматическом режиме. Повысить точность этой аппаратуры можно путем использования сложных алгоритмов, учитывающих одновременно несколько косвенных параметров проявления забойного процесса.

Например, особенностью процесса бурения под дегазацию шахт является выполнение мер по устранению опасных концентраций горючих, взрывоопасных и иных вредных газов в горных выработках. Для контроля процесса бурения необходимо применять регистрирующие измерительные приборы. Показания всех приборов должны легко синхронизироваться. Должна быть реализована возможность получать показания приборов в зависимости от глубины бурения, так как это позволяет увязывать показатели, характеризующие процесс бурения, с проходимыми породами – с механическими и абразивными свойствами последних [2–3]. Данные могут анализироваться, например, на основе таблиц профилей бурения (рис. 1).

Connection			Minimum Make-up Torque N/m <sup>2</sup> Bore of Drill Collar, millimeters									
Size, mm	Type	OD, mm	25.4	31.8	38.1	44.5	50.8	57.2	63.5	71.4	76.2	95.3
API	NC 23	76.20	*3 469	*3 469	*3 469							
		79.38	*4 605	*4 605	3 661							
		82.55	5 532	4 684	3 661							
60.33	Regular	76.20		*3 099	*3 099	2 419						
		79.38		*4 188	3 560	2 419						
		82.55		4 543	3 560	2 419						
73.03	PAC <sup>3</sup>	76.20		*5 251	*5 251	4 047						
		79.38		*6 868	5 741	4 047						
		82.55		7 200	5 741	4 047						
API	API IF NC 26	88.90		*6 370	*6 370	5 113						
		95.25		7 608	6 456	5 113						
		73.03	Regular	88.90	*5 308	*5 308	*5 308					
		95.25	7 974	6 847	5 535							
		98.43	7 974	6 847	5 535							

Рис. 1. Таблица профилей бурения

Эффективность разрушения горных пород на забое скважины, т.е. максимальная механическая скорость бурения, достигается при правильном выборе величин параметров технологического режима:

- частоты вращения бурового снаряда;
- осевой нагрузки на породоразрушающий инструмент;
- расхода очистного агента.

Эти параметры не всегда должны иметь максимальную величину и должны изменяться не только в течение рейса, но и на различных глубинах бурения. Основное влияние на рациональное сочетание различных значений трех параметров режима бурения оказывают физико-механические свойства буримых горных пород: твердость, абразивность, трещиноватость и т. д. Особое влияние на выбор технологического режима бурения имеют пористость, вспучиваемость, пльвучесть, водопроницаемость, слоистость. Каждое из этих свойств может вызывать необходимость изменения одного из параметров режима бурения, т. е. применение специального режима. Например, повышенная пористость горной породы или водопроницаемость существенно влияют на количество подаваемой в скважину промывочной жидкости. Параметры режима бурения должны быть определены для каждого слоя пород. Механическая скорость бурения возрастает с увеличением частоты вращения бурового снаряда. Однако пределы этих значений различны для каждого способа бурения и диаметра скважины [4–5].

Величина осевой нагрузки на породоразрушающий инструмент также зависит от ряда факторов. Механическая скорость бурения возрастает с увеличением осевой нагрузки, но это целесообразно и возможно в определенных пределах. Увеличение осевого давления выше рекомендуемого приводит к повышенному износу истирающего материала, коронок, долот

либо к поломке бурового инструмента и, в конечном счете, к аварии. Следует заметить, что при небольших глубинах скважин выгоднее иметь максимальную механическую скорость бурения, несмотря на повышенный износ породоразрушающего инструмента. На больших глубинах, где время проведения спускоподъемных операций составляет значительную величину, целесообразно добиваться максимальной стойкости породоразрушающего инструмента (проходки на коронку, долото) даже за счёт более низкой механической скорости бурения. Заниженная осевая нагрузка приводит к непроизводительному истиранию резцов породоразрушающего инструмента и снижению механической скорости бурения.

Оптимальное соотношение параметров режима бурения зависит от конкретных геолого-технических условий сооружения скважины. Количество подаваемого в скважину очистного агента должно, в первую очередь, обеспечивать безаварийную работу всего бурового оборудования и инструмента, зависящую от состояния скважины. При недостаточной подаче очистного агента происходит зашламовывание ствола и забоя скважины, вызывающее повышенный износ инструмента и расход мощности, затрачиваемой на вращение бурового снаряда. При повышенной подаче очистного агента в скважину может происходить разрушение керна и стенок скважины, особенно при их невысокой устойчивости. В целом при бурении мягких пород с высокими механическими скоростями количество подаваемого очистного агента должно быть увеличено, а в твёрдых породах – снижено [4–5].

Все перечисленные выше особенности контроля процесса бурения должны быть учтены при автоматизации.

Информационная система управления технологическим процессом бурения («Drill-Tech») состоит из двух подсистем: браузерного приложения и мобильного приложения на платформе android os. Система предполагает работу с базой данных склада, электронного самописца, договоров, справочников и составление различной отчетной и аналитической документации. В программном продукте реализованы следующие возможности: учет материалов на складе; учет состояния оборудования; ведение электронного журнала операций проведенных пользователями; построение графиков бурения по факту и плану; мобильный и оперативный контроль и управление технологическим процессом.

Основной функцией системы является доставка аналитически обработанной информации на мобильное устройство в виде трендов, диаграмм, табличной информации. Обеспечивается вывод журнала экстренных (аварийных) сообщений. Вся информация упорядочивается по типологии, технологическим объектам и специфике уровня задач каждого пользователя. Данные, поступающие в систему, анализируются на основе таблиц профилей бурения.

Браузерное приложение обеспечивает доступ к данным (рис. 2).

The screenshot displays the 'Состояние оборудования' (Equipment Status) section of the 'Drill-Tech' web application. It features a sidebar with navigation options like 'Вернуться', 'Внести данные по узлам', 'Новый элемент', 'Добавить запись в регламенте', and 'Состояние узла'. The main content area is divided into several panels:

- Состояние оборудования:** A table listing equipment units and their status.
 

№	Название узла	Статус
1	Трейлер манты	Требуется внимание
2	Манта, привод РШТ, фундаментная рама	Требуется внимание
3	Кабина буровишки, МПТ, чаны для хранения труб	Все работы выполнены
- Состояние узла Трейлер манты:** A detailed table for the 'Шасси трейлера' (Trailer chassis) with 22 items.
 

№	Название	Статус
Шасси трейлера - Требуется внимание		
1	Основная конструкция	Требуется внимание
2	Емкость масляной ванны	Требуется внимание
3	Масло в ступицах	Требуется внимание
4	Регулировка тормозов и хода штока топателя	Требуется внимание
5	Давление воздуха в шинах	Требуется внимание
6	Заправка всех болтов и гаек подвески	Требуется внимание
7	Заправка всех U-образных болтов оси	Требуется внимание
8	Всё дружно	Требуется внимание
9	Шины	Требуется внимание
10	Система воздушных тормозов	Требуется внимание
11	Осветительные приборы	Требуется внимание
12	Плита сцального устройства	Все работы выполнены
13	Воздушная ёмкость	Все работы выполнены
14	Экстренные соединения	Все работы выполнены
15	Регулировка подшипников колёс	Все работы выполнены
16	Заправка шлангов/кап колёс	Все работы выполнены
17	Углы установки колёс	Все работы выполнены
18	Механизм опускания и подъёма опорных стоек	Все работы выполнены
19	Автоматические механизмы регулировки зазора	Все работы выполнены
20	Резиновые втулки системы подвески	Все работы выполнены
21	Настройка подвески ресоры	Все работы выполнены
22	Подшипники колёс	Все работы выполнены
- Информация:** Shows details for the selected unit: 'Узел: Трейлер манты', 'Подузел: Шасси трейлера', 'Участок узла: Основная конструкция'. It includes a 'Статус участка узла' (Требуется внимание) and a 'Подтвердить выполнение' button.
- Список регламентных работ:** A table listing scheduled maintenance tasks.
 

Вид работ	Периодичность	Дата последнего проведения	Все проводилось последний раз	Статус
Осмотр (левый глазок)	Каждые 1000 миль	30.07.2012	Не проводилось	Требуется внимание
Осмотр (правый глазок)	Каждые 5000 миль	21.08.2012	Не проводилось	OK
Осмотр (обоймы глазок)	Каждые 10000 миль	22.08.2012	Не проводилось	OK
Проверка	Каждые 10000 миль	22.08.2012	Не проводилось	OK

Рис. 2. Состояние оборудования

Мобильное приложение устанавливается на мобильные телефоны пользователей, тем самым обеспечивая мобильность и оперативность принятия решений (рис. 3). Доступ к информации строго разграничен по приоритетам пользователей.

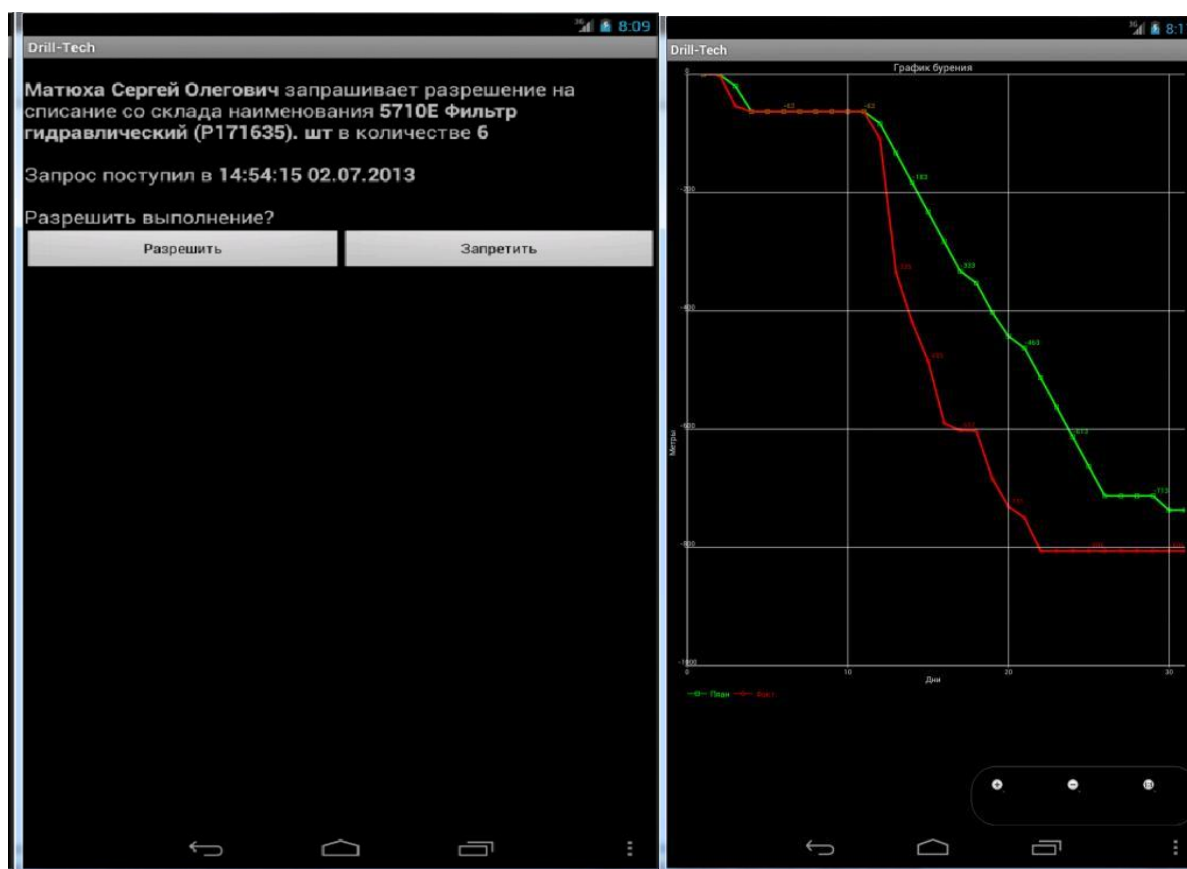


Рис. 3. Уведомления и графики бурения по факту и по плану

Для обеспечения комплексной работы продукт «Drill-Tech» должен получать данные из внешних источников. Данные будут вводиться из SCADA (supervisory control and data acquisition, диспетчерское управление и сбор данных) системы управления буровым комплексом. SCADA система состоит из трех уровней: нижнего, среднего, высокого.

Нижний уровень представляет собой управляющую программу на ПЛК (программируемый логический контроллер). Для создания SCADA системы бурового комплекса Ultra singl 150 T было использовано следующее оборудование: станция SIMATIC 300 на основе ПЛК CPU 317-2 DP и модуля сети Profibus SIMENS CP 343-5, была выбрана промышленная сеть стандарта Profibus dp, прошивка ПЛК разработана в среде Step 7, HMI в среде In Touch.

Прошивка ПЛК разработана в среде Step 7, компоненты прошивки изображены на рис. 4, она состоит из прошивки станции SIMATIC 300 (рис. 4), конфигурации сети MPI для подключения программатора к ПЛК, конфигурации сети Profibus dp для связи компонентов SCADA системы, конфигурации сети Profibus fdl для связи ПЛК с ПК бурильщика и конфигурации сети Ethernet для выхода системы в глобальную сеть Internet.

На рис. 4 изображен пример управляющего блока ПЛК, написанный на языке STL.

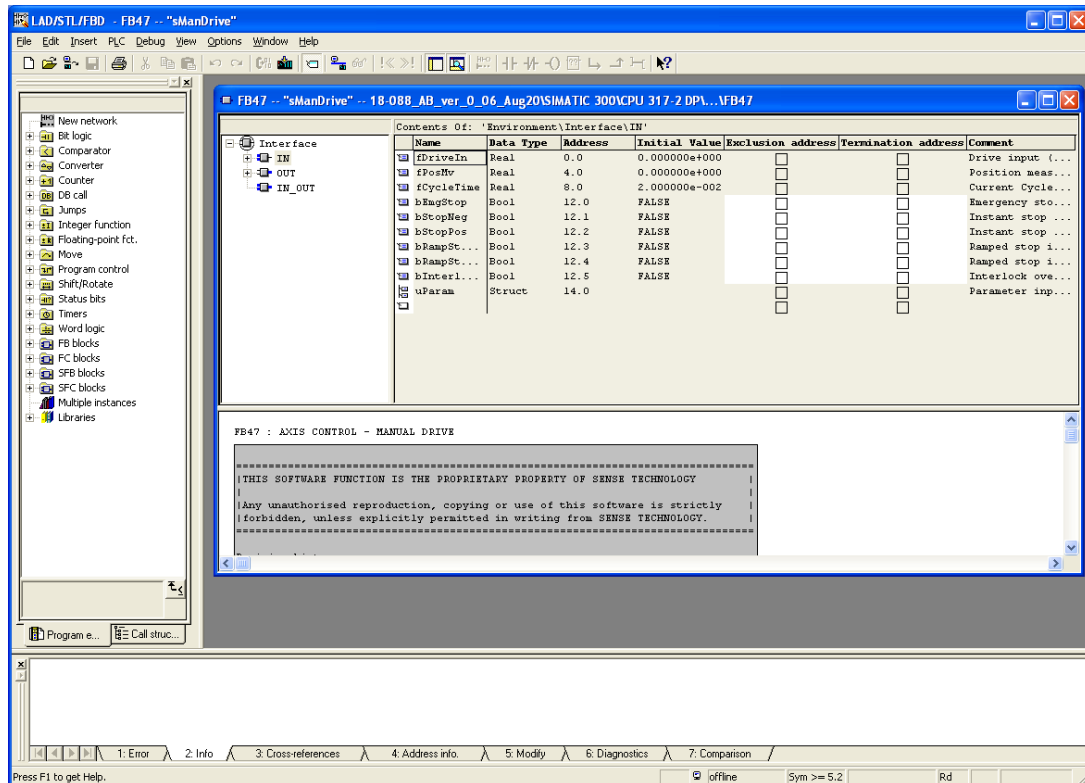


Рис. 4. Пример управляющего блока ПЛК

Для работы SCADA системы были созданы следующие сети: MPI (связь ПЛК с PG); Profibus DP (связь компонентов SCADA); Profibus FDL (связь ПЛК с ПК); Ethernet (выход SCADA в Internet). На рис. 5 изображена сеть SCADA системы.

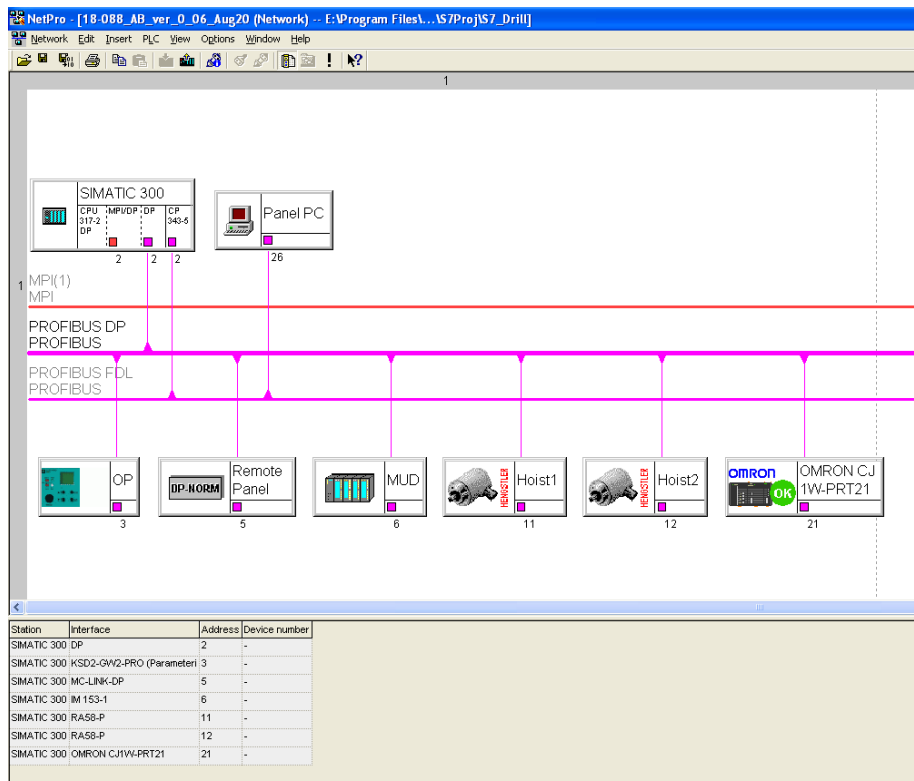


Рис. 5. Сеть SCADA

НМИ разработан в среде In Touch и предназначен для работы оператора (бурильщика).

На рис. 6 изображено окно бурения, где представлены все показатели, характеризующие процесс бурения, в режиме реального времени.

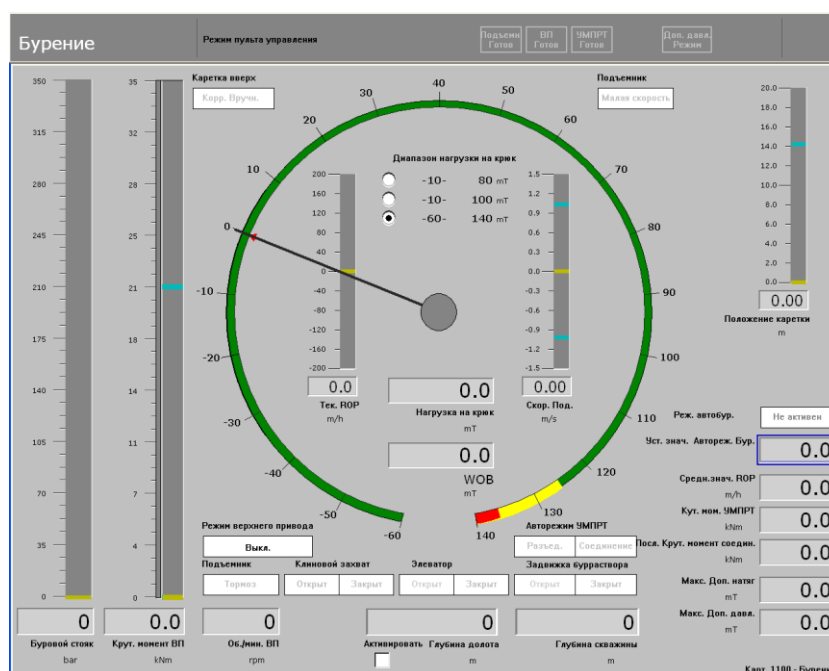


Рис. 6. Окно бурения

## ВЫВОДЫ

Комплексный программный продукт «Drill-Tech» реализует функции мониторинга, контроля, анализа процесса сооружения скважин с возможностью оперативного и мобильного управления. Для обеспечения комплексной работы продукт «Drill-Tech» получает данные из внешних источников, которые автоматически вводятся из SCADA системы управления буровым комплексом. Описанная SCADA система бурового комплекса ULTRA SINGL 150 T имеет возможность отправлять данные, полученные с датчиков бурового комплекса, в формате SQL запроса по средствам глобальной сети Internet. Архитектура системы, основанная на открытых стандартах OPC, XML в совокупности с гибкой политикой ранжирования доступа к информационным ресурсам и хранилищам системы создает предпосылки для интеграции в «смежные» системы. Таким образом, предложенное программное решение позволяет всесторонне управлять технологическим процессом бурения, в том числе на основе предварительного анализа описательных данных.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Басарыгин Ю.М. Бурение нефтяных и газовых скважин: Учеб. пособие для вузов / Ю.М. Басарыгин, А.И. Булатов, Ю.М. Проселков. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2002 – 382 с.
2. Гилязов Р.М. Бурение нефтяных скважин с боковыми стволами / Р.М. Гилязов. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2002 – 350 с.
3. Борисович В. Т. Бурение скважин большого диаметра / В.Т. Борисович, Р.В. Зеленцов, В.В. Чуносков, Д.А. Алексеев, А.М. Гельфгат, Д.В. Кожухов. – М.: «Недра», 1977. – 160 с.
4. Иогансен К.В. Спутник буровика. Справочник. / К.В. Иогансен. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1990. – 390 с.
5. Булатов А.И. Техника и технология бурения нефтяных и газовых скважин: Учеб. для вузов / А.И. Булатов, Ю.М. Проселков, С.А. Шамапов. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2003. – 614 с.