

По результатам проведенных испытаний было подтверждено влияние температуры эксперимента на объем образцов ИРП-1226 при нахождении их в растворах являющихся основой буровых растворов на углеводородной основе. Отмечено, что наиболее интенсивный износ идет в среде биоразлагаемой основы и дизельного топлива, что выражается в интенсивном отслаивании образцов. Закономерность влияния температуры жидкости на интенсивность изменения объема образца наиболее характерна для биоразлагаемой основы, в то время как для нефти и дизельного топлива она не была замечена. Сделан вывод о том, что причиной этого является высокоинтенсивное испарение летучих фракций углеводородов из указанных жидкостей и снижение уровня агрессии среды по отношению к образцам. Выбраны направления для следующих исследований:

- исследование влияния температуры в диапазоне от -30 °С до +90 °С;
- оценка изменения массы образца и его прочности;
- оценка абразивного износа промывочной жидкости на эластомер;
- оценка абразивного действия ротора ВЗД на образцы ИРП-1226, как в присутствии различных жидкостей, так и после их длительного воздействия на образцы.

#### Литература

1. Коротаяев Ю.А. Исследование и разработка технологии изготовления многозаходных винтовых героторных механизмов гидравлических забойных двигателей: диссертация. ... доктора технических наук : 05.02.08 / Коротаяев Юрий Арсеньевич. – Пермь, 2003. – 386 с.
2. Голдобин Д.А. Разработка и исследование винтовых забойных двигателей с облегченными роторами и армированными статорами: автореф. дис. ... кандидата технических наук: 05.02.13 / Голдобин Дмитрий Анатольевич. – Пермь, 2011. – 22 с.
3. *Исмаков Р.А. Исследование влияния различных реагентов на работу силовой секции винтовых забойных двигателей//Нефтегазовое дело, №1. – 2015. – С. 64-78.*
4. Двойников М.В. Технология бурения нефтяных и газовых скважин модернизированными винтовыми забойными двигателями: диссертация. ... доктора технических наук : 25.00.15 / Двойников Михаил Владимирович. – Тюмень, 2011. – 371 с.
5. Балденко Д.Ф., Балденко Ф.Д., Двойников М.В. Конструкторские решения в области совершенствования рабочих органов винтовых забойных двигателей [Электронный ресурс] // Журнал «Бурение и нефть». Режим доступа: <http://burneft.ru/archive/issues/2013-02/10>.
6. Двойников М.В. Исследование износостойкости рабочих органов винтовых забойных двигателей. Бурение и нефть, 2009. – №5. – С. 15-19.
7. Овчинников В.П., Двойников М.В., Совершенствование конструкции винтовых двигателей для бурения скважин. Бурение и нефть, 2007. – №3. – С. 52-54.
8. Игнатов, Д. Н. Показатели надежности винтовых забойных двигателей // Молодёжь и наука: Сборник материалов VIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных [Электронный ресурс]. — Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2012. — Режим доступа: <http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2012/section18.html>
9. Фуфачев О.И. Исследование и разработка новых конструкций рабочих органов винтовых забойных двигателей для повышения их энергетических и эксплуатационных характеристик: автореф. дис. ... кандидата технических наук: 05.02.13 / Фуфачев Олег Игоревич. – Москва, 2011. – 138 с.
10. Балденко Д.Ф., Коротаяев Ю.А. Современное состояние и перспективы развития отечественных винтовых забойных двигателей [Электронный ресурс] // Журнал «Бурение и нефть». Режим доступа: <http://burneft.ru/archive/issues/2012-03/1>.
11. Балденко Д.Ф., Балденко Ф.Д., Гноевых А.Н. Винтовые гидравлические машины. Том 2. Винтовые забойные двигатели. – М.: ООО «ИРЦ Газпром», 2007. – 470 с.
12. Устройство и работа винтовых забойных двигателей [Электронный ресурс] // GazPB.ru. Официальный сайт. Режим доступа: <http://www.gazpb.ru/ekspluatatsiya-turbinnoj-tekhniki/105-ustrojstvo-i-rabota-vintovyx-zaboinyx-dvigatелеi.html>.

### БЛОК-СХЕМА СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССА БУРЕНИЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

**Р.С. Михалев, А.В. Епихин**

Научный руководитель старший преподаватель А.В. Епихин

**Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия**

Для современного бурения скважин закономерными являются: увеличение объемов строительства скважин с горизонтальными участками ствола [2]; увеличение средней глубины скважин: за последние 15 лет средняя глубина скважин возросла на 100–500 м в зависимости от области применения [4]; рост средней протяженности скважин по стволу [4]. Анализ тенденций развития буровой отрасли по статистическим данным [1-4], позволяет сделать предположение об исключительной важности развития техники и технологий бурения, которые позволят обеспечить качественную проводку спроектированного ствола в кратчайшие сроки. Это подчеркивает актуальность постоянного развития систем интеллектуального контроля и управления процессом бурения.

В ранних исследованиях была сделана выборка отечественных производителей систем контроля и управления процессом бурения, в которую вошли КУБ-2, Леуза-2, АПК «Волга», КИБР-М1, СКУБ-М1, МСУ. Эта выборка была проанализирована согласно требованиям ГОСТ 14169-93 «Системы наземного контроля

процесса бурения нефтяных и газовых скважин. Общие технические требования и методы испытаний», которые определяют минимальный перечень параметров, которыми должны обладать эти системы [5]. Согласно этому анализу были сделаны основные выводы, которые заключаются в том, что ГОСТ 14169-93 к настоящему моменту потерял свою актуальность, поскольку ни одна из рассмотренных систем не выполнила всех требований стандарта, при этом все они (системы) активно применяются в буровой практике.

Кроме того, лишь одна из рассмотренных систем, АПК «Волга», обладает механизмом накопления информации в базе данных, ее анализа и «самообучения» системы. Как показывает анализ, остальные системы нацелены не на активное участие в управлении процессом бурения, а на роль «пассивного наблюдателя». Эти системы регистрируют и сохраняют информацию, чаще всего, без обработки. То есть, имея значительный объем получаемой информации, эти системы не выдают управленческих решений, что автоматически снижает их полезный эффект. Чаще всего они используются для разбора ситуаций связанных с авариями и инцидентами, что подчеркивает не полное задействование их возможного функционала.

Следовательно, вопрос создания современной системы интеллектуального контроля и сопровождения процесса бурения является актуальным. В связи с этим, было решено разработать блок-схему подобной системы для современных условий бурения, отвечающей следующим требованиям:

- наличие пополняемой базы данных с элементами «самообучения» системы;
- прецедентный тип работы;
- выдача рекомендательных управленческих решений оператору с учетом проектных и фактических показателей процесса бурения;
- система записи с возможностью записи информации на носитель и на сервер в сети Интернет;
- контроль технологических параметров режима бурения;
- контроль технического состояния оборудования;
- оценка экономического эффекта буровых работ;
- учет обратной связи от буровой бригады и инженерного состава;
- контроль эффективности работы буровой бригады;
- наличие системы видеонаблюдения за основными блоками буровой.

При этом сама система должна отвечать условиям: надежности; минимальности (минимум дополнительного оборудования и минимум вмешательства в технологический процесс); эргономичности; скорости анализа и выдачи решений.

Для правильной постановки задач исследования была построена блок-схема стандартной системы интеллектуального контроля и управления процессом бурения (рис. 1). Прототипом стали результаты аналитического сравнения выборки отечественных систем согласно требованиям ГОСТ 14169-93. Блок-схема этой схемы включает в себя, чаще всего, одностороннюю связь. Контрольно-измерительные приборы на буровой измеряют технологические параметры, а затем передают их в базу данных, которая может либо храниться на носителе, либо быть использована для получения информации оператором. В некоторых случаях, например, при использовании АПК «Волга» блок-схему усложняется благодаря появлению возможности анализа системой полученной информации и выдачи каких-либо заключений и рекомендаций (на рисунке такой вариант рассматривается, если учитывать штриховые линии). Представленная блок-схема подчеркивает скудность использования возможностей информации, генерируемой процессом бурения, опыта буровой бригады и инженеров.

Далее была разработана альтернативная блок-схема системы интеллектуального контроля и управления процессом бурения (рис. 2). В данной системе можно выделить 4 функциональных блока:

- блок регистрации технологических параметров;
- блок оценки технического состояния бурового оборудования;
- блок сбора обратной связи и оценки эффективности работы буровой бригады;
- блок общей оценки экономической эффективности процесса бурения.

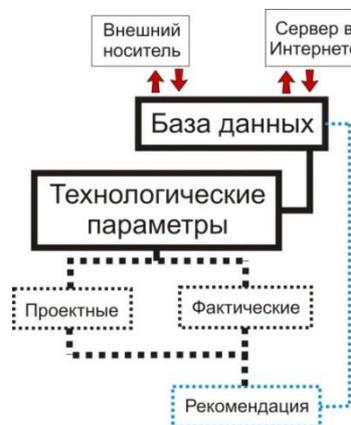


Рис. 1. Блок-схема стандартной системы интеллектуального контроля и управления процессом бурения

Блок регистрации технологических параметров, как и его современные аналоги, собирает информацию от контрольно-измерительной аппаратуры в процессе бурения. После этого параметры обрабатываются и сравниваются с проектными данными, которые задаются в формате исходных данных. После сравнения и с учетом прецедентного принципа работы с базой имеющихся данных (по уже пробуренным скважинам) система выдает варианты управленческих решений оператору, который в свою очередь передает эту информацию инженерному составу и буровой бригаде.

Блок технического состояния оборудования для анализа собирает информацию из следующих источников: динамика изменения технологических параметров при прочих равных условиях, оперативная видеозапись основных рабочих узлов буровой, обратную связь от буровой бригады. Производится анализ полученной информации с нормами износа бурового оборудования, которые задаются в виде исходных данных. На основе прецедентного опыта бурения система также выдает свои рекомендации, на основе которых оператор передает возможные решения буровой бригаде и инженерному составу для окончательного утверждения.

Блок сбора обратной связи и информации об эффективности работы персонала буровой подразумевает выполнение двух задач. Персонал буровой способен выдавать полезную информацию для системы и оператора о состоянии бурового оборудования и условиях бурения, причем регистрация и правильная интерпретация информации является обязанностью оператора системы. Оценка эффективности работы членов буровой бригады может быть организована благодаря установке, например, в каждой каске датчика перемещения. Это позволит системе производить анализ эффективности использования рабочего времени сотрудником и улучшать условия труда.

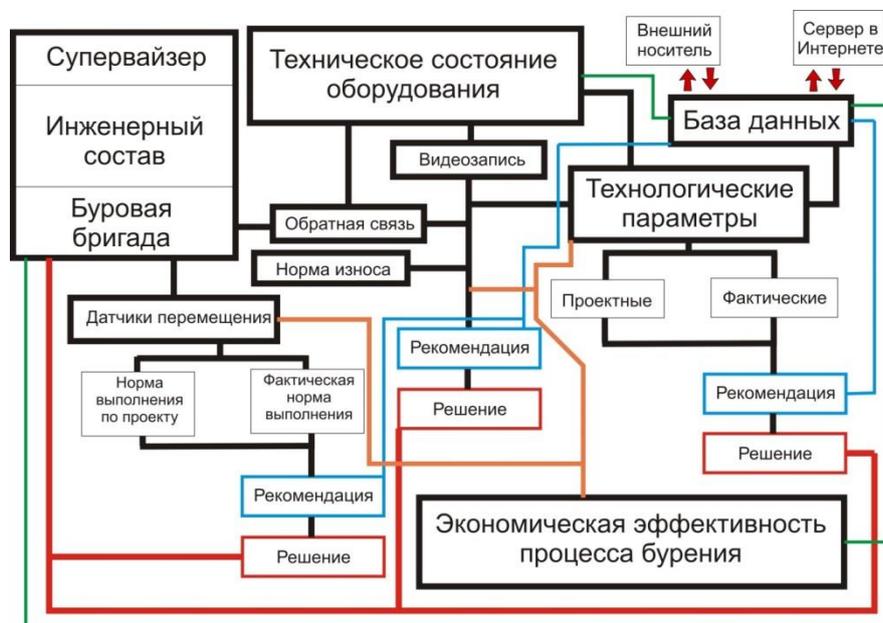


Рис. 2. Запроектированная блок-схема системы интеллектуального контроля и управления процессом бурения

Блок оценки экономической эффективности процесса бурения является обобщающим. В его задачи входит сбор и анализ информации из описанных выше составляющих системы. Результатом является динамика изменения экономической эффективности в реальном режиме времени (в условных единицах). Возможность принятия управленческих решений в рамках заданного проекта на скважину позволяет оценить их влияние на эффективность сооружения скважины и корректировать работу буровой бригады, управлять процессом бурения и работой бурового оборудования.

Вся информация записывается в базу данных, которая работает по прецедентному принципу и выдает рекомендации по принятию управленческих решений. Данные сохраняются на сервере в интернете с возможностью получения отчета представителями компании-заказчика и сохраняются дополнительно на носителе в пределах буровой площадки.

Предложенная схема интеллектуальной системы контроля и сопровождения процесса бурения позволит повысить скорость и качество сооружения скважин благодаря наличию системы рекомендательной связи, возможности учета и применения опыта уже успешно сооруженных скважин. Данная система сложна на уровне проектирования и построения связей, определения зависимостей и закономерностей процесса бурения. Следующим этапом исследования является построение алгоритмов работы каждого из блоков системы с описанием характера и уровня связей..

Литература

1. Добыча нефти [Электронный ресурс]// Все о нефти. Информационный сайт. Режим доступа: <http://vseonefti.ru/upstream/>.
2. Нигматулин Р.И., Нигматулин Б.И. Нефть, газ, энергия, мир, Россия: состояние и перспективы [Электронный ресурс]//ProAtom. Информационный сайт, 2006. Режим доступа: <http://www.proatom.ru/>.
3. Горизонтальное бурение RPI [Электронный ресурс]//Rogtec. Russianoil&gastechologies. Информационный сайт. – 2014. Режим доступа: <http://www.rogtecmagazine.com>.
4. Богоявленский В.И. Достижения и проблемы геологоразведки и ТЭК России // [Бурение и нефть, 2013. - №3. – С. 3-7.](#)
5. ГОСТ 14169-93 Системы наземного контроля процесса бурения нефтяных и газовых скважин. Общие технические требования и методы испытаний [Электронный ресурс]//Помощь по ГОСТам. Информационный сайт. Режим доступа: <http://www.gosthelp.ru/text/GOST1416993Sistemnazemno.html>.

**АНАЛИЗ ОПЫТА ПРИМЕНЕНИЯ И ВЫБОР АКТУАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
РОТОРНЫХ УПРАВЛЯЕМЫХ СИСТЕМ ПРИ СООРУЖЕНИИ СКВАЖИН НА НЕФТЬ И ГАЗ**  
**Д.И. Новосельцев**

Научный руководитель старший преподаватель А.В. Епихин

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Увеличение объемов добычи углеводородов связано с вводом в эксплуатацию новых площадей, а также доработкой ранее открытых месторождений. Решение этих задач невозможно без строительства наклонно-направленных скважин, отработки методик проектирования и корректирования их траектории, совершенствования техники и технологии направленного бурения. При проектировании скважин операторы все чаще закладывают сложные траектории для вскрытия удаленных объектов, разработки нескольких залежей из одной скважины, проникновения вглубь пласта и преодоления разрывных нарушений. Сложность бурения подобных скважин компенсируется повышенной эффективностью извлечения углеводородов из них за счет увеличенной площади контакта с продуктивным пластом. Одной из перспективных технологии в наклонно-направленном бурении на сегодняшний день является применение роторных управляемых систем (РУС). Их использование значительно упрощает проводку скважин сложной траектории, в том числе с протяженным горизонтальным участком.

Роторные управляемые системы были разработаны в середине 1990-х как альтернатива традиционным методам искривления траектории скважины, таким как, отклонение управляемым двигателем (совмещение забойного двигателя и кривого переводника), использование клинового отклонителя, изменение положения стабилизаторов. Эти методы имеют ряд недостатков: необходимость многочисленных спускоподъемных операций (смена компоновки низа буровой колонны, установка клина-отклонителя), сложность контроля азимута, некачественный ствол скважины.

Последние десятилетия в большинстве случаев используется искусственное искривление с помощью управляемого двигателя, которое вполне удовлетворяет требованиям заказчика. Однако бурение скважин с увеличенным горизонтальным участком управляемым двигателем имеет практически неустраняемые недостатки, причиной которых является «скользящий» режим бурения. В этом режиме вращается только долото, а буровая колонна просто следует за направляющей компоновкой. Сам переход после вертикального участка с вращательного режима на скользящий является сложной задачей, так как буровику необходимо ориентировать изгиб забойного инструмента в направлении необходимой траектории, при этом крутящие силы заставляют буровую колонну вести себя как сжатая пружина. Основные сложности в этом случае вызваны недостатком вращения колонны труб. В процессе проходки буровая колонна скользит по лежачей стенке скважины, промысловая жидкость движется вокруг нее неравномерно, что уменьшает выносящую способность раствора и способствует повышению риска прихвата колонны. Также из-за скольжения снижается полезная мощность, затрачиваемая на вращение долота, что в сочетании с трением скольжения уменьшает скорость проходки. Иногда осевой нагрузки просто недостаточно для преодоления трения колонны о стенки скважины. Кроме того, бурение управляемым двигателем характеризуется низким качеством ствола, волнообразными неровностями и резкими изгибами (рис. 1) [1].

Часть перечисленных проблем могут быть устранены применением роторных управляемых систем (РУС). Ключевой особенностью РУС является непрерывное вращение буровой колонны, исключающей наличие интервалов, где ведется бурение со «скольжением».

В настоящее время применяются две концепции РУС: с отклонением долота («push-the-bit») и с направлением долота («point-the-bit»). В системе с отклонением долота ориентация буровой колонны в желаемом направлении производится путем нажатия на стенку скважины. В такой РУС используется блок отклонения с тремя выдвигаемыми башмаками, приводимыми в движение буровым раствором и расположенными возле долота для создания бокового усилия на стенки скважины. Для увеличения угла соответствующие башмаки нажимают на лежачую стенку скважины, а для снижения угла – на висющую стенку скважины. Текущее значение координат ствола и другие рабочие параметры РУС от забоя к поверхности, а команды от оператора с поверхности на забой, передаются при помощи телеметрических систем по гидроимпульсному каналу связи, определяют время и мощность срабатывания башмака. Блок управления, расположенный над блоком