

### Результаты сравнения

Номер скважины, месторождение	Время согласно норм 2009 г., ч	Время согласно норм 2020 г., ч	Отклонение +/- (действующие нормы/новые)
15 Карташовская	24,02	19,64	4,38/18
503 Кореневская	4,15	3,15	1/24
117g Мармовичская	19,34	14,84	4,5/23

Вышеперечисленные мероприятия позволят значительно сократить (до 20 %) длительность проведения комплекса ГИС на скважине. С учетом, что нормируемый объем, затраченный на проведение спуско-подъемных операций при выполненных ГИС в 2020 г. для СУБР составил ориентировочно 340 суток [1], то при применении в 2021 г. разработанных норм предполагаемая экономия при выполнении такого же объема работ составит около 60–65 суток по году.

Данные работы требуют изучения цен и рынка услуг, проведения маркетинговых исследований по закупке аренды LWD (с или без наддолотного модуля).

Применение данных технологий позволяет получить наиболее достоверные данные, увеличить скорость проведения комплекса ГИС и сократить время бурения.

#### Литература

1. Протокол технико-экономического совета РУП ПО «Белоруснефть», 28.12.20.
2. Постановление № 6 совета РУП ПО «Белоруснефть», 2020.
3. BakerHughes. – Режим доступа: <https://www.bakerhughes.com/integrated-well-services/integrated-well-construction/evaluation/loggingwhiledrilling-services>. – Дата доступа: 11.03.21.
4. Говзич, А. Роторные возможности управляемого бурения / А. Говзич // Сиб. нефть. – 2012. – № 96. – С. 38–42.
5. Башнефтегеофизика. – Режим доступа: <https://www.bngf.ru/services/187/>. – Дата доступа: 12.03.21.

## АДАПТАЦИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ БУРЕНИЯ СКВАЖИН ДЛЯ ДОБЫЧИ УГЛЕВОДОРОВ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ПРИПЯТСКОГО ПРОГИБА

А. Г. Стельмашонок

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель О. К. Абрамович

Современный этап развития техники и технологии добычи углеводородов характеризуется существенным увеличением объемов производственной информации о происходящих изменениях в условиях разработки нефтяных месторождений и их текущем состоянии. Однако при этом на нефтепромыслах зачастую отсутствует технология контроля и управления разработкой, объективно учитывающая все основные структурные особенности месторождения и его эксплуатации (включая кустовые площадки и отдельные скважины). Все это приводит к необходимости более широкого распространения и применения разнообразных систем автоматики, телемеханики и компьютерных сетей, где главным фактором является наличие встроенного интеллекта. В ближайшем будущем повсеместно появятся «интеллектуальные» нефтепромыслы, которые будут контролировать себя сами и дистанционно управ-

ляться группами виртуальных экспертов, поэтому тема, предложенная к рассмотрению актуальна и современна.

Необходимость создания интеллектуальной системы управления разработкой месторождений углеводородного сырья возникла с учетом: рисков природного характера, например, в ходе освоения глубоких залежей месторождений углеводородного сырья; появления новых, инновационных технологий и техники для добычи углеводородного сырья, а также систем обеспечения всестороннего мониторинга разработки нефтегазовых месторождений; роста объемов геолого-промысловой информации и применения разнотипных программно-аппаратных комплексов для ее сбора, передачи, обработки, анализа и хранения. Разработка концепции интеллектуального месторождения поможет добывающим компаниям сократить расходы на 5 % и увеличить объем добычи на 2 %. Если представить объем прироста добычи нефти в мировом масштабе и, соответственно, сумму сэкономленных средств, станет понятно, что даже такой малый процент будет достаточным основанием для огромных инвестиций в развитие технологий, и особенно в решения на базе искусственного интеллекта. Опыт создания интеллектуальных нефтепромыслов активно адаптируется за рубежом. Например, в Канаде для управления процессами операторы буровых установок используют панельные компьютеры с уровнем защиты IP66, что обеспечивает интеллектуальную автоматизацию и мониторинг системы на нефтяных месторождениях даже в суровых условиях тундры провинции Альберта. Стоит обратить внимание на новый бренд Ventec для ряда инновационных программных приложений и решений. Современная система контроля параметров бурения позволяет осуществлять сбор информации о бурении в режиме реального времени, использовать простой и интуитивно-понятный пользовательский интерфейс, обеспечивать совместимость с внешними системами по протоколам WITS/WITSML, хранение архивной базы данных на жестком диске, существует возможность совместимости с системами дистанционного управления буровой установки последнего поколения, такими как «SCADA», «Symphony» и «FX-control», обеспечивает предоставление отчетов по бурению на основе IADC, а также позволяет создать интегрированный журнал учета труб.

Если перейти к решению достаточно узких практических задач, то также можно рассмотреть ряд интересных и экономически выгодных цифровых решений, например, прогнозирование положения бурового долота в пространстве. Целями и задачами данного проекта являются определение величины и направление отклонения долота от плановой траектории. Разработка системы прогнозирования положения долота скважины в пространстве при помощи современных методов машинного обучения, на базе анализа всей поступающей информации при бурении, позволит управлять бурением скважины и принимать решения по скважине. Ввиду удаленности датчиков инклинометрии от долота (15–35 м от забоя скважины) информация о пространственном положении скважины на основании показаний приборов в процессе бурения поступает не на актуальный забой. Прогноз на забой делается специалистом по наклонно-направленному бурению и носит субъективный характер. В результате этого растет количество случаев перебуров из-за некачественного прогноза.

Интересное практическое решение можно рассмотреть для системы осцилляции колонны бурильных труб. Система Spin Master предназначена для решения проблемы с дохождением осевой нагрузки на долото при наклонно-направленном бурении в горизонтальном участке, используя винтовые забойные двигатели. Система полно-

стью поверхностного монтажа не требует установки внутрискважинного оборудования, которое может быть утеряно в скважине. Оборудование Spin Master подключается к пульту управления верхним силовым приводом. Система Spin Master взаимодействует с пультом управления верхнего силового привода для вращения бурильной колонны влево-право с ограничением крутящего момента и количества оборотов по специально разработанному и запрограммированному алгоритму. Данная техника снижает продольное сопротивление с части буровой колонны при бурении. Вращение подвергает верхнюю часть буровой колонны к почти постоянному тангенциальному движению, создавая коэффициент динамического трения, который ниже коэффициента статического трения, создаваемого не вращающейся колонной. Преимущества: осцилляция уменьшает трение колонны о стенки скважины и улучшает подачу веса на долото, режим колебаний регулируется для обеспечения максимального вращения колонны без влияния на ориентацию винтового забойного двигателя, увеличивается скорость проходки при направленном бурении (слайдирование), существенно увеличивается длина бурения горизонтального участка без использования роторных систем управления. Следующая разработка, заслуживающая внимания, – система автобурения скважины, представленная компанией автоматизированных систем бурения (г. Пермь). Управляющий контроллер позволяет коммуницировать со всеми элементами буровых систем. Идея аппарата перехода на дистанционное управление процессом разработки заключается в том, чтобы к физическому моделированию, которое определяет положение ствола скважины в пласте, добавить статистическую информацию. Чтобы к информации о том, куда бурить, с какой скоростью, с каким весом бурового раствора, добавить сведения о проблемах, возникших на всех тысячах скважин на данной конкретной глубине в данном конкретном пласте. Но добавить таким образом, чтобы вся эта информация была доступна работнику в один клик. Достойны внимания и отечественные разработки нового оборудования БелНИПИнефть, например, помехозащищенные системы СКАД-3104 и Цикада-02, обеспечивающие получение достоверных телеметрических данных о работе погружного оборудования в условиях сильных электромагнитных помех. Данная система представлена сотрудниками БелНИПИнефть на конкурс на «Лучшую научно-инженерную и проектную работу», поэтому воспользуемся только общими характеристиками, доступными для демонстрации современности и преимуществ данного комплекса.

Наземная часть системы представляет собой функционально законченный блок, размещаемый в отсеке телеметрии или снаружи станции управления электропогружной установки, а подземная – герметичный контейнер подземного блока, монтируемый в нижней части погружного электродвигателя на фланцевом соединении. Наружный блок предназначен для питания подземного блока, измерения сопротивления изоляции электроцентробежного насоса и приема информационных сигналов, поступающих от подземного блока, с последующей их дешифровкой, преобразованием и передачей данных в контроллер станции управления электропогружной установки. Передача данных от наземного блока в станцию управления осуществляется по последовательному интерфейсу связи типа RS-232 или RS-485, поддерживающему стандартный промышленный протокол обмена MODBUS. Контроль за работой, настройка и диагностирование наземного блока осуществляется с помощью сервисно-диагностического устройства – пульта оператора. Конструктивно подземный блок выполнен в виде герметичного металлического контейнера цилиндрической формы, способного выдерживать перегрузочное давление до 80 МПа и длительное воздействие температуры до 150 °С. Подземный блок формирует цифровой информационный сигнал о физических значениях следующих величин: температуры отка-

чиваемой жидкости; температуры статорных обмоток погружного электродвигателя; осевого и радиального виброускорения в нижней части погружного электродвигателя. Принцип работы системы основан на преобразовании сигналов внутренних и выносных датчиков подземного блока в цифровой код с целью их дальнейшей передачи в станцию управления электропогружной установки для принятия соответствующего решения. Использование результатов представленной модели обеспечит: снижение капитальных и эксплуатационных затрат при внедрении новых комплектов системы; высокую электромагнитную стойкость составных блоков системы при простых замыканиях на землю в электроцентробежном насосе; расширение температурного диапазона работы подземного блока до 150 °С; достоверный контроль сопротивления изоляции установки электроцентробежного насоса в диапазоне от 10 кОм до 10 МОм; снижение погрешности и инерционности измерений по каналам давления и температуры.

В общем объеме проведенных конструкторско-технологических, сборочно-монтажных и экспериментально-технических мероприятий была осуществлена проработка функционально-конструктивного построения составных блоков системы, выполнена программно-аппаратная стыковка ее внутренних электронных модулей между собой, разработаны электрические принципиальные схемы и схемы монтажных соединений изделия, реализовано и протестировано соответствующее программное обеспечение, предназначенное как для функционирования изделия в целом, так и для его адаптации в действующую программно-аппаратную среду. Были решены вопросы, связанные с технологией изготовления, системы, что позволило создать и испытать опытный образец. Внедрение разработанной системы позволит получать достоверные телеметрические данные во всем диапазоне работы погружного электродвигателя, повысить надежность установки электроцентробежного насоса и снизить эксплуатационные затраты и издержки, а в целом создать условия для обустройства интеллектуальных нефтепромыслов. Доступность постоянно пополняющихся производственных данных в режиме реального времени позволит дистанционно управлять объектами нефтедобычи и повысить эффективность их эксплуатации.

#### Литература

1. Евтин, П. В. Новые технологии – нефтегазовому региону : материалы Междунар. науч.-практ. конф. / П. В. Евтин. – Тюмень : ТИУ, 2016. – Т. 1. – 398 с.

### **ВЫДЕЛЕНИЕ ЗАСОЛЕННЫХ КОЛЛЕКТОРОВ МЕТОДАМИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН НА ПРИМЕРЕ СЕВЕРО-ДОМАНОВИЧСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕФТИ**

**А. В. Сошенко, Е. И. Машечко**

*Белорусский научно-исследовательский и проектный институт нефти  
БелНИПИнефть*

**В. А. Семенова**

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель И. С. Шепелева

Горные породы, пустотное пространство которых частично или полностью заполнено вторичным галитом, именуют засоленными коллекторами. На территории Беларуси катагенетическая кальматация пустотного пространства пород-коллекторов