

11(335).2020

ISSN 0130-3872



**Строительство
нефтяных
и
газовых
скважин**

**на суше
и на море**

**onstruction
oil and gas wells on land**

научно-технический

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ГЕОЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ПРОЦЕССЕ БУРЕНИЯ СКВАЖИН

В.В. Кульчицкий

(РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина)

В статье раскрыты основные проблемы современного комплекса ГТИ. Обосновывается актуальность геосупервайзинга и оснащения цифровыми датчиками станций ГТИ. Цифровизация и пересмотр научно-практических основ бурения скважин – необходимый этап в развитии современной промысловой геофизики.

Ключевые слова: цифровизация; геолого-технологические исследования; геосупервайзинг; оптимизация технологических процессов; буровой супервайзер.

DIGITIZATION OF GEOLOGICAL AND TECHNOLOGICAL INVESTIGATIONS WHILE DRILLING WELLS

V.V. Kulchitsky

(National University of Oil and Gas "Gubkin University")

The paper reveals the main problems of the modern geological and technological investigations (GTI) complex. The urgency of geological supervising and equipping GTI stations with digital sensors is substantiated. Digitization and revision of the scientific and practical foundations of well drilling is a necessary stage in the development of modern field geophysics.

Keywords: digitalization; geological and technological investigation (GTI); geological supervising; optimization of technological processes; drilling supervisor.

Геолого-технологические исследования в процессе бурения (ГТИ) как одно из направлений промысловой геофизики возникло в процессе объединения газового каротажа, экспрессных петрофизических исследований и контроля процесса бурения информационно-измерительными системами. В результате серьезных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, проведенных в 1980-е годы нефтегеофизическими объединениями совместно с институтами геофизики и приборостроения, сформировался современный комплекс ГТИ [1].

В начале 1990-х годов прошлого столетия дезинтеграция сферы буровых работ и геофизических услуг на множество юридически независимых сервисных предприятий с одновременным ослаблением отраслевых институтов и потерей их влияния на научно-техническое развитие отрасли и ее адаптация к рыночным формам хозяйствования особенно негативно отразилась на научкоемкой ИТ-форме ГТИ.

В развитии ГТИ основной акцент делался на геологическом модуле: повышении геологической эффективности поисково-разведочного бурения, оптимизации технологических процессов на этапе ввода скважин в эксплуатацию и проведении геолого-технологических мероприятий во время эксплуатации, изучении геологического разреза. Технологический модуль ГТИ совершенствовался существенно медленнее. К примеру, главный параметр станции ГТИ – определения глубины по сей день остается архаичным, вторичным и совершенно не удовлетворяет требованиям высокоточного наклонно-направленного и горизонтального бурения скважин. На бурение поисковых и разведочных скважин такой перекос в разви-

тии ГТИ не оказал существенного влияния, однако усложнение конструкции и траектории ствола эксплуатационных кустовых скважин со схожими горно-геологическими условиями на одном месторождении привело к отставанию ГТИ от других информационных систем: забойных телеметрических систем, роторных управляемых систем, верхнего привода, инновационных интеллектуальных компоновок низа бурильной колонны.

Отсутствие возможностей развития малых предприятий сервиса ГТИ, финансирующих изготовителей станций ГТИ, отрицательно сказалось на оснащенности технологического модуля цифровыми датчиками и прорывными программными продуктами (ПП) обработки информации и мониторинга надежности оборудования и технологий.

Измерения станций ГТИ используются в большей степени для неточного распознавания технологических операций и определения рисков инцидентов при бурении скважин; программное обеспечение сфокусировано на обработке информации, поступающей с датчиков, программном интерфейсе, записи баз данных по скважинам и их интерпретации в виде отчетов. Низкая квалификация и некомпетентность в смежных профессиях инженерного персонала ГТИ-сервисов и отсутствие командной работы препятствуют быстрой цифровизации буровых работ. Программное обеспечение (ПО) станции ГТИ не соответствует современным требованиям цифровизации процессов бурения скважин. Нет программ по автоматическому распознаванию технологических операций процессов бурения и выявления рисков осложнений, по мониторингу прочности бурильного инструмента и

бурового оборудования на основе машинного обучения и искусственного интеллекта, по буровой геомеханике и безлюдным технологиям. Качество первичного материала, поступающего от станций ГТИ, остается довольно низким.

Национальный стандарт Российской Федерации прописывает основную задачу ГТИ скважин: снятие показаний датчиков в местах их установки на буровом оборудовании, обработка и регистрация этих данных, контроль технологических операций [2]. ПП измерительной системы каротажа в процессе бурения не интегрировано в единый геомеханический комплекс принятия решения при управлении технологическим процессом бурения скважин с автономным комплексом на бурильных трубах, системой контроля, испытания, апробации, освоения и цементирования скважины. Не создан ПП, диагностирующий применяемые сервисными подрядчиками ИТ-инструменты и технологии. Система сбора информации станции ГТИ не обеспечивает прием и регистрацию данных от указанных измерительных систем, увязку исходных данных по времени и глубине бурящейся скважины, формирование общей базы данных с буровым супервайзингом, потребляющим всю готовую информацию и управляющим буровым объектом от имени нефтяной компании.

В Национальном стандарте сделан акцент на исследовании пластовых флюидов и горных пород. Речь идет о геолого-технологических исследованиях скважин, комплексных исследованиях содержания, состава и свойств пластовых флюидов и горных пород в циркулирующей промывочной жидкости, характеристиках и параметрах технологических процессов на различных этапах строительства скважин с привязкой результатов исследований ко времени контролируемого технологического процесса и к разрезу исследуемой скважины.

Цели ГТИ при эксплуатационном бурении (оптимизация технологических процессов на всех этапах строительства скважин, повышение безопасности проведения работ, преодоление осложнений и предотвращения аварий при бурении и обеспечение высокого качества и технико-экономических показателей строительства скважин) достигаются на самом низу иерархии управления, т. к. оператор ГТИ не участвует в принятии решения и не несет ответственности за его последствия. Главная его функция – измерить и передать результат измерения подрядчикам и/или представителю заказчика – буровому супервайзеру. При выполнении таких служебных обязательств оператору ГТИ не требуется квалификации по бурению скважин, а объем знаний по геофизике ограничивается уровнем колледжа. Следовательно, оператор ГТИ – звено, выпадающее из активной организационной структуры управления строительством скважин, особенно при цифровизации в нефтегазовой отрасли.

В Национальном стандарте система мониторинга технического состояния бурового оборудования декларирует пассивный подход к отслеживанию ресурса работы бурового оборудования и инструмента по всему жизненному циклу. Имеются в виду такие важные вопросы, как герметичность бурового инструмента, наработка талевого каната и сменных узлов буровых насосов, определение коэффициента гидравлических потерь в скважине, контроль динамики бурильной колонны, недопустимых разгрузок инструмента и ударов о забой, затяжек и посадок инструмента. Отсутствие ПП мониторинга надежности оборудования, инструмента, конструкции, состояния ствола скважин в реальном времени посредством электронного паспорта делает бесперспективными услуги ГТИ в рамках новой политики ПАО "Газпром нефть" по техническому пределу с планированием композитных скважин и цифровой трансформации [3–5].

Согласно Национальному стандарту, служба ГТИ представляет собой единую систему, включающую станцию ГТИ с персоналом на буровой, техническое и метрологическое обеспечение и интерпретацию информации. Процесс строительства скважины требует оперативного принятия решений непосредственно на буровом объекте в реальном времени, особенно в ситуации перманентно осложненного ствола, а не ожидания обработки и интерпретации информации специальной службой, что увеличивает риск перехода скважины в аварийное состояние. Таким образом, Национальный стандарт отражает существенные недостатки сервисных услуг ГТИ.

Хронический недостаток ресурсов у подрядчиков ГТИ, низкая квалификация и отсутствие мотивации персонала к производительному труду, прекращение подготовки и переподготовки специалистов и финансирования научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ:

1) снижают эффективность системы контроля технического состояния бурового оборудования и отклонений от технологического процесса и состояния ствола скважины;

2) не обеспечивают перехода от управления по результату к управлению в реальном времени и тем более к прогнозной оптимизации бурения и предупреждению осложнений, простоев и аварий;

3) не создают систему мониторинга технического состояния бурового оборудования на новых алгоритмах диагностики и раннего обнаружения признаков отклонений в надежности бурильного инструмента, оборудования, ствола скважины;

4) не поддерживают работоспособность станции ГТИ полным ЗИП-комплектом, позволяющим обеспечить бесперебойную регистрацию параметров, в т. ч. бесконтактными датчиками измерений физических величин;

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ БУРЕНИЯ

5) не интегрируют в процессе бурения программное обеспечение ГТИ с измерительными системами картажа и автономными комплексами на бурильных трубах, системами контроля, испытания, апробации, освоения и цементирования скважин и новыми информационными системами контроля и управления строительством скважин на основе бурового супервайзинга.

Технические аудиты станций ГТИ в различных регионах Западной Сибири и в Оренбуржье, проверка соблюдений требований к станции и персоналу партии ГТИ показали (таблица):

- крайне низкую организацию труда;
- несоответствие применяемого оборудования современным требованиям скоростного бурения скважин и ПБиОТ;
- системные нарушения правил эксплуатации и отсутствие проверки измерительных датчиков (до 72 %): датчик не работает или выдает некорректные данные;
- низкое качество материалов ГИС (до 88 %);
- низкую квалификацию и отсутствие мотивации персонала к производительному труду;
- неполную видеoreгистрацию рабочих площадок (66 %): ротор, мостки, вибросита;
- нарушение правил пожарной безопасности и СИЗ (50 %);
- неполное соответствие документооборота требованиям (63 %): журналы по ТБ, отчеты, акты, паспорта и др.;
- отсутствие запасных датчиков (до 80 %);
- отсутствие модернизации оборудования и НИиОКР, подготовки и переподготовки специалистов.

На рис. 1 и 2 представлены результаты аудита станции ГТИ в Западной Сибири и Оренбуржье.

Партия ГТИ предоставляет информацию буровому супервайзеру для управления строительством скважины. Сложно кооперироваться для формирования достоверной базы данных и создания шкалы рисков, исключающих множественное дублирование информации и противоречивые команды, ведь поднадзорная партия ГТИ является объектом штрафных санкций и прилагает максимум усилий для скрытия своих недостатков.

Совмещение услуг бурового супервайзинга и ГТИ создаст единый информационный комплекс контроля, организации и управления буровыми работами, который позволит оптимизировать управление строительством скважин и обеспечит переход от управления по событию и в реальном времени к прогнозной оптимизации процесса бурения с предупреждением осложнений, простоев и аварий [5].

Согласно Профессиональному стандарту "Буровой супервайзер в нефтегазовой отрасли", супервайзер

№ п/п	Укомплектованность партии ГТИ	
	По техническому заданию	Фактическая (чек-лист 26.09.2019)
1	Датчик веса	В наличии (паспорт: несоответствие)
2	Датчик давления в нагнетательной	В наличии (паспорт: несоответствие)
3	Датчик давления в затрубье	В наличии (паспорт: отсутствует)
4	Датчик оборотов лебедки	В наличии (без номера)
5	Момент на роторе/ВСП	Данные поступают с датчиков буровой установки
6	Обороты ротора/ВСП	
7	Расход на входе	Не исправен (значения по ходам насоса)
8	Расход на выходе	Отсутствует
9	Датчик ходов насоса-1	В наличии (датчик и паспорт: без номера)
10	Датчик ходов насоса-2	В наличии (датчик и паспорт: без номера)
11	Датчик ходов насоса-3	В наличии (датчик и паспорт: без номера)
12	Датчик уровня в 1-й ёмкости	Отсутствует
13	Датчик уровня в 2-й ёмкости	Отсутствует
14	Датчик уровня в 3-й ёмкости	Отсутствует
15	Датчик уровня в ЦСГО	В наличии (датчик без номера)
16	Датчик уровня в доливной ёмкости	В наличии (датчик без номера)
17	Датчик температуры на входе	Отсутствует (значения вносятся вручную)
18	Датчик температуры на выходе	Не исправен
19	Датчик плотности на входе	Отсутствует (значения вносятся вручную)
20	Датчик плотности на выходе	Отсутствует
21	Момент свинчивания ОК	В наличии (паспорт отсутствует)
22	Содержание УВ газов (хроматограф)	В наличии (паспорт отсутствует)
23	Датчик сероводорода	Отсутствует
24	Геологический блок	Микроскоп отсутствует
25	Выполнение требований ОТиПБ и пр.	Отсутствуют приказы ПБ, диэлектрический коврик; инструктаж ПБ не пройден, нет освещения в рабочей зоне
26	Качество оборудования по тех. заданию (наработка, погрешность, калибровка, поверка, пр.)	Не соответствует
27	Полный состав партии (2 геофизика, геолог)	Не соответствует: на посту один геофизик
28	Квалифицированный персонал	Не соответствует

управляет буровым подрядчиком и сервисными предприятиями по вышкомонтажным работам, бурению и креплению ствола скважины, освоению, обустройству и вводу скважин в эксплуатацию. Необходимо обеспечить единство принципов и требований к аналитике бурового супервайзинга, оптимальное взаимодействие ответственных лиц подразделений заказчика, подрядчика бурового супервайзинга и сервисных предприятий [6].

Профессиональный стандарт определил место и роль услуг ГТИ в новой системе управления буровых работ – геосупервайзинге – интегрированием двух видов информационных услуг в единый, что позволит нивелировать перечисленные выше недостатки сервиса ГТИ [5].



Рис. 1. Пример гаражных технологий в одном складском контейнере:
а – рабочее место оператора станции ГТИ; б – кухня и спальня



Рис. 2. Результаты аудита партий ГТИ дочерней компании ПАО "Газпром нефть" в сентябре 2019 г.:
а – устройство сбора данных в мешке; б – неисправный датчик; в – отсутствие датчика H₂S

Выводы

- Оснащение цифровыми датчиками станций ГТИ – первый шаг к цифровизации и пересмотру научно-практических основ бурения скважин.
- Геосупервайзинг позволяет интегрировать два вида информационных услуг в единый, нивелирующий недостатки сервиса ГТИ.

ЛИТЕРАТУРА

- 50 лет геолого-технологических исследований. История. Новый взгляд на развитие ГТИ в России / Э.Е. Лукьянов,

К.Н. Каюров, А.А. Шибаев, И.Л. Шраго // Бурение и нефть. – 2018. – № 7–8. – С. 34–41.

2. ГОСТ Р 53375-2016. Скважины нефтяные и газовые. Геолого-технологические исследования. Общие требования. – Введ. 2017-03-01. – М.: Стандартинформ, 2016. – 23 с.

3. Кульчицкий В.В., Пархоменко А.К., Ильичев С.А. Цифровизация супервайзинга бурения, текущего и капитального ремонта скважин // Достижения, проблемы и перспективы развития нефтегазовой отрасли: материалы III Междунар. науч.-практ. конф., Альметьевск, 14–17 нояб. 2018 г. – Альметьевск: АГНИ, 2018. – С. 183–186.

4. Цифровой геосупервайзинг оптимизированного дизайна скважин / С.А. Ильичев, В.В. Кульчицкий, В.П. Спиридонов [и др.] // Нефт. хоз-во. – 2019. – № 3. – С. 50–52. – DOI: 10.24887/0028-2448-2019-3-50-52

5. Газпром нефть: Цифровизация бурения скважин / И.Ф. Рустамов, К.В. Кулаков, С.А. Ильчев, В.В. Кульчицкий // ROGTEC. – 2020. – Вып. 60. – С. 30–39.
6. Профессиональный стандарт "Буровой супервайзер в нефтегазовой отрасли": утв. приказом Минтруда и социального развития РФ от 27 ноября 2014 г. № 942н.

LITERATURA

1. 50 let geologo-tehnologicheskikh issledovaniy. Istoryya. Nauvy vuzglyad na razvitiye GTI v Rossii / E.E. Luk'yanov, K.N. Kalyurov, A.A. Shibaev, I.L. Shrago // Burenie i neft'. – 2018. – № 7–8. – S. 34–41.
2. GOST R 53375-2016. Skvazhiny neftyanye i gazovye. Geolo-go-tehnologicheskie issledovaniya. Obshchie trebovaniya. – Vved. 2017-03-01. – M.: Standartinform, 2016. – 23 s.

3. Kul'chitskiy V.V., Parkhomenko A.K., Il'ichev S.A. Tsifrovizatsiya supervayzinga burenija, tekushchego i kapital'nogo remonta skvazhin // Dostizheniya, problemy i perspektivy razvitiya neftegazovoy otrassli: materialy III Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Al'met'evsk, 14–17 noyab. 2018 g. – Al'met'evsk. AGNI, 2018. – S. 183–186.

4. Tsifrovoy geosupervayzing optimizirovannogo dizayna skvazhin / S.A. Il'ichev, V.V. Kul'chitskiy, V.P. Spiridonov [i dr.] // Neft. khoz-vo. – 2019. – № 3. – S. 50–52. – DOI: 10.24887/0028-2448-2019-3-50-52

5. Gazprom neft': Tsifrovizatsiya burenija skvazhin / I.F. Rustamov, K.V. Kulakov, S.A. Il'ichev, V.V. Kul'chitskiy // ROGTEC. – 2020. – Vyp. 60. – S. 30–39.

6. Professional'nyy standart "Burovoy supervayzer v neftegazovoy otrassli": utv. prikazom Mintruda i sotszashchity RF ot 27 noyabrya 2014 g. № 942n.

Валерий Владимирович Кульчицкий, д-р техн. наук, профессор

РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина
119991, Россия, г. Москва, Ленинский просп., 65, корп. 1.

Valery Vladimirovich Kulchitsky, Dr. of tech. sci., Professor

National University of Oil and Gas "Gubkin University"
65, bld. 1, Leninsky prospekt, Moscow, 119991, Russian Federation.

**Уважаемые руководители предприятий и организаций,
фирм и компаний, инженерно-технические
и научные работники!**

**Идет подписка
на НТЖ "Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море",
2021 г.**

В журнале рассматриваются наиболее актуальные научные и научно-производственные проблемы в области техники и технологии строительства нефтяных и газовых скважин на суше и на море, последние достижения в области высокостроения, технологий бурения вертикальных, наклонно-направленных, горизонтальных, разветвленно-горизонтальных, глубоких и сверхглубоких скважин; предупреждению и ликвидации осложнений и аварий, а также заканчивания скважин. Приводятся материалы по приготовлению и очистке буровых растворов, креплению скважин и техническим средствам бурения скважин.

Выпускаются в полугодие 6 номеров, в год 12 номеров.
Цена комплекта: за полугодие – 11982 руб.; за год – 20328 руб.

Издательский дом "Губкин": +7 (925) 775-80-61, zavyalovap@yandex.ru – Завьялов А.П.,
+7 (916) 755-10-21, shapira@list.ru – Шаповал И.Е.