

**ОЦЕНКА НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ ВЫСОКИХ ЗАБОЙНЫХ ТЕМПЕРАТУР НА ЭЛЕМЕНТЫ КОНСТРУКЦИИ СКВАЖИНЫ И БУРОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ****В.В. Мельников***Научный руководитель старший преподаватель А.В. Епихин  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Бурение и заканчивание скважин в условиях высоких забойных температур представляет собой одновременно технологически сложную и опасную задачу. Это выражается в высокой вероятности возникновения аварийных ситуаций (заколонные перетоки при деструкции цементного камня, обрывы бурильного инструмента при деформационных явлениях по его телу и в резьбовых соединениях), которые могут повлечь серьезные последствия, в том числе, экологические. Не менее актуальным остается вопрос преждевременного выхода из строя бурового оборудования (в основном, опорные элементы турбобуров и эластомеры винтовых забойных двигателей, модули телеметрических систем, уплотнительные элементы) и, как результат, увеличение себестоимости строительства 1 метра скважины.

Не смотря на серьезность возникающих проблем, интерес к подобным скважинам остается высоким, а их число – увеличивается. Мировая практика бурения имеет опыт успешного строительства скважин при температурах свыше 149 °С в Катаре, Рас аль Хайме, Судане и в ряде других мест. В Китае в 1998 году проводилась разработка пластов с забойной температурой 260 °С. В Анголе, США, Йемене, на месторождения Северного моря встречаются еще более сложные условия, при которых одновременно соседствуют высокие давления (требующие обеспечения плотности бурового раствора до 1,9 г/см<sup>3</sup>) и высокие температуры (свыше 177 °С) [1].

Повышение температуры промывочной жидкости (как следствие роста забойной температуры) может существенно повлиять и на работу отдельных узлов бурового оборудования. При этом следует учитывать температуру не только на забое, но на устье, поскольку в некоторых случаях она может существенно усложнить работу буровой бригады. Например, при бурении разведочной скважины близ Лоредо (Техас) на глубине 4435,4 м была зарегистрирована температура 238 °С. При этом средняя температура глинистого раствора, выходящего из скважины при глубине забоя от 4267 и до 4604 м, составляла примерно 74 °С, а максимальная температура на устье достигала 81,6 °С. Такие условия работы требуют разработки перечня мер для снижения вероятности получения ожогов и травм членов буровой бригады [2]. При таких температурах повышенному износу подвергаются элементы наземной циркуляционной системы, среди которых особенно: грязевые шланги и уплотнительные элементы бурового оборудования. Несомненно, высокая температура циркулирующей промывочной жидкости будет отрицательно влиять и на работу буровых насосов, в частности, таких деталей, как поршни и клапаны, вызывая изменение коэффициента наполнения.

Говоря о влиянии повышенной температуры на работу забойного двигателя, следует иметь в виду не только изменение реологических свойств промывочной жидкости, как рабочего агента, приводящего во вращение ротор двигателя. Повышение температуры в скважине может значительно ухудшить и условия работы таких деталей турбобура, как подпятники и пластиковые роторы, а также эластомеры (обкладки статора) винтовых забойных двигателей. Как показали промысловые наблюдения, интенсивность износа и разрушения резины тем больше,

чем выше температура на забое скважины и чем агрессивнее и абразивнее среда (буровой раствор), что характеризуется содержанием твердой фазы в ее составе и ее составом [2].

Работоспособность многоступенчатых турбобуров во многом зависит от стойкости их опорных элементов, которые выполняются гуммированными, то есть облицованными резиной. Как и во всяком подшипнике, в гуммированных опорных элементах с ростом потерь на трение будет увеличиваться теплообразование. В то же время, чем выше температура, агрессивнее и абразивнее среда (буровой раствор), тем выше интенсивность износа и разрушения резины. Поскольку резина является слаботеплопроводным материалом, то если конструкция двигателя не предусматривает специальные каналы для охлаждения, то подшипник выходит из строя значительно раньше [1].

Забойная температура существенно влияла на конструкцию, габариты и мощность электробуров (в период их активного использования), поскольку охлаждение электробура циркулирующей промывочной жидкостью в процессе его эксплуатации является необходимой и важной операцией. При этом степень допускаемой загрузки двигателя электробура зависит от допустимого нагрева обмотки двигателя. Допустимая нагрузка совпадает с номинальной мощностью двигателя только в том случае, если на запроектированной глубине температура окружающей среды будет равна расчетной, принятой за основу при проектировании двигателя. Поэтому во времена применения электробуров были не редки случаи их преждевременного выхода из строя, либо, наоборот, работы с заниженным коэффициентом полезного действия из-за неверно рассчитанного теплового запаса, поскольку точной информации о температуре на забое не было, и использовались только данные геотермического градиента [3].

Не смотря на сложность бурения в условиях высоких забойных температур, строительство подобных скважин является источником инженерного опыта, который позволяет находить оптимальные решения возникающих проблем и разрабатывать новые технологические подходы. Выделяют основные направления исследований и развития технологий для успешного строительства высокотемпературных скважин:

- перерасчет эластомерных элементов бурового оборудования (винтовых забойных двигателей, противовыбросового оборудования, буровых насосов, гибких шлангов и т.п.) на длительную устойчивость к температурам [1] и разработка норм эксплуатаций бурового оборудования в высокотемпературных условиях;
- поиск и разработка новых материалов для применения в буровом оборудовании, которое эксплуатируется в условиях высоких температур;
- разработка норм и условий, оборудования и средств защиты для обеспечения безопасных условий труда буровой бригады, в том числе организация работы с повышенным вниманием к выполнению регламентов работы;
- моделирование профиля температур по стволу скважины на всех стадиях бурения [2] с целью эффективного проектирования и выбора бурового оборудования;
- разработка технологических средств для искусственного снижения температуры бурового оборудования и раствора (охлаждение).

Но не менее актуальным направлением исследований может стать изучение особенностей взаимодействия элементов системы «бурение скважины», например, оценка влияния буровых растворов на буровое оборудование в условиях повышенных температур. Правильный анализ, а затем проектирование буровых

растворов и оборудования с учетом взаимных особенностей позволиткратно снизить возможные негативные последствия, которые могут иметь место в процессе бурения высокотемпературных скважин. Такой подход становится актуальным для винтовых забойных двигателей, которые имея широту применения, обладают проблемой быстрого выхода из строя эластомеров статора вследствие агрессивного воздействия бурового раствора.

В связи с этим объектом исследования выбран процесс взаимодействия эластомера и среды бурового раствора при изменении температуры. Предметом исследования является резина ИРП-1226, из которой изготавливаются эластомеры статора винтового забойного двигателя, и рецептуры буровых растворов. В рамках исследований планируется проанализировать влияние температуры на геометрические размеры и прочностные характеристики резины ИРП-1226 при нахождении ее в статическом состоянии в различных средах бурового раствора в температурном интервале от 0 до 100 градусов.

Нижняя граница температур обусловлена условиями применения винтовых забойных в Западной Сибири в зимнее время и иллюстрирует промерзание эластомеров статора двигателя. Вторым этапом станет исследование влияния температуры на технические характеристики резины ИРП-1226 в нескольких вариациях: при непосредственном механическом воздействии под воздействием высоких температур, при отложенном механическом воздействии (после проведения экспериментов по статической выдержке образцов в среде бурового раствора). Это позволит дать оценку влиянию различных промывочных жидкостей на характеристики резины эластомеров. По результатам исследований планируется разработать альтернативные варианты буровых растворов для снижения негативного влияния на эластомеры винтовых забойных двигателей, а также предложить модернизированные схемы двигателей с увеличенным сроком службы.

Проанализировав теоретический и практический опыт исследования влияния высоких температур на процесс строительства скважин, следует сделать ряд выводов. Высокие температуры вызывают ухудшение работы деталей забойного двигателя и изменение под воздействием тепла реологических свойств бурового раствора как рабочего агента, приводящего во вращение вал двигателя. Условия бурения требуют создания резинотехнических элементов бурового оборудования, рассчитанных на более высокую и длительную устойчивость к температурам. Требуется усиленный постоянный контроль температуры на забое и за процессом строительства скважины в целом. Возникают повышенные требования к условиям труда и промышленной безопасности, в том числе необходимость в дополнительной спецодежде и оборудовании.

На основе проведенного анализа были оценены основные направления решения проблем при строительстве скважин с высокими забойными температурами, выбраны предмет и объект исследования, разработана методика проведения исследовательских работ.

#### Литература

1. Адамсон К., Бирч Дж., Гао Э., Квадри А., Макдоналд К., Мак Д., Ханд С. Строительство скважин при высоких забойных давлениях температурах [Электронный ресурс]// Нефтегазовое обозрение. – 1999. – С. 42-57. Режим доступа: <http://www.slb.ru/userfiles/file/Oilfield%20Review/1999/autumn/3%20pressure.pdf>
2. Есьман Б.И., Дедусенко Г.Я., Яишникова Е.А. Влияние температура на процесс бурения глубоких скважин. – Ленинград. – 1962. – 152 с.

3. Гидравлические потери в забойных двигателях влияние температуры на их работу [Электронный ресурс] / Технологии бурения скважин: информационный сайт. Режим доступа: <http://teplozond.ru/termogidravlika-pri-bureнии-skvazhin/gidravlicheskie-poteri-v-zabojnyx-dvigatelyax-i-vliyanie-temperatury-na-ix-rabotu.html>

### **АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ОКАЗЫВАЮЩИХ ВЛИЯНИЕ НА ЗДОРОВЬЕ РАБОТНИКОВ БУРОВОЙ БРИГАДЫ**

**Р.Э. Щербаков**

Научный руководитель старший преподаватель А.В. Епихин  
*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Во многих отраслях промышленности ликвидирован тяжелый физический труд, снижена вероятность контактов сотрудников с токсическими веществами, даже если их концентрация в рабочей зоне ниже предельно допустимого уровня, оптимизированы режимы труда и отдыха. Это привело к улучшению условий труда на промышленных предприятиях и снижению профессиональной заболеваемости.

Однако даже при использовании современных технологий и мероприятий по охране труда остается ряд факторов, которые могут создавать неблагоприятные условия для работающих. Основные причины этого можно охарактеризовать следующим образом [1-2]:

- создание и внедрение машин высокой мощности, использование пневматического и электрического инструмента с целью механизации тяжелых и трудоемких работ, широкое внедрение самоходных машин способствуют увеличению уровней шума и вибрации, появлению ультра- и инфразвука;
- освоение северных и северо-восточных регионов страны создает условия для выполнения различных видов работ при низких температурах;
- интенсивное внедрение множества новых химических веществ, в том числе токсичных, является причиной ухудшения микроклимата рабочего места;
- увеличение скорости функционирования станков, машин, сложность управления технологическими операциями и процессами приводят к возрастанию психоэмоциональной напряженности трудовой деятельности человека.

Профессия буровика входит в список потенциально опасных с точки зрения вероятности возникновения профессиональных заболеваний. Этому способствует ряд вредных и опасных факторов, начиная от географических условий работы, заканчивая спецификой буровой отрасли. Поэтому системный анализ опасных и вредных факторов, а также разработка методов оптимизации рабочего процесса являются актуальными проблемами для улучшения условий труда работников буровых бригад.

Большинство месторождений нефти и газа Западной Сибири находятся в районах с суровыми климатическими условиями, часто резко-континентального характера. На работников, при выполнении операций на открытой местности, воздействует комплекс неблагоприятных метеорологических факторов (высокие и низкие температуры, солнечная радиация, осадки, пыльные бури и др.).

С другой стороны, шум, уровень которого высок в процессе бурения, общая и локальная вибрация при длительном воздействии на человеческий организм могут оказывать серьезные деструктивные воздействия на него. Также опасность могут