

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ДИСПЕРСИОННОЙ СРЕДЫ БУРОВОГО РАСТВОРА НА ЭЛАСТОМЕР ВИНТОВОГО ЗАБОЙНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ ИМИТАЦИИ СПУСКОПОДЪЕМНЫХ ОПЕРАЦИЙ

Р.Э. Щербаков, А.В. Епихин

Научный руководитель старший преподаватель А.В. Епихин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В течение последних десятилетий отечественные винтовые забойные двигатели прошли эволюционный путь развития, превратившись в эффективное техническое средство для бурения и ремонта нефтяных и газовых скважин, обеспечивающее получение высоких технико-экономических показателей. В каждом нефтяном регионе в определенных интервалах бурения винтовые забойные двигатели обеспечили кратное повышение проходки за долбление по сравнению с турбобурами при незначительном снижении механической скорости, что привело к существенному повышению рейсовой скорости бурения и снижению стоимости 1 метра проходки. Решение задач ремонта скважин самых различных категорий стало значительно проще и дешевле, расширились технические возможности капитального ремонта, что позволило в ряде случаев ввести в число действующих длительно простаивавшие аварийные скважины [1-2].

«Рабочая пара» – это одно из названий двигательной секции гидравлического винтового забойного двигателя, именно этот узел определяет основные энергетические параметры забойного двигателя, а также его ресурс и межремонтный период. При всех своих существующих достоинствах, недостатком винтовых забойных двигателей является быстрый износ двигательной секции, реальная наработка двигателя составляет до 150-200 часов относительно расчетной в 400-500 часов [3].

В процесс эксплуатации винтового забойного двигателя в зависимости от режимов работы, свойств и состава перекачиваемой жидкости наблюдаются различные виды износа рабочих поверхностей ротора и статора. Анализ условий эксплуатации и характер изношенных деталей рабочих органов демонстрирует сочетания не одного, а нескольких видов износа. Главным образом нарушение работоспособности двигателя связано с износом эластомерной обкладки статора [3-5].

Трение металлического профилированного ротора по сопряженной винтовой поверхности резиновой обкладки статора вызывает односторонний фрикционный износ поверхностей рабочих органов – на левой стороне зубьев ротора или правой части ветви профиля статора, если смотреть со стороны входа жидкости в рабочие органы. Увеличение нагрузки (давления) и скорости скольжения (частоты вращения) влечет за собой повышение фрикционного износа деталей и преждевременный вывод из строя двигательной секции [4].

Работоспособность эластомера зависит от сочетания напряженно-деформированного состояния обкладки и агрессивных свойств перекачиваемой жидкости, поэтому при эксплуатации винтового забойного двигателя необходимо уделять особое внимание выбору подходящего бурового раствора. Эластомеру как техническому материалу необходимо иметь низкую газо- и водонепроницаемость, химическую стойкость. Однако большинство эластомеров способны впитывать в себя газы и легкие агрессивные жидкости. Типичными изменениями, которым подвергаются эластомеры под воздействием агрессивных рабочих агентов, являются: набухание; усадка; затвердевание; размягчение [2, 4-5].

Кроме того, забойная температура является фактором, ограничивающим эксплуатацию двигателя. Серийные отечественные двигатели рассчитаны на длительную работу при забойной температуре до 100 °С. При повышении температуры в резине ИРП-1226, используемой в большинстве отечественных двигателей, происходят необратимые изменения механических свойств, которые приводят к ускоренному износу эластомерной обкладки статора, снижению рабочих характеристик и преждевременному выходу из строя рабочей секции винтового забойного двигателя.

В связи с этим было принято решение провести экспериментальные исследования по оценке устойчивости образцов резины ИРП-1226, к увеличению температуры в двигателе при воздействии различных сред. В ходе эксперимента был симулирован процесс спуска бурильной колонны, при этом скорость спуска была принята равной 1,5 м/с. В качестве исходных параметров были определены: проектная глубина скважины – 2670 м, геотермический градиент – 3 °С/100 м, длина бурильной свечи – 30 м (условно, время операции по наращиванию труб – 4 мин. Согласно исходным данным было рассчитано время эксперимента – 384 мин. и конечная температура двигателя – 80 °С.

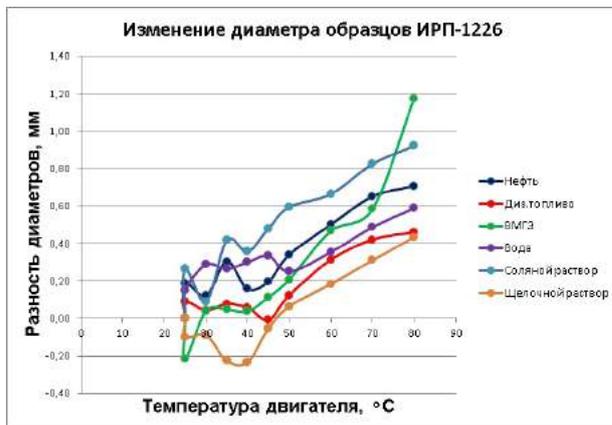
Имитация спуска бурильной колонны и, следовательно, повышения температуры бурового раствора проводилась в сушильном шкафу. Опытные образцы были изготовлены в форме цилиндров диаметром до 43 мм и толщиной до 11,5 мм. Они выдерживались в пластиковых контейнерах с полным погружением в жидкую среду при атмосферном давлении. При обработке результатов эксперимента оценивались изменения массы образца и его диаметра с увеличением температуры при нахождении в жидкой среде.

Первоначальное измерение исходных параметров было выполнено при температуре 25 °С, последующие измерения производились после каждого повышения температуры на 5 °С, за которые имитировался спуск колонны бурильных труб на 165 м (23,5 мин. эксперимента). При достижении глубины в 1680 м, измерение параметров образцов стало производиться после каждого повышения температуры на 10 °С, за которые имитировался спуск колонны бурильных труб на 330 м (50 мин. эксперимента). Результаты обработки экспериментальных данных представлены на рис. 1. В ходе обработки и анализа полученных данных были выявлены следующие закономерности.

Для всех образцов было замечено уменьшение массы по окончании эксперимента. Тем не менее, в

температурном интервале от 25 до 50 °С большая часть образцов не имела выраженной тенденции в изменении массы, наблюдалось ее хаотичное изменение. Исключение составили образцы, погруженные в соляной раствор, которые в ходе всего эксперимента имели тенденцию к уменьшению массы. Наибольшему относительному изменению массы подверглись образцы, погруженные в раствор на основе дизельного топлива, нефти и ВМГЗ (см. таблицу 1). Уменьшение массы может быть обусловлено вымыванием из образцов ИРП-1226 пластификатора резины.

Для всех образцов было зафиксировано увеличение диаметра по мере приближения к температуре в 80 °С. Температурный интервал от 25 до 40-50 °С не имеет четкого тренда к увеличению или уменьшению размера образцов, что свидетельствует о потенциальной опасности для эластомера. Наибольшее относительное



изменение диаметра продемонстрировали образцы, погруженные в ВМГЗ, соляной раствор и нефть. Наименьшему относительному увеличению диаметра подверглись образцы, помещенные в щелочной раствор (см. таблицу 1). Таким образом, весь исследованный температурный интервал для рассмотренных дисперсионных сред может оказать негативное воздействие на статор ВЗД. В интервале 25-50 °С может наблюдаться неконтролируемое изменение эксплуатационных характеристик двигателя из-за изменения величины зазора, а, соответственно, натяга пары «ротор-статор». При больших температурах наблюдается набухание эластомера, которое может стать причиной преждевременного выхода из строя статора двигателя за счет увеличения фрикционных нагрузок на него.

Рис. 1. Зависимость изменения диаметра образцов ИРП-1226 от величины температуры в присутствии различных дисперсионных сред

Таблица 1

Максимальные значения отклонения массы и объема от исходных параметров.

Раствор	Максимальное отклонение от исходной массы, г (температура двигателя, °С)	Максимальное отклонение от исходного диаметра, мм (температура двигателя, °С)
Нефть	+0,43 (70)	+0,71 (80)
Дизельное топливо	+0,59 (50)	+0,46 (80)
ВМГЗ	-0,39 (30)	+1,17 (80)
Соляной раствор	-0,14 (35, 80)	+0,92 (80)
Щелочной раствор	+0,25 (40)	+0,43 (80)
Водяной раствор	+0,2 (35)	+0,59 (80)

По результатам проведенных испытаний было подтверждено влияние температуры дисперсионной буровой раствора на образцы ИРП-1226. Не смотря на статичность эксперимента, было показано, что наиболее интенсивные изменения параметров образцов происходят в среде ВМГЗ, соляного раствора, нефти и дизельного топлива. В дальнейших исследованиях планируется сымитировать процесс спускоподъемных операций в зимнее время (при отрицательных температурах), а также произвести оценку влияния условий эксперимента на износостойкость образцов.

Работа выполнена при поддержке Фонда РФФИ (проект №16-38-00701 мол_а).

Литература

1. Балденко Д.Ф., Балденко Ф.Д., Гноевых А.Н. Винтовые гидравлические машины. Том 2. Винтовые забойные двигатели. М.: ООО «ИРЦ Газпром», 2007. – 470 с
2. 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.
3. 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>.
4. Голдобин Д.А., Коротаяев Ю.А. Особенности конструкции и технологии изготовления статоров винтовых забойных двигателей ООО «ВНИИБТ – Буровой инструмент», армированных стальной тонкостенной винтовой оболочкой // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. М.: ОАО «ВНИИОЭНГ». – 2010. – № 11. – С. 2 – 4.
5. Фуфачев О.И., Голдобин Д.А. Новые конструкции статоров винтовых забойных двигателей производства ООО «ВНИИБТ-Буровой инструмент» // Бурение и нефть. – 2010. – №6. – С.50–55.