

**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРОМЫВОЧНОЙ ЖИДКОСТИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕЗИНЫ ЭЛАСТОМЕРОВ ВИНТОВЫХ ЗАБОЙНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ****В.В. Мельников, А.В. Епихин**

Научный руководитель старший преподаватель А.В. Епихин

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

В современном машиностроении важнейшей является проблема качества продукции, а среди его показателей одно из первых мест занимает долговечность. Это в полной мере относится к гидравлическим забойным двигателям для бурения нефтяных и газовых скважин [1].

Принципиальное отличие винтовых забойных двигателей (ВЗД) от других типов гидравлических забойных двигателей заключается в использовании в качестве рабочих органов многозаходного винтового героторного механизма, который представляет собой цилиндрическую планетарную зубчатую передачу внутреннего зацепления, включающую статор и ротор с разницей в числах зубьев, равной единице [1-2].

Но применяемая на данный момент технология бурения нефтяных и газовых скважин характеризуется проблемами, связанными с нестабильностью работы винтовых забойных двигателей, их остановками, низким сроком службы рабочих органов (РО), а также авариями – отворотами, разрушениями элементов конструкции ВЗД, компоновки бурильной колонны (БК). По данным буровых компаний за год происходит от 5 до 12 аварий с ВЗД, которые приводят к длительным восстановительным работам на скважине, либо полной ее ликвидации. Из практики применения ВЗД установлено, что около 50% всех отказов связано с износом рабочих органов, представляющих собой пару трения резина-металл (стальной ротор - резинометаллический статор). Срок эксплуатации двигателей, в зависимости от типоразмера и условий эксплуатации, составляет от 90 до 235 ч [3].

Например, Балденко Д.Ф., Балденко Ф.Д., Двойниковым М.В и Овчинниковым В.П. установлено, что износ РО через 100 часов работы составляет 45%, из них 33% (наиболее интенсивный износ резинового эластомера статора) приходится на первые 60-80 ч работы двигателя в скважине. Исследователи считают, что причины кроются в прочностных характеристиках взаимодействующих поверхностей рабочей пары (резина-сталь), повышенном начальном натяге, а также в увеличении гидравлических и механических сопротивлений в рабочих органах при приработке винтовых поверхностей под действием радиальных сил [4-8].

В большинстве случаев при оценке проблем возникающих с высоким износом РО пары «ротор-статор» исследователи обращают свое внимание на конструктивные несовершенства ВЗД, которые явно проявляются при их работе в экстремальных условиях циклического нагружения, при высоких забойных давлениях и температурах, в среде агрессивной промывочной жидкости. Поэтому основные направления увеличения долговечности рабочих органов ВЗД связывают с совершенствованием конструкции двигателя и его кинематической схемы путем изменения габаритных размеров рабочих элементов, их жесткости, армирования статоров двигателей [4-9]. Это позволяет существенно повысить ресурс двигателей, например, для условий стендовых испытаний наработка некоторых модернизированных моделей составляет до 585 часов [8-9], в том числе снизить негативное термическое и механическое влияние на эластомеры. Но нельзя отрицать, что на долговечность эластомеров существенное влияние оказывает и буровой раствор, в непосредственном контакте с которым работает двигатель. Совершенствование рецептур буровых растворов или разработка специальных присадок к ним, блокирующих негативное воздействие внешних сред, одно из актуальных направлений повышения ресурса ВЗД.

В связи с вышесказанным было решено провести экспериментальные исследования по оценке устойчивости образцов резины ИРП-1226, как основного материала эластомеров современных ВЗД, при воздействии различных сред. ИРП-1226 представляет собой маслястойкую резиновую смесь повышенной износостойкости, с температурными интервалами работоспособности от - 20 до + 100 °С. Ее условная прочность составляет 9,8 МПа, относительное удлинение при разрыве 125%, твердость 65-95 ед. Шор А. Согласно данным уже проведенных исследований наиболее интенсивный износ ВЗД происходит при применении растворов на углеводородной основе. Поэтому для экспериментов были выбраны следующие основы буровых растворов: нефть, дизельное топливо, биоразлагаемая основа. Оценка результатов проводилась по геометрическим размерам образца, поскольку, в работах исследователей наиболее часто упоминают неустойчивость эластомеров по отношению к агрессивным средам в виде набухания или уменьшения габаритных размеров [10-12]. При обработке результатов эксперимента оценивалось изменение относительное объема образца от времени нахождения в жидкой среде. Образцы изготавливались в форме цилиндров диаметром до 35,5 мм и толщиной до 11,5 мм и выдерживались в пластиковых контейнерах с полным погружением в жидкую среду при атмосферном давлении. Первая выборка образцов выдерживалась при комнатной температуре, а вторая при температуре 50 °С в сушильном шкафу. Длительность эксперимента составила 350 часов – это обусловлено тем, что время работы винтового двигателя составляет от 200 до 600 часов со средним значением в 240-300 часов [8].

Результаты обработки экспериментальных данных представлены на рис. 1. Для всех случаев наблюдалось активное изменение геометрических размеров образцов. Оно могут быть связаны как с реальными особенностями взаимодействия ИРП-1226 с жидкими средами, так и с недостаточно отработанной методикой эксперимента. Но, в целом, прослеживаются следующие закономерности:

- при комнатной температуре уменьшение объема образцов в нефти и дизельном топливе идет более интенсивно, чем при температуре 50 °С, что обусловлено высокой степенью испарения летучих соединений из них;

- для биоразлагаемой основы наблюдается интенсивное увеличение объема образца при большей температуре эксперимента, что подтверждает прогноз и обуславливается ее низкой летучестью;
- в интервале 0-50 часов идут наиболее интенсивные преобразования геометрических размеров образцов;
- в интервале 50-300 часов интенсивность изменения объема образцов снижается, а линия тренда стремится к горизонтальной линии;
- в общем виде полученные зависимости для различных температур имеют аналогичную динамику;
- изменение геометрических размеров образцов незначительно, что обусловлено статическим характером эксперимента.

В ходе исследования (к 50 часам) стало наблюдаться интенсивное расслаивание образцов, находившихся в биоразлагаемой основе и дизельном топливе при температуре 50 °С (рис. 2). Как можно заметить по фотографиям жидкость потемнела и по окончании эксперимента в ней находились отслоившиеся частицы резины ИРП-1226. Это также подтверждает высокую интенсивность износа эластомеров, при использовании растворов на углеводородной основе, даже в условиях статического эксперимента.

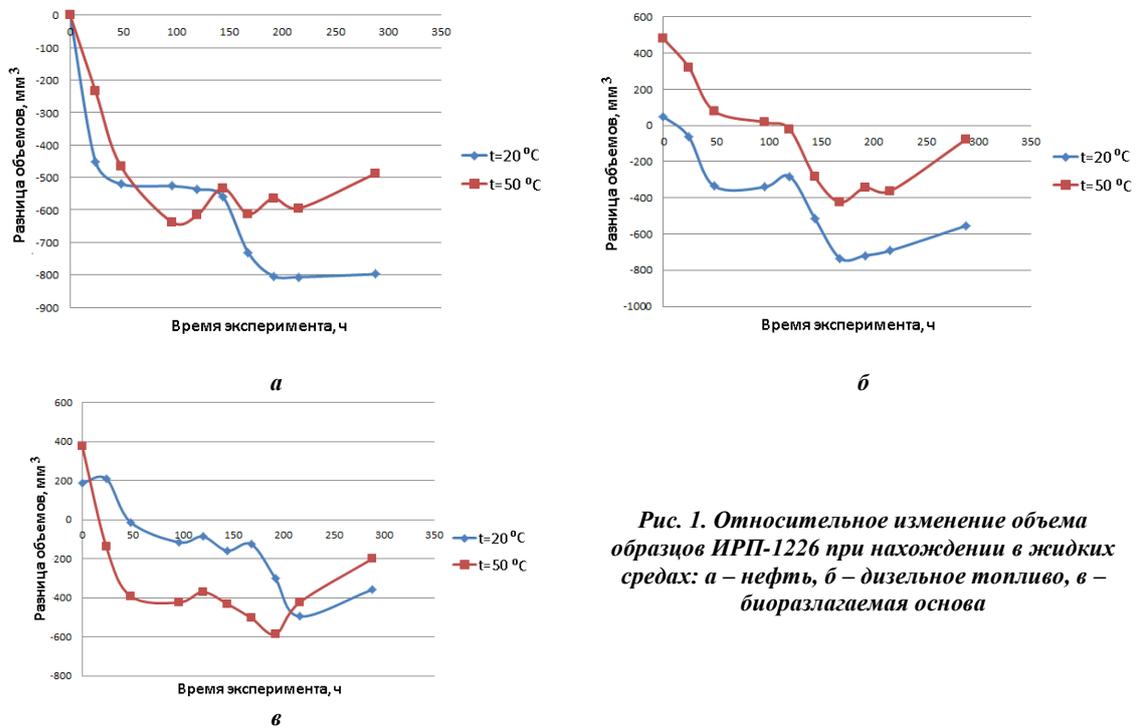


Рис. 1. Относительное изменение объема образцов ИРП-1226 при нахождении в жидких средах: а – нефть, б – дизельное топливо, в – биоразлагаемая основа

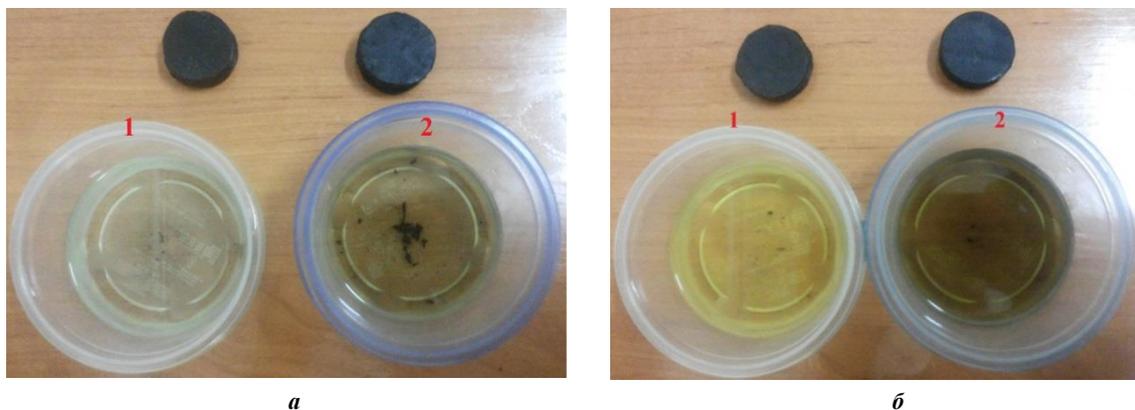


Рис. 2. Внешний вид образцов и жидких сред по окончании эксперимента: а – дизельное топливо; б – биоразлагаемая основа; 1 – t = 20 °С; 2 – t = 50 °С

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-tehniki/105-ustrojstvo-i-rabota-vintovyx-zaboinyx-dvigateli.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