

**АНАЛИЗ ВЕЛИЧИНЫ ДЕФОРМАЦИИ ЭЛАСТОМЕРА ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОГО  
ПРЕБЫВАНИЯ В СРЕДЕ БУРОВОГО РАСТВОРА И ИЗУЧЕНИЕ ИЗНОСА ЭЛАСТОМЕРА  
ПРИ АБРАЗИВНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ В ПРИСУТСТВИИ РАЗЛИЧНЫХ БУРОВЫХ  
РАСТВОРОВ****П. И. Коровкин, С. С. Чернев**

Научный руководитель, старший преподаватель А. В. Епихин

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

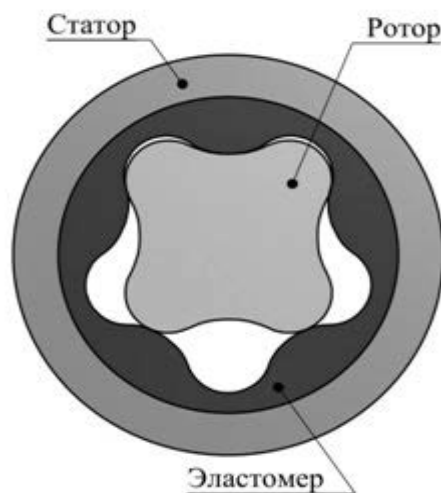
Анализ тенденций развития техники для строительства нефтяных и газовых скважин показывает, что в настоящее время одним из основных приводов породоразрушающих инструментов являются винтовые забойные двигатели (ВЗД). Широкое применение ВЗД объясняется совершенствованием конструкций долот, имеющих повышенную моментомкость, развитием технологии бурения, а также важными эксплуатационными преимуществами этих двигателей: оптимальные кинематические характеристики, которые обеспечивают эффективную работу долот; минимальные осевые габариты, позволяющие использовать ВЗД при наклонно-направленном и горизонтальном бурении; простота ремонта и сборки.

По данным буровых компаний ООО «Газпром бурение» и «КСА Deutag», 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.

Исходя из статистики компании NGT средний срок службы ВЗД, произведенных этой фирмой, составляет 281 час. Статистика составлена по отработке 28-ми ВЗД в Республике Казахстан.

Винтовой забойный двигатель - погружная машина, преобразующая гидравлическую, пневматическую или электрическую энергию, подводимую с поверхности, в механическую работу породоразрушающего инструмента (долота) при бурении скважин. Энергия от источника подводится по колонне бурильных труб или кабелю.

Принцип работы винтового забойного двигателя основан на передаче энергии с поверхности к двигательной секции. Двигательная секция - это основной узел двигателя, где гидравлическая энергия потока рабочей жидкости передается в механическую, что генерирует крутящий момент. Она состоит из статора, ротора и обкладки статора - эластомера.

**Рисунок 1 – Схема рабочей пары ВЗД**

Эластомеры – это полимеры и материалы на их основе, обладающие высокоэластическими свойствами в широком интервале температур, охватывающем практически всю область температур их эксплуатации. При изготовлении эластомеров применяют каучук и вулканизированную резину. Также используют различные добавки: наполнители, регенераторы, ускорители, антиоксиданты, смягчители, красители. В ВЗД в качестве эластомера используют резину ИРП - 1226 (повышенной износостойкости, маслостойкая).

При всех своих достоинствах ВЗД имеет существенный недостаток - быстрый износ двигательной секции, в частном случае эластомеров. В процессе эксплуатации рабочие органы ВЗД подвергаются различным видам изнашивания: усталостному, фрикционному, гидроабразивному, а также эрозионному и коррозионно - механическому при воздействии повышенных давлений и температур. Также причинами снижения работоспособности ВЗД могут быть процессы релаксации напряжения и накопления остаточной деформации, которые приводят к уменьшению натяга между статором и ротором.

Температура снижает прочностные свойства резины эластомера. Чем выше температура, тем ниже прочность. Повышение давления напротив меняет прочностные свойства в сторону увеличения прочности

эластомеров. Буровые растворы влияют на эластомеры так: чем более крупные частицы в растворе, тем большему воздействию подвергаются эластомеры.

Существующие направления совершенствования конструкции ВЗД связаны с повышением износостойкости узлов и деталей, нагрузочной способности и увеличением межремонтного периода эксплуатации. Осваиваемые пути повышения износостойкости пары трения ротор-статор направлены на увеличение активной части рабочих органов, совершенствование статоров с резиновой обкладкой равной толщины и секционированием. За счет уменьшения максимальной толщины резиновой обкладки статора снижается количество вырабатываемого тепла, что в свою очередь минимизирует усталость эластомера, обусловленную эффектом гиперстезиса. а натяг в соединении "ротор-статор" меньше зависит от температуры и разбухания эластомера. В этом направлении работает ОАО "Радиус-Сервис", разработавшие технологию изготовления монолитной конструкции профилированного остова статора с равномерной толщиной эластомерной обкладки под названием R-Wall.

Конструктивные особенности двигательных секций R-Wall показаны на рис. 2.

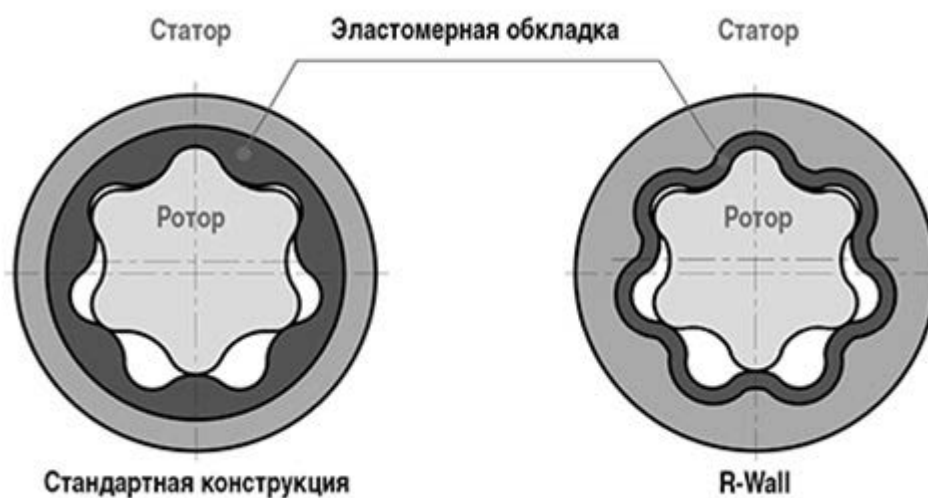


Рисунок 2 – Поперечное сечение двигательной секции и секции R-Wall

Также ведется разработка и реализация способа автокомпенсации износа в рабочих органах ВЗД. В основе предлагаемого способа лежит использование, активированного трением, диффузионного взаимодействия эластичного материала статора с рабочей жидкостью с целью восстановления натяга в паре за счет изменения размера резинового элемента без вмешательства в работу гидромашин. В данном направлении работает ОАО "СевКавНИПИГаз". Они запатентовали новый литьевой способ изготовления статора. Он предусматривает изготовление резинового элемента статора из одного состава резины, что обеспечивает определенный уровень технических и технологических свойств вулканизата. Для сохранения и восстановления натяга в рабочих органах за счет автокомпенсации износа в процессе эксплуатации авторы предлагают изготавливать резиновый элемент статора из трех слоев, каждый из которых выполняет определенную функцию. Первый - контактный внутренний слой обеспечивает износостойкость, прочность, низкую степень набухания в рабочих агентах. Второй - средний слой обеспечивает не только упругогистерезисные и усталостнопрочностные свойства, но управляемую и регулируемую степень набухания при эксплуатации, которая может изменяться от 10 до 100%. Третий - наружный слой обеспечивает высокую прочность связи резины и металла.

Однако, стоит отметить, что в настоящее время уделяется мало внимания воздействию буровых растворов и термобарических условий на эластомеры и двигательную секцию в целом.

#### Литература

1. Забойные винтовые двигатели для бурения скважин / М.Т. Гусман, Д.Ф. Балденко, А.М. Кочнев и др. / М.: Недра, 1981. С. 232.
2. Балденко Д.Ф., Балденко Ф.Д., Гноевых А.Н. Винтовые забойные двигатели / М.: Недра. 1999. С. 374.
3. Кочнев А.М., Голдобин В.Б. Разработка гаммы винтовых забойных двигателей и результаты их применения при бурении и капитальном ремонте скважин / Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. М.: ВНИИОЭНГ, 1992. № 6-7. С. 2-6.
4. Балденко, Д.Ф. Новая серия ВЗД для горизонтального бурения / Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. М.: ВНИИОЭНГ. 1995. № 10-11. С. 23-25.
5. Балденко, Д.Ф., Балденко Ф.Д., Шмидт А.П. Винтовые забойные двигатели: Новые конструкции и способы управления / М.: Нефтяное хозяйство. 1997. № 1. С. 13-17.
6. Новое поколение винтовых забойных двигателей Пермского филиала ВНИИБТ / Ю.А. Коротаев, М.Г. Бобров, С.Г. Трапезников и др. // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. М.: ВНИИОЭНГ, 2003. № 9. С. 7-11.

7. Балденко Д.Ф. Кочнев А.М. Винтовые забойные двигатели. Разработка лаборатории конструирования технических средств для научных и стендовых испытаний / М.: Нефтяное хозяйство. 1993. № 1. С. 26-27.
9. Кочнев, А.М., Кочнева Б.В. Обзор информации по забойным двигателям / М.: Нефтяное хозяйство. 1979. № 8. С. 59-61.
10. [http://radius-s.ru/site/2014\\_Burenie\\_and\\_neft.pdf](http://radius-s.ru/site/2014_Burenie_and_neft.pdf)
11. Пат. 2245981 RU, МПК<sup>7</sup> E 21 B 4/02. Способ изготовления статора винтового забойного двигателя / Акопов С.А., Шелудько Г.П., Пенкин Н.С., Карапетов Р. В. и др. // Патент РФ № 2003132489/03. Приоритет от 05.11.03

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СМАЗЫВАЮЩИХ ДОБАВОК К БУРОВЫМ РАСТВОРАМ

А. С. Королев

Научный руководитель, доцент К. М. Минаев

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

Бурение наклонно-направленных и горизонтальных скважин большой протяженности ставит ряд технических и технологических задач, которые, в основном, связаны с преодолением значительных сил сопротивления, возникающих как при вращении бурильного инструмента, так и при спускоподъемных операциях. Возрастание сил сопротивления сказывается увеличением натяжения на крюке, мощности, затрачиваемой на вращение и расхаживание бурильного инструмента. Помимо этого, снижается эффективность воздействия на управляемые параметры искривления ствола скважины, и возрастает возможность возникновения прихватов бурильного инструмента.

Большую роль в процессе бурения скважин играет буровой раствор. Как следствие, к его свойствам предъявляется ряд повышенных требований. Одно из них – смазывающая способность. Для обеспечения необходимых характеристик применяются различные смазывающие добавки, основное предназначение которых уменьшение крутящего момента колонны бурильных труб, увеличение стойкости трущихся металлических пар и предотвращение прихватов. Соответственно, эти добавки должны удовлетворять следующим требованиям:

- адсорбироваться на металлических поверхностях с образованием реологически пластичного или полупластичного их состояния с высоким пределом текучести;
- сохранять свои основные свойства в минерализованной среде, во всем диапазоне температур и рН, в которых находится буровой раствор;
- не растворяться в водной среде;
- не подвергаться гидролизу или реакциям разложения в водной среде, не оказывать отрицательного воздействия на параметры бурового раствора и проницаемость продуктивного пласта [1].

Также в задачи смазывающих добавок входит противодействие следующим видам износа:

- *износ схватыванием* проявляется в условиях погружения, способствующих пластическому деформированию поверхности трения при отсутствии смазки;
- окислительный износ характеризуется превышением скорости химического модифицирования поверхностей трения над скоростью их разрушения;
- *тепловой износ* наступает в результате нагрева зоны трения до температуры размягчения металла и выражается в возникновении металлических связей на трущихся поверхностях;
- *абразивный износ* — самый распространенный вид изнашивания, обусловлен наличием в зоне трения абразивной среды и выражается в упругом и пластическом деформировании и микрорезании абразивными частицами поверхностей трения;
- *усталостный износ* (выкрашивание) является довольно распространенным видом изнашивания, которому наиболее подвержены поверхности качения, где неравномерное распределение нагрузки, перегрев, вибрация приводят к локальному разрушению тел качения [1].

Таким образом, несмотря на наличие на рынке достаточно большого количества смазочных добавок, разработка новых смазывающих добавок с улучшенными характеристиками, к примеру, со сниженной пенообразующей способностью, с низкой ценой, является, несомненно, актуальной темой.

В ходе исследования был изучен коэффициент трения различных смазочных добавок, как промышленно выпускаемых, так и специально синтезированных в ходе данной работы: PHS-XPB, CT-7, Realub, оксаль (ТУ 2452-015-48158319-2009), Т-66 (ТУ 2452-029-05766801-94), Т-92 (ТУ 2452-015-48158319-2009), Р75 и Р98. Для проведения замеров был приготовлен 4% глинистый раствор, в который добавлялись реагенты с различной концентрацией (0,5%, 1% и 1,5%) с последующим перемешиванием в высокоскоростной мешалке в течение 10 минут со скоростью 10000 мин<sup>-1</sup>. Также для лучшего диспергирования реагентов Т-66, Т-92, оксаль, Р75, Р98 в раствор добавлялся диспергатор лигносульфонат натрия (ТУ 2455-055-58901825-2008). Для определения коэффициента трения использовался прибор УСР-1М.

Установка УСР-1М предназначена для определения смазывающей способности буровых растворов посредством измерения коэффициента трения между трущимися поверхностями, помещенными в буровой раствор. Трущиеся поверхности образованы вращающимся твердосплавным кольцом и неподвижной металлической вставкой, которые сдавливаются между собой с нормированным усилием 31 килограмм.