

**РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ  
БУРОВОГО РАСТВОРА НА ЭЛАСТОМЕР ВИНТОВОГО ЗАБОЙНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ  
ЦИКЛИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ**

**Р. Э. Щербаков**

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 показателей.

Постоянный рост удельного веса бурения винтовых забойных двигателей объясняется как объективными благоприятными факторами (появление на буровом рынке нового поколения низкооборотных шарошечных долот и развитием новых технологий буровых работ), так и важными эксплуатационными преимуществами самих двигателей, среди которых в первую очередь следует отметить:

1. оптимальные энергетические характеристики – высокие крутящие моменты при низких частотах вращения, обеспечивающие эффективную отработку долот различного типа;
2. относительно небольшой перепад давления в двигателе, позволяющий использовать гидромониторные долота;
3. возможность использования буровых растворов любой плотности (от аэрированных до утяжеленных, плотностью 2000 кг/м<sup>3</sup> и более);
4. минимальные по сравнению с турбобурами осевые габариты и высокие удельные вращающие моменты, позволяющие использовать двигатели при бурении наклонно направленных и горизонтальных скважин по различным радиусам искривления;

Развитие бурения наклонно-направленных, горизонтальных скважин, а также бурение боковых стволов обусловили большую потребность в винтовых забойных двигателях с первых лет внедрения. 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. В результате существенно повысилась рейсовая скорость бурения и снизилась стоимость 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.

В настоящее время винтовые забойные двигатели получили широкое применение при бурении вертикальных и наклонно направленных скважин в ведущих нефтяных компаниях России. Удельный вес проходки с применением данного типа двигателей в основных регионах находится в пределах 40 – 80%. Винтовые забойные двигатели успешно конкурируют с другими способами бурения, так, например, объем эксплуатационного бурения винтовыми двигателями в ОАО «Сургутнефтегаз» в 2011 г. составил 3500 тыс. м (около 80% от общего объема бурения).

По принципу действия винтовой забойный двигатель представляет собой планетарно-роторную гидравлическую машину объемного типа с внутренним косозубым зацеплением. Двигатель содержит ротор и статор. Стальной статор внутри имеет привулканизированную резиновую обкладку с винтовыми зубьями левого направления. На стальном роторе нарезаны наружные винтовые зубья также левого направления. Число зубьев ротора на единицу меньше числа зубьев статора. Специальный профиль зубьев ротора и статора обеспечивает их непрерывный контакт между собой, образуя на длине шага статора единичные рабочие камеры.

Буровой раствор, поступающий в двигатель от насосов буровой установки, может пройти к долоту только в том случае, если ротор поворачивается относительно статора, обкатываясь под действием неуравновешенных гидравлических сил. Ротор, совершая планетарное движение, поворачивается по часовой стрелке (абсолютное движение), в то время как геометрическая ось ротора перемещается относительно оси статора против часовой стрелки (переносное движение). За счет разности в числах зубьев ротора и статора переносное движение редуцируется в абсолютное с передаточным числом, равным числу зубьев ротора, что обеспечивает пониженную частоту вращения и высокий крутящий момент на выходке.

«Рабочая пара» гидравлического винтового забойного двигателя – это одно из названий двигательной секции ВЗД, 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. Ряд определенных факторов отрицательно влияют как на рабочие характеристики рабочей пары, так и на весь забойный двигатель в целом. К факторам, негативно влияющим на ресурс рабочей пары (двигательной секции), относятся:

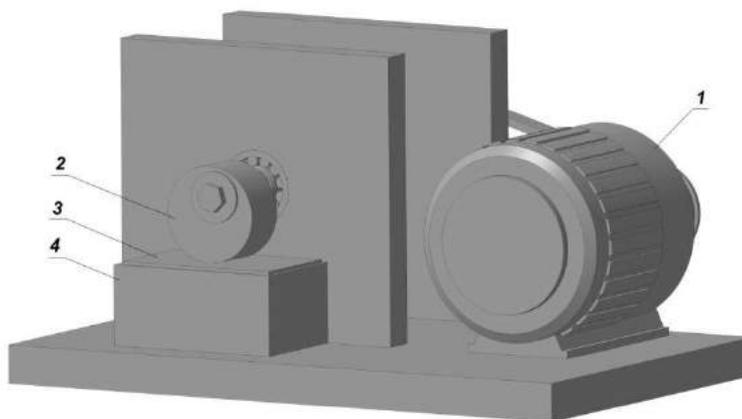
1. низкая степень очистки рабочей жидкости, которая обуславливает абразивный износ эластомера посредством твердых частиц породы;
2. химический состав рабочей жидкости, не соответствующий применяемому виду эластомера (высокое содержание нефти, соли, хлорид-ионов, применение азотосодержащих и кислотосодержащих растворов);
3. несоответствие температуры на забое типу эластомера статора рабочей пары (двигательной секции);
4. запуск при минусовой температуре без предварительного прогрева двигательной секции;

5. превышение рабочих режимов бурения (постоянная работа на максимальных режимах и превышение их);

6. применение рабочей пары с фактическим натягом зацепления ротор-статор несоответствующим внутрискважинной температуре;

Следует заметить, что резинометаллический статор является элементом, лимитирующим работоспособность двигателя. Одним из актуальных направлений решения задачи повышения его эффективности и технологичности является подбор оптимальной эластомерной обкладки статора, обеспечивающей увеличение ресурса работы статора при использовании промывочных жидкостей, смазочно-охлаждающих жидкостей, а также смазочных добавок различного химического состава к последним.

Для исследования, в лабораторных стендовых условиях был разработан модуль, позволяющий оперативно проводить эксперимент и оценивать влияние параметров рабочей жидкости на материал эластомера. Сущность метода испытаний состоит в истирании испытываемого резинового образца поверхностью стального ролика в соответствующей среде.



**Рис. 1** Конструкция модуля: 1) электродвигатель; 2) ролик-эксцентрик; 3) ванночка с рабочей жидкостью; 4) испытываемый резиновый образец;

На рис.1 представлена трехмерная геометрическая модель модуля. Конструкция данного экспериментального модуля представляет собой электродвигатель, через ременную передачу приводящий в движение основной вал. На вал с противоположной стороны установлен ролик-эксцентрик, имитирующий механическое воздействие ротора на эластомер статора. Эксцентрик погружен в ванну, в которую наливается рабочая жидкость и закрепляется на металлической пластине исследуемый резиновый образец. На эксцентрик под давлением, создаваемым за счет системы пружин, упирается закрепленный образец.

Таким образом, между роликом-эксцентриком и испытываемым резиновым образцом возникают процессы трения и износа, похожие на износ в винтовых забойных двигателях. Частота вращения электродвигателя 500 оборотов в минуту. Максимальная нагрузка на пару трения может быть изменена. Изменение нагрузки производится ступенчато путем подбора системы пружин различных коэффициентов упругости.

Все это позволяет полностью удовлетворить потребности моделирования и оценки при разработке новых материалов и проведении новых технологических исследований. Машина трения обеспечила имитацию физического подобия процесса изнашивания и трения пары «статор – ротор». Преимуществом данного модуля является его дешевизна и простота, поскольку для проведения испытаний нет необходимости каждый раз вулканизировать эластомер или использовать часть уже готового статора.

#### Литература

1. Винтовые гидравлические машины. Том 2. Винтовые забойные двигатели / Балденко Д.Ф., Балденко Ф.Д., Гноевых А.Н. М.: ООО «ИРЦ Газпром», 2007. 470 с.
2. Балденко Д.Ф., Кортаев Ю.А. Современное состояние и перспективы развития отечественных винтовых забойных двигателей // Бурение и нефть. М., 2012. №3. С.3-7.
3. Забойные винтовые двигатели для бурения скважин / Гусман М.Т., Балденко Д.Ф., Кочнев А.М., Никомаров С.С. М.: Недра, 1981. 231 с.
4. Кортаев Ю.А. Технологическое обеспечение долговечности многозаходных винтовых героторных механизмов гидравлических забойных двигателей. М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2003. 260 с.