

прямолинейных участков неоднородных трубопроводов под воздействием пульсирующих потоков рабочих жидкостей достаточно перспективно [3]. Данные уравнения справедливы не только для стабилизирующихся периодических процессов в гидравлических системах, но могут также быть использованы для моделирования вибрации трубопроводов в период переходного процесса в гидролиниях (например, при гидравлических ударах). Последнее весьма ценно для практики прикладных исследований. Отмечено, что представленные виброакустические модели прямолинейных неоднородных участков трубопроводов также являются базой для создания расчетной модели эффективности уменьшения вибропараметра трубопроводных систем после крепления стабилизирующих устройств (механических демпферов, гасителей колебания давлений, и т.п.). Для этого в рассмотренные уравнения модели необходимо ввести соотношение, учитывающее влияния характеристик корректирующего устройства (КУ) на изменение пульсационных состояний гидролиний, геометрии полученных систем, форм колебаний. Проведения подобных работ могут стать причиной для воплощения САПР КУ, позволяющих максимально увеличить снижения вибрационной и пульсационной нагрузки в трубопроводной системе энергетической установки, функционирующих при неблагоприятных климатических условиях Крайнего Севера.

#### Литература

1. Кондрашов. Н.С. О параметрическом колебании трубопровода//Вибрационные прочностные и надежности авиационного двигателя. – Куйбышев: КуАИ, 1965. – № 19. – 6 с.
2. Хилл Р. Математическая теория пластичности. – М.: ГИТТЛ. 1956. – 408 с.
3. Шахматов Е.В., Прокофьев А.Б. Виброакустические модели прямолинейных неоднородных трубопроводов при их силовых возбуждениях пульсацией рабочих жидкостей//Надежность, динамика и диагностика машин. – Самара: Институт акустики машин. 2004. – С.135-140.

### ОЦЕНКА ИЗНОСА ЭЛАСТОМЕРА ВИНТОВОГО ЗАБОЙНОГО ДВИГАТЕЛЯ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

**М.С. Власов, И.Б. Кучкоров, Х.Б. Кучкоров, А.С. Тихонов**

Научный руководитель – профессор С.Н. Харламов

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

С развитием технологии бурения наклонно-направленных и горизонтальных скважин, винтовые забойные двигатели получили наибольшую популярность. Одним из самых уязвимых мест ВЗД является резиновая обкладка статора (эластомер) так как она подвержена воздействию различных агрессивных сред и высоких нагрузок при взаимодействии с ротором. В связи с чем возникает проблема создания системы повышения износостойкости эластомера ВЗД с целью уменьшения числа аварий, количества СПО, затрат на бурение и в целом время бурения скважины.

По результатам статистических исследований в области надёжности и работоспособности забойных двигателей в восьмидесяти процентах причиной отказа является рабочая пара, а точнее износ или полное разрушение резиновой обкладки статора, что снижает ресурс винтового забойного двигателя в целом [2].

На сегодняшний день отсутствует какой-либо комплекс мер для повышения износостойкости эластомера ВЗД, как в зарубежной, так и отечественной практике применения. Существует лишь ряд мер для повышения времени эксплуатации рабочей секции ВЗД. Увеличение длины рабочего органа ВЗД позволяет повысить сроки эксплуатации, но это влияет на проходимость двигателя в скважинах с большими углами. Так же необходимо соблюдать требования предъявляемые к системе промывки и очистки скважины, так как качество бурового раствора, его скорость и абразивность очень сильно влияют на срок службы эластомера [3].

Исходя из исследования ученых Уфимского государственного нефтяного технического университета, стоит отметить, что наименьшую скорость изнашивания в среде бурового раствора при трении пары резина-сталь имеет полимер глинистый раствор. В некоторых случаях разница между полимер глинистым и другими растворами достигает десятков раз. [1]

Исследования данных проблем в большей части направлены на изучение влияния смазочных добавок для бурового раствора на взаимодействие пары ротор/статор винтового забойного двигателя. В России проводился сравнительный анализ нескольких смазочных добавок, где ФК 2000+ и Луброил в совокупности с применением бурового раствора показали снижение коэффициента трения и скорости изнашивания до 2-3 раз. Так же были исследованы реагенты комплексного действия БКР-7 и СМ-1 разработаны на кафедре «Бурение нефтяных и газовых скважин» УГНТУ, которые показали себя с гораздо лучшей стороны. Так как более ориентированы на снижение износа пары резина/сталь. Применение данных реагентов комплексного действия снижает износ в парах трения, в паре трения «резина – металл» ВЗД, в частности. Соответственно увеличивается межремонтный рабочий ресурс двигателя. [1]

Отсутствие каких-либо крупных исследований в данной сфере является главным стимулом в изучении работы пары резина/сталь, и снижение износа резины. Наиболее перспективные пути повышения стойкости резин заключаются в модификации поверхностного слоя с целью снижения коэффициента трения. В данной работе будет проведён анализ используемых смазок для резиновых поверхностей с целью повышения их износостойкости в промышленности в целом, для дальнейшего изучения их воздействия на эластомер ВЗД.

**СЕКЦИЯ 17. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ ТРАНСПОРТИРОВКИ И ХРАНЕНИЯ НЕФТИ И ГАЗА. ПОДСЕКЦИЯ 1. МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ТРАНСПОРТА И ХРАНЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ**

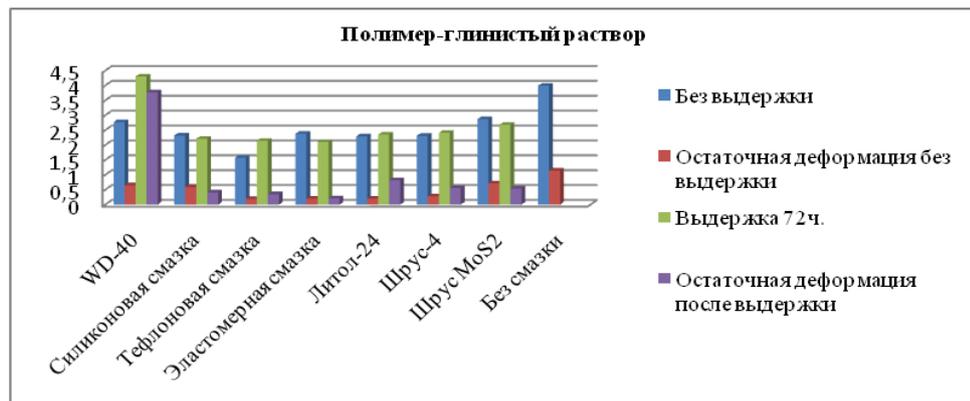
**Целью** данной работы является исследование скорости износа эластомера ВЗД при использовании смазок для резиновых поверхностей с целью повышения их износостойкости.

Для имитации работы пары резина/сталь использовалась резина ИРП – 1226 и стальная пята. ИРП – 1226 является резиной повышенной износостойкости, из которой изготавливаются большинство эластомерных обкладок винтовых забойных двигателей. Изготовление образцов происходило с помощью сверлильного станка и коронки по дереву диаметром 43мм, путём вырезания из листа резины. Истирание образца происходило в цилиндрическом стакане, в котором происходила фиксация образца и рабочей среды.

В качестве имитации агрессивной среды использовался полимер-глинистый буровой раствор. С целью снижения сил трения действующих между резиной и сталью применялись смазки. Все смазки были подобраны по принципу низкой цены и доступности. В процессе эксперимента использовались следующие смазки: силиконовая смазка, тефлоновая смазка, литиевая смазка, смазки типа ШРУС, эластомерная смазка, многоцелевая компонентная смазка WD-40

На дно стакана кладется образец и затем фиксируется цилиндром. В стакан заливается полимер-глинистый буровой раствор. В сверлильный станок устанавливается пята и затягивается ключом. Стакан фиксируется тисками. Запускается станок, на рычаг подачи устанавливается груз и запускается таймер. С каждой смазкой проводится две серии опытов с выдержкой образцов в смазке в течении 72 часов и без выдержки. Для каждой смазки было изготовлено по три образца, с целью получения сходимости результатов.

Все образцы истираются под действием нагрузки в бкг, с частотой вращения шпинделя равной 180 об/минуту, в течении 5 минут. После истирания с каждого образца с помощью штангенциркуля глубиномера снимается деформация и образец маркируется. По истечению 72 часов снимается остаточная деформация с каждого образца. Замер деформации производился с помощью цифрового штангенциркуля ШЦЦ-1-125. На рисунке 1 представлены средние значения износа резины ИРП 1226 и остаточная деформация после истирания образцов.



**Рис. 1 – Износ резины ИРП 1226 в среде полимер-глинистого бурового раствора**

В среде полимер-глинистого бурового раствора наименьший износ был замечен у тефлоновой смазки 1,57 мм, а остаточная деформация 0,2 мм. Это говорит о том, что разрушения поверхности резины не происходило. Износ без смазки составил 3,99 мм. Исходя из представленного выше, можно отметить что тефлоновая и эластомерная смазка имеют положительный результат и снижают до двух раз износ эластомера при истирании его в паре со сталью.

Для проведения дальнейших экспериментов были выбраны силиконовая тефлоновая и эластомерная смазка. Также для сравнения проводился опыт с образцами без смазки. Для исследования была взята среда – полимерглинистый буровой раствор, как наиболее применяемый при бурении. Методика эксперимента заключается в измерении износа образца резины ИРП 1226 с помощью штангенциркуля с течением времени. Были выбраны временные интервалы 1, 2, 3, 4, 5 минут для построения зависимости износа от времени. Все образцы истираются под действием нагрузки в бкг, с частотой вращения шпинделя равной 180 об/минуту, в течении 5 минут. После истирания с каждого образца с помощью штангенциркуля глубиномера снимается деформация. Средние значения результатов экспериментов представлены в таблице 1.

**Таблица 1**

Время опыта, с	Износ эластомера, мм				
	60	120	180	240	300
Без смазки	0,40	0,59	1,69	2,32	3,99
Силиконовая смазка	0,11	0,38	1,22	1,71	2,32
Эластомерная смазка	0,22	0,35	0,81	1,79	2,38
Тефлоновая смазка	0,05	0,31	0,55	1,20	1,57

На рисунке 2 представлены зависимости износа резины ИРП 1226 от времени истирания.

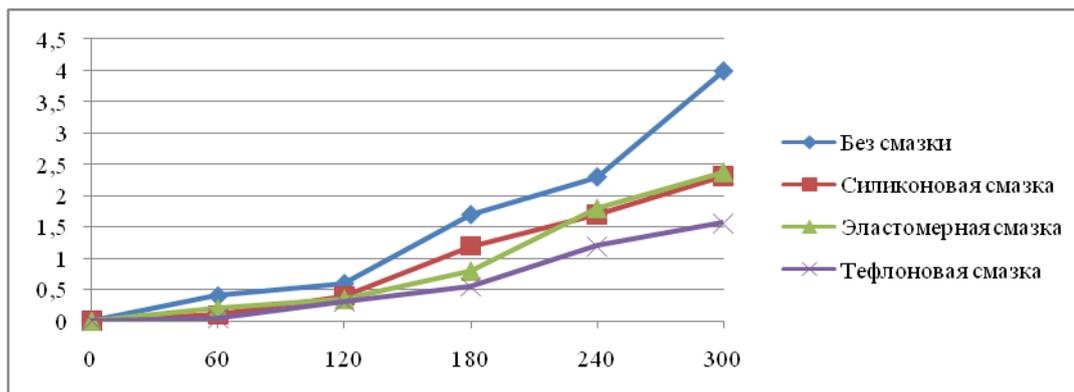


Рис. 2 – Зависимость износа резины ИРП 1226 от времени истирания

Из полученных графиков стоит отметить что в течении первых 120 секунд все образцы имеют небольшой разброс износа, но в дальнейшем образцы без смазки имеют износ почти в 3 раза превышающий, чем у образцов с тефлоновой смазкой. Также стоит отметить, что у образцов с силиконовой и эластомерной смазкой конечный износ на 1 мм больше чем у образцов с тефлоновой смазкой.

Для дальнейшего исследования истирания образцов в тефлоновой смазке были получены аппроксимирующие уравнения. Уравнение полиномиальной аппроксимации имеет вид

$$h = 0.0571 \cdot t^2 - 0.07 \cdot t - 0.01 \quad (1)$$

где  $h$  - глубина износа поверхности эластомера, мм

$t$  – время изнашивания образца, с

Для определения скорости изнашивания эластомера необходимо исходное уравнение продифференцировать по переменной  $t$ . Так, имеем

$$\frac{dh}{dt} = \frac{d(0.0571t^2 - 0.07t - 0.01)}{dt} = 0.1142t - 0.07 \quad (2)$$

Исходя из полученных уравнений можно сделать вывод, что скорость изнашивания поверхности эластомера не постоянна. Это можно связать с несколькими факторами:

При трении происходит повышение температуры поверхности эластомера;

Происходит нагрев рабочей среды и стальной пяты;

Происходит снижение действия смазки (вымыв).

В данной работе проведён анализ влияния смазочных добавок на износ эластомера, а также изменение скорости износа с течением времени. Стоит отметить, что применение смазочных добавок позволяет снизить износ поверхности эластомера до 3 раз.

Данное исследование будет полезно заводам изготовителям, а также нуждается в опытно-промышленных испытаниях с целью определения результат в реальных условиях. На сегодняшний день поверхность эластомера не покрывается никакими смазками. В соответствии с этим возможно применение данных смазок при изготовлении ВЗД. Из полученных результатов очевидно, что при нанесении тефлоновой или эластомерной смазки происходит снижение износа двигателя до двух раз. В дальнейших исследованиях необходимо определить устойчивость данных видов смазок к воздействию дисперсионной среды в течении длительного времени.

#### Литература

1. Исмаков Р.А., Закиров Н.Н., Аль-Сухили М.Х., Торопов Е.С. Исследование работы пары “эластомер-металл” силовой секции винтового забойного двигателя // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2-3. С. 23.
2. Самсонов А.И., Бухтояров В.В., Повышение долговечности механизмов винтовых забойных двигателей // Сибирский федеральный университет. 2016.
3. Бобров М.Г., Трапезников С.Г. Особенности использования винтовых забойных двигателей при бурении скважин // Вестник Ассоциации буровых подрядчиков. 2009. № 1. С. 15-18.
4. Виноградова И.Э. Противоизносные присадки к маслам. – М.: Химия, 1972. – 272 с.
5. Мур Д. Трение и смазка эластомеров. США, 1972. Перевод с английского канд. Хим. Наук. Г.И. Бродского – М.: Химия, 1977. – 264 с.
6. Смазки, классификация, применение. [Электронный ресурс]. – <http://www.uazbuka.ru/lib/oiling.htm> Дата обращения 22.12.2016).