

Исследование влияния дизельного топлива на резину эластомера винтового забойного двигателя в температурном интервале 25–90°C

А.В. Епихин

старший преподаватель
epikhinav@mail.ru

В.В. Мельников

магистрант

А.А. Бер

преподаватель

К.М. Минаев

к.х.н., доцент

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия

Научная работа посвящена исследованию влияния дизельного топлива на геометрические параметры образцов резины ИРП-1226, которая является одним из основных материалов для изготовления эластомеров винтовых забойных двигателей. Рассматриваются результаты исследований для температурного интервала среды 25–90 °С.

Материалы и методы

Исследовались образцы резины ИРП-1226 путем полного погружения в дизельное топливо. Длительность эксперимента составляла 480 часов. Диапазон исследуемых температур — 25–90°C.

Ключевые слова

бурение, винтовой забойный двигатель, буровой раствор, эластомер, дизельное топливо

Активное развитие наклонно направленного бурения и потребность в применении высокомоментных долот с оптимальной частотой вращения до 150 об/мин стало предпосылкой к широкому распространению винтовых забойных двигателей (ВЗД) в строительстве скважин. Кроме того, с применением винтовых забойных двигателей осуществляется большая часть буровых работ в капитальном и подземном ремонте скважин [1].

Опыт эксплуатации в различных горно-геологических условиях обнаружила у ВЗД недостаток в виде низкого срока службы рабочей пары (в особенности эластомера — резиновой обкладки статора). Согласно статистике, в год у буровых подрядчиков в среднем возникает до 12 простоев, связанных с выходом из строя ВЗД. Дополнительные спускоподъемные операции вследствие этого приводят к увеличению затрат времени на строительство скважины на 5–10 %.

В общих указаниях к эксплуатации винтовых забойных двигателей отмечено, что повышение температуры в призабойной зоне влияет на прочность эластомера статора и понижает ресурс двигателя. Буровой раствор, содержащий реагенты на углеводородной основе, приводит к набуханию резиновой обкладки (эластомера) статора, и преждевременному выходу из строя двигателя. Дифференциальное давление, превышающее рекомендуемое максимальное рабочее значение на приводе объемного двигателя, сокращает срок работы статора [2].

Предметом настоящего исследования является рабочая пара ВЗД: ротор — статор, а именно резиновая обкладка статора (эластомер) [3–4]. Было оценено влияние температуры на изменение гео-

метрических параметров эластомера в присутствии дизельного топлива как одного из типов дисперсионной среды буровых растворов на углеводородной основе.

Образцы изготавливались в форме цилиндров диаметром до 43 мм и толщиной до 11,5 мм и выдерживались в пластиковых контейнерах с полным погружением в дизельное топливо при атмосферном давлении. В ранее проведенных работах исследователей наиболее часто упоминается неустойчивость эластомеров по отношению к агрессивным средам в виде набухания или уменьшения габаритных размеров [1, 4, 5]. Поэтому оценка результатов эксперимента проводилась по изменению геометрических размеров резинового образца.

Первоначально было проанализировано исследование четырех температурных точек: 25, 50, 75, 90°C. Длительность эксперимента — 480 часов, что обусловлено нормативным значением времени работы ВЗД по паспортным данным, которое обычно составляет от 200 до 600 часов. Показания изменения диаметра образцов снимались ежесекундно с применением электронного штангенциркуля.

При обработке полученных данных подтвердились ранее озвученные гипотезы о том, что неустойчивость эластомеров по отношению к агрессивным средам проявляется в виде увеличения (набухания) или уменьшения габаритных размеров (рис. 1). Но в первой серии экспериментов было определено, что в температурном интервале 50–75°C наблюдается резкое изменение динамики варьирования геометрических размеров образца от уменьшения (интервал 25–50°C) к увеличению (75–90 °C) [6]. С целью дополнительного исследования было решено провести серию экспериментов для

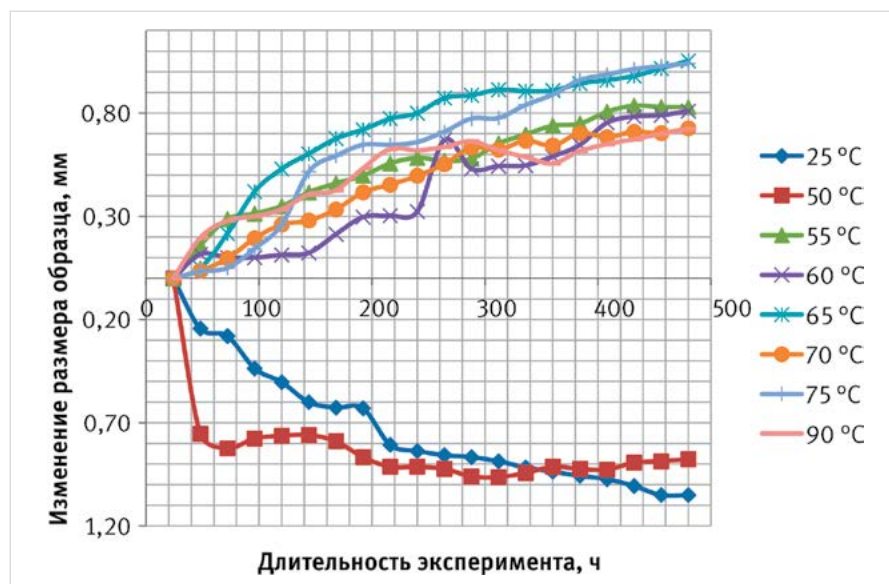


Рис. 1 — Зависимость относительного изменения образца эластомера от времени нахождения в дизельном топливе при различных температурах

температурного интервала 50–75°C с шагом 5°C. Результаты представлены на рис. 1.

Исследование температурного интервала 50–75°C показало, что для всех серий экспериментов наблюдается интенсивное набухание образцов. Анализ представленного графика позволяет сделать вывод, что относительное изменение размеров эластомера достигает 3,4%, что может существенно сказываться на процессе взаимодействия пары ротор – статор, а также на энергетических характеристиках двигателя. Согласно графику на рис. 1, температура 50°C является переходной для эластомера, после которой уменьшение геометрических размеров сменяется увеличением. Резина ИРП-1226 является не вулканизированной, следовательно, она подвержена интенсивному взаимодействию со стороны дисперсионной среды бурового раствора. При низких температурах наблюдается интенсивное растворение пластификатора ИРП-1226, что приводит к уменьшению геометрических размеров образца, а также к снижению его упругости. В этом случае будет наблюдаться увеличение зазоров между винтом и обкладкой статора, что при прочих равных условиях приведет к снижению коэффициента полезного действия ВЗД. Кроме того, вымывание пластификатора из эластомера приведет к увеличению напряжений как в его структуре, так и на границе соединения со статором. Как следствие, это будет способствовать возникновению трещин в эластомере и нарушению сплошности его контакта со статором. При температурах более 50°C к процессу вымывания пластификатора ИРП-1226 добавляется процесс интенсивного заполнения пор резины дизельным топливом, чему способствует тепловое расширение резины. В таком случае зазор между эластомером и ротором будет уменьшаться и для работы двигателя потребуется создание большего момента, что в совокупности с падением упругости резины (вследствие вымывания пластификатора) приведет к ускоренному износу эластомера.

Взаимодействие дизельного топлива с резиной ИРП-1226 было подтверждено в результате визуального анализа эксперимента (рис. 2). По ходу эксперимента наблюдалось

сильное потемнение дизельного топлива, а также интенсивное расслаивание образца, которое выражалось в выпадении в осадок резиновой крошки. Это наблюдение позволяет подтвердить предположение о том, что образцы ИРП-1226 неустойчивы к воздействию дизельного топлива, особенно, при повышенных температурах. Следовательно, использование винтовых забойных двигателей с эластомерами из ИРП-1226 совместно с применением буровых растворов на углеводородной основе — нерентабельно.

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

Итоги

Доказано влияние дисперсионной среды бурового раствора (в рамках данного исследования — дизельного топлива) и температуры на состояние эластомера винтового забойного двигателя. Дано описание процессов, происходящих в эластомере под воздействием различных температур в присутствии дизельного топлива. Охарактеризовано возможное влияние этих процессов на технические характеристики двигателя. Применение полученных результатов позволит разработать методику по повышению ресурса эластомеров винтовых забойных двигателей.

Выводы

По результатам исследования подтверждено влияние дизельного топлива на геометрические параметры эластомера ВЗД. Определены температурные точки, при которых происходит наибольшее влияние на эластомер, рассчитана величина относительных значений его деформации. Сформулирована гипотеза о структурных изменениях в резине под воздействием дизельного топлива и их влиянии на работу эластомера винтового забойного двигателя. Результаты исследований могут быть использованы при тестировании альтернативных материалов для изготовления эластомеров и химических реагентов для защиты резины ИРП-1226 в процессе работы винтового забойного двигателя. Дальнейшие исследования будут посвящены вопросам комплексного воздействия забойных условий на техническое состояние эластомера с

целью создания математической модели его работы и износа.

Список литературы

1. Коротаев Ю.А. Исследование и разработка технологии изготовления многозаходных винтовых героторных механизмов гидравлических забойных двигателей. диссертация. ... доктора технических наук: 05.02.08. Пермь, 2003. 386 с.
2. Устройство и работа винтовых забойных двигателей. Режим доступа: <http://www.gazpb.ru/ekspluatatsiya-turbinnnoy-tekhniki/105-ustrojstvo-i-rabota-vintovyx-zabojnyx-dvigatелеj.html>
3. Бродский Ю.А., Файнштейн И.З., Заворотный В. Буровые растворы на углеводородной основе // Специальное приложение к журналу "НЕФТЬ и КАПИТАЛ". 2003. №7 [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.consit.ru/stati/st-organobentonit/burovye-rastvory-na-uglevodorodnoj-osnove> (Дата обращения 30.09.2016)
4. Балденко Д.Ф., Коротаев Ю.А. Современное состояние и перспективы развития отечественных винтовых забойных двигателей // Бурение и нефть. 2012. Март. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://burneft.ru/archive/issues/2012-03/1> (Дата обращения: 30.09.2016)
5. Балденко Д.Ф., Балденко Ф.Д., Гноевых А.Н. Винтовые гидравлические машины. Винтовые забойные двигатели. М.: ИРЦ Газпром, 2007. Т.2. 470 с.
6. Мельников, В.В., Епихин А.В. Анализ влияния промывочной жидкости на углеводородной основе на характеристики резины эластомеров винтовых забойных двигателей при различных температурах. Проблемы геологии и освоения недр : труды XX Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию со дня основания Томского политехнического университета. Томск: ТПУ, 2016. Т. 2. С. 753–756.



Рис. 2 — Внешний вид образцов ИРП-1226 до (слева) и после (справа) эксперимента при температуре 60°C

ХИЩНИК



ТЕХНИКА ДЛЯ СУРОВЫХ УСЛОВИЙ



Топкие болота, снежная
целина и водные
преграды — все это
родная стихия
«ХИЩНИКА».

Широкий модельный ряд
позволяет выбрать
технику, отвечающую
Вашим требованиям.



ООО «МЕГ ВЕСТ»
626110, Тюменская обл.,
Тобольский р-н, с. Бизино,
ул. Ремонтников, 23.
тел/факс в г. Тобольске:
8(3456) 24-55-85. 8-912-815-02-09
mezenin1234@yandex.ru
WWW.MEGVEST.RU

ENGLISH

DRILLING

UDC 622.24

Research of diesel influence on the rubber elastomer screw downhole motor within the temperature range 25–90°C

Authors:

Anton V. Epikhin — senior lecturer; epikhinav@mail.ru

Vasily V. Melnikov — undergraduate

Alexander A. Ber — senior lecturer

Konstantin M. Minaev — Ph.D., assistant professor

National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russian Federation

Abstract

The scientific work is devoted to the influence of diesel fuel on the geometric parameters of the rubber samples IRP-1226, which is one of the basic materials for the production of elastomers, screw downhole motors. We consider the results of studies for the temperature of the medium range 25-90 °C.

Materials and methods

We tested samples of rubber IRP-1226 through total immersion in diesel fuel. Experiment duration was 480 hours. The range of temperatures 25–90 °C in experimental work.

Results

It proved the effect of the dispersion medium of mud (in this study - diesel) and temperature on the state of the elastomer screw downhole motors. A description of the processes occurring in the elastomer under the influence of different temperatures in the presence of diesel fuel. Characterized by the possible impact of these processes on the technical characteristics of the screw downhole motor. Application of the results will allow to develop a technique to improve

the resource elastomers screw downhole motors.

Conclusions

Research results confirmed the effect of diesel fuel on the geometric parameters of the elastomer PDM. The temperature point at which the greatest influence on an elastomer calculated magnitude values relative deformation. A hypothesis about the structural changes in the rubber under the influence of diesel fuel and their impact on the work of the elastomer screw downhole motors was made. The research results can be used for testing of alternative materials for the production of elastomers and chemical materials for protection for the rubber IRP-1226 during operation of the screw downhole motor. Further research will focus on integrated impact downhole conditions on the technical condition of the elastomer in order to create a mathematical model of his work and wear.

Keywords

Drilling, a screw downhole motor, drilling fluid, elastomer, diesel, PDM

References

1. Korotaev Yu.A. *Issledovanie i razrabotka tekhnologii izgotovleniya mnogozakhodnykh vintovykh gerotornykh mekhanizmov gidravlicheskiykh zaboynykh dvigateley* [Research and development of technology production of multiple-screw hydraulic downhole motors gerotor mechanisms] Dissertation Doctor of Technical Sciences: 05.02.08. Perm, 2003, 386 p
2. *Ustroystvo i rabota vintovykh zaboynykh dvigateley* [Design and operation of downhole drilling motors]. Available at: <http://www.gazpb.ru/ekspluatatsiya-turbinnoy-tekhniki/105-ustroystvo-i-rabota-vintovykh-zaboynykh-dvigateley.html>
3. Brodskiy Yu.A., Faynshteyn I.Z., Zavorotnyy V. *Burovye rastvory na uglevodorodnoy osnove* [Oil-based drilling fluids] Available at: <http://www.consit.ru/stati/st-organobentonit/burovye-rastvory-na-uglevodorodnoy-osnove> (accessed 30.09.2016)
4. Baldenko D.F., Korotaev Yu.A. *Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya otechestvennykh vintovykh zaboynykh dvigateley* [Current state and prospects of development of domestic screw downhole motors]. Burenie i neft', 2012, March. Access: <http://burneft.ru/archive/issues/2012-03/1>
5. Baldenko D.F., Baldenko F.D., Gnoevykh A.N. *Vintovye gidravlicheskie mashiny Vintovye zaboynye dvigateli* [Screw rotor machines. Bottomhole motors]. Moscow: IRTs Gazprom, 2007, Vol. 2, 470 p.
6. Mel'nikov, V.V., Epikhin A.V. *Analiz vliyaniya promyshlennoy zhidkosti na uglevodorodnoy osnove na kharakteristiki reziny elastomerov vintovykh zaboynykh dvigateley pri razlichnykh temperaturakh* [Analysis of the effect of oil-based mud on the characteristics of rubber elastomers screw downhole motors at different temperatures] Problems of Geology and Mineral Resources Development works XX International Symposium Academician MA Usov students and young scientists, devoted to the 120th anniversary of Tomsk Polytechnic University, Tomsk: TPU, 2016, Vol. 2, p. 753–756.