

Исследование влияния ингибиторов глин на резину эластомера винтового забойного двигателя

А.В. Епихин

старший преподаватель
epikhinav@mail.ru

К.М. Минаев

к.х.н., доцент

А.В. Ковалев

к.т.н., старший преподаватель

В.В. Урниш

аспирант

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия

Научная работа посвящена исследованию влияния ингибиторов глин на геометрические параметры образцов резины ИРП-1226, которая является одним из основных материалов для изготовления эластомеров винтовых забойных двигателей. Рассматриваются результаты влияния четырех наименований ингибиторов, применяемых в качестве химических реагентов буровых растворов для повышения устойчивости глинистых пород, на параметры образцов резины ИРП-1226. Доказано влияние ингибиторов глин и их концентрации на состояние эластомера винтового забойного двигателя. Дано описание процессов, происходящих в эластомере в присутствии различных химических реагентов. Охарактеризовано возможное влияние этих процессов на технические характеристики двигателя. Применение полученных результатов позволит разработать методику по повышению ресурса эластомеров винтовых забойных двигателей.

Материалы и методы

Исследовались образцы резины ИРП-1226 путем полного погружения в растворы ингибиторов глин (концентрации – 10, 50 и 100%). Длительность эксперимента составляла 480 ч. Температура эксперимента – 25°C.

Ключевые слова

бурение, винтовой забойный двигатель, буровой раствор, эластомер, ингибитор глин

В общих указаниях к эксплуатации винтовых забойных двигателей сказано, что буровой раствор может стать причиной набухания или усадки резиновой обкладки (эластомера) статора и преждевременному выходу из строя двигателя [1]. Буровой раствор является комплексной системой, состоящей из ряда химических реагентов, которые могут оказывать неодинаковое воздействие на эластомер. В ранних исследованиях было обосновано влияние дисперсионной среды бурового раствора на техническое состояние эластомера винтового забойного двигателя [2–3]. Был сделан вывод о возможном дополнительном негативном влиянии на эластомер со стороны химических реагентов, используемых для контроля свойств бурового раствора.

По назначению реагенты для буровых растворов классифицируются на следующие категории: понизители фильтрации; понизители вязкости (разжижители); структурообразователи; регуляторы щелочности (рН); ингибиторы глинистых пород; регуляторы термостойкости; пенообразователи; пеногасители; эмульгаторы; смазочные добавки; понизители твердости горных пород [4]. По предварительной оценке наиболее опасными для резины эластомеров названы бактерициды, эмульгаторы, регуляторы щелочности и ингибиторы глин.

Предметом настоящего исследования является рабочая пара ВЗД: ротор – статор, а именно резиновая обкладка статора (эластомер) [5–6]. Было оценено влияние концентрации различных ингибиторов на изменение геометрических параметров образцов, изготовленных из резины ИРП-1226.

Образцы изготавливались в форме цилиндров диаметром до 43 мм и толщиной до 11,5 мм и выдерживались в пластиковых контейнерах с полным погружением в растворы ингибиторов при атмосферном давлении. В ранее проведенных работах наиболее часто упоминают неустойчивость эластомеров по отношению к агрессивным средам в виде набухания или усадки [6–8]. Поэтому оценка результатов эксперимента проводилась по изменению геометрических размеров резинового образца.

Была определена выборка ингибиторов бурового раствора и оценено их влияние на изменение геометрических размеров эластомера, изготовленного из резины ИРП-1226: метасиликат натрия – ингибитор глин, рекомендуемая концентрация в буровом растворе: 2–5% [9]; СНПХ-ПКД 515 – ингибитор глин, рекомендуемая концентрация в буровом растворе: 1–2% [10]; Стабилайт II – ингибитор глин и глинистых сланцев, рекомендуемая концентрация в буровом растворе: 2–3% [11]; сульфированный асфальт – ингибитор глин и глинистых сланцев, рекомендуемая концентрация в буровом растворе: 0,3–1,5% [12].

Исследования проводились с различными концентрациями реагентов в растворе: 10, 50 и 100%. Такие значения использовались с

целью определения наиболее агрессивных реагентов для образцов. Несмотря на то, что рекомендуемые концентрации ингибиторов в буровом растворе колеблются от 1 до 5%, не исключается их синергетический негативный эффект на эластомер с другими химическими реагентами и компонентами раствора. Длительность эксперимента составила 480 ч, что обусловлено нормативным значением времени работы ВЗД по паспортным данным (стандартно от 200 до 600 ч). Измерения диаметра образцов проводились ежесуточно с применением электронного штангенциркуля.

Результаты исследований представлены на рис. 1–4.

Анализ воздействия метасиликата натрия и СНПХ-ПКД на резину ИРП-1226 показал, что концентрация ингибитора в растворе существенно не влияет на результат эксперимента. При этом в каждом из случаев наблюдается явное воздействие на образцы.

Для метасиликата характерно интенсивное набухание образца в начале эксперимента (первые 200 ч), которое в дальнейшем сменяется незначительной усадкой. Максимальные значения набухания составляют до 1,4% от исходного размера образца, последующая усадка составляет до 0,5%. Следовательно, вне зависимости от длительности воздействия, геометрические размеры эластомера увеличиваются, что приведет к уменьшению зазора между статором и ротором ВЗД. Как следствие, будет наблюдаться изменение энергетической характеристики двигателя и повышение интенсивности износа обкладки статора.

Для СНПХ-ПКД (рис. 2) до 250 ч эксперимента наблюдается равномерное набухание образца (величина набухания до 3% от исходного размера образца), которое затем сменяется резкой усадкой образцов, достигающей в конце эксперимента 10% от исходного размера образца. В таком случае, на первом этапе работы двигателя в присутствии подобной жидкости будет происходить набухание эластомера и его интенсивный износ, которое затем сменится усадкой материала эластомера, увеличением зазора между ротором и статором и, как следствие, падение энергетической характеристики двигателя. Если рассматривать работу двигателя на подобном растворе, то к моменту начала усадки эластомер будет настолько изношен ротором, что возможна полная остановка двигателя.

Другие зависимости размера наблюдались для реагентов Стабилайт II и Сульфированный асфальт (рис. 3–4). Для реагента Стабилайт II наблюдается неравномерный характер поведения образца. В растворе для концентраций 100 и 10% наблюдается набухание образцов, причем объем образца существенно не изменяется в ходе эксперимента. Отклонение от исходного размера составляет от 0,7% (для концентрации 10%) до 1,7% (для концентрации 100%). Для концентрации реагента в 50% наблюдается нетипичное

поведение образца, выраженное в незначительном набухании, чередующемся с усадкой. Учитывая, что рекомендуемая концентрация данного реагента в буровом растворе составляет менее 5%, то нет возможности утверждать, что он окажет существенное влияние на состояние эластомера двигателя. Поэтому для итоговых выводов необходимо провести дополнительную серию экспериментов с малыми концентрациями данного реагента.

В экспериментах с сульфинированным асфальтом получено, что для всех концентраций наблюдается набухание образца, причем наибольшее его значение, достигающее 1,3%, получено при минимальной концентрации (10%) реагента в водном растворе. Характер набухания неравномерный — периоды набухания сменяются периодами незначительной усадки образцов. На заключительной стадии эксперимента зафиксирована интенсивная усадка образцов, но она не превышает суммарного набухания в ходе эксперимента. Следовательно, под воздействием данного реагента будет наблюдаться интенсивный износ эластомера винтом забойного двигателя из-за уменьшения зазора в рабочей паре. Учитывая, что наибольшие значения набухания получены для минимальной концентрации реагента в растворе, имеет смысл провести дополнительные серии экспериментов для малых концентраций 0,5–3% сульфинированного асфальта, которые рекомендуются для использования при приготовлении буровых растворов

Итоги

Результаты исследований показали, что для реагентов метасиликат натрия и СНПХ-ПКД

не наблюдается существенной зависимости изменения размеров образцов эластомера от концентрации реагента, в то время как для сульфинированного асфальта и Стабилайт II эта зависимость прослеживается. Негативное влияние ингибиторов на эластомер обусловлено тем, что после длительного нахождения в растворе образцы не только изменяют свои размеры, но сильно размягчаются и начинают расслаиваться. Кроме того, малые концентрации ингибиторов могут оказывать синергетический негативный эффект с другими компонентами бурового раствора на эластомер. Интенсивность и характер процесса взаимодействия химических реагентов и образцов эластомера может быть обусловлена водородным показателем среды, возникающим при приготовлении раствора ингибиторов.

Выводы

Для оценки комплексного влияния ингибиторов бурового раствора на эластомеры винтовых забойных двигателей предложены дальнейшие направления исследований:

- исследование влияния малых концентраций ингибиторов (1, 2, 3%);
- оценка синергетического негативного эффекта на эластомеры со стороны ингибиторов буровых растворов;
- оценка влияния температуры на процессы, происходящие с эластомером винтового забойного двигателя в присутствии ингибиторов или ингибированных буровых растворов;
- оценка изменения скорости износа эластомера после нахождения в растворе ингибиторов глины или ингибированных буровых растворов.

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

Список литературы

1. Устройство и работа винтовых забойных двигателей. Режим доступа: <http://www.gazpb.ru/ekspluatatsiya-turbinnoj-tehniki/105-ustrojstvo-i-rabota-vintovyh-zabojnyh-dvigatelej.html>
2. Епихин А.В., Минаев К.М., Бер А.А., Мельников В.В. Исследование влияния дизельного топлива на резину эластомера винтового забойного двигателя в температурном интервале 25–90°C // Экспозиция Нефть и Газ. 2016. №6. С. 68–70.
3. Epikhin A. V., Melnikov V.V., Nechaeva L.N. and Ulyanova O.S. Impact of hydrocarbon drilling mud on mud motor elastomers at different temperatures // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 43 (2016) 012070.
4. Чубик П.С. Квалиметрия буровых промывочных жидкостей. Томск: НТЛ, 1999. 300 с.
5. Бродский Ю.А., Файнштейн И.З., Заворотный В. Буровые растворы на углеводородной основе. Режим доступа: <http://www.consit.ru/stati/st-organobentonit/burovye-rastvory-na-uglevodorodnoj-osnove>
6. Балденко Д.Ф., Коротаев Ю.А. Современное состояние и перспективы развития отечественных винтовых забойных двигателей // Бурение и нефть. Режим доступа: <http://burneft.ru/archive/issues/2012-03/1>
7. Коротаев Ю.А. Исследование и

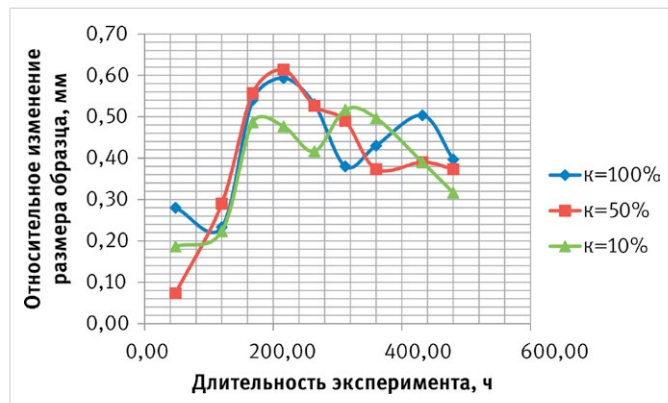


Рис. 1 — Зависимость относительного изменения образца эластомера от концентрации в растворе метасиликата натрия



Рис. 2 — Зависимость относительного изменения образца эластомера от концентрации в растворе СНПХ-ПКД

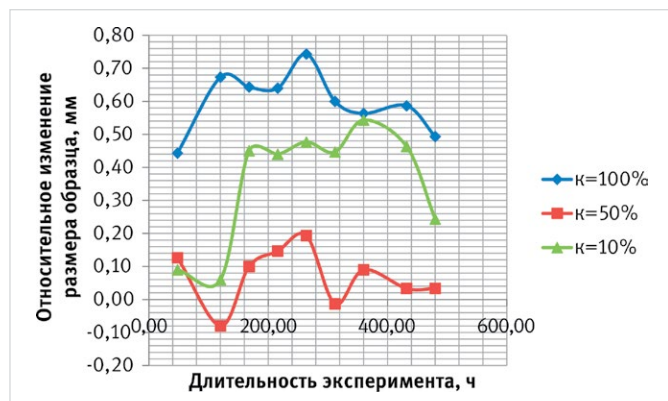


Рис. 3 — Зависимость относительного изменения образца эластомера от концентрации в растворе Стабилайт II

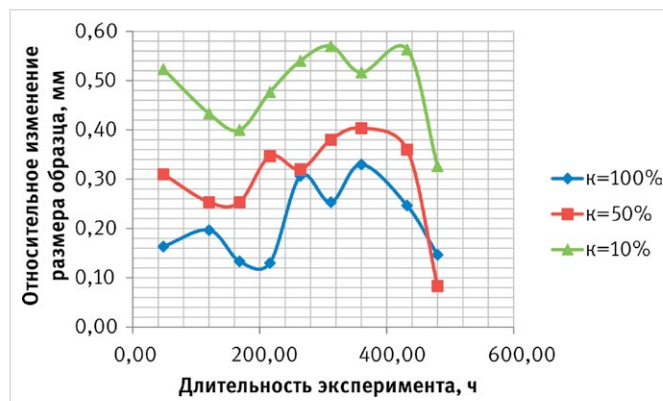


Рис. 4 — Зависимость относительного изменения образца эластомера от концентрации в растворе сульфинированного асфальта

разработка технологии изготовления многозаходных винтовых героторных механизмов гидравлических забойных двигателей: диссертация. ... доктора технических наук : 05.02.08. Пермь, 2003. 386 с.

8. Балденко Д.Ф., Балденко Ф.Д., Гноевых А.Н. Винтовые гидравлические машины. Том 2. Винтовые забойные двигатели. М.: ИРЦ Газпром, 2007. 470 с.

9. Ингибиторы гидратации и набухания глин. Силикат натрия или калия (жидкое стекло). Режим доступа: http://lkmtara.ru/materialy-i-reagenty/ingibitory_gidratatsii_i_nabuhaniya_glin_silikat_natriya_ili_kaliya_zhidkoe_steklo.html
10. Петров Н. А., Давыдова И. Н., Акодис М. М. Исследование комплексных реагентов СНПХ-ПКД 515 и СНПХ ПКД 515Н в качестве модифицирующих добавок

в технологические жидкости нефтяной промышленности // Башкирский химический журнал. 2006. Том 13. №2. С. 34–42.

11. Стабилайт II. Режим доступа: http://www.cloto.ru/production/stabilayt_2/
12. Сульфированный асфальт. Режим доступа: <http://gazinvestproject.com/ru/asphalt.html>

ENGLISH

DRILLING

Research of the influence of clays inhibitors on the rubber elastomer screw downhole motor

UDC 622.24

Authors:

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

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

Artem V. Kovalev — Ph.D., senior lecturer

Viktor V. Urnish — postgraduate

National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russian Federation

Abstract

The scientific work is devoted to the influence of clay inhibitors on the geometric parameters of the rubber samples IRP-1226, which is one of the basic materials for the production of elastomers the screw downhole motors. The results of the effect of the four types of inhibitors used as a reagent for drilling fluids to increase the stability of clay rocks to the parameters of the rubber samples IRP-1226. It proved the effect of clay inhibitors and their concentration on the elastomer of screw downhole motors. A description of the processes occurring in the elastomer in the presence of various chemicals. Characterized by the possible impact of these processes on the technical characteristics of the engine. Application of the results will allow to develop a technique to improve the resource elastomers screw downhole motors.

Materials and methods

The samples of rubber IRP-1226 were research through total immersion in solutions of clay inhibitors (concentration 10, 50 and 100%). Experiment duration was 480 hours. Experimental temperature - 25°C.

Results

The results showed that the reagent sodium metasilicate and SNPCH-ПКД is no significant change according to the size of the elastomer samples from the reagent concentration, while for the sulfonated asphalt and Stabilayt II, this dependence can be traced. The negative effect on elastomer inhibitors is because after a long stay in the sample solution not only change their dimensions, but greatly soften and begin to delaminate. In addition, small concentrations of the inhibitors may have an adverse synergistic effect with other components of mud to PDM elastomer. The intensity and nature of the interaction of chemicals and samples of the elastomer may

be due to pH value of the medium arising in the preparation of inhibitors of the solution.

Conclusions

To assess the combined effect of inhibitors mud to elastomers of screw downhole motors proposed future directions of research:

- research of the effect of small concentrations of inhibitors (1, 2, 3%);
- evaluation of the synergistic negative effect on elastomers from inhibited drilling fluids;
- assessment of the effect of temperature on the processes occurring with the elastomer screw downhole motor in the presence of inhibitors or inhibited drilling fluids;
- evaluation of wear rate of change of the elastomer after being in solution inhibitors or inhibited clay muds.

Keywords

drilling, a screw downhole motor, drilling fluid, elastomer, clay inhibitor, PDM

References

1. *Ustroystvo i rabota vintovykh zaboynykh dvigateley* [Design and operation of downhole drilling motors]. Available at: <http://www.gazpb.ru/ekspluatatsiya-turbinnoj-tehniki/105-ustrojstvo-i-rabota-vintovykh-zaboynykh-dvigatelay.html>
2. Epikhin A.V., Minaev K.M., Ber A.A., Mel'nikov V.V. *Issledovanie vliyaniya dizel'nogo topliva na rezinu elastomera vintovogo zaboynogo dvigatelya v temperaturnom intervale 25–90°C* [Research of diesel influence on the rubber elastomer screw downhole motor within the temperature range 25-90°C]. Exposition Oil Gas, 2016, issue 6, pp. 68–70.
3. Epikhin A. V., Melnikov V.V., Nechaeva L.N. and Ulyanova O.S. Impact of hydrocarbon drilling mud on mud motor elastomers at different temperatures. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 43 (2016) 012070.
4. Chubik P.S. *Kvalimetriya burovykh promyvochnykh zhidkostey* [Qualimetry of drilling fluids]. Tomsk: NTL, 1999, 300 p.
5. 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>
6. 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 nef'. Available at: <http://burneft.ru/archive/issues/2012-03/1>
7. Korotaev Yu.A. *Issledovanie i razrabotka tekhnologii izgotovleniya mnogozakhodnykh vintovykh gerotornykh mekhanizmov gidravlicheskih 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.
8. Baldenko D.F., Baldenko F.D., Gnoevykh A.N. *Vintovye gidravlicheskie mashiny* [Screw hydraulic machines. Volume 2. Screw downhole motors]. Moscow: Gazprom RPI, 2007, 470 p.
9. *Ingibitory gidratatsii i nabukhaniya glin. Silikat natriya ili kaliya (zhidkoe steklo)* [Inhibitors of hydration and swelling clays. sodium or potassium silicate (water glass)]. Available at: http://lkmtara.ru/materialy-i-reagenty/ingibitory_gidratatsii_i_nabuhaniya_glin_silikat_natriya_ili_kaliya_zhidkoe_steklo.html
10. Petrov N. A., Davydova I. N., Akodis M. *Issledovanie kompleksnykh reagentov SNPCh-ПКД 515 i SNPCh PKD 515N v kachestve modifitsiruyushchikh dobavok v tekhnologicheskie zhidkosti neftyanoy promyshlennosti* [The study of complex reagents SNPCH VRM 515 and VRM SNPCH 515N as modifying additives in the process liquid petroleum industry]. Bashkir chemical journal. 2006, Vol. 13, issue 2, pp. 34–42.
11. *Stabilayt II* [Stabilayt II]. Available at: http://www.cloto.ru/production/stabilayt_2/
12. *Sul'firovannyi asfal't* [The sulfonated asphalt]. Available at: <http://gazinvestproject.com/ru/asphalt.html>