

Исследование влияния компонентного состава резиновой подложки на динамические характеристики демпфера УЭЦН

Яхин Р.Р.¹, Зубаиров С.Г.², Салихов Т.И.²

¹ООО «РН-БашНИПнефть» (ОГ ПАО «НК»Роснефть), Уфа, Россия; ²Уфимский государственный технический нефтяной университет, Уфа, Россия
yahinrr@bnipti.rosneft.ru

Аннотация

В статье рассматривается одно из решений проблемы уменьшения вибрационных процессов и их негативного влияния на работоспособность установок электроприводных центробежных насосов путем включения в их компоновку модуль динамического гасителя колебаний с подложкой, выполненной из резины и подбором компонентного состава резиновой смеси для подложки с учетом реальных промышленных условий эксплуатации. В результате экспериментальных исследований установлена и количественно оценена степень влияния относительного содержания технического углерода в резиновой смеси, из которой выполнена подложка, на характеристики динамического гасителя колебаний.

Материалы и методы

В качестве испытаний использована информация о компонентном составе резиновых смесей и результаты испытаний, метод: динамический метод испытания резин по ГОСТ 23326-78

Ключевые слова

установка электроцентробежная насосная, дифференциальный поршень, обсадная труба, испытательный стенд, динамический модуль упругости, резиновая смесь, вибрационное испытание

Для цитирования

Яхин Р.Р., Зубаиров С.Г., Салихов Т.И. Исследование влияния компонентного состава резиновой подложки на динамические характеристики демпфера УЭЦН // Экспозиция Нефть Газ. 2024. № 8. С. 98–100. DOI: 10.24412/2076-6785-2024-8-98-100

Поступила в редакцию: 12.11.2024 г.

OIL PRODUCTION

UDC 621.811.1 | Original Paper

Research of influence of component composition of rubber support on dynamic characteristics of electric centrifugal pump station damper

Yakhin R.R.¹, Zubairov S.G.², Salikhov T.I.²

¹“RN-BashNIPneft” LLC (“Rosneft” PJSC Group Company), Ufa, Russia; ²Ufa state petroleum technological university, Ufa, Russia
yahinrr@bnipti.rosneft.ru

Abstract

The article discusses one of the solutions to the problem of reducing vibration processes and their negative impact on the performance of electrically driven centrifugal pump installations by including in its layout a dynamic vibration damper module with a substrate made of rubber and selecting the component composition of the rubber mixture for the substrate taking into account real field operating conditions. As a result of experimental studies, the degree of influence of the relative content of carbon black in the rubber mixture from which the substrate is made on the characteristics of the dynamic vibration damper was established and quantified.

Materials and methods

The tests used information on the component composition of rubber mixtures and test results, method: dynamic method of testing rubber according to GOST 23326-78

Keywords

electric centrifugal pump station, differential piston, casing, test bench, dynamic modulus of elasticity, rubber mixture, vibration test

For citation

Yakhin R.R., Zubairov S.G., Salikhov T.I. Research of influence of component composition of rubber support on dynamic characteristics of electric centrifugal pump station damper. Exposition Oil Gas, 2024, issue 8, P. 98–100. (In Russ). DOI: 10.24412/2076-6785-2024-8-98-100

Received: 12.11.2024

Проблемы при эксплуатации установок электроприводных центробежных насосов

До 80 процентов добычи нефти в Российской Федерации реализуется с помощью УЭЦН благодаря их технико-технологическим преимуществам перед другими установками механизированной добычи. В связи

с усложняющимися условиями их эксплуатации увеличение продолжительности межремонтных периодов скважин с УЭЦН требует адаптации к ним всего оборудования.

Преимущественное применение модульных УЭЦН выявило проблему падения («полетов») отдельных модулей или всех

одновременно на забой скважины, что является следствием вибрационных и ударных нагрузок. При этом, хотя число «полетов» в настоящее время удалось существенно снизить, но трудоемкость ликвидации таких аварий сохраняет актуальность решения проблемы ещё большего снижения, вплоть

до полной ликвидации, вероятности полетов. Основными причинами возникновения колебаний можно назвать: разбалансирование в процессе эксплуатации модулей насоса и электродвигателя, износ в лопастях рабочих колес, перебои электрического питания, производственные дефекты, а также применение УЭЦН в скважинах с высоким газовым фактором [1]. В частности, на некоторых месторождениях Западной Сибири и Урало-Поволжья на отказ в виде «полетов» погружного оборудования приходится до 30 % от общего числа аварий [2].

Работы по ликвидации таких аварий с последующим выводом скважин на установившийся режим требуют привлечения бригад текущего и капитального ремонта и являются трудоемкими и длительными.

Предлагаемые пути решения проблемы

Одним из вариантов решения проблемы повышения работоспособности УЭЦН является установка в её компоновку модуля динамического гасителя колебаний с подложкой выполненной из резины [3] и подбор компонентного состава резиновой смеси для подложки с учетом реальных промысловых условий эксплуатации.

Конструкция динамического гасителя показана на рисунке 1.

Конструктивное исполнение детали подложки показано на рисунке 2.

Для объективной оценки влияния компонентного состава резиновой подложки на демпфирующие характеристики динамического гасителя колебаний был использован его полноразмерный модуль [3], а в качестве материала подложки (рисунок 2) были применены смеси, доказавшие хорошую работоспособность в агрессивных средах при высоких температурах в устройствах других функциональных назначениях. В качестве таких смесей были использованы следующие: Г- 9304 и Р- 26У с рабочим диапазоном температур от -45 до +150 °С, Дх-23 от -30 до +100 °С. При этом смесь Р-26У содержит 39 % каучука и 48 % теухглерода; смесь Дх- 23 (смесь БНКС-40 и БНКС-28), содержащие каучук, соответственно, 13, 39 и 37% теухглерода; Г-9304 – каучука Therban 56 %, теухглерода 29 %. Теухглерод добавляют в резиновую смесь перед вулканизацией в качестве армирующего наполнителя, улучшающего эксплуатационные свойства готового изделия. В частности, увеличивается его прочность и износостойчивость.

Для определения динамического модуля упругости рассматриваемых резиновых смесей были проведены исследования в режиме

заданной гармонической деформации в диапазоне частот от 0 до 50 Гц, т.е. в диапазоне частот, соответствующем эксплуатационным условиям [4–6] с применением методики по ГОСТ 23326-78 [7]. Полученные результаты показаны на рисунке 3.

Из результатов на рисунке 3 видно, что с увеличением содержания технического углерода в резиновой смеси ее динамический модуль упругости растет.

Для исследования демпфирующих свойств полноразмерной модели динамического гасителя колебаний с подложкой, изготовленной из резиновых смесей с разным содержанием сажи, был разработан и изготовлен вибростенд [8]. Испытания проводились в диапазоне возмущающих частот от 13,5 до 50 Гц. Замер среднеквадратичных значений (СКЗ) виброскорости от частоты для трех искусственно созданных дисбалансов (1 500 г·мм, 2 720 г·мм, 3 940 г·мм) был осуществлен с помощью вибронализатора «Корсар++»[9]. Результаты испытаний при вынужденной частоте 50 Гц (наиболее близкой к рабочей частоте погружного агрегата) показаны на рисунке 4.

Результаты испытаний динамического гасителя колебаний показали:

- с увеличением искусственного дисбаланса величина вибрации увеличивается;
- увеличение технического углерода в компонентном составе резиновой смеси приводит к снижению демпфирующих свойств изготовленного из нее гасителя колебаний.

Итоги

На основании результатов экспериментальных исследований получена зависимость демпфирующих свойств авторского динамического гасителя колебаний УЭЦН от содержания технического углерода в резиновой смеси, из которой выполнена подложка.

Выводы

Авторами статьи были проведены экспериментальные исследования на разработанном вибростенде полноразмерной модели авторского модуля динамического гасителя колебаний подложкой выполненной из резиновой смеси. В качестве материала для подложки были выбраны марки резиновых смесей, широко применяемых в нефтегазовой отрасли, с разным содержанием основного армирующего компонента теухглерода: Г-9304 (29 %), ДХ-23 (37 %), Р-26У (48 %). Результаты испытаний показали, что увеличение технического углерода в компонентном составе резиновой смеси приводит к снижению демпфирующих

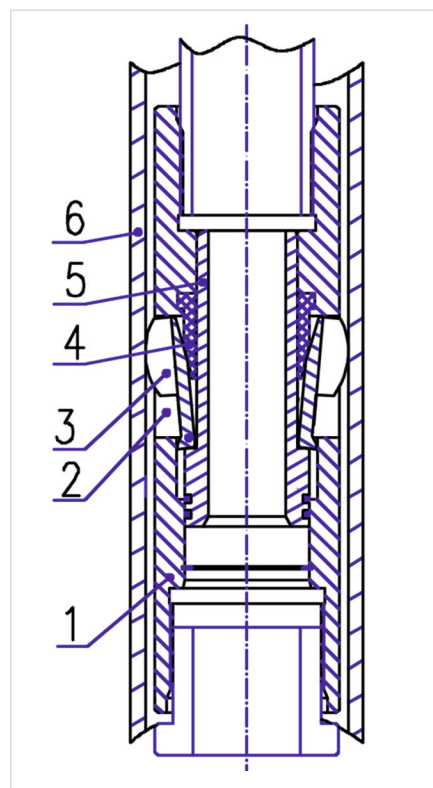


Рис. 1. Конструкция динамического гасителя колебаний: 1 — корпус динамического гасителя; 2 — продольные окна корпуса; 3 — опорный рычаг; 4 — подложка эластичная; 5 — дифференциальный полый поршень; 6 — обсадная колонна

Fig. 1. Design of a dynamic vibration damper: 1 – dynamic damper housing; 2 – longitudinal windows of the body; 3 – support lever; 4 – elastic backing; 5 – hollow piston; 6 – casing

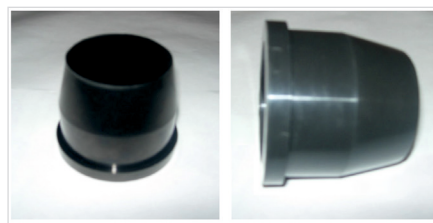


Рис. 2. Конструктивное исполнение детали подложки
Fig. 2. Design of the substrate part

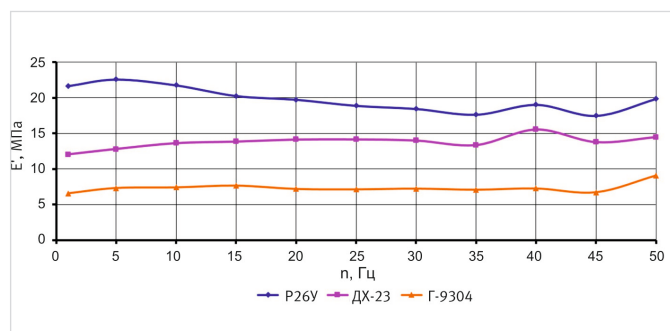


Рис. 3. Результаты динамических испытаний резиновых смесей
Fig. 3. Results of dynamic tests of rubber compounds

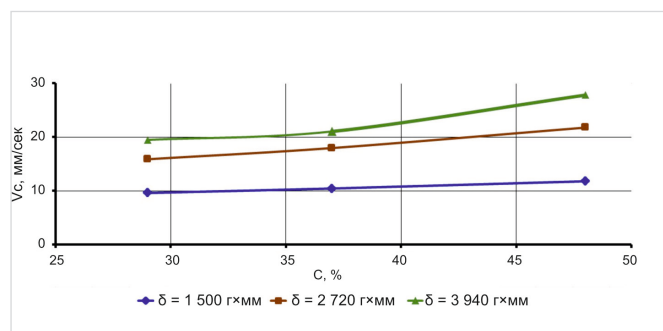


Рис. 4. Результаты испытаний динамического гасителя колебаний на вибростенде
Fig. 4. Results of testing the dynamic vibration damper on a vibration stand

свойств подложки, а соответственно и модуля гасителя колебаний. Установленная зависимость рекомендуется учитывать в прочностных расчетах при конструировании устройств с резиновыми демпферами.

Литература

1. Баймухаметов М.К., Гулишов Д.С., Михайлов В.Г., Пономарев А.И., Топольников А.С. Анализ причин роста газового фактора на поздних стадиях разработки нефтяных месторождений // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2018. Т. 329, № 8. С. 104–114.
2. Уразакоев К.Р., Тимашев Э.О., Пашали А.А. Добыча нефти. Современные технологии механизированной эксплуатации скважин: в 2-х томах. Том 1. Новосибирск: ООО «ДОМ МИРА», 2024. 400 с.
3. Патент 2386055 РФ. Установка электроцентробежная насосная.

- Зубаиров С.Г., Яхин Р.Р., Салихов И.А., Халимов Ф.Г., Умрихин А.А. Патентообладатели: Уфимский государственный нефтяной технический университет. 2010. 7 с.
4. Пономарев С.Д., Бидерман В.Л. и др. Расчеты на прочность в машиностроении. Том 2 Некоторые задачи прикладной теории упругости. Расчеты за пределами упругости. Расчеты на прочность. М.: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1958. 974 с.
 5. Ляпунов В.Т., Лавендел Э.Э., Шляпочников С.А. Резиновые виброизоляторы: Справочник. Л.: Судостроение, 1988. 216 с.
 6. Кристенсен Р. Введение в теорию вязкоупругости. М.: Мир, 1974. 340 с.
 7. ГОСТ 23326-78 Резина. Методы динамических испытаний. Общие требования. Дата введения

1980-01-01. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200018796> (дата обращения 20.10.2024).

8. Зубаиров С.Г., Яхин Р.Р., Халимов Ф.Г., Салихов И.А. Стенд для виброиспытаний компенсатора колебаний установок электроцентробежных насосных // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. № 3. 2011. С. 318–322. URL: http://www.ogbus.ru/authors/Zubairov/Zubairov_1.pdf (дата обращения 20.10.2024).
9. Яхин Р.Р., Зубаиров С.Г., Ермоленко А.Н. Исследование демпфирующих свойств компенсатора колебаний УЭЦН на специализированных стендах // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2011. Т. 15. № 4. С. 116–119.

ENGLISH

Results

Based on the results of experimental studies, the dependence of the damping properties of the author's dynamic vibration damper ESPS on the carbon black content in the rubber mixture from which the substrate is made was obtained.

Conclusions

The authors of the article carried out experimental studies on the developed vibration stand of a full-size model of the author's module of a dynamic

vibration damper with a substrate made of a rubber mixture. The grades of rubber compounds widely used in the oil and gas industry, with different contents of the main reinforcing component carbon black, were selected as the material for the substrate: G-9304 (29 %), DH-23 (37 %), R-26U (48 %). The test results showed that an increase in carbon black in the component composition of the rubber mixture leads to a decrease in the damping properties of the substrate, and, accordingly, the vibration damper module. It is recommended to take into account the established dependence in strength calculations when designing devices with rubber dampers.

References

1. Baimukhametov M.K., Gulishov D.S., Mikhailov V.G., Ponomarev A.I., Topolnikov A.S. Analysis of The Causes of Gas Factor Growth in the Late Stages of Oil Field Development. Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov — News of Tomsk Polytechnic University. Georesource engineering, 2018, Vol. 329, issue 8, P. 104–114. (In Russ).
2. Urazakov K.R., Timashev E.O., Pashali A.A. Oil production. Modern technologies for mechanized well operation: In 2 volumes. Volume. 1. Novosibirsk: LLC "HOUSE OF THE WORLD", 2024, 400 p. (In Russ).
3. Zubairov S.G., Yakhin R.R., Salikhov I.A., Khalimov F.G., Umrikhin A.A. Ustanovka elektrotsentrobezhnaya nasosnaya Electric

- Centrifugal Pump Station. Patent RF, No. 2386055, 2010. (In Russ).
4. Ponomarev S.D., Biderman V.L. et al. Strength calculations in mechanical engineering. Volume II Some problems of applied elasticity theory. Calculations beyond elasticity. Strength calculations. Moscow: State Scientific and Technical Publishing House of Mechanical Engineering Literature. 1958, 974 p. (In Russ).
 5. Lyapunov V.T., Lavendel E.E., Shlyapochnikov S.A. Rubber vibration isolators: Directory. Leningrad: Sudostroenie, 1988, 216 p. (In Russ).
 6. Christensen R. Introduction to the theory of viscoelasticity. Moscow: Mir, 1974, 340 p. (In Russ).
 7. GOST 23326-78. Rubber. Dynamic

- test methods. General requirements. Moscow: Standartinform. 1980. (accessed 20.10.2024). (In Russ).
8. Zubairov S.G., Yakhin R.R. Vibration Testing Rack for Testing ESP Vibration Dampers. Electronic Scientific Journal «Oil and Gas Business», 2011, issue 3, P. 318–322. URL: http://ogbus.ru/files/ogbus/authors/Zubairov/Zubairov_1.pdf (accessed 20.10.2024). (In Russ).
 9. Yakhin R.R., Zubairov S.G., Ermolenko A.N. Investigation of ESP Vibration Compensator Damping Efficiency Using a Vibration Stand. Vestnik Ufimskogo gosudarstvennogo aviatsionnogo tekhnicheskogo universiteta – Vestnik UGATU (Scientific Journal of Ufa State Aviation Technical University), 2011, Vol. 15, issue 4, P. 116–119. (In Russ).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ | INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Яхин Ренат Рустемович, кандидат технических наук, ведущий инженер, ООО «РН-БашНИПИнефть» (ОГ ПАО «НК «Роснефть»), Уфа, Россия
Для контактов: yahinrr@bnpi.rosneft.ru

Зубаиров Сибатгат Гарифович, доктор технических наук, профессор кафедры «Механика и конструирование машин», Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

Салихов Тагир Искандерович, аспирант, Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

Yakhin Renat Rustemovich, candidate of technical sciences, lead engineer, "RN-BashNIPIneft" LLC ("Rosneft" PJSC Group Company), Ufa, Russia
Corresponding author: yahinrr@bnpi.rosneft.ru

Zubairov Sibagat Garifovich, doctor of technical sciences, professor, Machine mechanics and design department, Ufa state petroleum technological university, Ufa, Russia

Salikhov Tagir Iskanderovich, graduate student, Ufa state petroleum technological university, Ufa, Russia