http://doi.org/10.32864/polymmattech-2025-11-1-70-80

УДК 622.276:621.315

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКУЮ НАДЕЖНОСТЬ ПОЛИМЕРНОЙ ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРОПОГРУЖНОГО КАБЕЛЯ

Ю. И. ПОПКОВА[1+], А. Г. РАКУТЬКО[1], А. В. СЕРЕБРЕННИКОВ[2]

[1]Белорусский научно-исследовательский и проектный институт нефти, ул. Книжная, 15б, 246003, г. Гомель, Беларусь
[2]РУП «Производственное объединение «Белоруснефть», ул. Рогачевская, 9, 246003, г. Гомель, Беларусь

Одной из проблем, возникающей в процессе эксплуатации добывающих скважин механизированным способом с применением установок электроцентробежных насосов, является снижение сопротивления изоляции кабеля в районе сростки с кабельным удлинителем.

Цель работы — исследование влияния внешних факторов на полимерную изоляцию основного кабеля установок электроцентробежных насосов из блоксополимера пропилена с этиленом в скважинных условиях в процессе эксплуатации и установление закономерностей ее деградации.

В статье представлены результаты лабораторных испытаний полимерной изоляции кабеля из блоксополимера пропилена с этиленом, проведенные в соответствии с методикой, разработанной РУП «Производственное объединение «Белоруснефть», моделирующей скважинные условия эксплуатации. Испытания проведены в среде газонасыщенной нефти, попутно добываемого газа и технологической воды в диапазоне температур плюс 70–120 ℃ при давлении 5 МПа.

Установлено, что в среде попутно добываемого газа при отсутствии нефтяной фазы при давлении 5 МПа и температурах до плюс 120 ℃ включительно изменения в структуре полимерной изоляции кабеля из композиции блоксополимера пропилена с этиленом не происходят, увеличение объема полимерной изоляции кабеля не превышает 3%, что значительно ниже регламентированных предельных значений согласно техническим условиям завода-изготовителя (15%). Аналогичные данные получены после воздействия технологической воды — увеличение объема не превышает 1%. Механические свойства полимерной изоляции не изменяются.

Испытания в среде газонасыщенной нефти показали, что скорость деградации полимерной изоляции значительно увеличивается с ростом температуры в диапазоне плюс 70–120 ℃ при давлении 5 МПа, при этом увеличение объема полимерной изоляции кабеля изменяется от 6% до 30%. Механические свойства полимерной изоляции кабеля ухудшаются. Предел прочности и предел текучести снижается на 15–17% и 15–21% соответственно.

На основании лабораторных и натурных испытаний кабеля установлено, что длительная безаварийная эксплуатация (более двух лет), с учетом растягивающих и изгибающих нагрузок, без дополнительной защиты возможна при температуре эксплуатации в среде газонасыщенной нефти при температуре не более плюс 80 ℃, когда степень набухания кабеля не превышает 5–7%.

Ключевые слова: эксплуатация скважин, газонасыщенная нефть, попутный нефтяной газ, полимерная изоляция кабеля, ИК спектры, механические свойства.

[+]Автор, с которым следует вести переписку. E-mail: u.popkova@beloil.by

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF EXTERNAL FACTORS ON TECHNOLOGICAL RELIABILITY OF POLYMER INSULATION OF ELECTRIC SUBMERSIBLE CABLE

YU. I. POPKOVA[1+], A. G. RAKUTKO[1], A. V. SEREBRENNIKOV[2]

[1]Belarusian Scientific Research and Design Institute of Oil, Knizhnaya St., 15b, 246003, Gomel, Belarus
[2]RUE Production Association "Belorusneft", Rogachevskaya St., 9, 246003, Gomel, Belarus

One of the problems emerging during the operation of mechanical production wells with the use of electric centrifugal pump units is the decrease of cable insulation resistance in the area of connection with the cable extension.

The purpose of the work is to investigate the influence of external factors on polymer insulation of the cable of electric centrifugal pump units made of block copolymer of propylene with ethylene in downhole conditions during operation and to find out the regularities of its degradation.

The article presents the results of laboratory tests of polymer insulation of cable made of propylene block copolymer with ethylene, carried out in accordance with the method developed by Production Association "Belorusneft", modelling downhole operating conditions. The tests were carried out in the environment of gas-saturated oil, associated gas and technological water in the temperature range of plus 70–120 ºC at pressure of 5 MPa.

It has been found that changes in the structure of polymer insulation of the cable from the composition of block copolymer propylene with ethylene do not occur in the environment of associated gas in the absence of oil phase at a pressure of 5 MPa and temperatures up to plus 120 ºC. The increase in the volume of polymer insulation of the cable does not exceed 3%, which is much lower than the regulated limit values according to the technical specifications of the manufacturer (15%). Similar data were obtained after exposure to process water. The volume increase does not exceed 1%. Mechanical properties of polymer insulation do not change.

Tests in the environment of gas-saturated oil showed that the rate of degradation of polymer insulation increases significantly with increasing temperature in the range plus 70–120 ºC at a pressure of 5 MPa. The increase in the volume of polymer insulation of the cable varies from 6% to 30%. The mechanical properties of the polymer insulation of the cable degrade. The tensile strength and yield strength decrease by 15–17% and 15–21%, respectively.

On the basis of laboratory and field tests of the cable it is established that long-term accident-free operation (more than two years), taking into account tensile and bending loads, without additional protection is possible at the temperature of operation in the environment of gas-saturated oil at a temperature not exceeding plus 80 ºC, while the degree of bulging of the cable does not exceed 5–7%.

Keywords: well operation, gas-saturated oil, associated petroleum gas, polymer cable insulation, IR spectra, mechanical properties.

Поступила в редакцию 17.02.2025

© Ю. И. Попкова, А. Г. Ракутько, А. В. Серебренников, 2025

Для приобретения полного текста статьи, обращайтесь в редакцию журнала
Full text of articles can be purchased from the editorial office

Адрес редакции: ул. Кирова, 32а, 246050, г. Гомель, Беларусь
Телефон/факс: +375 (232) 34 06 36 / 34 17 11

Address: Kirov St., 32a, 246050, Gomel, Belarus
Phone: +375 (232) 34 06 36. **Fax**: +375 (232) 34 17 11

E-mail: polmattex@gmail.com
Web: http://mpri.org.by/izdaniya/pmt/

Образец цитирования:

Попкова Ю. И., Ракутько А. Г., Серебренников А. В. Исследование влияния внешних факторов на технологическую надежность полимерной изоляции электропогружного кабеля // Полимерные материалы и технологии. 2025. Т. 11, № 1. С. 70–80. http://doi.org/10.32864/polymmattech-2025-11-1-70-80

Citation sample:

Popkova Yu. I., Rakut'ko A. G., Cerebrennikov A. V. Issledovanie vliyaniya vneshnikh faktorov na tekhnologicheskuyu nadezhnost' polimernoy izolyatsii elektropogruzhnogo kabelya [Investigation of the influence of external factors on technological reliability of polymer insulation of electric submersible cable]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2025, vol. 11, no. 1, pp. 70–80. http://doi.org/10.32864/polymmattech-2025-11-1-70-80

Литература

1. Агеев Ш. Р, Григорян Е. Е., Макиенко Г. П. Российские установки лопастных насосов для добычи нефти и их применение : энциклопедический справочник. Пермь : ПНИПУ, 2007. 648 с.
2. Шарипов С. Ш., Забиров Ф. Ш., Акшенцев В. Г. Организация эксплуатации и ремонта установок электроцентробежных насосов в нефтедобывающей отрасли : в 2 т. Т. 1. Эксплуатация. Уфа : УГНТУ, 2019. 728 с.
3. Ивановский В. Н. Анализ современного состояния и перспектив развития скважинных насосных установок для добычи нефти // Территория Нефтегаз. 2007. № 11. С. 36–47.
4. Попкова Ю. И. Опыт РУП «Производственное объединение «Белоруснефть» по эксплуатации подземного оборудования добывающих скважин, осложненных коррозией // Инженерная практика. 2020. № 4. С. 36–43.
5. Worzyk T. Submarine Power Cables. Design, Installation, Repair, Environmental Aspects. Dordrecht [et al.] : Springer, 2009. 296 p.
6. Electrical power cable engineering / ed. W. A. Thue. New York [et al.] : Marcel Dekker, 1999. 307 p.
7. Аблеев Р. И., Волошин Р. И., Рагулин Р. И., Гимаев Р. Н. Оценка эксплуатационной стойкости полимерных материалов, применяемых в технологиях нефтегазодобычи // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. 2011. № 6. С. 366–386.
8. Месенжик Я. З. Кабели для нефтегазовой промышленности. Ташкент : ФАН, 1972. 435 с.
9. Буренков А. Е., Макиенко Г. П., Савченко В. Г. Разработка и качество кабелей для УЭЦН // Пермская область для нефтегазовой индустрии : технический сборник / сост.: Г. П. Макиенко, С. Г. Тимошок. Пермь : Стиль-МГ, 2001. С. 16–26.
10. Макиенко Г. П. Кабели и провода, применяемые в нефтегазовой индустрии. Пермь : Стиль-МП, 2004. 521 с.
11. Ласуков А. А. Анализ причин преждевременных отказов при эксплуатации УЭЦН в пластах группы ЮС Восточно-Сургутского месторождения и методы борьбы с ними // Национальная ассоциация ученых. 2015. № XI (16). С. 71–76.
12. Шушаков А. А., Галеев А. Ф., Катрич Н. М., Сарапулов Н. П., Сулейманов А. Г., Сашин И. А. Результаты опытно-промысловых испытаний погружных кабельных линий из термокоррозионностойкого алюминиевого сплава ТАС в ООО «Газпромнефть-Хантос» // Нефтяное хозяйство. 2015. № 12. С. 76–78.
13. Горланов С. Ф. Основные итоги и задачи в области повышения надежности УЭЦН // Инженерная практика. 2011. № 5. С. 7–11.
14. Справочник по пластическим массам : в 2 т. Т. 1 / под ред. В. М. Катаева, В. А. Попова, Б. И. Сажина. Москва : Химия, 1975. 448 с.

References

1. Ageev Sh. R, Grigoryan E. E., Makienko G. P. *Rossiyskie ustanovki lopastnykh nasosov dlya dobychi nefti i ikh primenenie : entsiklopedicheskiy spravochnik* [Russian installations of vane pumps for oil production and their applications. Encyclopedic reference book]. Perm' : PNIPU Hubl., 2007. 648 p.
2. Sharipov S. Sh., Zabirov F. Sh., Akshentsev V. G. *Organizatsiya ekspluatatsii i remonta ustanovok elektrotsentrobezhnykh nasosov v neftedobyvayushchey otrasli* [Organization of operation and repair of electric centrifugal pump units in the oil industry]. Ufa : UGNTU Publ., 2019. Vol. 1. 728 p.
3. Ivanovskiy V. N. Analiz sovremennogo sostoyaniya i perspektiv razvitiya skvazhinnykh nasosnykh ustanovok dlya dobychi nefti [Analysis of the current state and prospects of development of submersible pumping units for oil production]. *Territoriya Neftegaz* [Neftegas territory], 2007, no. 11, pp. 36–47.
4. Popkova Yu. I. Opyt RUP «Proizvodstvennoe ob"edinenie «Belorusneft'» po ekspluatatsii podzemnogo oborudovaniya dobyvayushchikh skvazhin, oslozhnennykh korroziey [Experience of RUE “Production Association “Belorusneft” in operation of underground equipment of production wells complicated by corrosion]. *Inzhenernaya praktika* [Engineering practice], 2020, no. 4, pp. 36–43.
5. Worzyk T. Submarine Power Cables. Design, Installation, Repair, Environmental Aspects. Dordrecht [et al.] : Springer, 2009. 296 p.
6. *Electrical power cable engineering*. Ed. W. A. Thue. New York [et al.] : Marcel Dekker, 1999. 307 p.
7. Ableev R. I., Voloshin R. I., Ragulin R. I., Gimaev R. N. Otsenka ekspluatatsionnoy stoykosti polimernykh materialov, primenyaemykh v tekhnologiyakh neftegazodobychi [Assessment of operational durability of polymeric materials used in oil and gas production technologies]. *Elektronnyy nauchnyy zhurnal Neftegazovoe delo* [Oil and gas engineering], 2011, no. 6, pp. 366–386.
8. Mesenzhik Ya. Z. *Kabeli dlya neftegazovoy promyshlennosti* [Cables for oil and gas industry]. Tashkent : FAN Publ., 1972. 435 p.
9. Burenkov A. E., Makienko G. P., Savchenko V. G. Razrabotka i kachestvo kabeley dlya UETsN [Development and quality of cables for ESP installations]. *Permskaya oblast' dlya neftegazovoy industrii* [Perm region for the oil and gas industry]. Compl.: G. P. Makienko, S. G. Timoshok. Perm' : Stil'-MG Publ., 2001, pp. 16–26.
10. Makienko G. P. *Kabeli i provoda, primenyaemye v neftegazovoy industrii* [Cables and wires used in the oil and gas industry]. Perm' : Stil'-MP Publ., 2004. 521 p.
11. Lasukov A. A. Analiz prichin prezhdevremennykh otkazov pri ekspluatatsii UETsN v plastakh gruppy YuS Vostochno-Surgutskogo mestorozhdeniya i metody bor'by s nimi [Analysis of the causes of premature failures during ESP operation in the South-South reservoirs of the East Surgutskoye field and methods of combating them]. *Natsional'naya assotsiatsiya uchenykh* [National association of scientists], 2015, no. XI (16), pp. 71–76.
12. Shushakov A. A., Galeev A. F., Katrich N. M., Sarapulov N. P., Suleymanov A. G., Sashin I. A. Rezul'taty opytno-promyslovykh ispytaniy pogruzhnykh kabel'nykh liniy iz termokorrozionnostoykogo alyuminievogo splava TAS v OOO «Gazpromneft'-Khantos» [Results of pilot field tests of submersible cable lines made of thermocorrosion-resistant aluminum alloy TAS at Gazpromneft-Khantos LLC].

Neftyanoe khozyaystvo [Petroleum industry], 2015, no. 12, pp. 76–78.
13. Gorlanov S. F. Osnovnye itogi i zadachi v oblasti povysheniya nadezhnosti UETsN [Main results and tasks in the field of ESP unit reliability improvement*]*. *Inzhenernaya praktika* [Engineering practice], 2011, no. 5, pp. 7–11.
14. *Spravochnik po plasticheskim massam* [Handbook of plastic masses]. Eds. V. M. Kataev, V. A. Popov, B. I. Sazhin. Moscow : Khimiya Publ., 1975. 448 p.