Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2021. Вып. 5 (133). С. 121-131. ISSN 1998-8443 (print)
Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products. 2021. Issue 5 (133). P. 121-131. ISSN 1998-8443 (print)

Научная статья

УДК 614.841.27

doi: 10.17122/ntj-oil-2021-5-121-131

ВЫБОР СИСТЕМЫ ЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ РЕЗЕРВУАРА

Светлана Алексеевна Ямщикова¹, Оксана Алексеевна Насибуллина²

^{1, 2}Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

¹svetamzk@mail.ru

²ksu33@bk.ru

Автор, ответственный за переписку: Оксана Алексеевна Насибуллина, ksu33@bk.ru

Аннотация. Статья посвящена изучению свойств различных лакокрасочных покрытий для обеспечения оптимальной защиты поверхности резервуаров от разрушения.

Внутренняя поверхность резервуаров подвержена коррозии из-за нахождения в постоянном контакте с агрессивной средой.

Наибольшую опасность, с точки зрения возможного коррозионного разрушения стали, представляют вода (днище, нижние пояса резервуара) и газовоздушная смесь (кровля, верхний пояс) из-за насыщенности агрессивными компонентами: сероводород, углекислый газ, соли.

Статистика отказов показывает, что основной причиной выхода из эксплуатационного режима нефтяных резервуаров (порядка 70 %) является коррозионный износ поверхности, вступающей в контакт с агрессивной средой.

Для устранения данного недостатка имеется ряд методов, среди которых применение коррозионностойких материалов, использование ингибиторов коррозии, пассивирование поверхности, нанесение коррозионностойких покрытий.

Использование коррозионностойких материалов экономически неэффективно и связано с трудностями, возникающими при монтаже резервуара.

Применение ингибиторов требует дополнительных затрат на их последующее извлечение. Широко известен положительный опыт применения лакокрасочных покрытий.

Целью работы является определение оптимального типа защитного покрытия для предотвращения коррозии на внутренней поверхности резервуара.

Для выбора лакокрасочного покрытия внутренней поверхности резервуара решены следующие задачи: определены физико-механические показатели и проведены расчеты скорости коррозии стенок резервуара для выбранных лакокрасочных покрытий. Предложено использование коррозионно-стойких защитных материалов для внутренней поверхности днища резервуара.

При расчете скорости коррозии стенок резервуара с лакокрасочным покрытием установлено, что максимальное время защиты обеспечивается покрытием ЭП-0020. После проведения физико-механических испытаний установлено, что лучшие показатели у покрытия ЭП-0020. Покрытие ЭП-0020 рекомендовано в качестве пассивной защиты внутренней поверхности для обеспечения долговечности резервуаров.

Ключевые слова: ингибитор, защитные покрытия, резервуар, коррозионностойкие покрытия, лакокрасочные покрытия, адгезия, физико-механические параметры защитных покрытий

Для цитирования: Ямщикова С.А., Насибуллина О.А. Выбор системы защитного покрытия для внутренней поверхности резервуара // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2021. Вып. 5 (133), С. 121-131. <http://doi.10.17122/ntj-oil-2021-5-121-131>.

Original article

SELECTING A PROTECTIVE COATING SYSTEM FOR THE TANK INTERIOR SURFACE

Svetlana A. Yamshchikova¹, Oksana A. Nasibullina²

^{1, 2}Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia

¹svetamzk@mail.ru

²ksu33@bk.ru

Corresponding author: Oksana A. Nasibullina, ksu33@bk.ru

Abstract. The article is devoted to the study of the properties of various paint and varnish coatings to ensure optimal protection of the surface of tanks from destruction.

The inner surface of the tanks is subject to corrosion due to being in constant contact with an aggressive medium.

The greatest danger, from the point of view of possible corrosion destruction of steel, is represented by water (bottom, lower belts of the tank) and gas-air mixture (roof, upper belt) due to saturation with aggressive components: hydrogen sulfide, carbonic acid gas, salt.

Failure statistics show that the main reason for the failure of oil reservoirs (about 70%) is corrosive wear of the surface that comes into contact with an aggressive medium. To eliminate this disadvantage, there are a number of methods, including the use of corrosion-resistant materials, the use of corrosion inhibitors, surface passivation, and the application of corrosion-resistant coatings.

The use of corrosion-resistant materials is economically ineffective and is associated with difficulties in the installation of the tank.

The use of inhibitors requires additional costs for their subsequent extraction. The positive experience of using paint and varnish coatings is widely known.

The aim of the work is to determine the optimal type of protective coating to prevent corrosion on the inner surface of the tank.

To select the paint and varnish coating of the inner surface of the tank, the following tasks were solved: the physical and mechanical parameters were determined and the corrosion rate of the tank walls for the selected paint and varnish coatings were calculated. The use of corrosion-resistant protective materials for the inner surface of the tank bottom is proposed.

При расчете скорости коррозии стенок резервуара с лакокрасочным покрытием установлено, что максимальное время защиты обеспечивается покрытием ЭП-0020. После проведения физико-механических испытаний установлено, что лучшие показатели у покрытия ЭП-0020. Покрытие ЭП-0020 рекомендовано в качестве пассивной защиты внутренней поверхности для обеспечения долговечности резервуаров.

Keywords: inhibitor, protective coatings, reservoir, corrosion-resistant coatings, paint coatings, adhesion, physical and mechanical parameters of protective coatings

For citation: Yamshchikova S. A., Nasibullina O. A. Vybor sistemy zashchitnogo pokrytiya dlya vnutrenney poverkhnosti rezervuara. [Selecting a Protective Coating System for the Tank Interior Surface]. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefti i nefteproduktov - Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products*. 2021, Issue 5 (133), pp. 121-131. <http://doi.10.17122/ntj-oil-2021-5-121-131>.

Внутренняя поверхность резервуаров подвержена коррозии из-за нахождения в постоянном контакте с агрессивной средой [1-8]. Наибольшую опасность с точки зрения возможного коррозионного разрушения стали представляют вода (днище, нижние пояса резервуара) [9, 10] и газовоздушная смесь (кровля, верхний пояс) из-за насыщенности агрессивными компонентами: сероводород, углекислый газ, соли.

Статистика отказов показывает, что основной причиной выхода из эксплуатационного режима нефтяных резервуаров (порядка 70 %) является коррозионный износ поверхности, вступающей в контакт с агрессивной средой.

Для устранения данного недостатка нашли применение ряд методов, среди которых - применение коррозионностойких материалов, использование ингибиторов коррозии

[6-8, 11-13], пассивирование поверхности, нанесение коррозионностойких покрытий.

Использование коррозионностойких материалов экономически неэффективно и связано с трудностями, возникающими при монтаже резервуара [1, 2-5]. Применение ингибиторов требует дополнительных затрат на их последующее извлечение [12, 14-18]. Широко известен положительный опыт применения лакокрасочных покрытий (ЛКП).

Нанесение ЛКП на внутренние поверхности стальных резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов является эффективной мерой по снижению коррозии и повышению ресурса резервуаров.

Защитная способность ЛКП непосредственно связана с долговечностью покрытий в условиях старения при контакте с коррозионными средами. Чаще всего мерой качества покрытия является так называемый «срок службы» покрытия. Обычно под этим термином понимают отрезок времени от начала эксплуатации до замены покрытия на новое.

В реальных условиях, особенно при эксплуатации ЛКП в контакте с коррозионными средами, закон старения значительно усложняется по сравнению с классическими зависимостями, особенно при действии многих факторов (в том числе и в резервуарах), учесть которые в полном объеме практически невозможно.

После анализа предшествующего практического опыта эксплуатации резервуаров для испытаний выбраны следующие лакокрасочные покрытия: ХС-717, ЭП-0020, ФЛ-777, ВН-780.

Для выбора лакокрасочного покрытия внутренней поверхности резервуара определены физико-механические показатели и проведены расчеты скорости коррозии стенок резервуара для вышеуказанных лакокрасочных покрытий.

Определены следующие физико-механические показатели:

1. прочность пленки при ударе;
2. адгезия по методу решетчатых надрезов;

3. твердость пленки.

Для определения прочности пленки при ударе подготовлены металлические образцы-пластины [19], на которые нанесены различные лакокрасочные покрытия. Испытание проводилось при $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха $(65 \pm 5)\%$.

Исследуемые образцы-пластинки помещались на наковальню (рисунок 1). Участок пластинки, на который падал груз, находился на расстоянии 20 мм от края пластинки и 40 мм от центра других участков, ранее подвергавшихся удару. Груз устанавливался на высоте 10 см. После удара груз поднимался, пластинку извлекали и оценивали покрытие лакокрасочного материала лупой с целью выявления механического повреждения (трещины, отслаивания).

Рисунок 1. Прибор Константа У-1А
Figure 1. Device Constant U-1A

При испытании покрытия типа ЭП-0020 наблюдалось отсутствие дефектов на поверхности исследуемых образцов, поэтому испытания повторяли, увеличивая высоту сбрасывания груза каждый раз на 5-10 см до тех пор, пока не обнаружили первые повреждения покрытия при ударе.

Для определения адгезии по методу решетчатых надрезов подготовлены стандартные пластины, на которые нанесены различные типы лакокрасочных покрытий (рисунок 2).

Перед испытанием окрашенные пластинки выдерживались при температуре $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ и относительной влажности $(50 \pm 5) \%$ 16 ч.

На готовые пластинки нанесены надрезы, причем число надрезов в каждом направлении решетчатого рисунка равнялось 6.

Расстояние между надрезами в каждом направлении было одинаковым и равнялось 1 мм. .

Рисунок 2. Лакокрасочные покрытия, нанесенные на пластинки
Figure 2. Paints and varnishes applied to the plates

Рисунок 3. Маятниковый прибор М-3
Figure 3. Pendulum device M-3

Исследуемая пластинка тщательно протиралась растворителем, далее вытира-

лась насухо и помещалась на столик прибора, который плавно поднимался до соприкосновения с опорными шариками маятника. Далее маятник освобождался, и производили определение числа колебаний по показанию счетчика при прекращении отсчета колебаний, после чего столик опускался, пластинку передвигали и повторяли испытания. Измерения выполнялись в 3-х участках пластинки. За результат испытания принимались средние арифметические полученных результатов измерения времени и числа колебаний маятника на контрольной пластинке и испытуемом образце покрытия. Отклонение значений единичных измерений от среднего арифметического не превышало 3 %.

Результаты испытаний

Для нахождения наиболее качественного лакокрасочного покрытия, способного защитить внутреннюю поверхность резервуара от коррозии, проведены исследования на 4-х различных типах покрытий: ХС-717, ЭП-0020, ФЛ-777, ВН-780.

Результаты определения физико-механических параметров представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты физико-механических параметров покрытий
Table 1. Results of physical and mechanical parameters of coatings

Показатель	ВН-780	ХС-717	ЭП-0020	ФЛ-777
Адгезия по методу решетчатых надрезов, балл, не выше (ГОСТ 31149-2014) [20]	1	1	1	1
Прочность пленки при ударе по прибору У-1А, см, не менее (ГОСТ 4765-73) [21]	25,5	33,2	33,7	24,8
Твердость пленки по маятниковому прибору М-3, усл.ед, не менее (ГОСТ 5233-89) [22]	0,18	0,26	0,30	0,20

Для расчета проникновения коррозии стенок резервуара с лакокрасочным покрытием используется следующая формула:

$$P = a \cdot e^{c \cdot \tau}, \quad (1)$$

где P - проникновения коррозии стенок резервуара, мм/год;

a, c - эмпирические коэффициенты;

τ - время с начала эксплуатации, годы.

Значения расчетных коэффициентов представлены в таблице 2, результаты расчета проникновения коррозии стенок резервуара с лакокрасочным покрытием - в таблице 3,

график зависимости проникновения коррозии стенки резервуара от времени - на рисунке 1.

Таблица 2. Значения расчетных коэффициентов

Table 2. Values of calculated coefficients

Тип ЛКП	a	c
ХС-717	0,001137	0,396534
ЭП-0020	0,000566	0,436182
ФЛ-777	0,004687	0,638551
ВН-780	0,00279	1,071781

Таблица 3. Расчет проникновения коррозии стенок резервуара с лакокрасочным покрытием

Table 3. Calculation of the corrosion penetration of the paint tank walls

Тип лакокрасочного покрытия	Скорость утонения стенки, мм/год									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ХС-717	0	0,003	0,004	0,006	0,008	0,012	0,018	0,027	0,040	0,060
ЭП-0020	0	0,001	0,002	0,003	0,005	0,008	0,012	0,019	0,029	0,044
ФЛ-777	0	0,017	0,032	0,060	-	-	-	-	-	-
ВН-780	0	0,024	0,070	-	-	-	-	-	-	-

Рисунок 4. Зависимости проникновения коррозии стенки резервуара от времени

Figure 4. Dependences of corrosion penetration of the tank wall on time

Из рисунка 4 видно, что покрытия ЭП-00-20 и ХС-717 обеспечивают максимальное время защиты.

Выводы

Продление безаварийного периода эксплуатации резервуара, хотя бы до истечения амортизационного срока, противокоррозионной защитой является важнейшей технико-экономической задачей нефтяной, газовой, нефтеперерабатывающей и других областей промышленности. Предложено использование коррозионностойких защитных материа-

лов для внутренней поверхности днища. При расчете скорости коррозии стенок резервуара с лакокрасочным покрытием установлено, что максимальное время защиты обеспечивается покрытием ЭП-0020. После проведения физико-механических испытаний установлено, что лучшие показатели у покрытия ЭП-0020.

Таким образом, для обеспечения долговечности резервуаров рекомендуется в качестве пассивной защиты внутренней поверхности использовать покрытие ЭП-0020.

Список источников

1. Тюсенков А.С., Черепашкин С.Е., Худяков М.А., Ямщикова С.А., Насибуллина О.А. Материаловедение и технология конструкционных материалов. Уфа: Изд-во Нефтегазовое дело, 2018. 94 с.
2. Ямщикова С.А., Кравцов В.В., Бугай Д.Е. Разработка огнестойких покрытий повышенной коррозионной стойкости // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2007. Вып. 3 (69). С. 47-49.
3. Насибуллина О.А., Абдуллин Т.Э. Исследование воздействия сероводородсодержащего газоконденсата на сталь 09Г2С // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2017. Вып. 2 (108). С. 121-130.
4. Пат. 2313550 РФ, МПК С 09 D 125/04. Огнезащитная вспучивающаяся краска / В.В. Кравцов, А.Н. Габдрахманов, С.А. Ямщикова. 2006123311/04, Заявлено 29.06.2006; Опубл. 27.12.2007. Бюл. 36.
5. Насибуллина О.А., Гареев А.Г. Разработка метода оценки остаточного ресурса магистральных газопроводов, имеющих дефекты коррозионного происхождения // Нефтегазовое дело. 2016. Т. 14. № 2. С. 174-178.
6. Тюсенков А.С., Черепашкин С.Е. Ингибитор солеотложения для котловых систем // Журнал прикладной химии. 2014. Т. 87. Вып. 9. С. 1244-1249.
7. Фаритов А.Т., Рождественский Ю.Г., Ямщикова С.А., Минниханова Э.Р., Тюсенков А.С. Совершенствование метода линейного поляризационного сопротивления для испытаний ингибиторов коррозии стали // Металлы. 2016. № 6. С. 36-43.
8. Гареев А.Г. Основы коррозии металлов. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2011. 256 с.

References

1. Tyusenkov A.S., Cherepashkin S.E., Khudyakov M.A., Yamshchikova S.A., Nasibullina O.A. *Materialovedenie i tekhnologiya konstruksionnykh materialov* [Materials Science and Technology of Construction Materials]. Ufa, Neftgazovoe delo Publ., 2018. 94 p. [in Russian].
2. Yamshchikova S.A., Kravtsov V.V., Bugai D.E. *Razrabotka ognestoikikh pokrytii povyshennoi korrozionnoi stoikosti* [Development of Fire-Resistant Coatings Featured by Higher Resistance to Corrosion]. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefi i nefteproduktov - Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products*, 2007, Issue 3 (69), pp. 47-49. [in Russian].
3. Nasibullina O.A., Abdullin T.E. *Issledovanie vozdeistviya serovodorodsoderzhashchego gazokondensata na stal' 09G2S* [Investigation of Hydrogen Sulfide Bearing Condensed Gas Influence on Steel 09G2S]. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefi i nefteproduktov - Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products*, 2017, Issue 2 (108), pp. 121-130. [in Russian].
4. Kravtsov V.V., Gabdrakhmanov A.N., Yamshchikova S.A. *Ognezashchitnaya vspuchivayushchayasya kraska* [Fire Retardant Intumescent Paint]. Patent RF, No. 2313550, 2007. [in Russian].
5. Nasibullina O.A., Gareev A.G. *Razrabotka metoda otsenki ostatochnogo resursa magistral'nykh gazoprovodov, imeyushchikh defekty korrozionnogo proiskhozhdeniya* [Development of the Method of the Gas Pipeline Residual Service Life Estimation, Having Defects of Corrosion Origin]. *Neftgazovoe delo - Petroleum Engineering*, 2016, Vol. 14, No. 2, pp. 174-178. [in Russian].
6. Tyusenkov A.S., Cherepashkin S.E. *Ingibitor*

9. Тюсенков А.С., Исянаманов З.Ф., Кононов Д.В., Лаптев А.Б., Бугай Д.Е. Влияние деэмульгаторов на распределение статических зарядов в водонефтяной эмульсии при ее транспортировке по футерованным трубопроводам // Проблемы и методы обеспечения надежности и безопасности систем транспорта нефти, нефтепродуктов и газа: матер. междунар. науч.-практ. конф. Уфа: Институт проблем транспорта энергоресурсов РБ, 2011. С. 145-147.

10. Гареев А.Г., Насибуллина О.А. Проявления физической коррозии феррито-перлитных сталей // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2018. Вып. 2 (112). С. 110-115. DOI: 10.17122/ntj-oil-2018-2-110-115.

11. Тюсенков А.С. Коррозионная стойкость стали 13ХФА // Сталь. 2016. № 2. С. 53-57.

12. Tyusenkov A.S., Nasibullina O.A. Inhibitory Anticorrosive Protection of Oilfield Equipment // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 687. Issue 6. Article Number 066021. DOI: 10.1088/1757-899X/687/6/066021.

13. Хайдарова Г.Р., Исанбердина Л.Р., Тюсенков А.С., Кононов Д.В., Бугай Д.Е. Ингибиторы на основе четвертичных аммониевых соединений для защиты нефтегазового оборудования от коррозии // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2016. Вып. 4 (106). С. 74-84.

14. Попов Б.И., Шарафиев Р.Г., Ризванов Р.Г., Кулаков П.А. Анализ возможных опасностей при эксплуатации установки синтетического олигопиренового каучука // Безопасность труда в промышленности. 2006. № 12. С. 60-63.

15. Gaysin E.S., Frolov Y.A., Nasibullina O.A. Estimate Tank Quality Margin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 459. Chapter 2. Article Number 032055. DOI: 10.1088/1755-1315/459/3/032055.

16. Масалимов И.И., Гайсин Э.Ш., Фролов Ю.А., Насибуллина О.А. Влияние циклических нагрузжений на надежность резервуара // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. 2019. № 3. С. 5-10. DOI: 10.24411/0131-4270-2019-10301.

17. Пат. 2312878 РФ, МПК С 09 D 127/24. Огнезащитная вспучивающаяся краска / В.В. Кравцов, А.Н. Габдрахманов, С.А. Ямщикова. 2006124674/04, Заявлено 10.07.2006; Опубл. 20.12.2007. Бюл. 35.

18. Шайнурова Р.Ф., Гиндуллина К.Д., Насибуллина О.А., Гайсин Э.Ш. Влияние способа термической обработки стали 09Г2С на ее коррозионную стойкость // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2019. Вып. 2 (118). С. 161-169. DOI: 10.17122/ntj-oil-2019-2-161-169.

19. ГОСТ 8832-76. Материалы лакокрасочные. Методы получения лакокрасочного покрытия для испытания. М.: Стандартинформ, 2006. 14 с.

20. ГОСТ 31149-2014. Материалы лакокрасочные. Определение адгезии методом решетчатого

soleotlozheniya dlya kotlovnykh sistem [Scale Inhibitor for Boiler Water Systems]. *Zhurnal prikladnoi khimii - Zhurnal Prikladnoi Khimii*, 2014, Vol. 87, Issue 9, pp. 1244-1249. [in Russian].

7. Faritov A.T., Rozhdestvenskii Yu.G., Yamshchikova S.A., Minnikhanova E.R., Tyusenkov A.S. Sovershenstvovanie metoda lineinogo polyarizatsionnogo soprotivleniya dlya ispytaniy ingibitorov korrozii stali [Improvement of the Method of Linear Polarization Resistance for Testing Steel Corrosion Inhibitors]. *Metally - Metally*, 2016, No. 6, pp. 36-43. [in Russian].

8. Gareev A.G. *Osnovy korrozii metallov* [Basics of Metal Corrosion]. Ufa, UGNTU Publ., 2011. 256 p. [in Russian].

9. Tyusenkov A.S., Isyanamanov Z.F., Kononov D.V., Laptev A.B., Bugai D.E. Vliyanie deemul'gatorov na raspredelenie staticheskikh zaryadov v vodoneftyanoi emul'sii pri ee transportirovke po futerovannym truboprovodam [Influence of Demulsifiers on the Distribution of Static Charges in an Oil-Water Emulsion During its Transportation Through Lined Pipelines]. *Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Problemy i metody obespecheniya nadezhnosti i bezopasnosti sistem transporta nefiti, nefteproduktov i gaza»* [Materials of the International Scientific-Practical Conference «Problems and Methods of Ensuring the Reliability and Safety of Oil, Oil Products and Gas Transportation Systems»]. Ufa, Institut problem transporta energoresursov RB Publ., 2011, pp. 145-147. [in Russian].

10. Gareev A.G., Nasibullina O.A. Proyavleniya fizicheskoi korrozii ferrito-perlitnykh stalei [Physical Corrosion Processes in Ferrite-Pearlitic Steels]. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefiti i nefteproduktov - Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products*, 2018, Issue 2 (112), pp. 110-115. DOI: 10.17122/ntj-oil-2018-2-110-115. [in Russian].

11. Tyusenkov A.S. Korroziionnaya stoikost' stali 13KhFA [Corrosion Resistance of Steel 13HFA]. *Stal' - Stal'*, 2016, No. 2, pp. 53-57. [in Russian].

12. Tyusenkov A.S., Nasibullina O.A. Inhibitory Anticorrosive Protection of Oilfield Equipment. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2019, Vol. 687, Issue 6, Article Number 066021. DOI: 10.1088/1757-899X/687/6/066021.

13. Khaidarova G.R., Isanberdina L.R., Tyusenkov A.S., Kononov D.V., Bugai D.E. Ingibitory na osnove chetvertichnykh ammonievnykh soedinenii dlya zashchity neftegazovogo oborudovaniya ot korrozii [Inhibitors Based on Quaternary Ammonium Compounds for the Anti-Corrosive Protection of Oil and Gas Equipment]. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefiti i nefteproduktov - Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products*, 2016, Issue 4 (106), pp. 74-84. [in Russian].

14. Popov B.I., Sharafiev R.G., Rizvanov R.G., Kulakov P.A. Analiz vozmozhnykh opasnostei pri ekspluatatsii ustanovki sinteticheskogo

надреза. М.: Стандартиформ, 2014. 17 с.

21. ГОСТ 4765-73. Материалы лакокрасочные. Метод определения прочности при ударе. М.: Госстандарта РФ, 1993. 7 с.

22. ГОСТ 5233-89. Материалы лакокрасочные. Метод определения твердости покрытий по маятниковому прибору. М.: Минхимпром, 2002. 7 с.

oligopiperilenovogo kauchuka [Analysis of Possible Hazards During the Operation of a Synthetic Oligopiperylene Rubber Plant]. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti - Occupational Safety in Industry*, 2006, No. 12, pp. 60-63. [in Russian].

15. Gaysin E.S., Frolov Y.A., Nasibullina O.A. Estimate Tank Quality Margin. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2020, Vol. 459, Chapter 2, Article Number 032055. DOI: 10.1088/1755-1315/459/3/032055.

16. Masalimov I.I., Gaisin E.Sh., Frolov Yu.A., Nasibullina O.A. Vliyanie tsiklicheskih nagruzhenii na nadezhnost' rezervuara [Impact of Cyclic Load on Tank Reliability]. *Transport i khranenie nefteproduktov i uglevodorodnogo syr'ya - Transport and Storage of Oil Products and Hydrocarbons*, 2019, No. 3, pp. 5-10. DOI: 10.24411/0131-4270-2019-10301. [in Russian].

17. Kravtsov V.V., Gabdrakhmanov A.N., Yamshchikova S.A. *Ognezashchitnaya vspuchivayushchaya kraska* [Fire Retardant Intumescent Paint]. Patent RF, No. 2312878, 2007. [in Russian].

18. Shainurova R.F., Gindullina K.D., Nasibullina O.A., Gaisin E.Sh. Vliyanie sposoba termicheskoi obrabotki stali 09G2S na ee korrozionnuyu stoikost' [Influence of Steel 09G2S Heat Treatment Method for its Corrosion Resistance]. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefi i nefteproduktov - Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products*, 2019, Issue 2 (118), pp. 161-169. DOI: 10.17122/ntj-oil-2019-2-161-169. [in Russian].

19. GOST 8832-76. Materialy lakokrasochnye. Metody polucheniya lakokrasochnogo pokrytiya dlya ispytaniya [State Standard 8832-76. Paintwork Materials. Methods for Formation of Paint Coating for Testing]. Moscow, Standartinform Publ., 2006. 14 p. [in Russian].

20. GOST 31149-2014. Materialy lakokrasochnye. Opredelenie adgezii metodom reshetchatogo nadreza [State Standard 31149-2014. Paint Materials. Determination of Adhesive by Cross-Cut Method]. Moscow, Standartinform Publ., 2014. 17 p. [in Russian].

21. GOST 4765-73. Materialy lakokrasochnye. Metod opredeleniya prochnosti pri udare [State Standard 4765-73. Paint and Lacquer Materials. Method of Determination Impact Resistance]. Moscow, Gosstandarta RF Publ., 1993. 7 p. [in Russian].

22. GOST 5233-89. Materialy lakokrasochnye. Metod opredeleniya tverdosti pokrytii po mayatnikovomu priboru [State Standard 5233-89. Paint Materials. Method for Determination of Coating Hardness Pendulum Instrument]. Moscow, Minkhimprom Publ., 2002. 7 p. [in Russian].

Информация об авторах

• Ямщикова Светлана Алексеевна, канд. техн. наук
Уфимский государственный нефтяной технический университет
Доцент кафедры «Материаловедение и защита от коррозии»
Россия, 450064, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1
e-mail: svetamzk@mail.ru

• Насибуллина Оксана Алексеевна, канд. техн. наук
Уфимский государственный нефтяной технический университет
Доцент кафедры «Технология металлов в нефтегазовом машиностроении»
Россия, 450064, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1
e-mail: ksu33@bk.ru

Information about the authors

• Yamshchikova Svetlana A., Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor
Ufa State Petroleum Technological University
Assistant Professor of Materials Science and Corrosion Protection Department
1, Kosmonavtov str., Ufa, 450064, Russia
e-mail: svetamzk@mail.ru

• Nasibullina Oksana A., Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor
Ufa State Petroleum Technological University
Assistant Professor of Technology of Metals in Oil and Gas Engineering Department
1, Kosmonavtov str., Ufa, 450064, Russia
e-mail: ksu33@bk.ru

Статья поступила в редакцию 02.08.2021; одобрена после рецензирования 20.08.2021; принята к публикации 01.09.2021.

The article was submitted 02.08.2021; approved after reviewing 20.08.2021; accepted for publication 01.09.2021.