Тип статьи: научная
УДК 620.193
DOI: 10.35887/2305-2538-2022-6-120-128

ЗАЩИТНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МАСЛЯНЫХ КОМПОЗИЦИЙ С ПАРАФИНОМ

Николай Алексеевич Курьято [1], ***Виктория Александровна Брыксина*** [2], ***Людмила Дмитриевна Родионова*** [3], ***Лариса Геннадьевна Князева*** [4]
[1, 4]*Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве*
[2, 3]*Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина*
[1]cska-sparta@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-1319-7370
[2]bryksina_98@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-1264-1310
[3]rld1349@gmail.com,
[4]Knyazeva27@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-3232-2210

Автор ответственный за переписку: Николай Алексеевич Курьято, cska-sparta@yandex.ru
Corresponding author: Nikolay Kur`yato, cska-sparta@yandex.ru.

Реферат. *В данной работе исследовали эффективность композиций на основе свежего М10Г$_2$к и отработанного моторного масла (ММО) с добавлением парафина 1-10 масс. % для защиты углеродистой стали. Консервационные составы готовили растворением парафина в маслах при нагревании. Защитное покрытие на металле формировали в течение суток. Кинематическую вязкость измеряли по методу Брукфильда на ротационном вискозиметре. Исследования показали, что парафин обладает загущающим эффектом. Были получены эмпирические уравнения, представляющие собой частный случай уравнения Рейнольдса – Филонова, описывающие вязкостно-температурные зависимости для композиций на основе моторного свежего и отработанного масла и парафина с высокой достоверностью линейной аппроксимации в диапазоне температур 20 - 60 ^{0}С. Полученные уравнения позволяют в данном диапазоне температур определить кинематическую вязкость составов при различных концентрациях парафина. Электрохимические исследования показали, что введение парафина повышает защитную эффективность моторного масла как свежего, так и отработанного Защитная эффективность составов на основе отработанного моторного масла выше. С ростом концентрации парафина защитная эффективность составов возрастает. Наилучшие результаты получены для композиций 10 масс. % парафина в ММО. Гравиметрические исследования подтвердили полученные результаты. Некоторые расхождения в значениях, полученных гравиметрическим и электрохимическим методами, объясняются разной продолжительностью экспериментов.*

Ключевые слова: *коррозия, масляные композиции, вязкостно-температурные зависимости, поляризационные, гравиметрические исследования, парафин, сталь.*

PROTECTIVE EFFECTIVENESS OF OIL COMPOSITIONS WITH PARAFFIN WAX

Nikolay Kur`yato [1], ***Viktoriya Bryksina*** [2], ***Liudmila Rodionova*** [3], ***Larisa Knyazeva*** [4]
[1, 4]*All-Russian Research Institute for Use machinery and Petroleum products in Agriculture*
[2, 3]*Tambov State University named after G.R. Derzhavin*
[2]bryksina_98@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-1264-1310
[1]cska-sparta@yandex.ru, https://orcid.org/0000-0002-1319-7370
[3]rld1349@gmail.com,
[4]Knyazeva27@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-3232-2210

Abstract. *The effectiveness of compositions based on fresh M10G2k and used motor oil (MMO) with the addition of paraffin 1-10 wt. % for the protection of carbon steel was investigated in this work.*

Preservative compositions were prepared by dissolving paraffin in oils with heating. The protective coating on the metal was formed during the day. Kinematic viscosity was measured by the Brookfield method on a rotational viscometer. Studies have shown that paraffin has a thickening effect. Empirical equations were obtained, which are a special case of the Reynolds-Filonov equation, describing the viscosity-temperature dependences for compositions based on fresh and used engine oil and paraffin with a high reliability of linear approximation in the temperature range of 20 - 60 ^{0}C. The resulting equations make it possible to determine the kinematic viscosity of the compositions at various paraffin concentrations in a given temperature range. Electrochemical studies have shown that the introduction of paraffin increases the protective effectiveness of both fresh and used engine oil. The protective effectiveness of compositions based on used engine oil is higher. With an increase in the concentration of paraffin, the protective effectiveness of the compositions increases. The best results were obtained for compositions of 10 wt. % paraffin in MMO. Gravimetric studies confirmed the obtained results. Some discrepancies in the values obtained by gravimetric and electrochemical methods are explained by the different duration of the experiments.

Keywords: *corrosion, oil compositions, viscosity-temperature dependences, polarization, gravimetric studies, paraffin, steel.*

Для цитирования: Курьято Н.А., Брыксина В.А., Родионова Л.Д., Князева Л.Г. Защитная эффективность масляных композиций с парафином // Наука в центральной России. 2022. № 6 (60), С. 119-127. https://doi.org/10.35887/2305-2538-2022-6-119-127.

For citation: Kur`yato N., Bryksina V., Rodionova L., Knyazeva L. Protective effectiveness of oil compositions with paraffin wax. *Nauka v central'noj Rossii* = Science in the Central Russia: 2022; 6(60): 119-127. (In Russ.) https://doi.org/10.35887/2305-2538-2022-6-119-127.

Введение. Сталь широко применяют при производстве техники и оборудования для промышленности и сельского хозяйства. Но там, где есть металл, происходят и коррозионные разрушения, нарушающие его целостность и структуру. По мнению экспертов [1], экономические потери от коррозии во всём мире составляют 2,5 триллиона долларов (2013 г), что «эквивалентно 3,4% глобального валового внутреннего продукта (ВВП), причем экономические потери не включают экологические. По этой причине, атмосферная коррозия является серьезной проблемой. Более 80 % металлических материалов, подвергающихся агрессивному воздействию атмосферы, подвержены коррозии. Изучение данного вида коррозии актуально для сельского хозяйства, так как техника и оборудование эксплуатируются и хранятся в период неиспользования в естественной атмосфере. Относительная влажность воздуха, температура, время увлажнения металлической поверхности (TOW) и загрязняющие компоненты в воздухе (Cl^-, SO_x, и др.) являются факторами, которые в большей мере оказывают влияние на скорость атмосферной коррозии [2].

Из-за последствий атмосферной коррозии возникает необходимость использования веществ для ее ингибирования. В настоящее время довольно разнообразен рынок ингибиторов для противокоррозионной защиты металлоконструкций. Имеются консервационные материалы (КМ) как отечественного производителя, так и импортного. Широкий охват применения имеют контактные КМ на масляной основе, поэтому исследование масляных композиций достаточно актуально. В работах [3-14] изучена эффективность масляных пленок. Хотя отработанные моторные масла (ММО) имеют неплохую защитную эффективность, но даже их недостаточно для противокоррозионной защиты техники и оборудования на открытых площадках [9-11]. Исходя из этого возникает необходимость добавления противокоррозионных добавок, что в свою очередь должно привести к увеличению защитной эффективности полученных композиций.

Целью настоящей работы является изучение защитного действия композиций на основе масла М10Г$_2$к и ММО с добавлением парафина. Парафин входит в состав многих известных консервационных материалов, представляет собой воскоподобную смесь предельных углеводородов преимущественно нормального строения с 18-35 атомами углерода в молекуле, температурой плавления 45-65^{0}С, плотностью 0,880-0,915 г/см^3.

Материалы и методы. Для исследования были получены композиции, где в роли растворителя-основы использовали масло: моторное М10$Г_2$к и отработанное, а добавка парафина варьировалась от 1 до 10 масс. %.

Для нанесения покрытия образцы опускали в ванну консервации на 10 сек., после чего оставляли на воздухе в подвешенном вертикальном положении на 1 сутки для стекания избытка масляной композиции и формирования защитной пленки [12.13].

Коррозионные испытания проводили в 0,5 М растворе NaCl (ГОСТ 9.042-75). Скорость коррозии рассчитывали по потере массы образцов в процессе эксперимента по формуле:

$$K = \frac{\Delta m}{S \cdot \tau},$$

где Δm - потеря массы образца, г; S – площадь поверхности, м^2; τ – длительность испытаний, часы.

Защитное действие определяли по формуле:

$$Z = \frac{K_0 - K_1}{K_0} \cdot 100\ \%,$$

где K_o, K_1 – скорости коррозии в отсутствие и при наличии пленки исследуемых составов.

Поляризационные измерения проводили с использованием потенциостата IPC-Pro MF в потенциодинамическом режиме со скоростью развертки потенциала 0,66 мВ/с в электрохимической ячейке. В качестве исследуемого раствора использовали 0,5 М NaCl. После погружения в раствор рабочие электроды из стали, армированные в оправку из эпоксидной смолы, выдерживали 10-15 мин для установления квазистационарного потенциала.

Кинематическую вязкость (в мм^2/с) измеряли по методу Брукфильда на ротационном вискозиметре «Smart L», производства фирмы Fungilab (рисунок 1).

Рисунок 1 – Вискозиметр «Fungilab Smart L» для измерения вязкости композиций

Результаты и их обсуждение.

Первоначально были исследовали загущающие свойства парафина по отношению к минеральным маслам. С этой целью были получены вязкостно-температурные кривые с помощью ротационного вискозиметра в интервале от 20 °С до 60 °С для составов на основе масла М10$Г_2$к и ММО с добавлением парафина 1-10 масс. %. Вязкостно - температурные зависимости моторного масла М10$Г_2$(к), свежего и отработанного (ММО) в координатах lnν–Т близки (рисунок 2), как близки коэффициенты в эмпирических уравнениях (1,2) для М-10 $Г_2$ (к) и ММО, соответственно, полученные их линейной аппроксимацией (таблица 1):

$$\ln \nu = 13{,}522 - 0{,}0293T \quad (1)$$

$$\ln \nu = 13{,}755 - 0{,}0301T \quad (2)$$

где ν – кинематическая вязкость жидкости; T – температура жидкости

Эти эмпирические уравнения представляет собой частный случай уравнения Рейнольдса – Филонова, широко применяемого для расчета вязкости нефти [14], которую в общем виде можно записать следующим образом:

$$\ln \nu = a + bT, \quad (1)$$

На рисунках 3 и 4 показаны вязкостно-температурные зависимости для составов на основе масла М10Г$_2$к и ММО с добавлением парафина 1-10 масс. %, а в таблице 1 приведены, эмпирические уравнения их описывающие.

Для композиций на основе М10Г$_2$к на вязкостно-температурных кривых в диапазоне 20-40 ^{0}С имеются перегибы

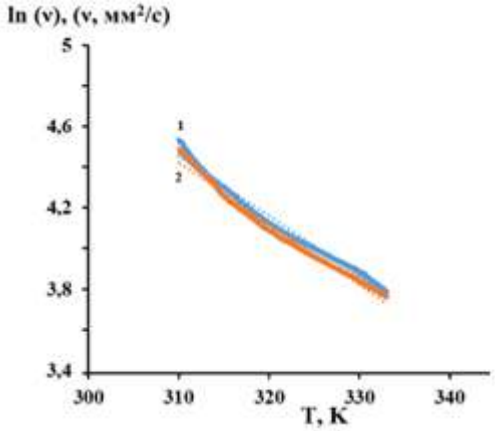
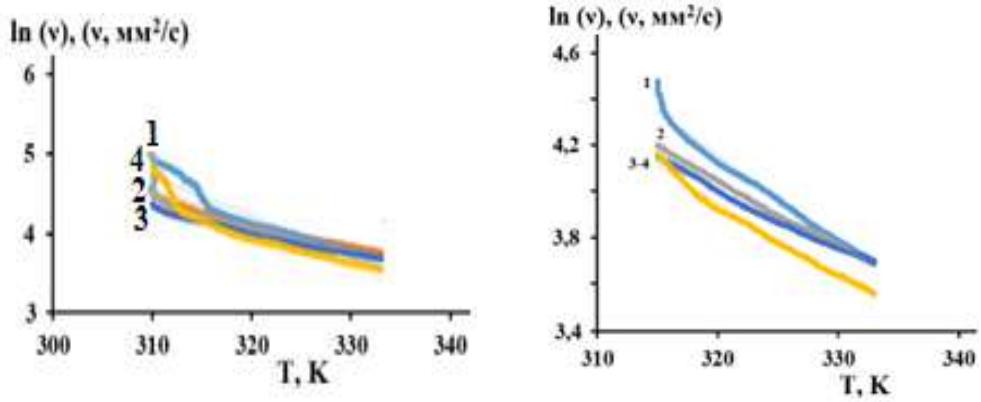


Рисунок 2 - Вязкостно-температурные кривые масел М10Г$_2$к и ММО

Таблица 1- Эмпирические уравнения для вязкостно-температурных зависимостей исследуемых композиций

№ п/п	Композиция		Диапазон температур, ^{0}С	Эмпирическое уравнение	Достоверность аппроксимации R^2
	масло	парафин, масс. %			
1	М10Г$_2$(к)	0	20-60	ln ν = 13,522 – 0,0293T	0,9862
		1		ln ν = 19,786 – 0,0486T	0,9242
		3		ln ν = 18,452 - 0,0447T	0,8309
		5		ln ν = 12,791 - 0,0270T	0,9891
		10		ln ν = 18,716 – 0,0459T	0,8950
2	М10Г$_2$(к)	1	40-60	ln ν = 14,169 – 0,0355T	0,9833
		3		ln ν = 13,081 – 0,0285T	0,9976
		5		ln ν = 12,110 – 0,0253T	0,9915
		10		ln ν = 14,104 – 0,0317T	0,9878
3	ММО	0	20-60	ln ν = 13,755 – 0,0301T	0,9839
		1		ln ν = 23,239 – 0,0595T	0,9946
		3		ln ν = 17,353 – 0,0404T	0,9804
		5		ln ν = 16,968 – 0,0391T	0,9796
		10		ln ν = 17,862 – 0,0417T	0,9851



а) б)

Рисунок 3 - Вязкостно-температурные зависимости составов на основе М10Г$_2$к и парафина, масс. %: 1 – 1, 2 – 3, 3 – 5, 4 – 10, в диапазоне 20-60 ^{0}С (а), 40-60^{0}С (б)

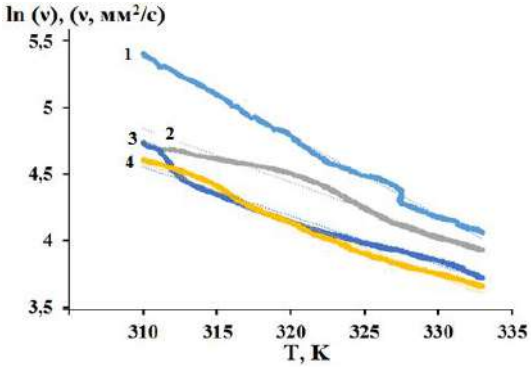


Рисунок 4 - Вязкостно-температурные зависимости составов на основе ММО и парафина, масс. %: 1 – 1, 2 – 3, 3 – 5, 4 –10

Если взять эмпирические уравнения для составов на основе М10Г$_2$к и ММО с 10 масс.% парафина с близкой достоверностью аппроксимации, то при 40^{0}С получим следующее. В первом случае ln ν = 14,104 – 0,0317T = 4,1819, ν = 65,5 (мм^2/с); во втором - ln ν = 17,862 – 0,0428T= 4,4656, а ν = 87,0 (мм^2/с). Таким образом кинематическая вязкость в одних и тех же условиях ожидаемо выше для композиций на основе ММО, по сравнению с М10Г$_2$(к), на основании полученных эмпирических уравнений. С ростом концентрации парафина в исследуемых маслах кинематическая вязкость возрастает.

С ростом концентрации парафина возрастает и защитная эффективность исследуемых составов, как показывают электрохимические исследования. Поляризационные кривые с покрытиями на основе свежего масла М10Г$_2$к приведены на рисунке 5. Ток коррозии образца без покрытия составляет ≈ 0,0631 А/м^2 (таблица 1). С нанесением пленки из масла М10Г$_2$к, ток коррозии снижается до 0,0282 А/м^2. На анодной поляризационной кривой значение наклона тафелевского участка сохраняется близким к 67 мВ, защитное действие (Z) составляет 55%. Покрытие состава, содержащей 10 масс. % парафина, снижает ток коррозии до 0,0151 А/м^2, а защитная эффективность такого состава составляет ≈76 %. Также можно отметить снижение потенциала коррозии у защитных покрытий, содержащих 3-10 масс. % парафина.

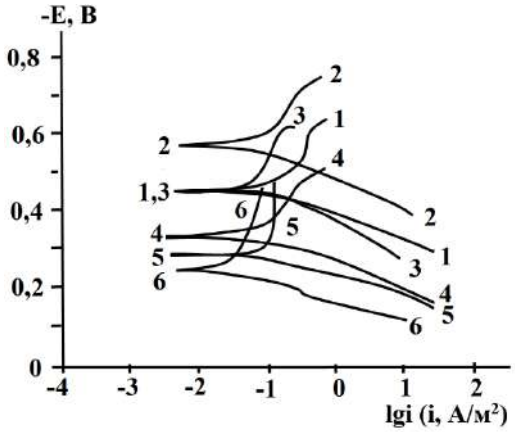


Рисунок 5 – Поляризационные кривые стали, покрытой составами в 0,5 М NaCl: 1 – без покрытия, 2 – М10Г$_2$к, 3 – 1 % парафина в М10Г$_2$к, 4 – 3 % парафина в М10Г$_2$к, 5 – 5 % парафина в М10Г$_2$к, 6 – 10 % парафина в М10Г$_2$к.

Таблица 1 - Результаты электрохимических измерений на стали с покрытием на основе масла М10Г$_2$к с добавлением парафина.

Покрытие		$-E_{кор}$, В	$i_{кор}$, А/м^2	b_a, В	b_k, В	Z, %
масло	парафин, масс. %					
Без покрытия		0,470	0,0631	0,067	0,050	-
М10Г$_2$к	0	0,565	0,0282	0,062	0,040	55,3
	1	0,470	0,0311	0,060	0,055	50,7
	3	0,320	0,0251	0,061	0,055	60,2
	5	0,280	0,0224	0,060	0,048	64,5
	10	0,250	0,0151	0,055	0,045	76,0

На рисунке 6 представлены поляризационные кривые покрытий на основе ММО с добавлением парафина. Как видно из результатов таблицы 2, пленка из отработанного моторного масла снижает ток коррозии до 0,0100 А/м^2. При добавлении в него 10 масс. % парафина, наблюдается значительное снижение $i_{кор}$ до 0,0013 А/м^2, а защитная эффективность равна ≈ 98 %. Также можно отметить, что нанесение композиций приводит к снижению значений наклона тафелефского участка анодных кривых.

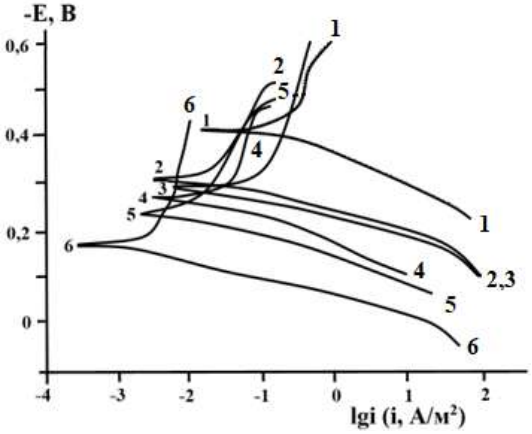


Рисунок 6 - Поляризационные кривые стали, покрытой составами в 0,5 М NaCl: 1 – без покрытия, 2 – ММО, 3 – 1 % парафина в ММО, 4 – 3 % парафина в ММО, 5 – 5 % парафина в ММО, 6 – 10 % парафина в ММО.

Как видно из результатов таблицы 2, пленка из отработанного моторного масла снижает ток коррозии до 0,0175 А/м^2. С возрастанием концентрации парафина скорость коррозии составов падает. При добавлении в ММО 10 масс. % парафина, наблюдается значительное снижение $i_{кор}$ до 0,0018 А/м^2, а защитная эффективность равна ≈ 99 %. Также можно отметить, что нанесение композиций приводит к снижению значений наклона тафелефского участка анодных кривых.

Таблица 2 - Результаты поляризационных измерений на стали с покрытием на основе масла ММО с добавлением парафина.

Покрытие		$-E_{кор}$, В	$i_{кор}$, А/м^2	b_a, В	b_k, В	Z, %
масло	парафин, масс. %					
Без покрытия		0,420	0,0631	0,067	0,050	-
ММО	0	0,306	0,0100	0,065	0,034	84,2
	1	0,288	0,0178	0,042	0,020	71,7
	3	0,278	0,0063	0,040	0,040	90,1
	5	0,246	0,0035	0,052	0,040	94,5
	10	0,168	0,0013	0,065	0,050	98,0

Результаты гравиметрических испытаний в 0,5 М NaCl для составов на основе М10Г$_2$к и ММО приведены в таблице 3

Таблица 3 – Коррозионные испытания образцов стали с покрытиями на основе масла М10Г$_2$к в 0,5 М NaCl.

Покрытие		К, (г/м^2·ч)	Z, %
масло	парафин, масс. %		
Без покрытия		0,0812	-
М10Г$_2$к	0	0,0477	41,2
	1	0,0425	47,6
	3	0,0406	49,9
	5	0,0369	54,5
	10	0,0247	69,5
ММО	0	0,0399	50,8
	1	0,0414	49,0
	3	0,0393	51,6
	5	0,0315	61,1
	10	0,0052	93,5

Время экспозиции 14 суток. С ростом концентрации парафина защитная эффективность составов возрастает, как и при электрохимических исследованиях. Некоторые расхождения в значениях, полученных гравиметрическим и электрохимическим методами, объясняются разной продолжительностью испытаний: в первом случае время экспозиции составило 14 суток, во втором – 15 минут. Защитная эффективность составов на основе ММО выше, чем составов на основе М10Г$_2$к. Что касаемо композиций с содержанием парафина, то добавление 1-3 масс. % недостаточно, а защитное действие (Z) данных покрытий близкое к значениям пленок из масел не содержащих добавок. Высокая эффективность наблюдается у составов, содержащих 10 масс. % парафина 69,5 % (в М10Г$_2$к) и 93,5 % (в ММО).

Заключение. Таким образом, были получены эмпирические уравнения, представляющие собой частный случай уравнения Рейнольдса – Филонова, описывающие вязкостно-температурные зависимости для композиций на основе моторного свежего и отработанного масла и парафина с высокой достоверностью линейной аппроксимации в диапазоне температур 20 -60 ^{0}С. Показано, что парафин обладает загущающим эффектом. Введение парафина повышает защитную эффективность моторного масла как свежего, так и отработанного, как по электрохимическим, так и по гравиметрическим исследованиям в 0,5 М NaCl. Наилучшие результаты получены для композиций 10 масс. % парафина в ММО. Эти составы перспективны для дальнейших исследований, натурно-стендовых и производственных, чтобы их можно было бы

рекомендовать в качестве консервационных материалов для защиты сельскохозяйственной техники.

Список источников

1. Koch G. et al. International measures of prevention, application, and economics of corrosion technologies study // NACE International. 2016. С. 216.
2. Krivy V., Kubzova M., Kreislova K., Urban V. Characterization of Corrosion Products on Weathering Steel Bridges Influenced by Chloride Deposition // Metals. 2017. Vol. 336, no. 7. https://doi.org/10.3390/met7090336
3. Князева Л.Г., Вигдорович В.И. Использование масляных пленок для защиты углеродистой стали от атмосферной коррозии // Вестник воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2011. № 2. С. 17-26.
4. Vigdorovich V.I., Shel N.V. Theoretical Foundations and Practical Development of Few-Component Anticorrosive Oil-Based Conservation Materials // Protection of Metals. 2005. Т. 41. № 4. С. 394-401.
5. Vigdorovich V.I., Shel' N.V., Tsygankova L.E., Bernatskii P.N., Zarapina I.V. Features of Electrochemical and Physicochemical Processes on Metals Coated with Oil Films//Chemistry and Technology of Fuels and Oils. 2008. Т. 44. № 5. С. 344-351
6. Vigdorovich V.I., Tanygin A.Yu., Tanygina E.D., Selemenev V.F., Nazarova A.A. Rapeseed-Oil Mixtures for Protecting Metals from Atmospheric Corrosion// Chemistry and Technology of Fuels and Oils. 2009. Т. 45. № 2. С. 103-114.
7. Vigdorovich V.I., Knyazeva L.G., Tsygankova L.E., Ostrikov V.V., Petrashev A.I. Properties of Petroleum and Synthetic Oils as Bases for Anticorrosion Materials//Chemistry and Technology of Fuels and Oils. 2019. Т. 55. № 4. С. 412-423.
8. Vigdorovich V.I., Tsygankova L.E., Knyazeva L.G., Shel N.V. Protective Effectiveness of Oil Compositions in the Presence of Sulfur-Containing Corrosion Stimulators//Chemistry and Technology of Fuels and Oils. 2020. Т. 56. № 4. С. 570-579.
9. Князева Л.Г., Вигдорович В.И., Прохоренков В.Д. Ингибирование коррозии отработавшими моторными маслами // Коррозия: материалы, защита. 2010. №10. С. 25-30.
10. Вигдорович В.И., Прохоренков В.Д., Князева Л.Г., Епифанцев С.С. Защита от атмосферной коррозии отработанными маслами, ингибированными продуктами их очистки. Сообщение 4. Защитная эффективность ингибированных ПООМ отработанных масел в условиях влагонасыщения // Практика противокоррозионной защиты. 2006. № 2. С. 41-47.
11. Prokhorenkov V.D., Knyazeva L.G., Ostrikov V.V., Vigdorovich V.I. Carriers of the Protective Effectiveness of Used Motor Oils//Chemistry and Technology of Fuels and Oils. 2006. Т. 42. № 1. С. 35-38.
12. Князева Л.Г., Дорохов А.В., Курьято Н.А., Прохоренков В.Д. Исследование эффективности составов на основе CORTEC VpCl-368 и CORTEC VpCl-369 для противокоррозионной защиты сельскохозяйственной техники // Наука в центральной России. 2019. № 5. С. 69-80.
13. Knyazeva L.G., Tsygankova L.E., Dorokhov A.V., Kur`yato N.A. Protective efficiency of oil compositions with Cortec VpCI-368D // International Journal of Corrosion and Scale Inhibition. 2021. Vol. 10, no. 2. P. 551-561.
14. Аралов О.В., Буянов И.В., Саванин А.С., Иорданский Е.И. Исследование методов расчета кинематической вязкости нефти в магистральном нефтепроводе// //Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов 2017 7(5):97–105 DOI: 10.28999/2221-2701-7-5-97-105.

References

1. Koch G. et al. International measures of prevention, application, and economics of corrosion technologies study // NACE International. 2016. S. 216.
2. Krivy V., Kubzova M., Kreislova K., Urban V. Characterization of Corrosion Products on Weathering Steel Bridges Influenced by Chloride Deposition // Metals. 2017. Vol. 336, no. 7. https://doi.org/10.3390/met7090336

3. Knyazeva L.G., Vigdorovich V.I. The use of oil films to protect carbon steel from atmospheric corrosion // Bulletin of the Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy. 2011. № 2. S. 17-26.

4. Vigdorovich V.I., Shel N.V. Theoretical Foundations and Practical Development of Few-Component Anticorrosive Oil-Based Conservation Materials // Protection of Metals. 2005. T. 41. № 4. S. 394-401.

5. Vigdorovich V.I., Shel' N.V., Tsygankova L.E., Bernatskii P.N., Zarapina I.V. Features of Electrochemical and Physicochemical Processes on Metals Coated with Oil Films//Chemistry and Technology of Fuels and Oils. 2008. T. 44. № 5. S. 344-351

6. Vigdorovich V.I., Tanygin A.Yu., Tanygina E.D., Selemenev V.F., Nazarova A.A.

Rapeseed-Oil Mixtures for Protecting Metals from Atmospheric Corrosion// Chemistry and Technology of Fuels and Oils. 2009. T. 45. № 2. S. 103-114.

7. Vigdorovich V.I., Knyazeva L.G., Tsygankova L.E., Ostrikov V.V., Petrashev A.I. Properties of Petroleum and Synthetic Oils as Bases for Anticorrosion Materials//Chemistry and Technology of Fuels and Oils. 2019. T. 55. № 4. S. 412-423.

8. Vigdorovich V.I., Tsygankova L.E., Knyazeva L.G., Shel N.V. Protective Effectiveness of Oil Compositions in the Presence of Sulfur-Containing Corrosion Stimulators//Chemistry and Technology of Fuels and Oils. 2020. T. 56. № 4. S. 570-579.

9. Knyazeva L.G., Vigdorovich V.I., Prokhorenkov V.D. Corrosion inhibition by used motor oils // Corrosion: materials, protection. 2010. №10. S. 25-30.

10. Vigdorovich V.I., Prokhorenkov V.D., Knyazeva L.G., Epifantsev S.S. Protection against atmospheric corrosion by used oils inhibited by their purification products. Message 4. Protective efficiency of waste oils inhibited by POOM in conditions of moisture saturation // Practice of anticorrosion protection. 2006. № 2. S. 41-47.

11. Prokhorenkov V.D., Knyazeva L.G., Ostrikov V.V., Vigdorovich V.I. Carriers of the Protective Effectiveness of Used Motor Oils//Chemistry and Technology of Fuels and Oils. 2006. T. 42. № 1. S. 35-38.

12. Knyazeva L.G., Dorokhov A.V., Kuryato N.A., Prokhorenkov V.D. Study of the effectiveness of compositions based on CORTEC VpCl-368 and CORTEC VpCl-369 for anti-corrosion protection of agricultural machinery // Science in Central Russia. 2019. № 5. S. 69-80.

13. Knyazeva L.G., Tsygankova L.E., Dorokhov A.V., Kur`yato N.A. Protective efficiency of oil compositions with Cortec VpCI-368D // International Journal of Corrosion and Scale Inhibition. 2021. Vol. 10, no. 2. P. 551-561.

14. Aralov O.V., Buyanov I.V., Savanin A.S., Jordansky E.I. Study of methods for calculating the kinematic viscosity of oil in the main oil pipeline // Science and technology of pipeline transport of oil and oil products 2017 7(5):97–105 DOI: 10.28999/2221-2701-7-5-97-105.

Информация об авторах

Н.А. Курьято – младший научный сотрудник; В. А. Брыксина – аспирант; Л.Д. Родионова – аспирант; Л. Г. Князева – доктор химический наук, доцент.

Information about the authors

N. Kur`yato – junior researcher; V. Bryksina – graduate student; L. Rodionova – graduate student; L. Knyazeva – doctor of science (chemistry), associate professor.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: all authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию (Received): 29.11.2022 Принята к публикации (Accepted): 15.12.2022