Чернов Денис Серафимович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: vniiti@mail.ru.

Author credentials

Affiliations

Shuvalov Anatoliy – Full Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture", Russia, Tambov, e-mail: vniiti@mail.ru.

Mashkov Alexey – Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture", Russia, Tambov, e-mail: vniiti@mail.ru.

Chernov Denis – Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture", Russia, Tambov, e-mail: vniiti@mail.ru

Поступила в редакцию (Received): 20.07.2020 Принята к публикации (Accepted): 20.08.2020

УДК 620.197.7:631.17
DOI: 10.35887/2305-2538-2020-4-67-76

ОЦЕНКА РАСХОДА CORTEC VPCI-368 И CORTEC VPCI-369 ДЛЯ ПРОТИВОКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ОТ АТМОСФЕРНОЙ КОРРОЗИИ

[1]Князева Лариса Геннадьевна
[1]Дорохов Андрей Валерьевич
[1]Курьято Николай Алексеевич

[1]ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»

Реферат. *Расход консервационных материалов (КМ) влияет на стоимость противокоррозионной защиты и зависит от толщины защитной пленки. Изучали теоретический расход КМ на основе минеральных масел: индустриального И-20А, трансформаторного ТКп, моторного М10Г$_2$(к)(товарного и отработанного - ММО) и ингибиторов коррозии Cortec VpCI-368 и Cortec VpCI-369 в концентрации 3, 5, 7, 10 масс.%. Покрытия получали окунанием образцов из стали Ст3 в КМ и последующим формированием в течение суток. Толщину пленки определяли гравиметрически. Максимальные величины для толщины пленок получили из составов на основе ММО, что соответствовало и максимальному защитному эффекту, минимальные - из трансформаторного масла. Значения толщины пленок получаемых из составов на основе И-20А и М10Г$_2$(к) оказались близкими по величине. Наблюдали уменьшение толщины пленок всех исследуемых КМ на стали с ростом температуры их нанесения и уменьшением концентрации ингибиторов. Зависимости толщины пленок минеральных масел от температуры носила практически линейный характер в диапазоне 40 – 70 ^{0}С. По экспериментальным зависимостям, связывающим толщины пленок с кинематической вязкостью составов в логарифмических координатах, удовлетворительно соответствующим упрощенной формуле уравнения Левича, получены эмпирические уравнения. Установлено, что теоретический расход КМ из расчета получения покрытия заданной толщины на единицу площади без учета безвозвратных потерь* мало зависит от природы исследованных ингибиторов коррозии и не превышают 20 – 21 г/м^2, а расход ингибитора не превышает 1,0 – 1,1 г/м^2.

Ключевые слова: *расход, консервационный материал, толщина, кинематическая вязкость*

EVALUATION OF CONSUMPTION CORTEC VPCI-368 AND CORTEC VPCI-369 FOR ANTI-CORROSION PROTECTION OF AGRICULTURAL EQUIPMENT FROM ATMOSPHERIC CORROSION

[1]Knyazeva Larisa G.
[1]Dorokhov Andrey V.
[1]Kuryato Nikolay A.

[1]FSBSI "All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture"

Abstract. *The consumption of preservation materials (CM) affects the cost of anti-corrosion protection and depends on the thickness of the protective film. Theoretical consumption of CM based on mineral oils: industrial I-20A, transformer TKp, motor M10G$_2$ (k) (commercial and waste - MMO) and corrosion inhibitors Cortec VpCI-368 and Cortec VpCI-369 at a concentration of 3.5.7, 10 wt % was studied. The coatings were obtained by dipping samples of steel St3 in CM and subsequent formation during the day. The film thickness was determined gravimetrically. The maximum values for the film thickness were obtained from compositions based on MMO, which corresponded to the maximum protective effect, and the minimum values were obtained from transformer oil. The thicknesses of the films obtained from compositions based on I-20A and M10G2 (k) turned out to be close in value. A decrease in the thickness of the films of all studied CMs on steel with an increase in the temperature of their application and a decrease in the concentration of inhibitors was observed. The dependence of the thickness of mineral oil films on temperature was almost linear in the range 40 – 70 ^{0}C. Empirical equations are obtained from the experimental dependences connecting the film thickness with the kinematic viscosity of the compositions in logarithmic coordinates, which satisfactorily corresponds to the simplified formula of the Levich equation. It has been established that the theoretical consumption of CM based on the production of a coating of a given thickness per unit area without taking into account irrecoverable losses depends little on the nature of the corrosion inhibitors studied and does not exceed 20-21 g / m^2, and the consumption of the inhibitor does not exceed 1.0 - 1.1 g/m^2.*

Keywords: *consumption, preservation material, thickness, kinematic viscosity.*

Введение. При хранении на открытых площадках в нерабочий период огромный парк сельскохозяйственной техники подвергается коррозионному разрушению, из-за чего снижается ее работоспособность и ресурс, возрастают затраты на ремонт. Все это свидетельствует об актуальности изыскания наиболее эффективных способов противокоррозионной защиты. Не последнее место в определении эффективности противокоррозионной защиты сельскохозяйственной техники играет ее стоимость, в которую включается стоимость используемых материалов, срок службы, окупаемость производственных затрат и др. Номенклатура предлагаемых отечественным и зарубежным рынком консервационных материалов велика и разнообразна [1 – 11], в том числе и в ценовом отношении. Известно большое количество маслорастворимых ингибиторов коррозии [1 – 10], которые находят наиболее широкое применение для защиты сельскохозяйственной техники от атмосферной коррозии. На стоимость защиты контактными материалами будет оказывать влияние их фактический расход, который состоит из суммы количества консервационного материала (КМ), расходуемого на получение пленки на поверхности металла необходимой толщины (теоретический расход) и дополнительного количества КМ, компенсирующего его потери при нанесении на сельскохозяйственную технику и оборудование.

Прогнозируемый фактический расход контактного консервационного материала (КМ) (кг)	=	Количество КМ, расходуемое на формирование покрытия с заданной толщиной на единицу площади (теоретический расход) (кг/м^2)	X	Площадь защищаемой поверхности (м^2)	+	Количество КМ, компенсирующее его безвозвратные потери при нанесении (кг)

Безвозвратные потери зависят от шероховатости и трудностей доступа к поверхности, погодных условий (особенно при консервации техники на открытых площадках), технологий нанесения.

Толщина пленки консервационного материала на металлической поверхности в той или иной степени отвечает за долговечность покрытия, влияет на его защитную эффективность. Она, в свою очередь, зависит от вязкостно-температурных свойств используемого материала, природы масла и ингибитора. Недостаточная толщина пленки может привести к уменьшению срока эксплуатации покрытия и снижению его защитных свойств. В данной работе изучали теоретический расход консервационных материалов на основе Cortec VpCI-368 и Cortec VpCI-369 [12, 13] и минеральных масел для получения защитных покрытий на стали Ст3.

Материалы и методы. В работе использовали составы на основе индустриального И-20А (ГОСТ 20799-88), трансформаторного $ТК_П$(ТУ38.101890-81), моторного $М10Г_2$(к) (ГОСТ 8581-78), товарного и отработанного ((ММО, наработка ~300 мото-ч) масел при различных температурах. В качестве ингибиторов коррозии исследовали Cortec VpCI-368 [12] и Cortec VpCI-369 [13] в концентрации 3,5,7,10 масс.%.

Кинематическую вязкость составов измеряли в интервале температур 20 – 70 ^{0}С с шагом 10^0 С по ГОСТ 33-2000 (ИСО 3104-94). Толщина пленки определялась гравиметрически на образцах размером30 х 30 х 2,5 мм. Для стандартизации условий использовали циркуляционный термостат серии LOIPLT-300.

Пленки консервационных материалов получали окунанием образцов из стали Ст3 в консервационный материал с последующим их подвешиванием для стекания излишков консервационного материала и формирования покрытия в течение суток. Толщину пленки (h, мкм) определяли гравиметрически, используя формулу:

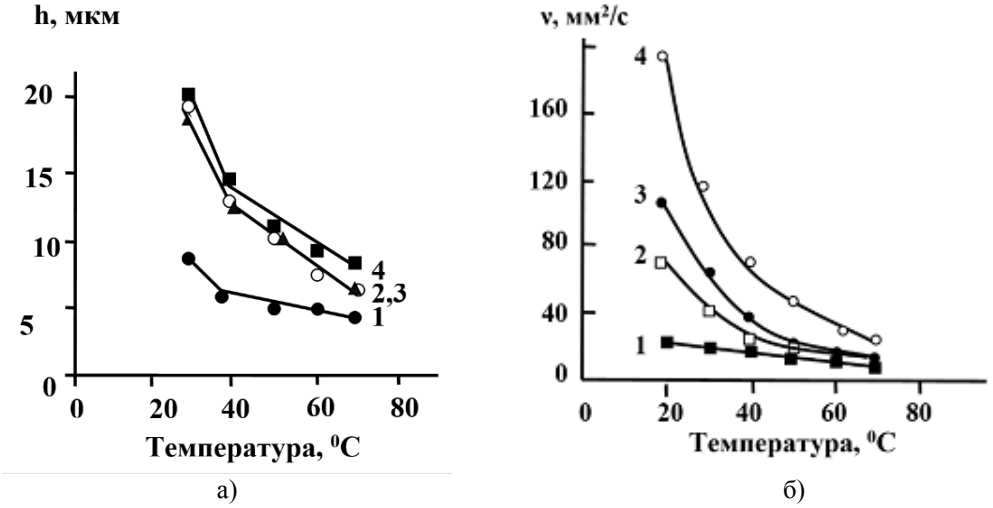
$$h = \frac{\Delta m \cdot 10^{-4}}{S \cdot \rho}$$

где Δm– изменение массы вещества до и после формирования покрытия, г; S - площадь поверхности, см^2; ρ – плотность консервационного материала, г/см^3.

Теоретический расход материала определяли из расчета получения однослойного покрытия заданной толщины без учета безвозвратных потерь гравиметрически.

Ускоренные коррозионные испытания проводили в термовлагокамере Г-4 (ГОСТ 9.054-75), в 0,5 М растворе NaCl (ГОСТ 9.042-75). Электрохимические исследования проводили по методике, описанной в [14].

Результаты и их обсуждение. Толщина пленки консервационного материала на поверхности металла, зависит от температуры ее формирования и нанесения. На рисунке 1 показано влияние температуры на изменение вязкости исследуемых минеральных масел и толщины пленок, формирующихся при их нанесении на стали Ст3.



а) б)

Рисунок 1 – Зависимость толщины (h) формирующейся пленки на стали Ст3 (а) и кинематической вязкости (ν) от температуры нанесения масла:
1- ТКп; 2 –И-20А; 3 – $М10Г_2$(к); 4 – ММО

Наблюдали уменьшение толщины пленок всех исследуемых масел с ростом температуры их нанесения (рисунок 1а). Следует отметить, что значения толщин пленок, полученных при использовании масел И-20А и М10$Г_2$(к) практически совпадают. Как будет показано далее, это касается и пленок, полученных из исследуемых составов на их основе. Наиболее толстые пленки получаются из отработанных моторных масел (кривая 4, рисунок 1а), для которых характерна и более высокая вязкость (кривая 4, рисунок 1б), обусловленная увеличением в них концентрации продуктов старения [14 – 17], чему будет соответствовать наиболее высокий расход масла. Но для этих пленок характерна и более высокая защитная эффективность, которая составила при электрохимических поляризационных исследованиях 85 %, при гравиметрических в 0,5 М растворе NaCl – 56 %, в термовлагокамере – 98 %. Хотя при натурно-стендовых исследованиях в открытой атмосфере покрытия неингибированного отработанного масла начинают активно смываться. Следует отметить, что зависимость толщины пленок минеральных масел от температуры носила практически линейный характер в диапазоне 40 – 70 ^{0}C.

На рисунке 2 показана зависимость толщины пленки непосредственно от вязкости консервационного материала в логарифмических координатах. В этом случае получили практически линейные зависимости в диапазоне температур 30 – 70 ^{0}C с тангенсом угла наклона, зависящим от природы масла. В результате статистической обработки полученных данных (доверительная вероятность 0,95, критерий Стьюдента 2,365) получены следующие данные: для индустриального масла И-20А - 0,62; для ТКп – 0,66, для М10$Г_2$ (к) – 0,55, для ММО – 0,51. Относительная ошибка составила 15 -20 %.

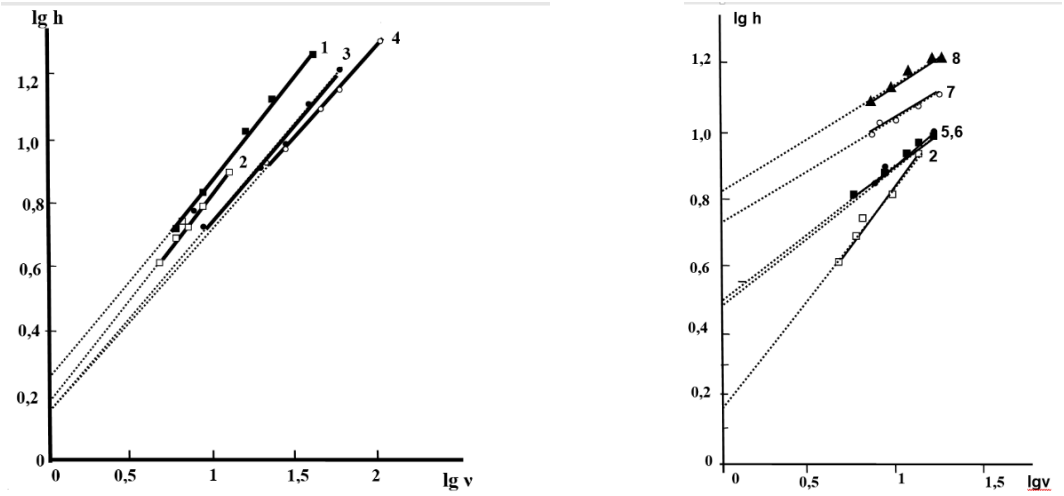


Рисунок 2 – Зависимость толщины пленки на стали от кинематической вязкости масел: 1- И-20А; 2 – ТКп; 3 - М10$Г_2$(к); 4 – ММО; консервационных материалов на основе ТКп и Cortec VpCI-368

Полученные экспериментальные зависимости удовлетворительно соответствуют упрощенной формуле уравнения Левича [18], связывающей толщины пленок покрытий с кинематической вязкостью.

$$lgh = lgk + \gamma \cdot lgv \quad (1)$$

В этой формуле предполагается $\gamma = 2/3$, что определяется тангенсом угла наклона прямых в координатах lgh-lgv. Нами получены близкие к теоретическим значения для исследуемых минеральных масел (рисунок 2, кривые 1-4). Коэффициент k, зависящий от плотности масла, поверхностного натяжения, ускорения свободного падения, можно определить по отрезку, отсекаемому на вертикальной оси. Определив отрезки, отсекаемые по оси ординат, были экспериментально получены следующие эмпирические уравнения (2-5), соответственно, для масел: индустриального И-20А (2); трансформаторного ТПк (3); моторных М10$Г_2$(к) товарного (4) и отработанного; ММО (5).

$$lgh = 0,26 + 0,62lg\nu_к \quad (2)$$

$$lgh = 0,20 + 0,66\ lg\nu_к \quad (3)$$

$$lgh = 0,17 + 0,55lg\nu_к \quad (4)$$

$$lgh = 0,17 + 0,51lg\nu_к \quad (5)$$

Уравнения (2 – 5) позволяют по вязкости масла при различных температурах определить толщину получаемой пленки на стали.

Были экспериментально получены эмпирические уравнения для композиций на основе трансформаторного масла и Cortec VpCI-368 (6-9), соответственно, с концентрацией Cortec VpCI-368, масс.%: 3 (6); 5 (7); 7 (8); 10 (9).

$$lgh = 0,50 + 0,47lg\nu_к \quad (6)$$

$$lgh = 0,50 + 0,47\ lg\nu_к \quad (7)$$

$$lgh = 0,73 + 0,50\ lg\nu_к \quad (8)$$

$$lgh = 0,82 + 0,50\ lg\nu_к \quad (9)$$

Следует отметить, что γ был меньше, чем для исходного ТКп (рисунок 2, кривые 2 и 5-8). Относительная ошибка при определении этого коэффициента составила 15-20 %, как и в случае использования непосредственно минеральных масел. Эмпирические уравнения для составов с концентрацией ингибитора 3 и 5 % совпали, так как практически совпали прямые 5 и 6 на рисунке 2, отклонения по толщине покрытия находились в пределах ошибки эксперимента.

Для получения уравнений (6 – 9) потребовались исследования по изучению изменения вязкости составов на основе трансформаторного масла и ингибитора Cortec VpCI-368 и толщины формируемых ими пленок на стали Ст3 от температуры. Вязкостно-температурные зависимости приведены на рисунке3. Как следует из приведенных результатов, зависимости для составов с концентрацией ингибитора 3-7 масс.% (кривые 1 – 3, рисунок 3) очень близки, зависимость для состава с концентрацией ингибитора 10 масс.% отличается более существенно.

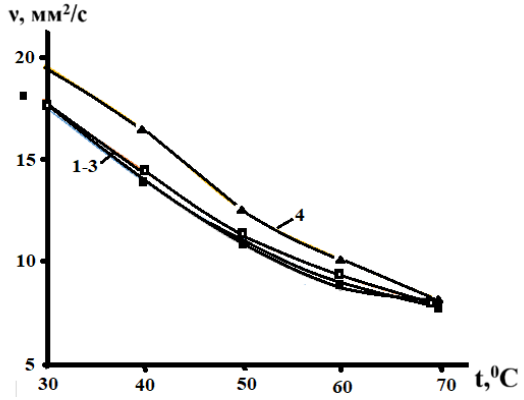


Рисунок 3 – Зависимость кинематической вязкости от температуры для составов на основе трансформаторного масла ТКп и Cortec VpCI-368, масс.%: 1 – 3; 2 – 5; 3 – 7; 4 – 10.

Результаты исследования влияния температуры нанесения композиций на основе трансформаторного масла ТКп и индустриального масла И-20А, ингибированных CortecVpCI-368 и CortecVpCI-369 на толщину образующейся на стали Ст3 пленки показаны в таблице 1. Они свидетельствуют о том, что с увеличением концентрации исследуемых ингибиторов в масле толщина пленки на поверхности металла возрастает, следовательно, исследуемые присадки обладают загущающим эффектом. С ростом температуры толщина пленок падает, как и для взятых для сравнения композиций на основе индустриального масла и ингибитора коррозии Эмульгин. В отличие от композиций с присадкой Эмульгин, резкого изменения толщины пленки при переходе концентрации ингибитора коррозии от 5 до 10 масс. % при температуре 20-30 ^{0}C не наблюдается. Данные по толщине пленок, полученные для составов с Cortec VpCI-368 и Cortec VpCI-369 очень похожи.

Таблица 1 – Влияние температуры составов на основе И-20А / ТКп на толщину образующейся пленки (мкм)

Ингибитор коррозии	Концентрация, масс.%	Температура, ^{0}C					
		20	30	40	50	60	70
Отсутствует		19,1/9,7	19,0/8,0	12,5/6,0	10,9/5,4	6,8/5,0	5,1/4,2
Cortec VpCI-368	3	19,1/10,5	18,5/9,5	17,3/9,4	16,3/8,8	14,9/7,1	14,3/6,3
	5	20,2/11,6	18,8/10,7	18,1/9,1	16,4/8,9	15,2/8,2	14,6/7,1
	7	20,5/14,1	19,5/13,7	19,4/12,5	17,8/11,7	15,9/11,2	15,7/9,8
	10	20,6/17,9	20,2/17,1	19,5/16,1	18,0/14,7	16,4/12,9	16,3/12,8
Cortec VpCI-369	3	19,2/9,7	18,2/9,8	14,6/9,8	14,5/9,7	14,4/9,3	14,3/9,0
	5	20,3/13,4	16,8/12,5	15,5/12,1	15,1/11,7	14,9/10,9	14,7/10,5
	7	20,4/16,1	17,9/15,2	18,2/14,9	17,8/14,0	15,8/13,0	15,6/12,5
	10	20,6/18,5	20,5/17,5	19,4/16,1	18,0/15,8	17,6/14,8	17,3/13,8
Эмульгин	3	19,2	16,9	16,0	14,2	9,9	8,1
	5	20,7	19,5	18,1	17,4	10,1	9,9
	10	85,0	84,0	43,1	19,6	14,4	10,1

Следует отметить, что исследуемые ингибиторы коррозии различаются по количеству летучих компонентов в своем составе. В Cortec VpCI-368, по данным производителя, их 35 – 40 %, а в Cortec VpCI-369 их 1 – 5 %. Но так как исследуется количество ингибиторов в маслах, не превышающее 10 %, к тому образцы стали после погружения в консервационный материал выдерживали в течение суток (летучие компоненты при этом имели возможность испаряться), поэтому влияние различий в природе ингибиторов по количеству летучих компонентов на толщину получаемых пленок на стали Ст3 будет незначительным.

Составы на основе трансформаторного масла, в отличии от индустриального масла, обеспечили получение пленок, несколько меньшей толщины (таблица 1).

Проведенные электрохимические и гравиметрические исследования на примере составов на основе Cortec VpCI-368 и Cortec VpCI-369 в индустриальном масле И-20А, результаты которых представлены в таблице 2, показали наличие у них более высокой защитной эффективности, по сравнению с чистым индустриальным маслом, которая возрастала с ростом концентрации ингибитора коррозии. Оптимальной можно считать концентрацию Cortec VpCI-368 и Cortec VpCI-369 в индустриальном масле И-20А 5-10 масс. %.

Таблица 2 – Влияние концентрации составов на основе Cortec VpCI-368 и Cortec VpCI-369 в индустриальном масле И-20А на их защитную эффективность на стали Ст3 при электрохимических и гравиметрических испытаниях

Концентрация VpClв И-20А, масс. %	Защитная эффективность (Z), % при исследованиях					
	VpCl 368			VpCl 369		
	электрохимия	гравиметрия		электрохимия	гравиметрия	
	0,5 М NaCl	0,5 М NaCl	термовлаго камера Г-4	0,5 М NaCl	0,5 М NaCl	термовлаго камера Г-4
0	41	21	41	41	21	45
3	89	29	86	71	29	97
5	96	69	97	87	69	99
7	96	69	97	97	69	99
10	96	69	98	98	69	~100
100	89	81	~100	71	80	~100

Значения толщин масляных пленок, полученных на стали при нанесении составов на основе моторного масла М10Г$_2$(к) товарного и отработанного(ММО) показаны в таблице 3. Составы на основе индустриального И-20А и товарного моторного М10Г$_2$(к) образуют на стали пленки, близкие по толщине. Толщина пленок, полученных из составов на основе ММО, ожидаемо выше за счет большей вязкости таких составов.

Таблица 3 – Влияние температуры состава на основе товарного М-10$Г_2$(к) / ММО на толщину образующейся пленки

Ингибитор коррозии	Концентрация, масс.%	Температура, ^{0}С					
		20	30	40	50	60	70
Отсутствует		19,5/20,3	17,1/20,3	12,6/14,8	8,3/11,2	6,2/9,0	6,0/8,5
Cortec VpCI-368	3	19,8/21,8	16,5/19,0	12,5/16,8	11,7/14,5	11,0/14,0	10,7/10,9
	5	19,9/23,5	16,8/19,8	13,0/17,5	12,5/15,0	11,0/12,8	10,6/11,4
	7	20,0/24,8	17,2/21,5	14,5/19,0	13,3/16,3	11,8/13,5	10,7/11,8
	10	21,0/26,3	18,5/23,1	16,2/20,0	14,5/17,5	12,5/15,0	11,0/12,1
Cortec VpCI-369	3	19,6/22,0	19,5/15,9	17,8/14,8	14,2/13,0	12,5/11,9	11,0/10,2
	5	20,4/23,8	19,7/21,8	16,3/20,5	14,5/17,5	12,5/17,1	11,1/13,8
	7	21,0/25,2	20,3/22,9	17,5/21,5	15,0/16,0	12,7/14,9	11,0/14,1
	10	22,9/26,5	22,5/23,1	20,0/20,9	17,5/11,5	14/10,9	11,6/14,1

В таблице 4 приведены данные по возможному теоретическому расходу исследуемых консервационных материалов. Расход консервационного материала мало зависит от природы ингибитора коррозии и не превышают 20-21 г/м^2, а расход ингибитора не превышает 1,0 – 1,1 г/м^2 защищаемой поверхности.

Таблица 4 – Некоторые технологические параметры для консервационных материалов на основе Cortec VpCI-368 и Cortec VpCI-369

Состав покрытия				Температура нанесения	Плотность КМ, кг/м^3	Толщина покрытия, мкм	Теоретический расход	
							КМ, кг/м^2	ингибитора, г/м^2
Масло	масс.%	Ингибитор	масс.%					
И-20А	100	-	-	20	880	19,1	0,017	0
				70		5,1	0,004	0
	95	CortecVpCI-368/ CortecVpCI-369	5	20	902/872	20,2/20,3	0,018/0,018	0,9/0,9
				70		14,6/14,7	0,013/0,013	0,7/0,7
	90		10	20	882/879	20,6/20,6	0,018/0,018	0,9/0,9
				70		16,3/17,3	0,014/0,015	0,7/0,8
ТКп	100	-	-	20	885	9,7	0,009	0
				70		4,2	0,004	0
	95	CortecVpCI-368/ CortecVpCI-369	5	20	867/864	11,6/13,4	0,010/0,012	0,5/0,6
				70		7,1/10,5	0,006/0,09	0,3/0,5
	90		10	20	864/876	17,9/18,5	0,015/0,016	0,8/0,8
				70		12,8/13,8	0,011/0,012	0,6/0,6
М10$Г_2$(к)	100	-	-	20	900	19,5	0,017	0
				70		6,0	0,005	0
	95	CortecVpCI-368/ CortecVpCI-369	5	20	903/892	19,9/20,4	0,018/0,018	0,9/0,9
				70		10,6/11,1	0,010/0,010	0,5/0,5
	90		10	20	916/904	21,0/22,9	0,019/0,021	1,0/1,0
				70		11,0/11,6	0,010/0,010	0,5/0,5
ММО	100	-	-	20	850	20,3	0,017	0
				70		8,5	0,007	0
	95	CortecVpCI-368/ CortecVpCI-369	5	20	899/859	23,5/23,8	0,021/0,020	1,1/1,0
				70		11,4/13,8	0,010/0,012	0,5/0,6
	90		10	20	858/881	17,9/18,5	0,015/0,016	0,8/0,8
				70		12,8/13,8	0,010/0,012	0,5/0,6

Заключение. Таким образом, максимальные величины для толщины пленок получили из составов на основе ММО, что соответствовало их максимальному защитному эффекту, минимальные - из трансформаторного масла. Толщина пленок, получаемых из составов на основе И–20А, близка к значениям, полученным для моторного масла М10$Г_2$(к). Наблюдали ожидаемое

уменьшение толщины пленок всех исследуемых КМ на стали с ростом температуры их нанесения и уменьшением концентрации ингибиторов. Установлено, что зависимости толщины пленок минеральных масел от температуры носила практически линейный характер в диапазоне 40 – 70 ^{0}C. Были получены эмпирические уравнения, связывающие толщину пленок и кинематическую вязкость для исследуемых минеральных масел и составов на основе трансформаторного масла и ингибитора Cortec VpCI-368, позволяющие на основе вязкости исследуемых консервационных материалов через толщину получаемого покрытия, определить их расход. Теоретический расход КМ из расчета получения покрытия заданной толщины на единицу площади без учета безвозвратных потерь для составов на основе Cortec VpCI-368 и Cortec VpCI-369 практически совпадал.

Список литературы

1. Научные основы, практика создания и номенклатура антикоррозионных консервационных материалов: Учеб. пособие для студентов хим. фак. ун-тов: Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Химия" / В. И. Вигдорович, Л. Е. Цыганкова, А. П. Поздняков, Н. В. Шель; М-во образования Рос. Федерации. Тамб. гос. ун-т им. Г. Р. Державина. - Тамбов: Изд-во ТГУ, 2001. - 192 с.

2. Yuanyuan Qian, Yongxin Li, Scott Jungwirth, Nicholas Seely, Yida Fang, Xianming Shi. The Application of Anti-Corrosion Coating for Preserving the Value of Equipment Asset in Chloride-Laden Environments: A Review // Int. J. Electrochem. Sci., 10 (2015). Pp. 10756 – 10780.

3. Tsygankova L.E., Vigdorovich V.I., Shel N.V., Dubinskaya E.V. Peculiarities of Protective Efficiency of Nitrogen Containing Inhibitors of Steel Corrosion //International Journal of Corrosion and Scale Inhibition. – 2013. – Т. 2. – № 4. – С. 304-310.

4. Миронов Е.Б., Косолапов В.В., Тарукин Е.М., Маслов М.М. Оценка консервационных материалов для защиты от коррозии рабочих органов сельскохозяйственной техники // Вестник НГИЭИ. – 2015. – С. 1-13.

5. Прохоренков В.Д., Вигдорович В.И., Князева Л.Г. Доступные противокоррозионные материалы для защиты сельскохозяйственной техники от атмосферной коррозии // Практика противокоррозионной защиты. – 2003. – № 3 (29). – С. 51-54.

6. Князева Л.Г., Прохоренков В.Д., Остриков В.В., Чернышова И.Ю. Разработка консервационных материалов на основе отработанных масел // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2002. – № 10. – С. 38-40.

7. Петрашев А.И., Князева Л.Г., Клепиков В.В. Технологические решения по консервации сельскохозяйственной техники отработанными моторными маслами // Труды ГОСНИТИ. – 2013. Т. 112. – № 2. – С. 61-65.

8. Князева Л.Г., Петрашев А.И. К вопросу выбора консервационных материалов для защиты сельскохозяйственной техники // Наука в центральной России. – 2019. – № 1 (37). – С. 88-99.

9. 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.

10. http://cortecrus.ru/?yclid=4331878632232354672. Дата обращения 07.07.2020.

11. https://med-auto.com/auto-tips/the-best-anti-corrosion-materials-for-cars.html. Дата обращения 07.07.2020.

12. http://cortecrus.ru/antikorrozijnye-materialy/vremennye-pokrytiya/pokrytie-na-osnove-rastvoritelya-dlya-maksimalno-dlitelnoj-zashchity-vpci-368.html. Дата обращения 07.07.2020.

13. http://cortecrus.ru/antikorrozijnye-materialy/vremennye-pokrytiya/pokrytie-na-osnove-masla-dlya-maksimalno-dlitelnoj-zashchity-vpci-369.html?yclid=4332080069410846604. Дата обращения 07.07.2020.

14. Князева Л.Г. Научные основы создания антикоррозионных консервационных материалов на базе отработавших нефтяных масел и растительного сырья / диссертация на соискание ученой степени доктора химических наук / ГОУВПО "Тамбовский государственный технический университет". Тамбов, 2012.

15. Прохоренков В.Д., Князева Л.Г., Остриков В.В., Вигдорович В.И. Носители защитной эффективности отработавших моторных масел // Химия и технология топлив и масел. 2006. – № 1 (533). – С. 26-28.

16. Вигдорович В.И., Прохоренков В.Д., Князева Л.Г. Защитная эффективность продуктов очистки отработавших масел в условиях электрохимической коррозии стали // Технологии нефти и газа. – 2008. – № 4 (57). – С. 24-30.

17. 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 (40). – С. 41-47.

18. Левич В. Физико-химическая гидродинамика. - М, Физматгиз,1959. - 669 с.

References

1. Nauchnye osnovy, praktika sozdaniya i nomenklatura antikorrozionnyh konservacionnyh materialov: Ucheb. posobie dlya studentov him. fak. un-tov: Ucheb. posobie dlya studentov vuzov, obuchayushchihsya po special'nosti "Himiya" / V. I. Vigdorovich, L. E. Cygankova, A. P. Pozdnyakov, N. V. SHel'; M-vo obrazovaniya Ros. Federacii. Tamb. gos. un-t im. G. R. Derzhavina. - Tambov: Izd-vo TGU, 2001. - 192 s.

2. Yuanyuan Qian, Yongxin Li, Scott Jungwirth, Nicholas Seely, Yida Fang, Xianming Shi. The Application of Anti-Corrosion Coating for Preserving the Value of Equipment Asset in Chloride-Laden Environments: A Review // Int. J. Electrochem. Sci., 10 (2015). Rr. 10756 – 10780.

3. Tsygankova L.E., Vigdorovich V.I., Shel N.V., Dubinskaya E.V. Peculiarities of Protective Efficiency of Nitrogen Containing Inhibitors of Steel Corrosion //International Journal of Corrosion and Scale Inhibition. – 2013. – T. 2. – № 4. – S. 304-310.

4. Mironov E.B., Kosolapov V.V., Tarukin E.M., Maslov M.M. Ocenka konservacionnyh materialov dlya zashchity ot korrozii rabochih organov sel'skohozyajstvennoj tekhniki // Vestnik NGIEI. – 2015. – S. 1-13.

5. Prohorenkov V.D., Vigdorovich V.I., Knyazeva L.G. Dostupnye protivokorrozionnye materialy dlya zashchity sel'skohozyajstvennoj tekhniki ot atmosfernoj korrozii // Praktika protivokorrozionnoj zashchity. – 2003. – № 3 (29). – S. 51-54.

6. Knyazeva L.G., Prohorenkov V.D., Ostrikov V.V., CHernyshova I.YU. Razrabotka konservacionnyh materialov na osnove otrabotannyh masel // Himicheskoe i neftegazovoe mashinostroenie. – 2002. – № 10. – S. 38-40.

7. Petrashev A.I., Knyazeva L.G., Klepikov V.V. Tekhnologicheskie resheniya po konservacii sel'skohozyajstvennoj tekhniki otrabotannymi motornymi maslami // Trudy GOSNITI. – 2013. T. 112. – № 2. – S. 61-65.

8. Knyazeva L.G., Petrashev A.I. K voprosu vybora konservacionnyh materialov dlya zashchity sel'skohozyajstvennoj tekhniki // Nauka v central'noj Rossii. – 2019. – № 1 (37). – S. 88-99.

9. 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.

10. http://cortecrus.ru/?yclid=4331878632232354672. Data obrashcheniya 07.07.2020.

11. https://med-auto.com/auto-tips/the-best-anti-corrosion-materials-for-cars.html. Data obrashcheniya 07.07.2020.

12. http://cortecrus.ru/antikorrozijnye-materialy/vremennye-pokrytiya/pokrytie-na-osnove-rastvoritelya-dlya-maksimalno-dlitelnoj-zashchity-vpci-368.html. Data obrashcheniya 07.07.2020.

13. http://cortecrus.ru/antikorrozijnye-materialy/vremennye-pokrytiya/pokrytie-na-osnove-masla-dlya-maksimalno-dlitelnoj-zashchity-vpci-369.html?yclid=4332080069410846604. Data obrashcheniya 07.07.2020.

14. Knyazeva L.G. Nauchnye osnovy sozdaniya antikorrozionnyh konservacionnyh materialov na baze otrabotavshih neftyanyh masel i rastitel'nogo syr'ya / dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni doktora himicheskih nauk / GOUVPO "Tambovskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet". Tambov, 2012.

15. Prohorenkov V.D., Knyazeva L.G., Ostrikov V.V., Vigdorovich V.I. Nositeli zashchitnoj effektivnosti otrabotavshih motornyh masel // Himiya i tekhnologiya topliv i masel. 2006. – № 1 (533). – S. 26-28.

16. Vigdorovich V.I., Prohorenkov V.D., Knyazeva L.G. Zashchitnaya effektivnost' produktov ochistki otrabotavshih masel v usloviyah elektrohimicheskoj korrozii stali // Tekhnologii nefti i gaza. – 2008. – № 4 (57). – S. 24-30.

17. Vigdorovich V.I., Prohorenkov V.D., Knyazeva L.G., Epifancev S.S. Zashchita ot atmosfernoj korrozii otrabotannymi maslami, ingibirovannymi produktami ih ochistki. Soobshchenie 4. Zashchitnaya effektivnost' ingibirovannyh POOM otrabotannyh masel v usloviyah vlagonasyshcheniya // Praktika protivokorrozionnoj zashchity. – 2006. – № 2 (40). – S. 41-47.

18. Levich V. Fiziko-himicheskaya gidrodinamika. - M, Fizmatgiz,1959. - 669 s.

Сведения об авторах
Принадлежность к организации

Князева Лариса Геннадьевна – доктор химических наук, доцент, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: Knyazeva27@mail.ru.

Дорохов Андрей Валерьевич – младший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: dorokhov.andryusha@mail.ru.

Курьято Николай Алексеевич – лаборант-исследователь Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: cska-sparta@yandex.ru.

Author credentials
Affiliations

Knyazeva Larisa G. – Full Doctor of Chemical Sciences, Associate Professor, Chief Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: Knyazeva27@mail.ru.

Dorokhov Andrey V. – Junior Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “All Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: dorokhov.andryusha@mail.ru.

Kuryato Nikolay A – Research laboratory assistant of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: cskasparta@yandex.ru.

Работа выполнена при поддержке РНФ, проект № 18-16-00006
This work was supported by RNF, project No. 18-16-00006

Поступила в редакцию (Received): 20.07.2020 Принята к публикации (Accepted): 21.08.2020

УДК 621.822.6.004.67:668.3:631.3.02
DOI: 10.35887/2305-2538-2020-4-76-84

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И КОНТАКТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ПОДШИПНИКАХ КАЧЕНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ

[1]Ли Роман Иннакентьевич
[1]Киба Мария Романовна
[1]Быконя Андрей Николаевич
[1]ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»

Реферат. *Увеличение долговечности подшипников качения автомобилей позволяет снизить затраты на ремонт техники и увеличить время безотказной работы. Большое распространение получил метод восстановления изношенных посадочных отверстий в корпусных деталях автомобилей нанесением покрытий из раствора эластомера. Установлено, что наличие слоя полимерного нанокомпозита в посадочном отверстии приводит к перераспределению нагрузки с центрального, наиболее нагруженного тела качения на соседние с ним за счет деформации кольца подшипника, увеличивается площадь пятна контакта нагруженных тел с дорожками качения из-за большей деформации поверхности дорожек качения в подшипниках с покрытием из полимерного нанокомпозита в сравнении со стандартным подшипником. Это приводит к снижению контактных напряжений и увеличивается ресурс подшипников. Предложена оригинальная методология исследования трибологических параметров и контактных напряжений в подшипниках качения и конструкция стенда для проведения вышеупомянутых*