

ТЕХНОЛОГИИ, СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

DOI

УДК 620.197

ВЛИЯНИЕ ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗАЩИТЫ ЭЛЕМЕНТОВ КУЗОВА АВТОМОБИЛЯ

Сазонов Дмитрий Сергеевич, канд. техн. наук, доцент кафедры «Технический сервис», ФГБОУ ВО Самарский ГАУ.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: sazonov_ds@mail.ru

Ерзамаев Максим Павлович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Технический сервис», ФГБОУ ВО Самарский ГАУ.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: erzamaev_mp@mail.ru

Жильцов Сергей Николаевич, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Технический сервис», ФГБОУ ВО Самарский ГАУ.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: 3204@mail.ru

Быченин Александр Павлович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Тракторы и автомобили», ФГБОУ ВО Самарский ГАУ.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: tia_sci_ssaa@mail.ru

Ключевые слова: коррозия, ингибитор, автомобиль, конденсация, электролит.

Цель исследования – повышение эффективности антикоррозионной обработки наружных элементов кузова автомобиля ингибиторами коррозии. Приведены исследования ингибиторов коррозии для защиты колесных арок и днища автомобиля при периодической конденсации влаги без воздействия электролита, а также в электролите (магний хлористый – 11 г/л, кальций хлористый – 1,2 г/л, натрий сернокислый – 4,0 г/л, натрий хлористый – 25 г/л). В качестве объектов консервации были выбраны стальные пластины из стали марки 09Г2С. Пластины обрабатывались следующими ингибиторами коррозии: пушечное сало ОЙЛПРАЙТ, грунт универсальный KUDO, антикоррозионный материал Dinitrol Metallic. Контрольными образцами служили пластины без обработки ингибитором. Перед нанесением ингибиторов коррозии поверхность пластин была обезжирена и высушена, после чего определялась масса каждой пластины на электронных лабораторных весах AND HR-200. Грунт KUDO и материал Dinitrol Metallic наносили из аэрозольных баллончиков согласно технической документации. Пушечное сало ОЙЛПРАЙТ наносили путем погружения пластины на 1 мин в ингибитор, разогретый на водяной бане до температуры 100°C. Результаты показали, что ингибитор Dinitrol Metallic обеспечивает наилучшую защиту при периодической конденсации влаги без воздействия электролита. Исследования в электролите показывают, что наибольшая площадь коррозионных очагов (41,6% от всей площади) у антикоррозионного материала Dinitrol, у грунта KUDO площадь коррозионных очагов составила около 11,9%. Наилучшей эффективностью защиты от воздействия электролита из исследуемых ингибиторов обладает пушечное сало ОЙЛПРАЙТ, его степень защиты 90,6%, суммарная площадь коррозионных очагов составила менее 1%. Материал Dinitrol Metallic защищает сталь от воздействия солей только на 28,8%, при этом скорость коррозии снижается лишь в 1,4 раза. Защитный грунт KUDO замедляет коррозию в 2,6 раза и обеспечивает степень защиты 61,9 %.

EFFECT OF ANTI-CORROSION INHIBITORS ON PROTECTION PERFORMANCE OF AUTO BODY ELEMENTS

D. S. Sazonov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the department «Technical Service», FSBEI HE Samara SAU.

446442, Samara region, settlement Ust-Kinelsky, Uchebnaya street, 2.

E-mail: sazonov_ds@mail.ru

M. P. Erzamaev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the department «Technical Service», FSBEI HE Samara SAU.

446442, Samara region, settlement Ust-Kinelsky, Uchebnaya street, 2.

E-mail: erzamaev_mp@mail.ru

S. N. Zhiltsov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the department «Technical Service», FSBEI HE Samara SAUA.

446442, Samara region, settlement Ust-Kinelsky, Uchebnaya street, 2.

E-mail: 3204@mail.ru

A. P. Bychenin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the department «Tractors and Automobiles», FSBEI HE Samara SAU.

446442, Samara region, settlement Ust-Kinelsky, Uchebnaya street, 2.

E-mail: tia_sci_ssaa@mail.ru

Keywords: corrosion, inhibitor, automobile, condensation, electrolyte.

The research purpose is increasing the effectiveness of anti-corrosion treatment of external auto body elements using the inhibitors. Studies of anti-corrosion inhibitors for protecting wheel arches and auto bottoms during periodic moisture condensation without electrolyte exposure, as well as in the electrolyte (magnesium chloride-11 g/l, calcium chloride – 1.2 g/l, sodium sulphate – 4.0 g/l, sodium chloride – 25 g/l) are presented. Type steel plates 09G2S were selected as object of conservation. The plates were treated with the following anti-corrosion inhibitors: OILRIGHT lubricant, Kudo base coating, and Dinitrol Metallic anticorrosion material. Control samples were Plates with no inhibitor treatment were chosen as control samples. Before applying corrosion inhibitors, the surface of the plates was degreased and dried, and then each plate weight was determined by AND HR-200 electronic laboratory scale. Kudo coating and Dinitrol Metallic material were applied from aerosol bottle according to the technical documentation. OILRIGHT lubricant was applied by dipping the plate for 1 min into an inhibitor heated in a water bath to a temperature of 100°C. The results showed that the Dinitrol Metallic inhibitor provides the best protection during periodic condensation of moisture without electrolyte affect. Electrolyte study shows the anti-corrosion material Dinitrol failed to provide protection against corrosion on (41.6% of the total area) KUDO coating left 11.9% of area corrosion unprotected. The studied inhibitors showed the best efficiency of protection against the effects of the electrolyte has the OILRIGHT lubricant, its degree of protection is 90.6%, and a total corrosion affected area was less than 1%. The Dinitrol Metallic material protects steel from salt exposure by 28.8%, while the corrosion rate is reduced by 1.4 times. Kudo protective coating slows down corrosion by 2.6 times and provides a protection level of 61.9 %.

Лакокрасочное покрытие не только придает автомобилю красивый внешний вид, но и предохраняет от коррозии и преждевременного разрушения. Однако постоянное воздействие на кузов автомобиля снега, дождя, соли, грязи в совокупности с механическими воздействиями песка, мелких камней, льдинок и вибрации приводят к старению и постепенному разрушению покрытия.

В осенне-зимний период для борьбы с обледенением автомобильных дорог в России применяют антигололедные средства: хлористый кальций, ингибированный фосфатами (ХКФ); хлористый кальций натрий модифицированный (ХКНМ) – Айсмелт; Биомаг – хлористый магний модифицированный; нитраты кальция, магния, мочевины (НКММ); соль техническая – NaCl. Антигололедные средства ускоряют процессы электрохимической коррозии, коррозия стали идет в 10-15 раз быстрее, чем в дождевой воде.

Автопроизводители постоянно ведут работы по увеличению срока службы автомобилей. Двигатель и другие агрегаты способны сохранять работоспособность многие годы, в то время как кузов при отсутствии правильной и регулярной противокоррозионной защиты может прийти в негодность значительно быстрее. Регулярная комплексная противокоррозионная обработка ингибиторами коррозии позволяет продлить срок службы кузова транспортного средства [1].

Защита кузова автомобиля от коррозии, как правило, осуществляется либо электрохимическим способом, либо использованием различных ингибиторов коррозии [2, 3].

Электрохимическая защита основана на снижении скорости коррозии путем смещения потенциала до значений, соответствующих крайне низким скоростям растворения. В зависимости от направления смещения потенциала металла электрохимическая защита подразделяется на катодную и анодную [4].

Широкое распространение для антикоррозионной защиты кузова автомобиля получили различные ингибиторы коррозии, такие как пленкообразующие ингибиторные нефтяные составы (ПИНСы), защитные мастики, пластичные консервационные смазки и восковые составы [3, 5]. На рынке представлен широкий ассортимент ингибиторов коррозии отечественных и импортных производителей для защиты элементов кузова автомобиля в разных ценовых категориях, обладающих различной защитной эффективностью.

Цель исследований – повышение эффективности антикоррозионной обработки наружных элементов кузова автомобиля ингибиторами коррозии.

Задачи исследований – оценить степень защиты ингибиторов коррозии, применяемых для антикоррозионной обработки колесных арок и днища автомобиля, при периодической конденсации влаги и в растворе электролита; дать рекомендации по их применению в различных условиях эксплуатации.

Материалы и методы исследований. Лабораторные коррозионные исследования проводились на кафедре «Технический сервис» ФГБОУ ВО Самарского ГАУ и в Самарской испытательной лаборатории ФГБУ ЦНМВЛ.

Подготовка образцов и их исследование проводились согласно ГОСТ Р 9.905-2007 «Консервационные масла, смазки и ингибированные пленкообразующие нефтяные составы. Методы ускоренных испытаний защитной способности».

В качестве объектов консервации применялись пластины размером 50x50x2 мм, изготовленные из стали 09Г2С, так как она малоустойчива к коррозии [6]. Поверхность пластин была обработана на плоско-шлифовальном станке. Измерение шероховатости поверхности пластин проводили на профилографе-профилометре «Абрис-ПМ7М». Среднее арифметическое значение шероховатости поверхности пластин составило $Ra=0,325$ мкм.

Пластины обрабатывались следующими ингибиторами коррозии: 1) пушечное сало ОЙПРАЙТ, 2) грунт универсальный KUDO, 3) антикоррозионный материал Dinitrol Metallic. Контрольными образцами служили пластины без обработки ингибитором.

Перед нанесением ингибиторов коррозии на пластины, их поверхность была обезжирена и высушена, после чего определялась масса каждой пластины на электронных лабораторных весах AND HR-200. Грунт KUDO и материал Dinitrol Metallic наносили из аэрозольных баллончиков согласно технической документации. Пушечное сало ОЙПРАЙТ наносили путем погружения пластины на 1 мин в ингибитор, разогретый на водяной бане до температуры 100°C.

Образцы после выдержки взвешивали и определяли толщину слоя h нанесенного ингибитора по формуле

$$h = \frac{m_1 - m_0}{\rho \cdot F \cdot 0,1}, \text{ мм,}$$

где m_1 – масса пластины с нанесенным ингибитором коррозии, г; m_0 – масса чистой пластины, г; ρ – плотность антикоррозионного материала, г/см³; F – площадь поверхности пластины, см².

Размеры пластины определяли штангенциркулем ШЦ-1-250 0,05. Площадь поверхности пластины рассчитывали по формуле

$$F = \frac{(a \times b) \times 2 + (c \times a) \times 2 + (c \times b) \times 2}{100}, \text{ см}^2,$$

где a – средняя ширина пластины, мм; b – средняя длина пластины, мм; c – средняя толщина пластины, мм.

Коррозионные исследования с периодической конденсацией влаги на образцах проводили на основе ГОСТ Р 9.905-2007 и методик [7]. Для этого в верхней крышке лабораторного эксикатора была смонтирована струна для подвешивания образцов. В чашу эксикатора наливали дистиллированную воду до уровня выступа в нижней части чаши. Затем на выступ устанавливали фарфоровую вставку с отверстиями. Пластины с нанесенными ингибиторами коррозии подвешивались в эксикаторе. После

этого крышка эксикатора закрывалась.

Конденсацию влаги на исследуемых образцах проводили циклами. Сначала образцы подвергались воздействию воздушной среды с температурой 40°C и относительной влажностью 95...100% в течение 7 ч. Для этого эксикатор с исследуемыми образцами помещался в термостат суховоздушный охлаждающий ТСО-500 с установленной температурой в камере 40°C. В камере термостата автоматически поддерживалась температура 40±2°C. Затем создавали условия для конденсации влаги на образцах путем их охлаждения за счет выключения нагрева камеры термостата. Продолжительность второго цикла составляла 17 ч. Продолжительность исследований с периодической конденсацией влаги составила 45 суток.

Для коррозионных исследований при погружении в электролит был приготовлен электролит путем растворения солей (магний хлористый – 11 г/л, кальций хлористый – 1,2 г/л, натрий сернокислый – 4,0 г/л, натрий хлористый – 25 г/л) в дистиллированной воде. Водородный показатель рН электролита был доведен до 8,1 ед. 25% раствором углекислого натрия в дистиллированной воде. Контроль рН осуществлялся анализатором жидкости «Эксперт».

Приготовленный электролит был разлит в емкости объемом 0,5 л. Образцы погружали в раствор электролита (каждый образец в отдельную емкость). Емкости с образцами выдерживались при комнатной температуре в течение 60 суток.

После испытаний покрытия и продукты коррозии с образцов удаляли химическим способом согласно ГОСТ Р 9.907-2007 «Металлы, сплавы, покрытия металлические. Методы удаление коррозии после коррозионных испытаний». Сначала удаляли растворителем с поверхности пластин нанесенный ингибитор коррозии, после чего продукты коррозии убирали протравливанием пластин в 10% растворе соляной кислоты с 10 г/л ингибитора ПКУ-Э. Для лучшего удаления продуктов коррозии стакан с травильным раствором и погруженным в него образцом помещали в ультразвуковую ванну Elmasonic S30. Очищенные от коррозии пластины промывали дистиллированной водой и сушили в сушильном шкафу ШС-80. Остывшие до комнатной температуры пластины взвешивали на электронных лабораторных весах AND HR-200.

Оценку ингибиторов коррозии проводили по скорости коррозии и степени защиты по ГОСТ 9.908-85 «Металлы и сплавы. Методы определения показателей коррозии и коррозионной стойкости».

Скорость коррозии K определяли по потерям массы металла:

$$K = \frac{m_0 - m_2}{F \cdot \tau}, \text{ г/м}^2 \cdot \text{сутки},$$

где m_2 – масса пластины после удаления продуктов коррозии, г; m_0 – масса чистой пластины, г; τ – длительность испытаний, сутки; F – площадь поверхности пластинки, м².

Степень защиты ингибитором Z определяли по формуле:

$$Z = \frac{K_0 - K}{K_0} \times 100, \%,$$

где K_0 – скорость коррозии пластины без покрытия, г/м²·сутки.

Для оценки защитных свойств ингибиторов коррозии была определена площадь поверхности пластины, подверженной коррозии. Пластины после испытаний фотографировали, и фотографии обрабатывали в графическом редакторе Corel Draw. Все фотографии с образцами обрезали до одинакового размера 50x50 мм. Затем фотография подвергалась переводу из растрового формата изображения в векторное. Площадь коррозии определялась при помощи макроса SanM Curve Info2 для графического редактора Corel Draw. Для этого на векторном изображении последовательно выделялись коррозионные участки, и суммировалась их площадь с каждой стороны пластины.

Результаты исследований. Коррозионные исследования с периодической конденсацией влаги показали, что на поверхности пластины, покрытой антикоррозионным материалом Dinitrol Metallic, очагов и пятен коррозии не обнаружено (рис. 1).

На контрольном образце стальной пластины без обработки ингибитором коррозии заметны явные пятна коррозии, при этом коррозии подвернута значительная часть поверхности пластины.

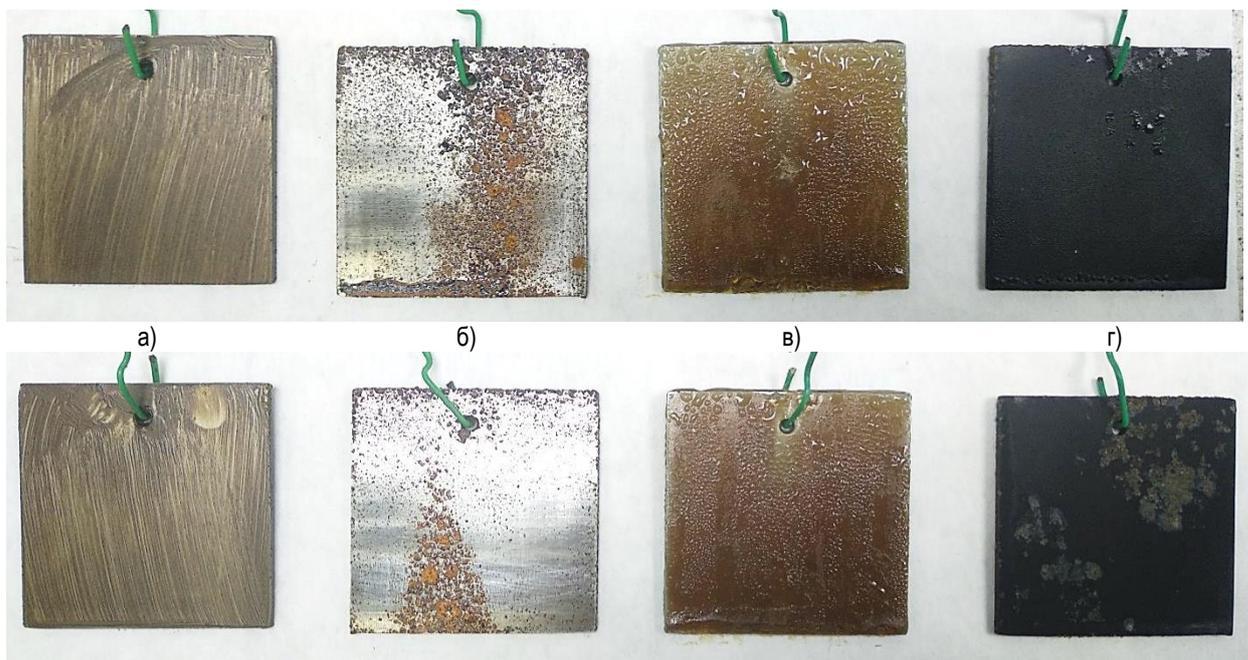


Рис. 1. Фотографии образцов после исследований с периодической конденсацией влаги:
 а – антикоррозионный материал Dinitrol Metallic; б – без обработки; в – пушечное сало ОЙЛПРАЙТ;
 г – защитный грунт KUDO

На образце, обработанном пушечным салом ОЙЛПРАЙТ, очагов и пятен коррозии не наблюдалось, но на поверхности образца происходила конденсация влаги в виде мелких капель. Поверхность образца с защитным грунтом KUDO была подвержена коррозии, на ней появились очаги незначительной глубины, но с течением времени коррозия увеличивалась.

Исследования с периодической конденсацией влаги показали, что лучшую защиту обеспечивает антикоррозионный материал Dinitrol Metallic. Данный ингибитор коррозии эффективен для защиты колесных арок и днища автомобиля, например, в тех районах, где дорожное покрытие не подвергается обработке антигололедными средствами.

На рисунке 2 представлены фотографии поверхностей образцов после коррозионных исследований при погружении в электролит.

Результаты коррозионных исследований при погружении образцов в электролит показывают, что площадь коррозионных очагов на поверхности пластины без покрытия ингибитором коррозии составила 88% от всей его поверхности (табл. 1).

Наибольшая площадь коррозионных очагов у исследуемых образцов была у тиксотропного антикоррозионного материала Dinitrol Metallic: она составила 2025 мм², что соответствует 41,6% от общей площади пластины. Данный материал плохо защищает сталь 09Г2С от воздействия солей (магний хлористый, кальций хлористый, натрий сернокислый, натрий хлористый).

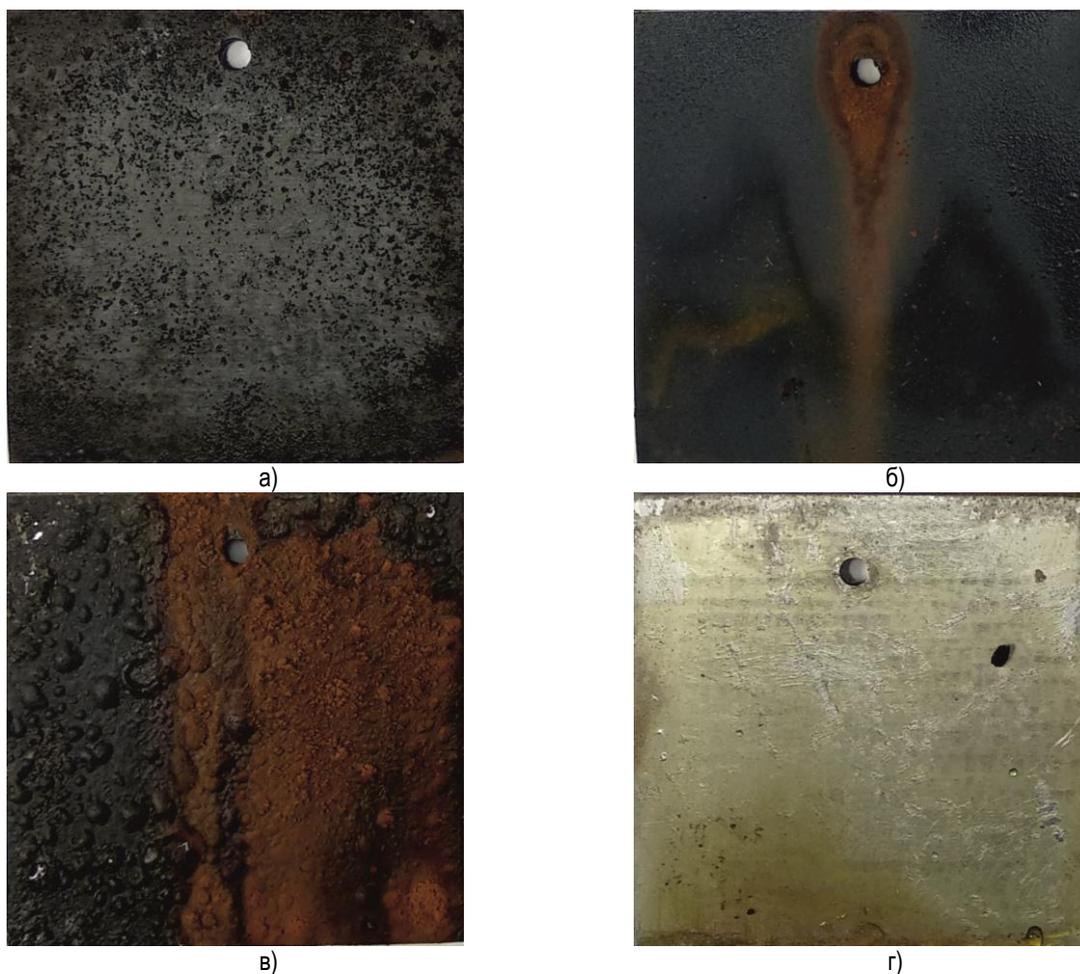


Рис. 2. Фотографии образцов после погружения в раствор электролита:
а – без обработки; б – защитный грунт KUDO; в – антикоррозионного материала Dinitrol Metallic;
г – пушечное сало ОЙЛПРАЙТ

Таблица 1

Результаты определения площади коррозионных очагов

Наименование образца	Площадь коррозионных очагов на стороне 1, мм ²	Площадь коррозионных очагов на стороне 2, мм ²	Суммарная площадь коррозионных очагов, мм ²	Суммарная площадь коррозионных очагов, %
Без обработки	2086	2192	4278	88
Пушечное сало ОЙЛПРАЙТ	11	29	40	0,8
Защитный грунт KUDO	307	274	581	11,9
Антикоррозионный материал Dinitrol Metallic	1527	498	2025	41,6

Самым стойким к раствору электролита коррозионным ингибитором по результатам исследований оказалось пушечное сало ОЙЛПРАЙТ. Загущенное нефтяное масло с ингибиторами коррозии в его составе эффективно защищает поверхность стали от воздействия солей. Суммарная площадь коррозионных очагов на пластине составила менее 1%. Грунт универсальный KUDO обладает высокой адгезией, атмосферостойкостью и хорошей укрывистостью, что подтверждается тем, что площадь коррозионных очагов на пластине составила около 11,9% от общей площади.

Изменение массы пластин после удаления продуктов коррозии представлено в таблице 2.

Таблица 2

Изменение массы пластин

Наименование образца	Масса пластины, г	Масса пластины после испытаний, г	Изменение массы, г
Пушечное сало ОЙПРАЙТ	45,4878	45,469	0,0193
Защитный грунт KUDO	46,1907	46,113	0,0778
Антикоррозионный материал Dinitrol Metallic	45,5877	45,442	0,1457
Без обработки	45,5217	45,317	0,2043

Была рассчитана скорость коррозии пластин с нанесенными исследуемыми ингибиторами коррозии. Значения скорости коррозии для исследуемых ингибиторов представлены на рисунке 3.

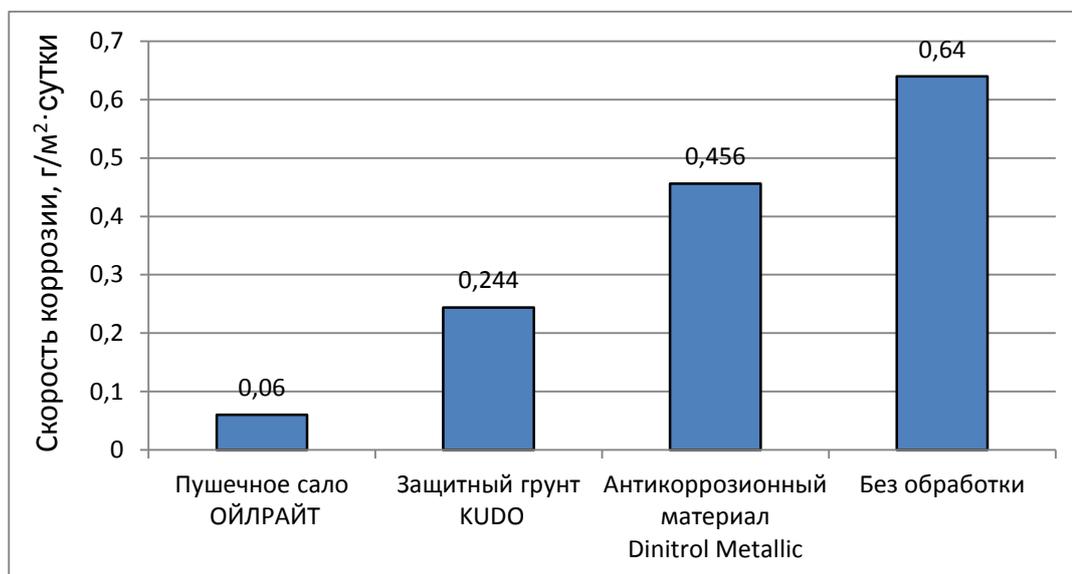


Рис. 3. Скорость коррозии пластин при обработке исследуемыми ингибиторами коррозии

Наименьшая скорость коррозии (0,06 г/м²·сутки) получена для пластины, обработанной пушечным салом ОЙПРАЙТ, скорость коррозии замедляется почти в 11 раз по сравнению с пластиной, необработанной ингибитором. Менее стойкой к раствору электролита оказалась пластина, обработанная материалом Dinitrol Metallic. Покрытие снизило скорость лишь в 1,4 раза. Защитный грунт KUDO замедлил скорость коррозии до 0,244 г/м²·сутки или в 2,6 раза. Эффективность ингибиторов оценивалась степенью защиты покрытия. Антикоррозионный материал Dinitrol Metallic защищает сталь от воздействия солей только на 28,8%, грунт KUDO обеспечивает степень защиты на 61,9%. Наивысшей степенью защиты от воздействия магния хлористого, кальция хлористого, натрия сернистого, натрия хлористого обладает пушечное сало ОЙПРАЙТ, его степень защиты составила 90,6%.

Заключение. Из исследуемых ингибиторов коррозии наилучшую защиту колесных арок и днища автомобиля при периодической конденсации влаги без воздействия электролита обеспечит материал Dinitrol Metallic. Результаты коррозионных исследований в электролите показывают, что наибольшая площадь коррозионных очагов (41,6% от всей площади) отмечена на пластинах, обработанных антикоррозионным материалом Dinitrol. На пластинах, обработанных грунтом KUDO, площадь коррозионных очагов составила около 11,9%. Самую лучшую защиту колесных арок и днища автомобиля к раствору электролита, по результатам исследований, обеспечит пушечное сало ОЙПРАЙТ. Поэтому, в тех районах, где дорожное покрытие подвергается обработке антигололедными средствами, данный ингибитор коррозии будет наиболее эффективен.

Библиографический список

1. Шангин, Ю. А. Восстановление лакокрасочного покрытия легкового автомобиля. Советы автолюбителям / Ю. А. Шангин. – 4-е изд., стер. – М. : Транспорт, 1990. – 205 с.
2. Гайдар, С. М. Совершенствование противокоррозионной защиты машин и оборудования АПК / С. М. Гайдар, Е. А. Петровская // Доклады ТСХА : сб. ст. – М. : Изд-во РГАУ-МСХА, 2018. – Вып. 290, Ч. II. – С. 225-227.
3. Шлыков, А. Е. Сравнительный анализ ингибиторов коррозии / А. Е. Шлыков, Е. М. Тарукин, А. А. Калашов

// Аграрный научный журнал. – 2018. – №8. – С. 68-71.

4. Шемякин, А. В. Применение метода катодной протекторной защиты для снижения потерь металла при хранении сельскохозяйственной техники / А. В. Шемякин, В. В. Терентьев, Н. М. Морозова [и др.] // Вестник Рязанского ГАУ им. П. А. Костычева. – 2016. – №4 (32). – С. 93-97.

5. Куюков, В. В. Сохранение антикоррозионных покрытий элементов кузова в эксплуатационных условиях / В. В. Куюков, С. А. Хуажев, В. В. Катков // KANT. – 2011. – №3. – С. 98-100.

6. Баранова, А. Н. Исследование коррозионной стойкости сталей, применяемых для изготовления дражного оборудования для добычи золота / А. Н. Баранова, Е. А. Гусева, Е. М. Комова // Системы. Методы. Технологии. – 2011. – №1(21). – С.102-106.

7. Фокин, М. Н. Методы коррозионных испытаний металлов / М. Н. Фокин, К. А. Жигалова. – М. : «Металлургия», 1986. – 80 с.

References

1. Shangin, Yu. A. (1990). Vosstanovlenie lakokrasochnogo pokritiia legkovogo avtomobilia. Soveti avtoliubiteliam [Restoration of paint coating, passenger car. Tips to motorists]. Moscow: Transport [in Russian].

2. Gaidar, S. M., & Petrovskaya, E. A. (2018). Sovershenstvovanie protivokorroziionnoi zashchiti mashin i oborudovaniia APK [Improvement of anti-corrosion protection of machines and equipment of agricultural complex]. Reports of TSHA '18: *sbornik nauchnykh trudov – collection of proceedings, 290, II.* (pp. 225-227). Moscow [in Russian].

3. Shlykov, A. E., Tarukin, E. M., & Kalashov, A. A. (2018). Sravnitelinii analiz ingibitorov korrozii [Comparative analysis of corrosion inhibitors]. *Agrarnyi nauchnyi zhurnal – Agrarian Scientific Journal, 8,* 68-71 [in Russian].

4. Shemyakin, A. V., Terentyev, V. V., Morozova, N. M., Kozhin, S. A., & Kirilin, A. V. (2016). Primenenie metoda katodnoi protektonoi zashchiti dliia snizheniia poter metalla pri hranenii seliskohoziaistvennoi tekhniki [Application of method of cathode tire-tread protection for decrease in losses of metal at storage of agricultural machinery]. *Vestnik Riazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta. P. A. Kostycheva – Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P. A. Kostycheva, 4 (32),* 93-97 [in Russian].

5. Kuyukov, V. V., Huazhev S. A., & Katkov V. V. (2011). Sokhraneniie antikorroziionnikh pokritii elementov kuzova v ekspluatatsionnikh usloviakh [Preservation of anticorrosion coatings of body elements in operational conditions]. *KANT – KANT, 3,* 98-100 [in Russian].

6. Baranova, A. N., Gusev, E. A., & Komova, E. M. (2011). Issledovanie korroziionnoi stoikosti staley, primeniiaemikh dlia izgotovleniia razhnogo oborudovaniia dlia dobichi zolota [Study of corrosion resistance of steels used for production of gold mining equipment]. *Sistemy. Metody. Tekhnologii – Systems. Methods. Technologies, 1 (21),* 102-106 [in Russian].

7. Fokin, M. N., & Zhigalova, K. A. (1986). Metodi korroziionnikh ispitaniia metallov [Methods of corrosion testing of metals]. Moscow: Metallurgy [in Russian].