

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ АКРИЛОВЫХ ДИСПЕРСИЙ В УСЛОВИЯХ АТМОСФЕРНОЙ КОРРОЗИИ

А. Е. Абрамов, В. А. Брыксина, Л. Д. Родионова

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина»

Поступила в редакцию 07.02.2021 г.

Аннотация. В настоящее время металлы являются основными конструкционными материалами и широко применяются в различных областях науки и техники. Однако в процессе эксплуатации под действием окружающей среды происходит разрушение металлических конструкций. Одним из наиболее распространенных видов разрушений является атмосферная коррозия металлов. Коррозионные разрушения обусловлены тем, что железо, ввиду своей активности, стремится перейти в энергетически более выгодное ионизированное состояние. В данной статье исследована возможность применения покрытий на основе акриловых дисперсий как в исходном, так и в модифицированном виде, для защиты углеродистой стали. Эти покрытия должны обладать высокими антикоррозионными свойствами вследствие применения в агрессивных условиях, в том числе в районах с морским климатом. В работе была изучена защитная эффективность покрытий на основе акриловых дисперсий производства АО "Пигмент" марки Акратам As 02.1 и Акратам As 05.1, содержащих в своем составе водную дисперсию сополимера стирола, бутилакрилата и акриловой кислоты. Выбранные дисперсии обладают стойкостью к воздействию влаги и щелочей, тем самым обеспечивая покрытия на их основе высокую степень износостойкости и долговечности. Изучение защитных свойств пленок, сформированных на стали Ст3, проводили в смоделированной агрессивной среде, в качестве которой использован 0.5 М раствор хлорида натрия. Пленки на образцах стали получали на основе исходных акриловых дисперсий, а также дисперсии As 02.1, модифицированной триэтанолламином для улучшения эксплуатационных характеристик. Модификатор использовался в нескольких массовых соотношениях для установления необходимого количественного содержания в исходной дисперсии. Однако применение модификатора не дало планируемых результатов и его использование нецелесообразно ввиду снижения защитного эффекта покрытия. На основании полученных результатов выявлена необходимость модификации акриловых дисперсий добавками пластификаторов, диспергаторов и поверхностно-активных веществ, которые способствуют улучшению адгезии материала к поверхности металла.

Ключевые слова: углеродистая сталь, коррозия, защита, покрытия, акриловая дисперсия, солевой раствор.

Атмосферная коррозия металлоконструкций является наиболее распространенным видом коррозии [1]. Ей подвержены различные металлические сооружения, эксплуатация которых осуществляется на открытом воздухе. Защите от нее посвящены многочисленные исследования [2 - 6].

Существует большое количество методов для защиты металлоконструкций от атмосферной коррозии. Одним из наиболее распространенных способов защиты является разработка консерва-

ционных материалов для нанесения на поверхность защищаемого металла [7 - 12]. Для защиты металлов от атмосферной коррозии также успешно применяют летучие и водорастворимые ингибиторы, легирование металлов, металлические и неметаллические покрытия. К неметаллическим материалам можно отнести пленкообразующие ингибиторы на основе нефтесодержащих продуктов, различного рода защитные смазки [13]. Существует целый ряд патентов антикоррозионных водно-дисперсионных покрытий, которые исполь-

зуются для защиты металлоизделий от атмосферной коррозии. В патенте [14] в качестве основы используют импортную акриловую дисперсию фирмы "ROHM & HAAS", в составе которой присутствуют наполнители - тальк и каолин, водорастворимые ингибиторы, такие как нитрит натрия, силикат натрия или калия, а также нейтрализаторы, диспергаторы и загустители. Для улучшенной адгезии акриловой дисперсии к поверхности металла необходимо введение поверхностно-активных веществ. В патенте [15] основным компонентом выступает 34-50% акриловая дисперсия фирмы «Forcīt» (Финляндия). В составе дисперсии присутствуют вещества, которые относятся к загустителям, наполнителям и диспергаторам. Для снижения поверхностного натяжения применяют техническую смесь полиэтиленгликолевых эфиров моноалкилфенолов [16].

Была проанализирована рецептура антикоррозионного материала, содержащего в своем составе постоянный уровень этиленгликоля, оксид титана, реологический агент, пеногаситель и ингибитор коррозии, а также переменный уровень диспергатора и минерала валлостанита [17].

В работе [18] проводилось изучение влияния включения чистого и модифицированного наноразмерного гексагонального нитрита бора на стабильность водорастворимого эмульсионного акрилового покрытия. Полученные в ходе эксперимента результаты доказывают эффективное осаждение пленок полиакриловой кислоты на поверхности гексагонального нитрита бора, что повышает стабильность и вязкость акриловых наноструктурированных покрытий за счет взаимодействия поверхности наночастиц с акриловой эмульсией, а также с добавками загустителя. Электрохимический анализ показал значительное повышение антикоррозионной эффективности наноструктурированных покрытий с 1 мас. % немодифицированных и модифицированных нанопластинок по отношению к чистой акриловой дисперсии за счет барьерного защитного механизма ингибирования коррозии.

В процессе синтеза дисперсий в связующее добавляли наночастицы оксида цинка (NPsZnO) в количестве 1.5 мас. % по отношению к содержанию полимера [19]. Затем связующее гомогенизировали с различными антикоррозионными наполнителями и добавками. Полученные результаты указывают на то, что включение в состав связующего наночастиц оксида цинка (NPsZnO) в процессе синтеза обеспечивает стабильные полимер-

ные дисперсии, обладающие антикоррозионными свойствами, превосходящими свойства чистого связующего.

Целью данной работы является исследование покрытий на основе акриловых дисперсий, разработанных на заводе АО "Пигмент" (г. Тамбов), для защиты металлоконструкций от атмосферной коррозии. Для моделирования агрессивных условий использовался 0.5 М раствор хлорида натрия [20].

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Гравиметрические коррозионные испытания проводились на металлических образцах стали (Ст3) состава, мас. %: С – 0.2; Mn – 0.5; Si – 0.15; P – 0.04; S – 0.05; Cr – 0.30; Ni – 0.20; Cu – 0.20; Fe – 98.36 размером 30x20x3 мм с защитным покрытием и без него в 0.5 М растворе NaCl (ГОСТ 9.042-75) [20]. Продолжительность эксперимента - 14 суток при комнатной температуре. Испытания такого формата соответствуют наиболее жестким условиям атмосферной коррозии. Образцы полировали до 6 класса чистоты, обезжиривали ацетоном и взвешивали (m_0) на аналитических весах серии ВЛ-124В, с точностью 0.0001 г. Далее образцы погружали в акриловую дисперсию на 1 с, после чего оставляли на воздухе в подвешенном вертикальном положении на 1-2 суток для стекания избытка дисперсии и формирования защитной пленки. После этого их снова взвешивали для оценки толщины сформированной пленки, полагая слой равномерным по всей поверхности. Толщину пленки рассчитывали по формуле:

$$h = \frac{(m_1 - m_0) \cdot 10^4}{\rho \cdot S}$$

где h – толщина пленки, мкм; m_1 – масса образца с пленкой, г; ρ – плотность состава, г/см³, S – площадь образца, см².

Коррозионные эксперименты проводились при свободном доступе воздуха в стаканах емкостью 100 мл, заполненных раствором NaCl. После коррозионных испытаний образцы освобождали от пленок и продуктов коррозии. Нерастворимые продукты коррозии удаляли путем обработки поверхности ингибированным раствором кислоты, промывали дистиллированной водой, обезжиривали поверхность ацетоном, после чего образцы взвешивали (m_2). Расчет скорости коррозии производился по формуле:

$$k = \frac{m_0 - m_2}{S \cdot \tau}$$

где τ – продолжительность испытаний, ч.

Защитный эффект покрытия Z , %:

$$z = \frac{k_0 - k_1}{k_0} \cdot 100\%$$

где k_0 и k_1 – соответственно скорости коррозии в отсутствие и при наличии защитного покрытия.

Статистическая обработка экспериментальных данных проводилась по методике малых выборок с использованием коэффициента Стьюдента при доверительной вероятности 0.95 с использованием следующих характеристик:

- среднее значение:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n};$$

- стандартное отклонение отдельного результата:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

Относительная ошибка при определении толщины полученных пленок на поверхности стальных образцов, находилась в пределах 10-15%, погрешность измерений скорости коррозии находилась в пределах 12%. Величины относительной погрешности указывают на достоверность полученных результатов и возможность использования данных методов исследования в данной работе.

Использованы дисперсии, разработанные на АО "Пигмент" марки Акратам As 02.1, Акратам As 05.1 и Акратам As 02.1 + x% ТЭА (ТЭА - триэтаноламин).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Дисперсия Акратам As 02.1 имеет довольно густую консистенцию, ее плотность составляет 1.215 г/см³. Сформированная на поверхности стальных образцов пленка дисперсии толщиной 240-280 мкм имела неоднородное распределение по поверхности и небольшую остаточную липкость, растрескивание не наблюдалось.

Первые следы коррозии на поверхности образцов, находящихся в растворе NaCl, появились на третий день экспозиции. На покрытиях образовались отверстия, через которые агрессивная среда контактировала с поверхностью образцов, что приводило к усилению коррозии. К концу 2-х недельной выдержки защитная пленка оказалась покрытой продуктами коррозии стали, которые также образовали осадок и изменили цвет раствора. После извлечения образцов из раствора покрытие легко снималось с их поверхности (рис. 1).

На рис. 2 показан один из образцов стали после коррозионных испытаний и удаления покры-

тия. На нем видны крупные питтинги, образовавшиеся в местах отверстий на пленках, остальная поверхность характеризуется равномерной коррозией. Полученные данные свидетельствуют о неудовлетворительном составе акриловой дисперсии Акратам As 02.1, поскольку сформированные на ее основе покрытия характеризуются недостаточной адгезией к поверхности металла и неустойчивостью к влиянию хлоридной среды, способствующей образованию в покрытии сквозных отверстий. Это привело к возникновению питтинговой коррозии, которая является одним из самых опасных типов коррозионных разрушений, так как может привести к сквозному поражению металлических конструкций.

На образцах без покрытий наблюдаются коррозионные поражения, характеризующиеся наличием мелких питтингов (рис. 3).

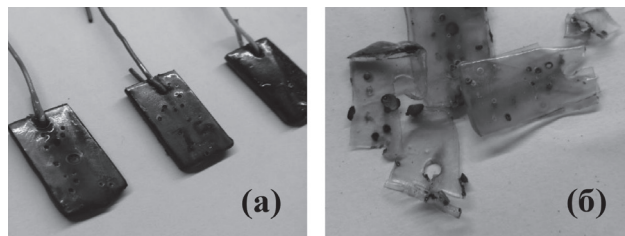


Рис. 1. Образцы стали с покрытиями на основе акриловой дисперсии Акратам As 02.1 после экспозиции в растворе 0.5 М NaCl (а) и покрытия, снятые с поверхности образцов (б).

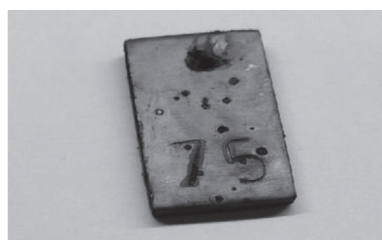


Рис. 2. Образец стали после коррозионных испытаний в растворе 0.5 М NaCl и снятия защитной пленки на основе дисперсии Акратам As 02.1.

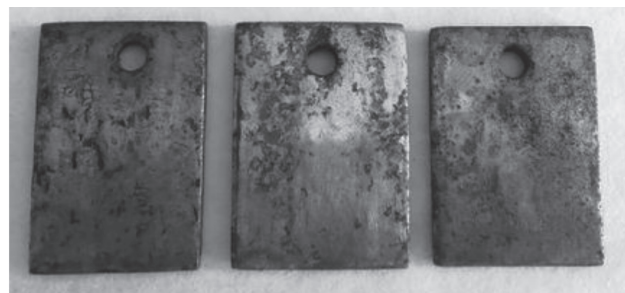


Рис. 3. Образцы стали после коррозионных испытаний без защитных покрытий акриловыми дисперсиями в растворе 0.5М NaCl

Скорость коррозии стальных образцов без покрытия и с покрытием на основе дисперсии Акратам As 02.1, а также величина защитного эффекта приведены в таблице 1. Хотя исследуемое покрытие характеризуется неплохим защитным эффектом (78%), тем не менее, оно является неудовлетворительным из-за питтингового характера коррозии.

Таблица 1.

Скорость коррозии и защитный эффект покрытия на основе акриловых дисперсий Акратам As 02.1 и Акратам As 05.1 в растворе 0.5 М NaCl

Покрытие	$k_{\text{средн}}, \text{г}/(\text{см}^2\text{ч})$	Z, %
Отсутствует	$1.3 \cdot 10^{-5}$	-
Акратам As 02.1	$2.87 \cdot 10^{-6}$	78
Акратам As 05.1	$4.7 \cdot 10^{-6}$	64

Приведем результаты исследования защитной эффективности покрытий на основе акриловой дисперсии Акратам As 05.1 с плотностью 1.195 г/см³. Покрытие сформировалось в течение нескольких суток и имело неоднородное распределение по поверхности и остаточную липкость. Кроме того, при высыхании пленка растрескалась. Толщина пленки на 3-х образцах составила 196, 219 и 247 мкм. Изменение толщины в указанных пределах не повлияло на величину скорости коррозии.

Признаки протекания коррозионного процесса появились на второй день выдержки образцов в среде 0.5 М NaCl, раствор окрасился в рыжий цвет за счет образования продуктов коррозии, которые покрывали также поверхность образцов.

После извлечения образцов из раствора, при удалении покрытия оно разрушалось.

На рисунке 4 представлены изображения образцов стали, покрытых пленкой, сформированной на основе акриловой дисперсии Акратам As 05.1, а также после удаления пленки. В последнем случае видны следы коррозии на участках поверхности, соответствующих трещинам в покрытии, а также изредка мелкие питтинги.

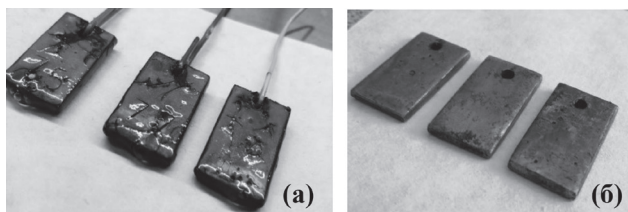


Рис. 4. Образцы стали с покрытиями на основе акриловой дисперсии Акратам As 05.1 после экспозиции в растворе 0.5 М NaCl (а) и внешний вид образцов после снятия покрытий (б).

Скорость коррозии образцов с покрытием Акратам As 05.1 $k_{\text{средн}} = 4.7 \cdot 10^{-6} \text{г}/(\text{см}^2\text{ч})$, защитный эффект составил 64% (Таблица 1). Из таблицы 1 следует, что защитный эффект покрытия на основе Акратам As 02.1 выше, чем на основе Акратам As 05.1. Кроме того, в первом случае состояние поверхности стального образца на участках, где нет питтингов, лучше, чем состояние поверхности образца с покрытием на основе Акратам As 05.1. Поэтому целесообразно искать способы улучшения адгезии первой дисперсии и повышения ее стойкости против действия хлоридного раствора.

Проведено разбавление дисперсии Акратам As 02.1 водой вдвое для проверки возможности получения более однородного покрытия на поверхности стальных образцов. Однако после формирования покрытия оказалось, что оно неоднородно по толщине и имеет остаточную липкость. Толщины пленок на образцах, по данным гравиметрических измерений, имели значения 18.4, 19.7 и 20.9 мкм, т.е. в 10 раз меньше, чем для покрытий на основе исходной дисперсии. При экспозиции в растворе образцов с покрытием на основе разбавленной дисперсии уже на вторые сутки на поверхности пленок появились отверстия, через которые металл контактировал с агрессивной средой. По истечении 14 суток выдержки в растворе NaCl пленки на образцах практически не осталось, она присутствовала лишь на нижней грани образцов. Образцы были покрыты продуктами коррозии. Определение скорости коррозии показало, что на одном образце она была близка к скорости коррозии образцов без покрытия, на двух других - выше. Таким образом, разбавление дисперсии Акратам As 02.1 вдвое, не улучшает ее защитные свойства.

Аналогичная картина наблюдается и при разбавлении дисперсии Акратам As 05.1.

Проведено исследование возможности улучшения защитных свойств дисперсии Акратам As 02.1 посредством ее модификации путем введения добавки триэтанолamina (ТЭА) в количестве 0.1%, 0.5% и 1%. Добавление модификатора привело к увеличению времени высыхания пленки и ее растрескиванию. Пленка все также имела неоднородное распределение по поверхности и остаточную липкость.

При экспозиции образцов с модифицированным покрытием в хлоридной среде уже на вторые сутки наблюдались первые признаки протекания коррозионного процесса: выпадение продуктов коррозии в растворе. После извлечения образцов из раствора, пленка полностью покрывала метал-

лический образец, снималась легко. Величины скорости коррозии стали и защитного эффекта модифицированной дисперсии Акратам As 02.1 приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Скорость коррозии стали и защитный эффект покрытия на основе модифицированной дисперсии Акратам As 02.1 в растворе 0.5 М NaCl

Покрытие	$k_{\text{средн}}^*$, г/(см ² ч)	Z, %
Отсутствует	$1.3 \cdot 10^{-5}$	-
Акратам As 02.1 + 0.1% ТЭА	$5.7 \cdot 10^{-6}$	57
Акратам As 02.1 + 0.5% ТЭА	$6.7 \cdot 10^{-6}$	49
Акратам As 02.1 + 1% ТЭА	$7.6 \cdot 10^{-6}$	42

Как видно из таблицы 2, модификация дисперсии Акратам As 02.1 добавками ТЭА не улучшило ее защитные свойства, а, наоборот, ухудшило. При увеличении концентрации модификатора ТЭА в дисперсии скорость коррозионного процесса увеличивалась, защитный эффект снижался.

Сопоставление полученных результатов на основе акриловых дисперсий, разработанных в АО "Пигмент", с защитными свойствами покрытий на основе импортных дисперсий, модифицированных специфическими добавками, свидетельствует о необходимости модификации, в первую очередь, дисперсии Акратам As 02.1 пластификаторами, диспергаторами и поверхностно-активными веществами, способствующими улучшению характеристик и адгезии материала к поверхности металла. Целесообразны также добавки ингибиторов коррозии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование антикоррозионных свойств покрытий стали на основе акриловых дисперсий производства АО "Пигмент" показало, что в растворе 0.5 М NaCl они обеспечивают защитный эффект 64-78%, но оказываются неустойчивыми в среде, приводящими к питтинговой коррозии. Модификация дисперсий добавками триэтаноламина не способствует увеличению их защитных свойств.

Полученные результаты показали возможность использования акриловых дисперсий для разработки консервационных материалов на их основе. Однако необходима модификация дисперсий пластификаторами, диспергаторами и поверхностно-активными веществами, способствующими улучшению характеристик и адгезии материала к поверхности металла. Целесообразно введение ингибиторов коррозии и наноструктурированных добавок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Розенфельд И.Л., Рубинштейн Ф.И., Жигалова К.А. Защита металлов от коррозии лакокрасочными покрытиями. Москва, Химия, 1987, 224 с.
2. Кузнецов Ю.И., Агафонкин А.В., Зель О.О // Коррозия: материалы, защита. 2009. № 4. С. 17-23.
3. Вигдорович В.И., Шель Н.В., Крылова А.Г. // Вестник Тамбовского государственного университета. 2001. № 3. С. 279-289.
4. Цыганкова Л.Е., Князева Л.Г. // Вестник Тамбовского государственного университета. 2001. №3. С. 851-854.
5. Гиннэ С.В. // Эпоха науки. 2020. №20. С. 24-30.
6. Вигдорович В.И., Князева Л.Г., Зазуля А.Н., Кузнецова Е.Г., Андреев Н.Н., Урядников А.А., Дорохов А.В. // Российская сельскохозяйственная наука. 2016. № 1. С. 65-68.
7. Кузнецова Е.Г., Князева Л.Г., Петрашев А.И., Ропай Б.А. // Наука в центральной России. 2015. Т. 14. № 2. С. 53-62.
8. Хужакулов А.Ф., Алимов А. А., Махмудов М.Ж., Нуруллаев М.М. // Молодой ученый. 2013. Т. 48. № 1. С. 28-33.
9. Парамонов С.Ю., Цыганкова Л.Е. // Вестник Тамбовского университета. Серия: естественные науки. 2002. №3. С. 336-342.
10. Князева Л.Г., Вигдорович В.И. // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: химия, биология, фармация. 2011. № 2. С. 17-26.
11. Вигдорович В.И., Цыганкова Л.Е., Шель Н.В., Шель Е.Ю. // Advanced materials and technologies. 2018. №2. С. 42-51.
12. Кузнецова О.П., Светлаков А.П., Степин С.Н., Вахин А.В., Алантьева Е.В. // Лакокрасочные материалы и их применение. 2005. №7. С. 8-10.
13. Вигдорович В.И., Цыганкова Л.Е., Поздняков А.П., Шель Н.В. Научные основы, практика создания и номенклатура антикоррозионных консервационных материалов. Тамбов: Изд-во ТГУ, 2001. 192 с.
14. Проценко. А.Е. Патент РФ, № 2651170, 2018.
15. Ильдарханова Ф.И. Патент РФ, №2424265, 2011.
16. ТУ 2483-077-05766801-98 Неонолы. Технические условия. Введ. 20.03.2001.
17. Molera P., Oller X., Del Valle M., Gonzalez F. // Pigment and Resin Technology. 2004. Vol. 136, № 33 (2). P. 99-104.
18. Ysiwata Rivera Alma P., Hernandez-Hernandez E., Cadenas-Pliego G., Avila-Orta C. A., Gonzalez-Morones P., Velasquez-de Jesus J.A.,

Абрамов А. Е., Брыксина В. А., Родионова Л. Д.

Cuara-Diaz E., Gallardo-Vega C.A., Mata-Padilla J.M. // *Coatings*. 2020. Vol. 488, № 10, pp. 40-57.

19. Danková M., Kalendová A., Machotová J. // *Journal of Coatings Technology and Research*. 2020. Vol. 639, № 17, pp. 517-529.

ФГБОУ ВО Тамбовский государственный университет имени Г. Р. Державина

Абрамов А. Е., директор центра перспективных химических технологий

E-mail: abramov@tsutmb.ru;

**Брыксина В. А., магистрант кафедры химии*

E-mail: victoria_98.bryksina@mail.ru

Родионова Л. Д., аспирант кафедры химии

E-mail: rld1349@gmail.com

20. ГОСТ 9.042-75. Государственный стандарт. Ингибированные покрытия. Методы ускоренных коррозионных испытаний / Государственный комитет стандартов совета министров СССР. 1977. 21 с.

Tambov State University named after G. R. Derzhavin

Abramov A. E., Director of the Center for Advanced Chemical Technologies

E -mail: abramov@tsutmb.ru;

** Bryksina V. A., Master's student of the Department of Chemistry*

E-mail: victoria_98.bryksina@mail.ru

Rodionova L. D., Postgraduate student of the Department of Chemistry

E - mail: rld1349@gmail.com

STUDY OF THE POSSIBILITY USING COATING BASED ON ACRYLIC DISPERSIONS IN ATMOSPHERIC CORROSION CONDITIONS

A. E. Abramov, V. A. Bryksina, L. D. Rodionova

Tambov State University named after G.R. Derzhavin

ABSTRACT. Currently, metals are the main structural materials and are widely used in various fields of science and technology. However, during operation, under the influence of the environment, metal structures are destroyed. One of the most common types of destruction is atmospheric corrosion of metals. Corrosion damage is caused by the fact that iron, due to its activity, tends to move to an energetically more favorable ionized state, which leads to various types of structural damage. In this article, the possibility of using coatings based on acrylic dispersions in both the original and modified form is investigated. These coatings must have high anti-corrosion properties, because of use in aggressive conditions, including in areas with a marine climate. The protective effectiveness of coatings based on acrylic dispersions of the AcratamAs 02.1 and Acratam As 05.1 brands has been studied. They contained an aqueous dispersion of a styrene copolymer, butylacrylate and acrylic acid. The selected dispersions are resistant to moisture and alkalis, thereby providing coatings based on them with a high degree of wear resistance and durability. The study of the protective properties of the films obtained on St3 steel was carried out in a simulated aggressive environment, which was a 0.5 M solution of sodium chloride. The films on the steel samples were obtained on the basis of the original acrylic dispersions, as well as the dispersion As 02.1 modified with triethanolamine to improve performance. The modifier was used in several mass ratios to establish the required quantitative content in the initial dispersion. However, the use of the modifier did not give the planned results and its use is not advisable due to the reduction of the protective effect of the coating. Based on the results obtained, the necessity of modifying acrylic dispersions with additives of plasticizers, dispersants and surfactants that improve the adhesion of the material to the metal surface is revealed.

Keywords: carbon steel, corrosion, protection, coatings, acrylic dispersion, salt solution.

REFERENCES

1. Rozenfel'd I.L., Rubinshtejn F.I., Zhigalova K.A. Zashhita metallov ot korrozii lakokrasochnymi pokrytijami. Moscow, Himija, 1987, 224 p.
2. Kuznecov Ju.I., Agafonkin A.V., Zel' O.O. Korrozija: materialy, zashhita, 2009, No. 4, pp. 17-23.
3. Vigdorovich V.I., N.V. Shel', Krylova A.G. Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo universiteta, 2001, No. 3, pp. 279-289.
4. Tsygankova L.E., Knyazeva L.G. Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo universiteta, 2001, No. 3, pp. 851-854.
5. Ginnje S.V. Jepohanauki, 2020, No. 20, pp. 24-30.
6. Vigdorovich V.I., Knyazeva L.G., Zazulja A.N., Kuznetsova E.G., Andreev N.N., Uryadnikov A.A., Dorokhov A.V. Rossij skajasel'skoho zjajstvennaja nauka, 2016, No. 1, pp. 65-68.
7. Kuznetsova E.G., Knyazeva L.G., Petrashev A.I., Ropaj B.A. Nauka v central'noj Rossii, 2015, Vol. 14, No. 2, pp. 53-62.
8. Huzhakulov A.F., Alimov A. A., Mahmudov M.Zh., Nurullaev M.M. Molodoj uchenyj, 2013, Vol. 48, No. 1, pp. 28-33.
9. Paramonov S.Ju., Tsygankova L.E. Vestnik Tambovskogo universiteta. Serija: estestvennye nauki, 2002, No. 3, pp. 336-342.
10. Knyazeva L.G., Vigdorovich V.I. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: himija, biologija, farmacija, 2011, No. 2, pp. 17-26.
11. Vigdorovich V.I., Tsygankova L.E., Shel' N.V., Shel' E. Ju. Advanced materials and technologies, 2018, No. 2, pp. 42-51.
12. Kuznetsova O.P., Svetlakov A.P., Stepin S.N., Vahin A.V., Alant'eva E.V. Lakokrasochnye materialy i ih primenenie, 2005, No. 7, pp. 8-10.
13. Vigdorovich V.I., Tsygankova L.E., Pozdnjakov A.P., Shel' N.V. Nauchnye osnovy, praktikasozdanijai nomenklatura antikorroziionnyh konservacionnyh materialov. Tambov, Izd-vo TGU, 2001, 192 p.
14. Procenko. A.E. Patent RF, No. 2651170, 2018.
15. Il'darhanova F.I. Patent RF, No. 2424265, 2011.
16. TU 2483-077-05766801-98 Neonoly. Tehnicheskie uslovija. Vved. 20.03.2001.
17. Molera P., Oller X., Del Valle M., Gonzalez F. Pigment and Resin Technology, 2004, Vol. 136, No. 33 (2), pp. 99-104.
18. Ysiwata Rivera Alma P., Hernandez-Hernandez E., Cadenas-Pliego G., Avila-Orta C.A., Gonzalez-Morones P., Velasquez-de Jesus J.A., Cuara-Diaz E., Gallardo-Vega C.A., Mata-Padilla J.M. Coatings, 2020, Vol. 488, No. 10, pp. 40-57.
19. Danková M., Kalendová A., Machotová J. Journal of Coatings Technology and Research, 2020, Vol. 639, No. 17, pp. 517-529.
20. GOST 9.042-75. Gosudarstvennyj standart. Ingibirovannye pokrytija. Metody uskorennyh korroziionnyh ispytanij / Gosudarstvennyj komitet standartov soveta ministrov SSSR, 1977, 21 p.