



**ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ
КОРРОЗИОННОГО КОНТРОЛЯ**

**DEVICES AND METHODS
CORROSION CONTROL**

doi: 10.31615/j.corros.prot.2021.99.1-2.

Результаты натурных испытаний лакокрасочных покрытий для прибрежных сооружений и судов в тропическом климате Вьетнама

**Нонг Куок Куанг¹✉, Нгуен Ван Чьеу², Май Ван Минь¹, Фан Ба Ты¹, Нгуен Ван Чи¹,
Донг Ван Кьен¹, Ле Хонг Куан¹, Као Ньят Линь¹, Н.Г. Ануфриев³**

¹Приморское отделение, Российско-Вьетнамский Тропический Центр,
Вьетнам, пров. Кханьхоа, г. Нячанг, ул. Нгуен Тхиен Тхуат, д. 30

²Иркутский национальный исследовательский технический университет,
РФ, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 83

³Институт физической химии и электрохимии имени А.Н. Фрумкина РАН,
РФ, 119071, Москва, Ленинский проспект, д. 31

e-mail: nquocquang5@gmail.com

Аннотация. Натурные испытания широко применяются для надежного определения срока службы лакокрасочных покрытий (ЛКП) путем оценки изменений их защитно-декоративных свойств. Проведены четырехлетние натурные испытания в морском тропическом климате Южного Вьетнама (МНИИС Дам Бай, г. Нячанг) алкидных, хлоркаучуковых покрытий на углеродистой стали, а также эпоксидных различной толщины с цинк-наполненным грунтом, уретановым и акриловым наружным слоем. Испытания проводились на основе действующих стандартов в области лакокрасочных материалов, предназначенных для морских судов и прибрежных сооружений и сопровождались получением и анализом основных метеорологических факторов для классификации района по степени коррозионной агрессивности атмосферы. Изменение декоративных свойств ЛКП оценивалось визуальными и инструментальными методами. Защитная эффективность ЛКП оценивалась по времени появления первых локальных поражений или полного разрушения слоев покрытий. По результатам проведенных натурных испытаний установлено, что комбинации лакокрасочных покрытий соответствуют ожидаемому сроку службы в тропическом климате от 2 до 5 лет. Типичная группой, подходящей к данному климату, является эпоксидная двухкомпонентная краска при наличии акрилового верхнего слоя. В качестве антикоррозионного подслоя рекомендуется цинк-содержащая грунтовка.

Ключевые слова: натурные испытания, морской тропический климат, лакокрасочные покрытия, декоративные и защитные свойства, прибрежный район, климатическая испытательная станция.

Для цитирования: Нонг Куок Куанг, Нгуен Ван Чьеу, Май Ван Минь, Фан Ба Ты, Нгуен Ван Чи, Донг Ван Кьен, Ле Хонг Куан, Као Ньят Линь, Ануфриев Н.Г. Результаты натурных испытаний лакокрасочных покрытий для прибрежных сооружений и судов в тропическом климате Вьетнама // Практика противокоррозионной защиты. – 2021. – Т. 26, № 1. – С. 17-27. doi: 10.31615/j.corros.prot.2021.99.1-2.

Статья получена: 20.11.2020, опубликована 01.03.2021.

**Results of paint coating full-scale tests for coastal and ship structures
in the tropical climate of Vietnam**

**Nong Quoc Quang¹, Nguyen Van Trieu², Mai Van Minh¹, Phan Ba Tu¹, Nguyen Van Chi¹,
Dong Van Kien¹, Le Hong Quan¹, Cao Nhat Linh¹, N.G. Anufriev³**

¹Russian-Vietnamese Tropical Center, Coastal Branch,
30, Nguyen Thien Thuat str., Nha Trang, Khanh Hoa, Vietnam

²National Research Irkutsk State Technical University,
83, Lermontov str., Irkutsk, 664074 Russia Federation

³Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry of RAS,
31/4, Leninskiy pr., Moscow, 119071, Russian Federation

e-mail: nquocquang5@gmail.com

Abstract. Full-scale tests are widely used to reliably evaluation the service life of paint and varnish coatings by assessing changes of their protective and decorative properties. Four-year exposure program was carried out in the tropical marine climate in South Vietnam (Dam Bay climate station of the Tre island, Nha Trang) of alkyd, chlorinated rubber coatings on low carbon steel, as well as epoxy coatings of various thicknesses with zinc-rich primer, urethane and acrylic outer

layers. The tests were conducted on the base of the existing standards in the field of paints and varnishes intended for coastal and ship structures and were accompanied by the data collection and analysis of the meteorological factors for the classification of the area according to the degree of corrosiveness of the atmosphere. The change in the decorative properties of paint coating was assessed by visual and instrumental methods. The protective efficiency of the coatings was assessed by the time of occurrence of the first local defects or complete destruction of coating layers. According to the results of the conducted field tests, it was found that paint coating combinations correspond to expected lifetime in tropical climate from 2 to 5 years. A typical group suitable for a given climate is a two-component epoxy paint with an acrylic topcoat. A zinc-containing primer is recommended as an anticorrosive undercoat.

Keywords: full-scale tests, tropical marine climate, paint and varnish coatings, decorative and protective properties, coastal area, climate test station.

For citation: Nong Quoc Quang, Nguyen Van Trieu, Mai Van Minh, Phan Ba Tu, Nguyen Van Chi, Dong Van Kien, Le Hong Quan, Cao Nhat Linh, & Anufriev, N. G. (2021). Results of paint coating full-scale tests for coastal and ship structures in the tropical climate of Vietnam. *Theory and Practice of Corrosion Protection*, 26(1), 17-27. doi:10.31615/j.corros.prot.2021.99.1-2.

Received: November 12, 2020. Published: March 01, 2021.

Введение

Натурные испытания в условиях тропического климата являются наиболее актуальным методом для оценки защитных свойств и декоративных характеристик лакокрасочных покрытий для многих материалов [1]. В отличие от ускоренных испытаний, данный метод применяется в течение длительного времени при сборе метеоклиматических данных для анализа результатов испытания [2-4].

В прибрежном районе залива Дам Бай (г. Нячанг, пров. Кханьхоа, Вьетнам) согласно многолетним натурным испытаниям металлических образцов по ISO 9223:2017 и ISO 9224:2012, коррозионность атмосферы соответствует категориям C4 и C5 [5, 6], и относится к среде с высокой коррозионной агрессивностью. Исходя из этого обстоятельства, при разработке ЛКП для этих условий к ним предъявляются наиболее жесткие требования. Данные требования указываются в системах российских и международных стандартов, наиболее часто применяемых на практике и связанных между собой. Используются рекомендации стандартов [7, 8] по подготовке стальной поверхности, выбору систем красок в исследуемых климатических зонах, определению срока службы ЛКП. Для оценки защитно-декоративных свойств при проведении натурных испытаний в данной работе образцы с ЛКП экспонировались одновременно в практически одинаковых по коррозионной агрессивности средах – на плавучем морском стенде в 100 м от береговой линии на высоте 1,5...2 м над морской водой и на открытой бетонированной площадке на натурной климатической станции на расстоянии до 50 м от береговой линии.

Оценка качества ЛКП обычно проводится по результатам визуального осмотра в баллах по стандартам [9, 10], которая, однако, весьма неточна, в связи с чем актуальны разработка и применение количественных методов, определения свойств ЛКП с помощью калиброванных инструментальных средств измерений [11]. Данными методами обеспечивается сходимость и воспроизводимость результатов испытаний в различных лабораториях и климатических зонах.

С возрастанием производства и использования специальных ЛКП (например, для прибрежных сооружений и судов) также увеличивается и необходимость проведения все большего объема испытаний. Такие продукты разрабатываются и поставляются различными производителями, но имеют практически одинаковые составы и принципы защиты [8]. Чтобы значительно сэкономить время выбора подходящих вариантов ЛКП и обеспечить высокую эффективность их обслуживания [12], результаты натурных испытаний могут быть использованы в целях комбинирования систем покрытий, выбранных самим пользователем, сравнения вариантов комбинации, при этом удовлетворяются общие соответствующие требования российских и международных стандартов.

Цинк-наполненные покрытия могут обеспечивать наиболее эффективную и экономичную защиту от коррозии стальных металлоконструкций в агрессивных условиях, в том числе морского транспорта и береговых сооружений. Объем производства таких грунтовок в США и странах Западной Европы составляет более 100 тыс. т/год. Наблюдается существенный рост их производства и применения во всех промышленно-разви-

тых странах [13]. Поэтому такая грунтовка использовалась для испытаний в системах № 3-5 (Hai Van Paint Ltd Company, толщина 40...190 мкм) с эпоксидными покрытиями.

Материалы и методы испытаний

В данной программе натурных испытаний климатические параметры, полученные с помощью автоматической метеостанции CR 3000 (Campbell Scientific, Inc.), анализировались для определения категории коррозионной агрессивности атмосферы и выбора подходящих систем ЛКП для защиты от коррозии. Натурные испытания проводились на климатической испытательной станции по ГОСТ 9.906-83 [14] и морской испытательной станции в заливе Дам Бай, Нячанг, Вьетнам. Образцы для испытаний представляли собой пластины из углеродистой стали Ст3 размерами 150×300×2 мм, поверхность образцов перед нанесением ЛКП готовили по ГОСТ Р 8 ИСО 501-1-2014 [7] до степени St2. Типы защитно-декоративных ЛКП выбирались по ISO 12944-5:2019 [8] в зависимости от коррозионной агрессивности атмосферы района испытания и по ГОСТ ISO 9223-2017 [5] для различных категорий коррозионной агрессивности. Стенды для натурных испытаний образцов изготавливались по ГОСТ 9-906-83, Приложение 2 [14] и имели размеры 1475×970 мм, угол наклона поверхности стенда составлял 45° к поверхности земли или моря и были направлены к экватору. Испытуемые образцы изолировались между собой и от стенда во избежание нежелательной электрохимической коррозии. Стенды располагались на бетонной площадке климатической испытательной станции (КИС) с координатами 12°11'49.7"N, 109°17'25.9"E и фиксированном композитном плоту морской испытательной станции (МИС) с координатами 12°11'46.8"N, 109°17'31.5"E.

Программа испытаний составлена по ГОСТ Р 9.414-2012 и ISO 4628:2016 для оценки внешнего вида и защитных свойств покрытий. Анализ параметров ЛКП, измеренных инструментальными методами, проводился в соответствии с п.8.1 ГОСТ Р 9.414-2012 и ГОСТ Р 52663-2006 [15]. Для определения блеска ЛКП трехугольным блескомером Novogloss Trio Glossmeter использовался угол

600; цветовые параметры были получены портативным спектрофотометром X-Rite Ci60 по ГОСТ Р 52662-2006 [16] и анализировались по ГОСТ Р 52490-2005 [17] и ГОСТ Р 52489-2005 [18]; степень меления оценивалась по результатам измерений прибором ZHC 1200 HELMEN® по DIN EN 13523-14 [19].

Результаты и обсуждение

Климатическая испытательная станция Дам Бай находится в районе влажного морского тропического климата. Метеостанция и другое стандартное оборудование КИС в соответствии с ГОСТ 9.906-83 позволяет получать необходимые характеристики климатических факторов: температуру и влажность воздуха, солнечной радиацию, количество атмосферных осадков, хлоридов и т.д. Эти параметры регистрируются с заданной периодичностью и усредняются. Среднегодовые величины метеорологических параметров КИС Дам Бай за период 05.2016–05.2020 г.г. приведены в *табл. 1*. Среднемесячные величины температуры, разницы экстремальных температур и относительной влажности атмосферного воздуха за этот период показаны на *рис. 1*.

Известно использование функций «Доза-ответ» [8, 20, 21, 22] при расчете скорости коррозии углеродистой стали и других материалов по величинам метеорологических параметров, нами по эмпирической формуле [14] была рассчитана скорость коррозии стали в течение первого года натурной экспозиции по данным, приведенным в *табл. 1*, где среднегодовая относительная влажность $RH = 79,7 \%$; среднегодовая температура $= 27,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$; среднегодовое количество осаждаемого иона $Cl^- S_d = 40,3 \text{ мг/(м}^2\cdot\text{сут)}$; концентрация сернистого газа $SO_2 C_d = 0,125 \text{ мг/м}^3$ [23]; среднегодовое количество осаждаемого $SO_2 P_d = 1,34 \text{ мг/(м}^2\cdot\text{сут)}$ [23]. Рассчитанная скорость коррозии стали оказалась равной $r_{corr} = 70,17 \text{ мкм/год}$. По данным работы [22], начальная скорость коррозии стали составляет $r_{0corr} = 92,89 \text{ мкм/год}$. По стандарту [5] атмосфера территории испытаний классифицирована категорией коррозионной агрессивности C4. С другой стороны, в работе [24, 25] результат классификации зоны испытаний составил C2 и C3.

Таблица. 1. Метеорологические параметры климатической испытательной станции (КИС) Дам Бай, Нячанг

Table 1. Meteorological parameters of Dam Bai climate test station (CTS), Nha Trang

Параметры / Parameters	Единица измерения / Unit of measurement	Среднегодовое значение / Average annual value				
		2016 г. / yr.	2017 г. / yr.	2018 г. / yr.	2019 г. / yr.	1-6/2020 г / yr.
Температура воздуха / Air temperature	°C	27,1 ± 1,3	27,1±1,3	27,1±1,6	27,8±1,8	26,9±1,9
Относительная влажность / Relative humidity	%	79,7 ± 2,3	80,2±2,0	77,2±2,7	75,2±2,6	73,7±2,5
Осадки (дождь) / Precipitation (rain)	мм/год / mm/year	2152,0	1714,4	1979,7	865,3	—
Суммарная солнечная радиация / Total solar radiation	МДж/(м²·год) / MJ/(m²·year)	6274,5	6580,6	6229,0	7159,0	4259,1
Скорость осаждения хлорида / Chloride deposition rate	мг/(м²·суток) / mg/(m²·days)	40,3 ± 3,9	—	39,4±1,2	—	—

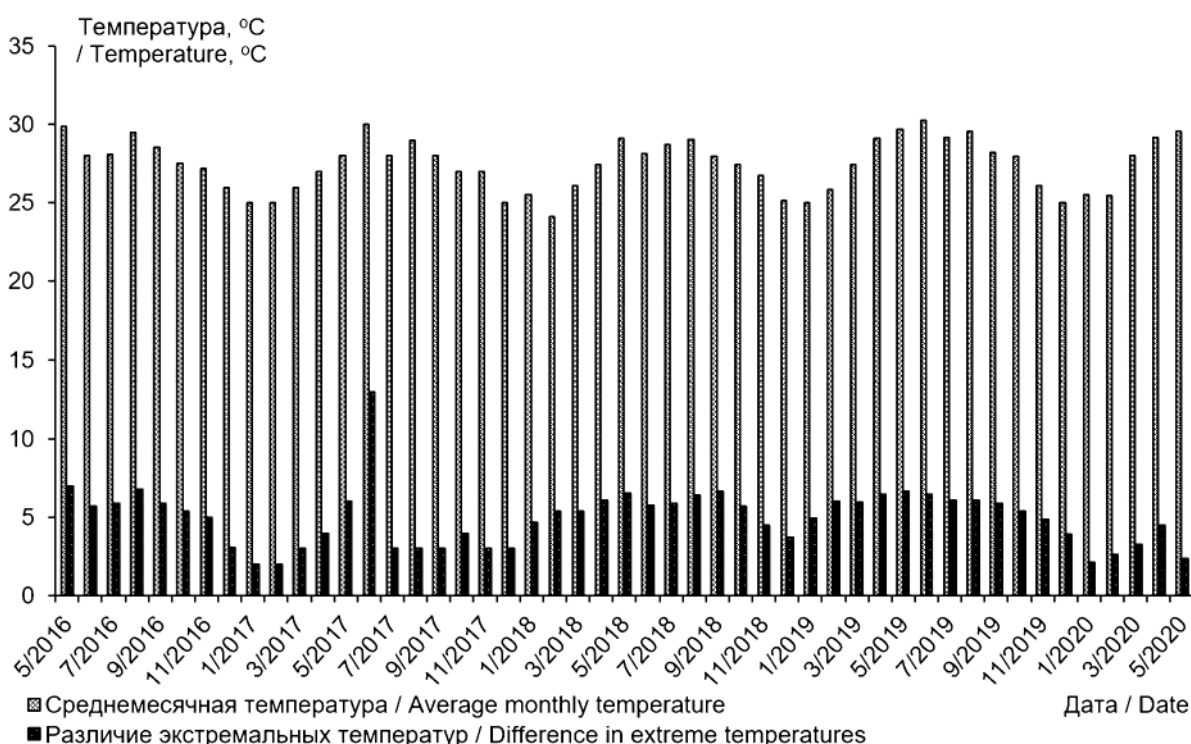


Рис. 1. Изменение среднемесячных температуры воздуха и разности экстремальных температур на КИС Дам Бай за 05.2016-05.2020 г.г.

Fig.1. Change in the average monthly air temperature and the difference in extreme temperatures at the CTS Dam Bai for 05.2016-05.2020

В табл. 2 представлены системы ЛКП для проведения натурных испытаний на КИС и МИС в соответствии с целью настоящей работы.

Среднемесечные значения температуры и влажности после обработки данных метеостанции КИС Дам Бай (рис. 1, 2), имеют четкую годовую цикличность. Влажность и температура воздуха достигают максимальных значений в течение 7 месяцев (с мая по ноябрь) ежегодно. При этом температура и влажность изменяются в пределах от 24,8 °C до 31,5 °C и от 61,6% до 89% (в 2018 г.) соответственно.

Для определения защитно-декоративных характеристик приведенных в табл. 2 ЛКП, образцы размещались на стендах, и в соответствии с ГОСТ Р 9.414-2012 в течение 4 лет проводились исследовательские натурные испытания в указанных выше условиях. Результаты определения декоративных свойств (блеск, цвет, грязеудержание и меление) приведены в табл. 3. Степень меления покрытия M оценивалась

коэффициентом светопропускания (1):

$$M = 100\% - A, \quad (1)$$

где A – результаты, полученные измерительным прибором и обработанные по стандарту [19].

В настоящей работе в качестве дополнительных методов предлагается проводить прямое измерение блеска и цветового параметра. Полученные результаты измерений количественно иллюстрируют изменение декоративных характеристик во времени (рис. 3).

Тенденция изменения декоративных характеристик проявляется в уменьшении блеска и увеличении полного цветового различия ΔE испытуемых образцов при увеличении времени натурной экспозиции. В процессе оценки исключаются все покрытия с эксплуатационными дефектами или механическим повреждением. Полученными данными показывают, что 5-ая система с верхним слоем на основе акрилата сохра-

Таблица. 2. Системы лакокрасочных покрытий по программе натурных испытаний
Table 2. Paint coating systems according to the full-scale test program

Система / System	Грунтовочное покрытие / Priming coat			Верхний слой покрытия / The top coating layer	Среднее значение суммарной толщины, мкм / Average value of total thickness, microns
	Связующее / Binder	Толщина грунтового слоя, мкм / Soil layer thickness, microns	Тип пигмента / * Pigment type		
1	Алкидное / Alkyd	60	Misc.	Алкидное / Alkyd	100
2	Хлоркаучуковое / Chlorinated rubber	40	Misc.	Хлоркаучуковое / Chlorinated rubber	70
3	Эпоксидное / Epoxy	40	Zn	Полиуретановое / Polyurethane	80
4	Эпоксидное / Epoxy	40	Zn	Эпоксидное / Epoxy	90
5	Эпоксидное / Epoxy	190	Zn	Акриловое / Acrylic	245

*Misc.: Различные типы антикоррозионного пигмента; Zn: цинк-содержащая грунтовка / Various types of anti-corrosion pigment; Zn: zinc-containing primer

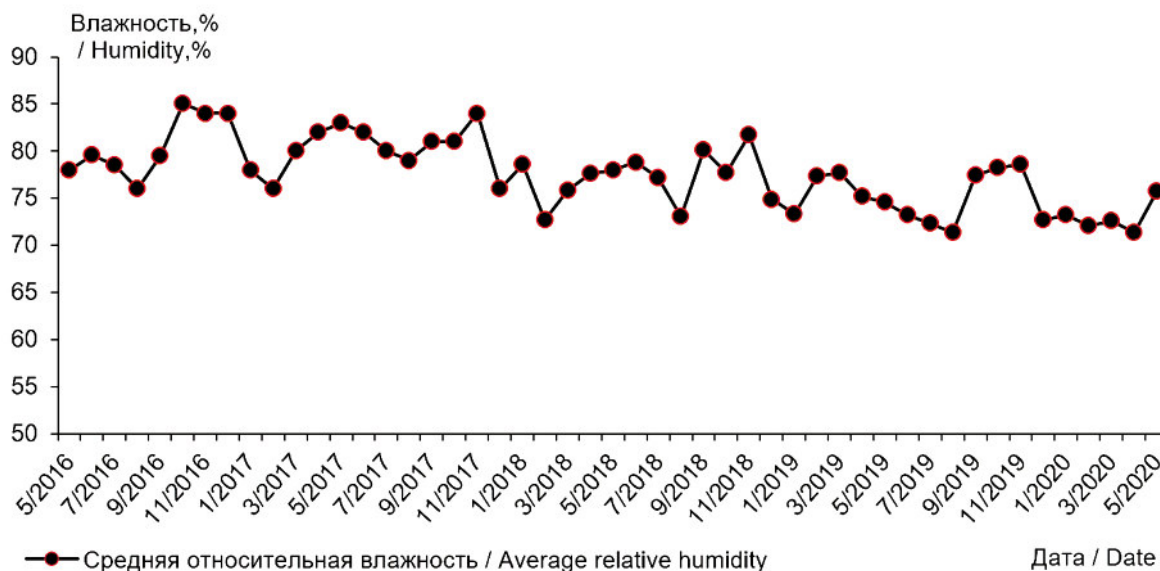


Рис. 2. Изменение средней относительной влажности воздуха на КИС Дам Бай за 05.2016-05.2020 г.г.

Fig. 2. Change in the average relative air humidity at CTS Dam Bai for 05.2016-05.2020

Таблица. 3. Изменение декоративных свойств ЛКП после 4 лет натурных испытаний на КИС: блеска, цвета, грязеудержания и меления

Table 3. Change in the decorative properties of paintwork after 4 years of full-scale tests on CTS: gloss, color, dirt retention and chalking

Система / System №	Изменение блеска покрытия, балл ¹ / Change in gloss of the coating, point ¹	Изменение цвета покрытия, балл ² / Coating color change, point ²	Грязеудержание покрытия, балл ³ / Mud retention of the coating, point ³	Меление покрытия М, % / Chalk coating M, % ⁴
1	5	4	2	47,6
2	5	2	2	64,8
3	5	1	2	55,5
4	5	5	2	28,6
5	4	4	2	54,4

¹Балл 4 - значительные, т.е. сильно выраженные изменения; балл 5 - очень заметные изменения.
/ ¹Point 4 - significant, i.e. strongly pronounced changes; score 5 - very noticeable changes.

²Балл 1 - очень слабые, т.е. едва различимое изменение цвета; балл 2 - слабые, т.е. хорошо различимое изменение цвета; балл 4 - значительные, т.е. сильно выраженное изменение цвета; балл 5 - очень заметные изменения, т.е. первоначальный цвет покрытия плохо различим.

/ ²Point 1 - very weak, i.e. subtle color change; score 2 - weak, i.e. well distinguishable color change; score 4 - significant, i.e. pronounced color change; score 5 - very noticeable changes, i.e. the original color of the coating is difficult to see.

³Степень грязеудержания покрытий, проводивших экспонирование на бетонной площадке равна, 2 - слабые, т.е. отдельные механические частицы.

/ ³The degree of dirt retention of coatings, carried out exposure on a concrete site, is equal to 2 - weak, i.e. separate mechanical particles.

⁴Меление покрытия представляется через степень светопропускания в процентах.

/ ⁴The shading of the coating is represented by the percentage of light transmission.

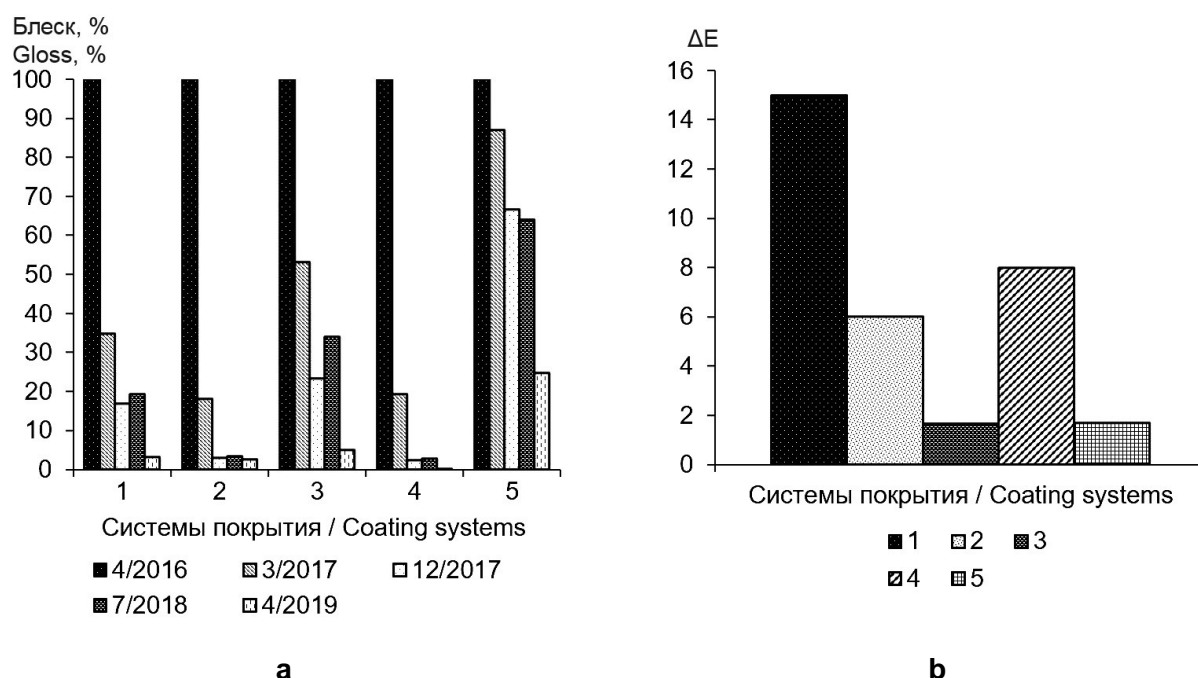


Рис. 3. Изменение блеска (в %) за период испытаний (а) и абсолютные значения цветовых различий ΔE (б) систем покрытия через 16 месяцев натурных испытаний

Fig. 3. Change in gloss (in %) over the test period (a) and the absolute value of color differences ΔE (b) of coating systems after 16 months of field tests

няет свой блеск в течение 24 мес (уменьшение блеска меньше 30%). Все остальные системы за это время практически полностью теряют блеск, до нескольких процентов (рис. 3а). На рис. 3б показаны различия ΔE для 5-ти систем с различными верхними слоями. После экспонирования в течение 12 мес. ΔE 1-ой системы с верхним алкидным слоем максимально, а ΔE 5-ой системы с верхним акриловым слоем минимально.

Оценка изменений декоративных свойств осуществлялась по времени возникновения первых повреждений покрытий. При визуальном осмотре испытуемых образцов после 4-х лет натурных испытаний явления растрескивания, отслаивания, выветривания и образования пузырей не обнаружены. Очевидно, причиной разрушения ЛКП является подпленочная равномерная коррозия углеродистых сталей. Через 6 мес. экспозиции на образцах системы № 2 с двухслойным хлоркаучуковым покрытием (рис. 4, нижний ряд) возникает разрушение, и площадь зоны разрушения превышает 8%, и соответствует 5 баллам ГОСТ Р 9.414-2012 по степени коррозионных разрушений. Остальные системы покрытий не разрушаются за

32 мес. испытаний. На рис. 4 (верхний ряд) – система №3 с эпоксидным покрытием, цинковой грунтовкой и полиуретановым верхним слоем толщиной 80 мкм – показан процесс развития коррозии в случае присутствия искусственного дефекта.

Как видно из вышеприведенных результатов, при определении защитно-декоративных свойств ЛКП методами натурных испытаний, помимо визуальной оценки по ГОСТ Р 9.414-2012, может быть предложен трехэтапный процесс оценки типичного ЛКП. Первый этап должен включать в себя проверку соответствия объекта испытаний строгим требованиям по отсутствию дефектов и разрушений на поверхности образца. Любой образец, не соответствующий этим требованиям или имеющий какие-либо дефекты, не должен подвергаться испытанию. На следующем этапе, уже в процессе натурных испытаний, через заданные промежутки времени, должны определяться все параметры декоративных характеристик для оценки декоративных свойств ЛКП. При обработке данных должны приниматься предельные значения исследуемых параметров. Последний этап начинается с по-

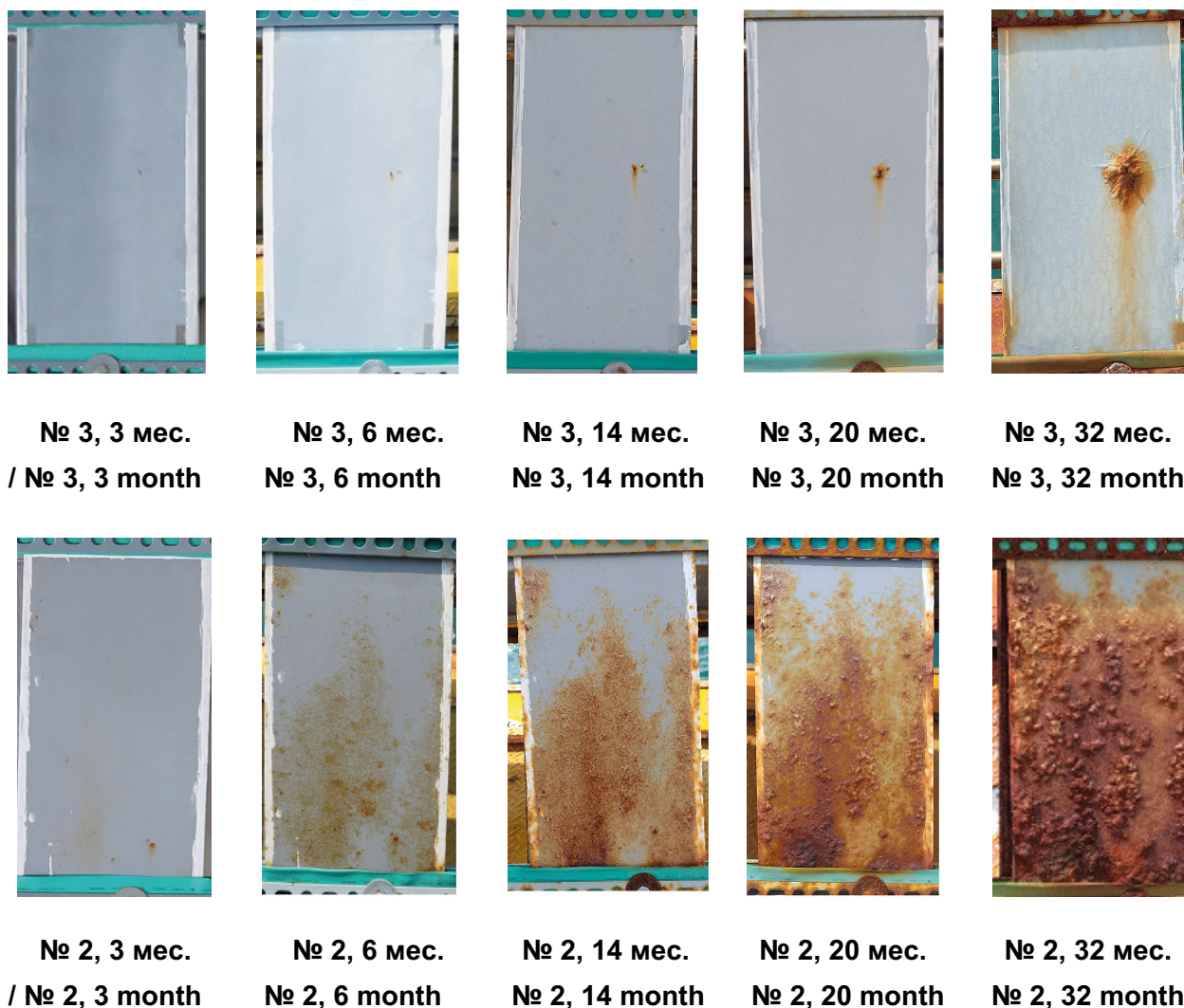


Рис. 4. Виды разрушения образцов с ЛКП по программе натурных испытаний
Fig. 4. Types of destruction of samples with paintwork on the program of full-scale tests

явлением разрушения испытуемого ЛКП вследствие вымывания его слоев или коррозии стали. Тип разрушения должен соответствовать иллюстрации в ГОСТ Р 9.414-2012.

Выводы

1. Получены результаты четырехлетних натурных испытаний по оценке защитно-декоративных свойств лакокрасочных покрытий, рекомендованных по ISO 12944-5 для судов и прибрежных сооружений в тропическом климате. Показано, что испытанные комбинации ЛКП системы двухслойного покрытия с цинковой грунтовкой толщиной более 80 мкм обладают высокой защитной способностью в агрессивных условиях морского тропического климата.

2. Проведен анализ изменений блеска, цветового параметра и меления за 12 первых месяцев испытаний. Растрескивания, отслаивания, выветривания и образования пузырей на поверхности покрытий за этот период не обнаружено. Покрытия с эпоксидным цинк-наполненным грунтом и верхним слоем на основе акрилата (система № 5) характеризуются наименьшим снижением блеска и цветовых параметров. Минимальные значения декоративных параметров достигаются в большинстве случаев после 24 месяцев испытаний.

3. Система покрытий различной толщины с цинк-наполненной грунтовкой (ЦНГ) обеспечивает наиболее высокую антикоррозионную эффективность (системы № 3, 4 и 5). На поверхности образцов без ЦНГ наблю-

дается значительная коррозия стальной основы пятнами.

4. По результатам проведенных натурных испытаний установлено, что комбинации лакокрасочных покрытий соответствуют ожидаемому сроку службы в тропическом климате от 2 до 5 лет. Типичной группой, подходящей к данному климату, является эпоксидная двухкомпонентная краска при наличии акрилатного верхнего слоя. В качестве антикоррозионного подслоя рекомендуется цинк-содержащая грунтовка.

Литература

1. Лаптев А.Б., Колпачков Е.Д., Курс М.Г., Лебедев М.П., Луценко А.Н. Разработка методики определения ресурса эксплуатации конструкций из полимерных композиционных материалов // Пластические массы. – 2018. – № 9-10. – С. 36-40. doi: 10.35164/0554-2901-2018-9-10-36-40.

2. Гладких А.В., Курс И.С., Курс М.Г. Анализ данных натурных климатических испытаний, совмещенных с приложением эксплуатационных факторов, неметаллических материалов (обзор) // Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн. – 2018. – № 10 (70). – С. 74-82. doi: 10.18577/2307-6046-2018-0-10-74-82.

3. Полякова А.В., Кривушина А.А., Горяшник Ю.С., Бухарев Г.М. Испытания на микробиологическую стойкость в натурных условиях различных климатических зон // Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн. – 2016. – № 4 (40). – С. 98-105. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 18.05.2016). doi: 10.18577/2307-6046-2016-0-4-11-11.

4. Варченко Е.А., Курс М.Г. Влияние параметров коррозионной среды на свойства конструкционных металлических материалов при проведении испытаний в морской воде (обзор) // Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн. – 2019. – № 5 (77). – С. 85-93. doi: 10.18577/2307-6046-2019-0-5-85-93.

5. ISO 9223:2017. Corrosion of metals and alloys. Corrosivity of atmospheres. Classification, determination and estimation.

6. ISO 9224:2012. Corrosion of metals and alloys – Corrosivity of atmospheres – Guiding values for the corrosivity categories.

7. ГОСТ Р ИСО 8501-1-2014. Подготовка стальной поверхности перед нанесением

лакокрасочных материалов и относящихся к ним продуктов. Визуальная оценка чистоты поверхности. Часть 1. Степень окисления и степени подготовки непокрытой стальной поверхности и стальной поверхности после полного удаления прежних покрытий.

8. ISO 12944-5:2019. Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint systems – Part 5: Protective paint systems.

9. ГОСТ Р 9.414-2012. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Метод оценки внешнего вида.

10. ISO 4628:2016. Paints and varnishes – Evaluation of degradation of coatings – Designation of quantity and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance.

11. ISO/IEC 17025:2017. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.

12. Курс М.Г., Каримова С.А. Натурно-ускоренные испытания: особенности методики и способы оценки коррозионных характеристик алюминиевых сплавов // Авиационные материалы и технологии. – 2014. – № 1. – С. 51-57. doi: 10.18577/2071-9140-2014-0-1-51-57.

13. Ануфриев Н.Г., Смирнова Н. Е., Иванов А.М. Применение современных цинк-наполненных грунтовок в окрасочных работах // Промышленная окраска. – 2003. – № 2. – С. 11-13.

14. ГОСТ 9-906-83. Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Станции климатические испытательные. Общие требования.

15. ГОСТ Р 52663-2006 (ISO 2813:1994). Материалы лакокрасочные. Метод определения блеска лакокрасочных покрытий, не обладающих металлическим эффектом, под углом 20°, 60° и 85°.

16. ГОСТ Р 52662-2006 (ISO 7724-2:1984). Материалы лакокрасочные. Колориметрия. Часть 2. Измерение цвета.

17. ГОСТ Р 52490-2005 (ISO 7724-3:1984). Материалы лакокрасочные. Колориметрия. Часть 3. Расчет цветовых различий.

18. ГОСТ Р 52489-2005 (ISO 7724-1:1984). Материалы лакокрасочные. Колориметрия. Часть 1. Основные положения.

19. EN 13523-14: 2014. Coil coated metals

– Test methods – part 14: chalking (Helmen method).

20. Mikhailov A.A., Tidblad J., Kucera V. The classification system of ISO 9223 standard and the dose-response functions assessing the corrosivity of outdoor atmospheres // *Protection of Metals*. – 2004 – V. 40, № 6. – P. 541-550.

21. Старцев В.О., Славин А.В., Николаев Е.В. Изучение содержания агрессивных ионов в атмосфере и морской воде геленджикской бухты // *Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн.* – 2020. – № 10 (92). – С. 106-115. doi:10.18577/2307-6046-2020-0-10-106-115.

22. Ву Динь Вуй. Атмосферная коррозия металлов в тропиках. – М.: «Наука», 1994. – 239 с.

23. Официальная страница Управления Экологической Среды Вьетнама. Портал Экологического Мониторинга. Северный Центр Мониторинга Экологической Среды. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cem.gov.vn/>.

24. Dara T.O. Evaluation of Atmospheric Corrosion in Steels for Corrosion Mapping in Asia // Doctor Thesis. Graduate School of Engineering, Yokohama National University. – 2017. – Sep.

25. Le Thi Hong Lien, Pham Thy San, Hoang Lam Hong. Results of studying atmospheric corrosion in Vietnam 1995–2005. et al 2007. // *Science and Technology of Advanced Materials*. – 2007. – V. 8, № 7-8. – P. 552-558. doi:10.1016/j.stam.2007.08.011.

References

1. Laptev, A. B., Kolpachkov, E. D., Kurs, M. G., Lebedev, M. P., & Lutsenko, A. N. (2018). Development of a method for determining the service life of structures made of polymer composite material. *Plastic mass*, (9-10), 36-40. doi: 10.35164/0554-2901-2018-9-10-36-40.

2. Gladkikh, A. V., Course, I. S., & Course, M. G. (2018). Analysis of the data of full-scale climatic tests, combined with the application of operational factors, non-metallic materials (review). *Proceedings of VIAM: electron. scientific and technical zhurn*, 10(70), 74-82. doi: 10.18577/2307-6046-2018-0-10-74-82.

3. Polyakova, A. V., Krivushina, A. A.,

Goryashnik, Yu. S., & Bukharev, G. M. (2016). Tests for microbiological resistance in natural conditions of different climatic zones. *Proceedings of VIAM: electron. scientific and technical zhurn.*, 4(40), 97-105. Available at: <http://www.viam-works.ru> (accessed 18.05.2016). doi: 10.18577/2307-6046-2016-0-4-11-11.

4. Varchenko, E. A., Course, M. G. (2019). Influence of the parameters of the corrosive environment on the properties of structural metallic materials during tests in sea water (review). *Proceedings of VIAM: electron. scientific and technical zhurn.*, 5(77), 85-93. doi: 10.18577/2307-6046-2019-0-5-85-93.

5. Corrosion of metals and alloys. Corrosivity of atmospheres. Classification, determination and estimation. (2017). ISO 9223: 2017.

6. Corrosion of metals and alloys – Corrosivity of atmospheres – Guiding values for the corrosivity categories. (2012). ISO 9224: 2012.

7. Preparation of steel surfaces prior to application of paints and varnishes and related products. Visual assessment of surface cleanliness. Part 1. Oxidation state and preparation grades of uncoated steel surface and steel surface after complete removal of previous coatings. (2014). GOST R ISO 8501-1-2014.

8. Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint systems – Part 5: Protective paint systems. (2019). ISO 12944-5:2019.

9. Unified system of protection against corrosion and aging. Paint coatings. Appearance assessment method. (2012). GOST R 9.414-2012.

10. Paints and varnishes – Evaluation of degradation of coatings – Designation of quantity and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance. (2016). ISO 4628:2016.

11. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. (2017). ISO/IEC 17025:2017.

12. Course, M. G., Karimov, S. A. (2014). Full-scale accelerated testing: method features and methods for assessing the corrosion characteristics of aluminum alloys. *Aviation materials and technologies*, (1), 51-57. doi: 10.18577/2071-9140-2014-0-1-51-57.



13. Anufriev, N. G., Smirnova, N. E., & Ivanov, A. M. (2003). Application of modern zinc-filled primers in painting works. *Industrial painting*, (2), 11-13.

14. Unified system of protection against corrosion and aging (ESZKS). Climatic test stations. General requirements. (1983). GOST 9-906-83.

15. Paints and varnishes. Method for determining the gloss of non-metallic paint coatings at 20 °, 60 ° and 85 °. (2006). GOST R 52663-2006 (ISO 2813: 1994).

16. Paints and varnishes. Colorimetry. Part 2. Measurement of color. (2006). GOST R 52662-2006 (ISO 7724-2: 1984).

17. Paints and varnishes. Colorimetry. Part 3. Calculation of color differences. (2005). GOST R 52490-2005 (ISO 7724-3:1984).

18. Paints and varnishes. Colorimetry. Part 1. Basic provisions. (2005). GOST R 52489-2005 (ISO 7724-1:1984).

19. Coil coated metals – Test methods – part 14: chalking (Helmen method). (2014). EN 13523-14:2014.

20. Mikhalov, A. A., Tidblad, J., & Kucera, V. (2004). The classification system of ISO 9223 standard and the dose-response functions

assessing the corrosivity of outdoor atmospheres. *Protection of Metals*, 40(6), 541-550.

21. Startsev, V. O., Slavin, A. V., & Nikolaev, E. V. (2020). Study of the content of aggressive ions in the atmosphere and seawater of the Gelendzhik Bay. *Proceedings of VIAM: electron. scientific and technical zhurn*, 10(92). 106-115. doi: 10.18577/2307-6046-2020-0-10-106-115.

22. Wu Dinh Wui. (1994). *Atmospheric corrosion of metals in the tropics*. Moscow: Science.

23. The official website of the Vietnam Environment Department. Environmental Monitoring Portal. Northern Environmental Monitoring Center. [Electronic resource]. – Available at: <http://cem.gov.vn/>.

24. Dara, T. O. (2017). Evaluation of Atmospheric Corrosion in Steels for Corrosion Mapping in Asia. Doctor Thesis. Graduate School of Engineering, Yokohama National University, (Sep).

25. Le Thi Hong Lien, Pham Thy San, Hoang Lam Hong. Results of studying atmospheric corrosion in Vietnam 1995-2005. et al (2007). *Science and Technology of Advanced Materials*, 8(7-8), 552.

Информация об авторах

Нонг Куок Куанг, н.с., Приморское отделение, Российско-Вьетнамский Тропический Центр, г. Нячанг, пров. Ханьхоа, Вьетнам

Нгуен Ван Чьеу, н.с., Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Российская Федерация

Май Ван Минь, н.с., Приморское отделение, Российско-Вьетнамский Тропический Центр, г. Нячанг, пров. Ханьхоа, Вьетнам

Фан Ба Ты, н.с., Приморское отделение, Российско-Вьетнамский Тропический Центр, г. Нячанг, пров. Ханьхоа, Вьетнам

Нгуен Ван Чи, н.с., Приморское отделение, Российско-Вьетнамский Тропический Центр, г. Нячанг, пров. Ханьхоа, Вьетнам

Донг Ван Кьен, н.с., Приморское отделение, Российско-Вьетнамский Тропический Центр, г. Нячанг, пров. Ханьхоа, Вьетнам

Ле Хонг Куан, н.с., Приморское отделение, Российско-Вьетнамский Тропический Центр, г. Нячанг, пров. Ханьхоа, Вьетнам

Као Ньят Линь, н.с., Приморское отделение, Российско-Вьетнамский Тропический Центр, г. Нячанг, пров. Ханьхоа, Вьетнам

Ануфриев Николай Геннадиевич, к.х.н., в.н.с., Институт физической химии и электрохимии имени А.Н. Фрумкина РАН, г. Москва, Российская Федерация

Information about authors

Nong Quoc Quang, research, Russian-Vietnamese Tropical Center, Coastal Branch, Nha Trang, Khanh Hoa, Vietnam

Nguyen Van Trieu, research, National Research Irkutsk State Technical University, Irkutsk, Russia Federation

Van Minh, research, Russian-Vietnamese Tropical Center, Coastal Branch, Nha Trang, Khanh Hoa, Vietnam

Phan Ba Tu, research, Russian-Vietnamese Tropical Center, Coastal Branch, Nha Trang, Khanh Hoa, Vietnam

Nguyen Van Chi, research, Russian-Vietnamese Tropical Center, Coastal Branch, Nha Trang, Khanh Hoa, Vietnam

Van Kien, research, Russian-Vietnamese Tropical Center, Coastal Branch, Nha Trang, Khanh Hoa, Vietnam

Le Hong Quan, research, Russian-Vietnamese Tropical Center, Coastal Branch, Nha Trang, Khanh Hoa, Vietnam

Cao Nhat Linh, research, Russian-Vietnamese Tropical Center, Coastal Branch, Nha Trang, Khanh Hoa, Vietnam

Nikolay G. Anufriev, Ph.D. in Chemistry, leading researcher, Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry of RAS, Moscow, Russian Federation