

DỰ BÁO TUỔI THỌ CÁC HỆ SƠN BẢO VỆ KIM LOẠI KHI SỬ DỤNG TẠI CÁC KHU VỰC KHÍ HẬU NHIỆT ĐỚI VIỆT NAM

CHỬ MINH TIỀN ⁽¹⁾, LÊ QUỐC PHẨM ⁽¹⁾, NGUYỄN TIẾN NAM ⁽²⁾, ĐỖ ĐÌNH TRUNG ⁽¹⁾

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong số các biện pháp bảo vệ chống ăn mòn cho các kết cấu kim loại thì phổ biến nhất là sử dụng các hệ thống sơn bảo vệ. Do vậy độ bền và thời hạn sử dụng (tuổi thọ) các hệ sơn trong các điều kiện khí hậu-môi trường khác nhau (climatic modification) [1] là mối quan tâm thường xuyên của nhà sản xuất cũng như người sử dụng. Phương pháp cơ bản để nghiên cứu độ bền khí hậu của vật liệu là thử nghiệm, bao gồm tự nhiên và gia tốc.

Tuổi thọ của vật liệu được hiểu là giá trị sử dụng của nó trong một thời gian xác định và trong một điều kiện khí hậu - môi trường xác định. Giá trị sử dụng của vật liệu được biểu hiện qua các tham số của nó. Khi các tham số này suy giảm tới một giới hạn (quy ước) nào đó thì vật liệu hết giá trị sử dụng, đó là tuổi thọ của vật liệu. Như vậy tuổi thọ có 3 thuộc tính: tính quy ước (tùy thuộc vào giới hạn nào được đặt ra cho tuổi thọ), tính riêng lẻ (tùy thuộc vào tham số nào được chọn là thước đo tuổi thọ) và điều kiện sử dụng cụ thể. Theo các tài liệu đã công bố, tuổi thọ được dự báo dưới nhiều hình thức khác nhau: theo phân mức tuổi thọ, theo hệ số gia tốc, từ phương trình thực nghiệm, từ tương quan giữa thử nghiệm tự nhiên và gia tốc...

TCVN 8789:2011 [2] cung cấp công cụ để phân loại các mức tuổi thọ cho các vật liệu sơn bằng kết quả thử nghiệm gia tốc, trong đó tuổi thọ lớp phủ được xác định là thời gian bảo vệ thực tế của lớp phủ khi nó đã bị xuống cấp tới mức R_{i3} (tổng diện tích ăn mòn đạt tới 1% theo ISO 4628-3:2016) [3]. Trên cơ sở đó, tuổi thọ của lớp phủ được phân thành 3 mức: mức thấp từ 2 đến 5 năm; mức trung bình từ 5 đến 15 năm; mức cao trên 15 năm.

Phương pháp dự báo dựa trên hệ số gia tốc được khuyến cáo trong tiêu chuẩn GOST 9.401-2018 [4]. Để xác định tuổi thọ của lớp phủ cần lựa chọn phương pháp gia tốc phù hợp với điều kiện khí hậu theo GOST 15150-69 [1] và điều kiện sử dụng theo GOST 9.104-2018 [5]. Sau đó tiến hành thử nghiệm theo phương pháp đã lựa chọn cho đến khi tham số bảo vệ chống ăn mòn đạt tới điểm 3 (tổng diện tích ăn mòn đạt tới 1%). Tuổi thọ (lý thuyết) bằng thời gian thử nghiệm nhân với hệ số gia tốc. Bảng 1 trình bày hệ số gia tốc tương ứng với một số điều kiện sử dụng khác nhau.

Bảng 1. Điều kiện sử dụng của vật liệu và hệ số gia tốc tương ứng

Điều kiện sử dụng	OM1	T1	T2	T3	Y1	Y2	XJ1
Hệ số gia tốc	22	18	24	48	46	52	41

Trong đó:

OM1 - Khí hậu biển ngoài trời;

T1 - Khí hậu nhiệt đới ngoài trời;

T2 - Khí hậu nhiệt đới dưới mái che;

T3 - Khí hậu nhiệt đới trong nhà kho có thông gió tự nhiên;

Y1 - Khí hậu ôn đới ngoài trời;

Y2 - Khí hậu ôn đới dưới mái che;

XJ11 - Khí hậu lạnh ngoài trời.

Karyakina và cộng sự nghiên cứu phương pháp dự báo thời hạn sử dụng của lớp sơn phủ bằng thử nghiệm gia tốc [6]. Nghiên cứu cho thấy, ở giai đoạn đầu của quá trình lão hóa trong khí quyển thì độ bóng có thể được chọn là tiêu chí để đánh giá độ bền khí quyển của lớp phủ. Điều này đã được kiểm chứng bởi thử nghiệm tự nhiên tại các khu vực khí hậu khác nhau, cũng như thử nghiệm gia tốc trong phòng thí nghiệm. Kết quả nghiên cứu được trình bày dưới dạng các đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của mức độ mất độ bóng vào thời gian thử nghiệm gia tốc τ_0 và thời gian thử nghiệm tự nhiên τ , qua đó xác định các cặp thời gian τ_{0i} và τ_i , mà độ suy giảm độ bóng cùng đạt tới một giá trị như nhau. Từ các cặp giá trị (τ_{0i} ; τ_i) có thể xây dựng một hàm số có dạng $\tau = a \cdot \tau_0^b$. Sử dụng phương pháp phân tích hồi quy để xác định các tham số a và b . Như vậy đối với mỗi lớp phủ có các cặp tham số (a , b) riêng của nó, phản ánh mức độ tương quan giữa các kết quả của thử nghiệm tự nhiên và gia tốc. Dự báo tuổi thọ dựa trên các tương quan này.

Mục tiêu của nghiên cứu này là tìm kiếm một công cụ tin cậy để dự báo tuổi thọ của các sản phẩm sơn bảo vệ kim loại khi sử dụng trong các khu vực khí hậu nhiệt đới khác nhau. Nghiên cứu này sử dụng kết quả thử nghiệm tự nhiên trước đây [7] để kiểm chứng độ tin cậy của thử nghiệm gia tốc, trong đó các hệ sơn được thử nghiệm tự nhiên trong thời gian 5 năm tại 2 trạm thử nghiệm thuộc Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga là Trạm Thử nghiệm Hòa Lạc (Thạch Thất, Hà Nội) đại diện cho khí quyển nhiệt đới nông thôn và Trạm Thử nghiệm biển Đầm Báy (Nha Trang, Khánh Hòa) đại diện cho khí quyển biển nhiệt đới.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Mẫu thử là hệ thống bao gồm vật liệu nền, lớp sơn lót và lớp sơn phủ. Có 4 hệ sơn được thử nghiệm, mỗi hệ sơn có 2 mẫu đại diện (Bảng 2). Mẫu thử được chuẩn bị theo phương pháp mô tả trong tài liệu báo cáo [7]. Vật liệu nền là thép Ct-3 có độ nhám bề mặt mẫu đạt từ 0,5 đến 1,14 μm với kích thước (150 x 75 x 2) mm. Các mẫu sơn sau khi chuẩn bị xong được ổn định ở điều kiện phòng thí nghiệm trong ít nhất 7 ngày, sau đó tiến hành thử gia tốc.

Bảng 2. Các hệ sơn được thử nghiệm

Hệ sơn	Ký hiệu mác sơn	Sơn lót/ Mã sản phẩm	Sơn phủ/ Mã sản phẩm	Tổng độ dày, μm	Nhà sản xuất
Alkyd	AK.J	Jotun Alkyd Primer Đỏ	Alkyd Jotun Pilot II	40	Cty sơn Jotun
	AK.Đ	Sơn chống gỉ S.AK-N; G-154	Sơn phủ S.AK-P1; CT-98	40	Cty sơn Đại Bàng
Epoxy	EP.H	Sơn chống gỉ EP-502	Sơn phủ EP-275	73	Cty sơn Hải Âu
	EP.J	Jotun Pengoard Primer	Jotun Pengoard FC	72	Cty sơn Jotun
Poly- uretan	PU.J	Jotun Pengoard Primer	HardTop XP COMP A	88	Cty sơn Jotun
	PU.Đ	Sơn chống gỉ S.PU-N1; N-01	Sơn phủ S.PU-P1; CT-98	83	Cty sơn Đại Bàng
Acrylic	AC.H	Sơn chống gỉ AR-501	Sơn phủ AR-752	85	Cty sơn Hải Âu
	AC.J	Sơn chống gỉ JotaShield Primer	JotaShield xanh đen	88	Cty sơn Jotun

2.2. Phương pháp thử nghiệm gia tốc

Lựa chọn đúng phương pháp thử gia tốc tương ứng với điều kiện tự nhiên là yêu cầu quan trọng nhất, quyết định đến độ chính xác của dự báo. Việc lựa chọn phương pháp thử gia tốc phù hợp với điều kiện khí quyển Đàm Báy được thực hiện như sau. Trước tiên, lựa chọn phương án khí hậu và vị trí làm việc sản phẩm GOST 15150-69 [1], theo đó phương án khí hậu “TB” và vị trí làm việc “1” là phù hợp với Đàm Báy, trong đó “TB” ứng với khí hậu nhiệt đới ẩm, “1” ứng với vị trí làm việc ngoài trời. Thứ hai, lựa chọn nhóm điều kiện sử dụng của hệ sơn phủ dựa trên GOST 9.104-2018 [5], đối với cặp phương án “TB” và “1” của Đàm Báy thì tương ứng với nhóm điều kiện sử dụng - T1. Cuối cùng, từ nhóm điều kiện sử dụng T1 và kiểu khí quyển Đàm Báy thuộc loại-III (khí quyển biển), theo tiêu chuẩn GOST 9.401-2018 [4], tương ứng với phương pháp gia tốc số 9. Tiến hành theo các bước tương tự, phương pháp thử gia tốc ứng với điều kiện khí quyển Hòa Lạc được xác định là phương pháp số 4.

Một chu kỳ 24 giờ (h) của phương pháp gia tốc số 9 bao gồm 5 giai đoạn sau:

Giai đoạn 1. $T = 55 \pm 2^\circ\text{C}$ và $RH = 97 \pm 3\%$ trong 5h;

Giai đoạn 2. $T = 35 \pm 2^\circ\text{C}$ và nồng độ NaCl 5% trong 3h;

Giai đoạn 3. $T = 55 \pm 2^\circ\text{C}$ và $\text{RH} = 97 \pm 3\%$ trong 5h;

Giai đoạn 4. $T = 60 \pm 3^\circ\text{C}$, bức xạ UV (290 - 400 nm) $35 \pm 5 \text{ W/m}^2$, làm việc ở chế độ 4 - 16 (phun nước 4 phút, khô 16 phút). Điều kiện này được duy trì trong 10h;

Giai đoạn 5. Điều hòa mẫu ở điều kiện $T = 15 - 30^\circ\text{C}$ và $\text{RH} < 80\%$ trong 1h.

Một chu kỳ 24h của phương pháp gia tốc số 4 bao gồm 4 giai đoạn sau:

Giai đoạn 1. Thử nhiệt ẩm với chế độ $T = 55 \pm 2^\circ\text{C}$ và $\text{RH} = 97 \pm 3\%$ trong 10h.

Giai đoạn 2. Ngắt nguồn tử nhiệt ẩm để tạo điều kiện ngưng ẩm trong 2h.

Giai đoạn 3. Thử thời tiết nhân tạo $T = 60 \pm 3^\circ\text{C}$ với bức xạ UV là $35 \pm 5 \text{ W/m}^2$, làm việc ở chế độ 4 - 16 (phun nước 4 phút, khô 16 phút) trong 10h.

Giai đoạn 4. Điều hòa mẫu ở điều kiện $T = 15 - 30^\circ\text{C}$ và $\text{RH} < 80\%$ trong 2h.

Thử nghiệm được tiến hành cho đến khi mức độ ăn mòn trên mẫu thử đạt tới điểm 3.

2.3. Phương pháp dự báo tuổi thọ

Tiêu chí về khả năng bảo vệ chống ăn mòn của các hệ sơn được lấy làm thước đo tuổi thọ của chúng. Trong quá trình thử nghiệm, mức độ ăn mòn trên mẫu thử được xác định theo thang điểm qua từng chu kỳ theo tiêu chuẩn GOST 9.407-2015 [9]. Tuổi thọ của lớp phủ được dự báo theo GOST 9.401-2018 [4], trong đó thử nghiệm gia tốc được tiến hành cho đến khi mức độ ăn mòn đạt tới điểm 3. Đầm Báy và Hòa Lạc đều thuộc nhóm điều kiện sử dụng T1 theo GOST 9.104-2018 [5], có hệ số gia tốc là 18, theo GOST 9.401-2018 [4]. Tuổi thọ lý thuyết được tính theo công thức sau:

$$t_{gt} = \frac{\tau \cdot k}{365} \quad (1)$$

Trong đó, t_{gt} : tuổi thọ lý thuyết (tính theo kết quả thử nghiệm gia tốc), năm;

k : hệ số gia tốc;

τ : số chu kỳ thử nghiệm gia tốc.

Sai số dự báo d (%) được tính theo công thức sau:

$$d = \frac{t_{tn} - t_{gt}}{t_{tn}} \quad (2)$$

Trong đó: t_{gt} : tuổi thọ lý thuyết, năm;

t_{tn} : tuổi thọ thực tế, năm (lấy từ cơ sở dữ liệu [7]).

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Thử nghiệm tự nhiên ngoài trời đã được tiến hành trong giai đoạn (2016 - 2021) tại Trạm Thử nghiệm biển Đầm Báy nằm trên đảo Hòn Tre, tỉnh Khánh Hòa (Vĩ độ $12^\circ 14'$ Bắc, Kinh độ $109^\circ 17'$ Đông), nơi có khí hậu nhiệt đới biển và Trạm Thử nghiệm Hòa Lạc nằm ở ngoại ô thành phố Hà Nội (Vĩ độ $22^\circ 45'$ Bắc, Kinh độ $105^\circ 45'$ Đông, cách biển 96 km), nơi có khí hậu nhiệt đới nông thôn. Thống kê dữ liệu khí tượng - môi trường trong 5 năm thử nghiệm tại 2 trạm được trình bày trong Bảng 3 [7].

Bảng 3. Thống kê dữ liệu khí tượng-môi trường tại 2 Trạm thử nghiệm
(Từ tháng 7/2016 đến tháng 6/2021)

Thời gian (tháng/năm)	Nhiệt độ, °C	Độ ẩm tương đối, %	Bức xạ mặt trời, MJ/m ²	Độ muối, mg/m ² .ngày	Lượng mưa, mm
Trạm Hòa Lạc					
7/2016 - 6/2017	25	77	4451	17	1458
7/2017 - 6/2018	24,5	77	4398	18	1977
7/2018 - 6/2019	24	76	4111	22	2904
7/2019 - 6/2020	24	77	4491	22	2057
7/2020 - 6/2021	26	80	4410	24	1427
Trung bình	24,7	77,4	4372	20,6	1964
Trạm Đầm Báy					
7/2016 - 6/2017	27,5	79	7369	49	1276
7/2017 - 6/2018	27	80	6274	52	2152
7/2018 - 6/2019	27	81	6581	53	1714
7/2019 - 6/2020	27	80	6229	52	1979
7/2020 - 6/2021	28	79	7159	54	1265
Trung bình	27,3	80	6722	52	1677

Dữ liệu thử nghiệm tự nhiên [7] của các mác sơn được trình bày trong Bảng 4. Giá trị trong Bảng 4 là thời gian thử nghiệm tự nhiên tính theo tháng (và quy đổi ra năm) mà mẫu thử đạt tới mức ăn mòn điểm 3.

Bảng 4. Dữ liệu về thời gian bảo vệ chống ăn mòn của các mác sơn
khi thử nghiệm tự nhiên tại trạm Đầm Báy và Hòa Lạc

Mác sơn Địa điểm		AK.Đ	AK.J	EP.H	EP.J	PU.Đ	PU.J	AC.H	AC.J
Trạm Đầm Báy	Tháng	11	11	35	26	38	32	35	38
	Năm	0,92	0,92	2,92	2,17	3,17	2,67	2,92	3,17
Trạm Hòa Lạc	Tháng	14	14	38	29	41	38	38	41
	Năm	1,17	1,17	3,17	2,42	3,42	3,17	3,17	3,42

Dữ liệu về khả năng bảo vệ chống ăn mòn của các mác sơn khi thử nghiệm theo phương pháp 9 và phương pháp 4 được trình bày trong Bảng 5. Giá trị trong Bảng 5 là số chu kỳ gia tốc mà mẫu thử đạt tới mức ăn mòn điểm 3.

Bảng 5. Dữ liệu về khả năng bảo vệ chống ăn mòn của các mác sơn khi thử nghiệm gia tốc theo phương pháp 9 và 4, chu kỳ

Mác sơn	AK.Đ	AK.J	EP.H	EP.J	PU.Đ	PU.J	AC.H	AC.J
Phương pháp 9	19	19	56	39	60	58	54	59
Phương pháp 4	24	23	68	46	74	70	68	73

Áp dụng công thức (1) để tính toán tuổi thọ lý thuyết cho các mác sơn khi thử nghiệm gia tốc. Kết quả tính toán trình bày trong Bảng 6.

Bảng 6. Tuổi thọ lý thuyết của các mác sơn khi sử dụng tại Đầm Báy và Hòa Lạc

Mác sơn Tuổi thọ, năm	AK.Đ	AK.J	EP.H	EP.J	PU.Đ	PU.J	AC.H	AC.J
Tại Đầm Báy	0,94	0,94	2,76	1,92	2,95	2,86	2,66	2,91
Tại Hòa Lạc	1,18	1,14	3,35	2,26	3,65	3,45	3,35	3,60

Áp dụng công thức (2) để tính toán sai số dự báo của tuổi thọ lý thuyết so với tuổi thọ thực tế (theo thử nghiệm tự nhiên). Kết quả được trình bày trong Bảng 7.

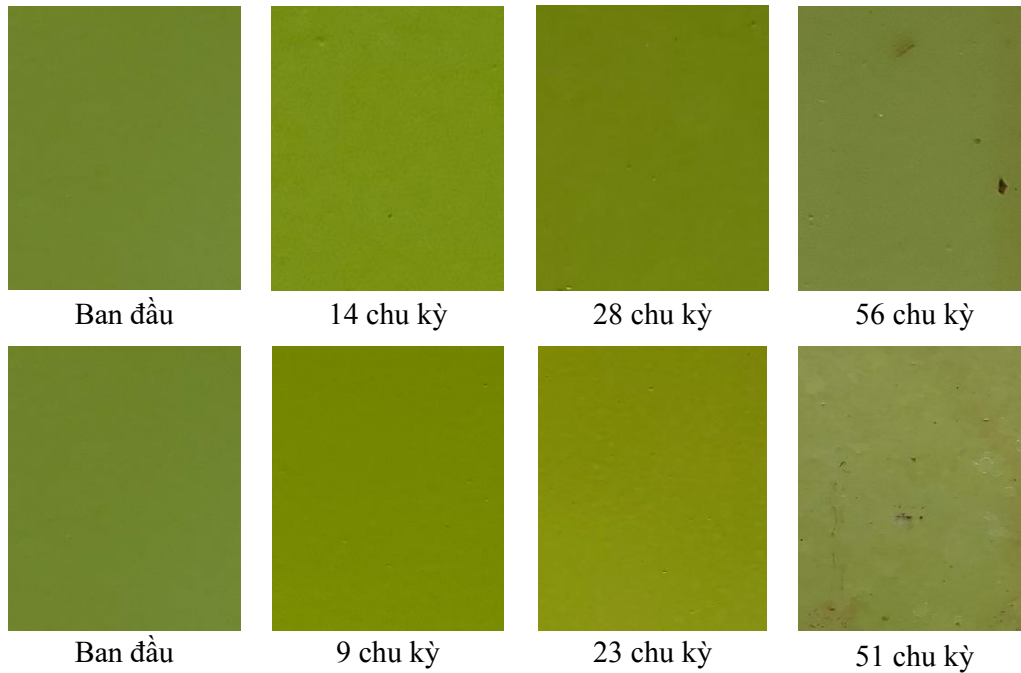
Bảng 7. Sai số dự báo tuổi thọ của các mác sơn

Mác sơn Sai số dự báo, %	AK.Đ	AK.J	EP.H	EP.J	PU.Đ	PU.J	AC.H	AC.J
Tại Đầm Báy	- 2,2	- 2,2	+ 5,5	+ 11,5	+ 6,9	- 7,1	+ 8,9	+ 8,2
Tại Hòa Lạc	- 0,8	+ 2,5	- 5,6	+ 6,6	- 6,7	- 8,8	- 5,6	- 5,2

Từ Bảng 7 có thể thấy dự báo cho các mác sơn alkyd có độ chính xác cao nhất (sai số không vượt quá 2,5% cho cả 2 phương pháp thử gia tốc). Đây là các mác sơn có tuổi thọ thấp, trên dưới 1 năm. Việc tăng số chu kỳ thử nghiệm đối với các mác sơn còn lại, là những mác có độ bền và tuổi thọ cao hơn, dẫn đến sai số dự báo tăng. Đây chính là sự phân kỳ các kết quả của phương pháp thử gia tốc so với tự nhiên. Rõ ràng rằng, không phương pháp gia tốc nào có thể mô phỏng hoàn toàn được điều kiện thực tế, do vậy việc tăng thời gian thử nghiệm gia tốc (số chu kỳ thử nghiệm) sẽ dẫn đến tăng dần sự khác biệt giữa các kết quả của 2 hình thức thử nghiệm này, đồng nghĩa với sai số dự báo sẽ tăng.

Cần nhấn mạnh rằng độ chính xác của dự báo phụ thuộc vào vật liệu nào được lựa chọn để thử nghiệm (bản chất vật liệu), tham số nào của vật liệu được lựa chọn là thước đo của tuổi thọ, phương pháp nào được lựa chọn để thử nghiệm gia tốc và khí quyển nào được lựa chọn để thử nghiệm tự nhiên.

Cũng theo Bảng 7, hầu hết các sai số dự báo đều nằm trong khoảng cho phép (theo GOST 9.401-2018 là 10%), với ngoại lệ là mức sơn EP.J khi thử nghiệm gia tốc mô phỏng khí quyển Đầm Báy có sai số 11,5%. Điều này cho thấy bộ 03 tiêu chuẩn LB Nga là GOST 15150-69, GOST 9.401-2018, và GOST 9.104-2018 là công cụ tin cậy để dự báo đối với hầu hết các mức sơn bảo vệ kim loại làm việc tại các khu vực có khí hậu nhiệt đới khác nhau.



Hình 1. Hình ảnh mẫu sơn EP.H trong quá trình thử nghiệm gia tốc

Hình 1 cho thấy quá trình biến đổi ngoại quan của mẫu sơn EP.H khi thử nghiệm gia tốc, trong đó: hàng trên ứng với thử nghiệm theo phương pháp 4; hàng dưới ứng với thử nghiệm theo phương pháp 9.

4. KẾT LUẬN

- Đã tiến hành thử nghiệm gia tốc theo các yêu cầu của bộ 03 tiêu chuẩn LB Nga (GOST 15150-69, GOST 9.401-2018, GOST 9.104-2018), áp dụng trên 8 mức sơn bảo vệ kim loại khi khai thác sử dụng tại khu vực khí quyển biển nhiệt đới và khu vực khí quyển nông thôn nhiệt đới của Việt Nam.

- Dựa trên cơ sở dữ liệu về thử nghiệm tự nhiên trước đây, bằng cách so sánh với kết quả thử nghiệm gia tốc, bộ 03 tiêu chuẩn LB Nga nêu trên chứng tỏ là công cụ tin cậy để dự báo tuổi thọ cho đa số các hệ sơn bảo vệ kim loại với sai số không quá 10%.

- Đối với các mức sơn có tuổi thọ thấp, dự báo cho độ chính xác cao hơn. Việc tăng số chu kỳ thử nghiệm gia tốc (đối với các mức sơn có độ bền cao hơn) dẫn đến sai số dự báo tăng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. ГОСТ 15150-69, *Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды*, Москва стандартинформ, 2010.
2. TCVN 8789:2011, *Sơn bảo vệ kết cấu thép - Yêu cầu kỹ thuật và phương pháp thử*, Hà Nội, 2011.
3. ISO 4628-3:2016, *Paints and varnishes - Evaluation of degradation of coatings - Designation of quantity and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance - Part 3: Assessment of degree of rusting*, ISO, 2016.
4. ГОСТ 9.401-2018, *Единая система защиты от коррозии и старения. Покрывтия лакокрасочные. Общие требования и методы ускоренных испытаний на стойкость к воздействию климатических факторов*, Москва стандартинформ, 2018.
5. ГОСТ 9.104-79, *Покрывтия лакокрасочные. Группы условий эксплуатации*, Государственный комитет СССР по стандартам, 1979.
6. Карякина М. И., *Испытание лакокрасочных материалов и покрытий*. Москва - Химия, 1988.
7. Chữ Minh Tiến và cộng sự, *Thử nghiệm tự nhiên đánh giá hiệu quả bảo vệ và trang trí của các sản phẩm sơn trên nền kim loại phổ biến trên thị trường Việt Nam*, Báo cáo đề tài cấp Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga, Hà Nội, 2022.
8. TCVN 8785-2011, Phần 1-13, *Sơn và lớp phủ bảo vệ kim loại - Phương pháp thử trong điều kiện tự nhiên. Hướng dẫn đánh giá hệ sơn và lớp phủ trong điều kiện tự nhiên*, Hà Nội, 2011.
9. ГОСТ 9.407-2015, *Покрывтия Лакокрасочные. Метод оценки внешнего вида*, Москва стандартинформ, 2015.

SUMMARY

SERVICE LIFE PREDICTION FOR METAL PROTECTIVE PAINT SYSTEMS USED IN TROPICAL CLIMATE AREAS OF VIETNAM

This paper presents the results of accelerated test of 8 commonly used metal protective paints under 2 modes of accelerated test simulating atmosphere at 2 testing stations of Joint Vietnam-Russia Tropical Science and Technology Research Center and by using previous test data of natural test as the basis for predicting service life. Corrosion protection parameter of paints is taken as a measure of service life. Acceleration testing and predicting methods are carried out according to the set of 3-standards GOST 15150-69, GOST 9.401-2018 and GOST 9.104-79 of the Russian Federation. Research shows that this set of 3-standards is a reliable tool

to predict the service life of most metal protective coating systems working in tropical climate conditions in Vietnam (with error < 10%). The research results have high practical value and are guidelines for selecting paint suitable for conditions and use requirements.

Keywords: *Weatherdurability, weathering test, tropical climate, paint coating, service life prediction, độ bền khí hậu, thử nghiệm thời tiết, khí hậu nhiệt đới, sơn phủ, dự báo thời hạn sử dụng.*

Nhận bài ngày 10 tháng 10 năm 2023

Phản biện xong ngày 10 tháng 11 năm 2023

Hoàn thiện ngày 22 tháng 11 năm 2023

⁽¹⁾ *Viện Độ bền Nhiệt đới, Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga*

⁽²⁾ *Chi nhánh Ven Biển, Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga*

Liên hệ: Đỗ Đình Trung

Viện Độ bền Nhiệt đới, Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga
Số 63 Nguyễn Văn Huyền, Nghĩa Đô, Cầu Giấy, Hà Nội
Điện thoại: 0966080886; Email: trungdodinh@mail.ru