

УДК 621.774.08:620.193:667.61

Ю.В. Прыкина¹, e-mail: PryninaJ@rosniti.ru; Т.С. Силина¹, e-mail: Silina@rosniti.ru; В.Ю. Силин¹, e-mail: Silin@rosniti.ru;

М.М. Мельников¹, e-mail: Melnikov@rosniti.ru

¹ ОАО «Российский научно-исследовательский институт трубной промышленности» (ОАО «РосНИТИ») (Челябинск, Россия).

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ КОНСЕРВАЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ ТРУБ

Атмосферная коррозия оказывает значительное влияние на наружную поверхность стальных труб при их транспортировке и хранении в условиях морского климата. Одним из способов защиты является нанесение лакокрасочных покрытий. Большое значение имеет правильный подбор лакокрасочных материалов с требуемой защитной способностью. В статье обобщены результаты натурных и лабораторных ускоренных испытаний консервационных покрытий, используемых для защиты труб.

Ключевые слова: консервационные покрытия труб, морской климат, натурные испытания, лабораторные ускоренные испытания, защитные свойства покрытий, срок службы покрытий.

Стальные трубы относятся к металлопродукции, подверженной различным видам коррозии. Одним из основных видов разрушения стальных труб является атмосферная коррозия, которая наиболее активно проявляется в условиях морского климата.

Борьба с коррозией ведется в различных направлениях и разными способами, в частности путем создания на поверхности металла защитного слоя из металлических или неметаллических материалов. Для защиты наружной поверхности труб от атмосферной коррозии применяют такие неметаллические покрытия, как лакокрасочные, полимерные, покрытия смазками и др. Наиболее распространенным способом защиты труб от атмосферной коррозии является нанесение лакокрасочных покрытий.

ВОЗДЕЙСТВИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА КОРРОЗИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ

Окружающая среда оказывает на покрытие многофакторное воздействие. Так, воздействие высоких температур изменяет емкостное и удельное сопротивление, диэлектрическую проницаемость,

ускоряет процесс окисления и связанное с ним старение покрытий. Низкие температуры также негативно влияют на покрытия: уменьшают эластичность связующего, изменяют диэлектрическую проницаемость, ведут к образованию трещин. Высокая влажность ускоряет процессы коррозии и проникновения влаги в поры покрытия, что вызывает набухание и окисление материалов с хорошей электропроводимостью. Низкая влажность приводит к повышению хрупкости покрытий. Осадки ускоряют процессы разрушения структуры покрытия, коррозию металлической подложки. Еще один значимый повреждающий фактор – солнечная радиация, вызывающая деструкцию связующего, потерю механических свойств и ускоренное старение покрытия [1].

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОНСЕРВАЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ В УСЛОВИЯХ МОРСКОГО КЛИМАТА

Для временной защиты труб, транспортируемых морем, широко применяют консервационные покрытия на основе лакокрасочных материалов естественного

или искусственного отверждения. Стандартный срок службы консервационных покрытий составляет 3–6 мес. Однако требования к срокам защиты труб при транспортировке и хранении с каждым годом возрастают.

Поиск новых лакокрасочных материалов и технических решений направлен на обеспечение при транспортировке и хранении необходимого качества противокоррозионной защиты труб сроком не менее 1 года. Особенно актуальна эта задача для условий морского климата.

Наиболее часто для оценки защитной способности и ресурса консервационных покрытий применяют испытания на стойкость к воздействию соляного тумана по [2, 3] либо испытание по методу Б [4] – оценка распространения коррозии от линии надреза после воздействия соляного тумана в течение 240 ч.

Однако данные методы испытаний не учитывают такие воздействия окружающей среды, как солнечная радиация, низкие и высокие температуры, выпадение осадков и низкая влажность, а также совокупное влияние нескольких факторов. Кроме того, они не позволяют

Таблица 1. Условные обозначения исследованных консервационных покрытий

Лакокрасочные материалы по типу отверждения	Обозначение производителя лакокрасочного материала	Обозначение вида покрытия
Искусственного отверждения УФ-излучением	А	A _y 1
		A _y 2
	В	B _y 1
		B _y 2
	С	C _y 1
		C _y 2
	D	D _y 1
	E	E _y 1
	F	F _y 1
		F _y 2
Искусственного конвективного отверждения	В	B _к 1
		B _к 2
		B _к 3
Естественного отверждения	A	A _е 1
	С	C _е 4
		C _е 5
		C _е 6
	Г	G _е 1
Н	H _е 1	

определить срок службы покрытий в конкретных климатических условиях.

Совокупное влияние климатических факторов можно оценить в ходе натурных или лабораторных ускоренных испытаний, методики проведения которых представлены в [4].

К достоинствам натурных испытаний можно отнести достоверность получаемых результатов, возможность оценки изменения свойств покрытий во времени, а недостатком данного метода является длительность проведения испытаний. Таким образом, для оценки свойств покрытий целесообразнее применять лабораторные ускоренные испытания.

ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ КОНСЕРВАЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ

В статье приведены результаты исследований защитных свойств консервационных покрытий труб, проведенных ОАО «РосНИТИ» (лабораторные ускоренные испы-

тания), а также ОАО «РосНИТИ» совместно с Геленджикским центром климатических испытаний Всероссийского научно-исследовательского института авиационных материалов (ГЦКИ ВИАМ) имени Г.В. Акимова (натурные испытания). Объектом исследования являлись консервационные покрытия, применяемые или планируемые к применению для защиты труб при транспортировке и хранении в условиях морского климата (климатическое исполнение ОМ1 по [5]). Были исследованы консервационные покрытия на основе лакокрасочных материалов:

- а) естественного отверждения – индекс Е;
- б) искусственного отверждения:
 - конвективного (горячего) – индекс К;
 - с применением УФ-излучения – индекс У.

Условные обозначения исследованных консервационных покрытий приведены в табл. 1. Всего было исследовано 19 видов консервационных покрытий вось-

ми производителей лакокрасочных материалов:

- 10 видов консервационных покрытий, отверждаемых УФ-излучением;
- три вида консервационных покрытий конвективного отверждения;
- шесть видов консервационных покрытий естественного отверждения.

Для проведения натурных испытаний консервационные покрытия наносили на трубы диаметром 168 мм с толщиной стенки 7,3 мм. Для проведения лабораторных ускоренных испытаний покрытия наносили на сегменты труб размером 150 × 70 мм.

Формирование консервационных покрытий, отверждаемых УФ-излучением, – подготовка поверхности, нанесение и отверждение – производили по технологическим инструкциям предприятий, наносящих консервационные покрытия на трубы, и в соответствии с рекомендациями производителей лакокрасочных материалов.



Рис. 1. Внешний вид труб с консервационными покрытиями до и после проведения натуральных и натурно-ускоренных испытаний

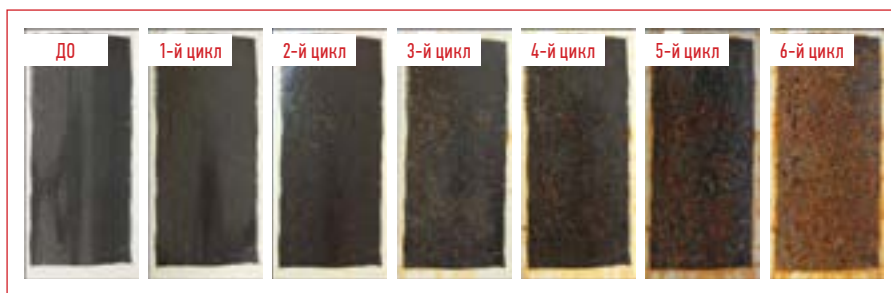


Рис. 2. Внешний вид образцов с консервационным покрытием до и после лабораторных ускоренных климатических испытаний

Формирование консервационных покрытий естественного и конвективного отверждения (подготовка поверхности, нанесение и отверждение) производили в производственных условиях и в лабораторных условиях ОАО «РосНИТИ» в соответствии с рекомендациями производителей лакокрасочных материалов.

Подготовка поверхности труб включала следующие операции:

- предварительное щеточно-струйное обезжиривание;
- чистовое щеточно-струйное обезжиривание;
- струйное обезжиривание;
- струйная промывка горячей водой;
- сушка горячим воздухом температурой не менее 80 °С.

Подготовка поверхности сегментов труб включала следующие операции:

- очистка поверхности ручной щеткой с полипропиленовой щетиной;
- щелочное обезжиривание;
- промывка проточной водой;
- сушка.

На первом этапе работы были проведены натурные климатические испытания труб с консервационными покрытиями на базе ГЦКИ ВИАМ имени Г.В. Акимова. Натурные испытания двух видов – натурные и натурно-ускоренные – проводились по программе, разработанной на основе требований [4, 6, 7]. На трубы были нанесены консервационные покрытия, отверждаемые УФ-излучением, – А_γ1, В_γ1, С_γ1, F_γ1, F_γ2, и консерва-

ционное покрытие естественного отверждения – G_E1.

Программа испытаний включала: а) натурные испытания труб с консервационными покрытиями:

- без нанесения надрезов;
 - с нанесенными надрезами;
- б) натурно-ускоренные испытания труб с консервационными покрытиями с нанесенными надрезами и ежедневным обливом морской водой.

Оценка изменения внешнего вида консервационного покрытия труб проводилась по [6, 8]. Ширина распространения коррозии от надреза определялась по методу Б [4].

Общая продолжительность экспозиции труб с консервационными покрытиями в условиях морского климата составила 12 мес. Внешний вид труб с консервационными покрытиями до и после проведения натуральных и натурно-ускоренных испытаний представлен на рис. 1.

На втором этапе были проведены лабораторные ускоренные климатические испытания по методу 10 [4], имитирующему воздействие морского климата (OM1 по [5]). Продолжительность лабораторных испытаний составила 4–24 сут в зависимости от результатов промежуточного осмотра образцов.

Оценку результатов испытаний проводили по [8] – фиксировали изменения декоративных и защитных свойств покрытий. Определение срока службы покрытий проводили на основании приложения 11 [4].

Пример внешнего вида образцов с консервационными покрытиями до и после проведения лабораторных испытаний представлен на рис. 2.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ КОНСЕРВАЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ

Результаты натуральных и натурно-ускоренных испытаний консервационных покрытий труб представлены в табл. 2.

В результате проведения натуральных и натурно-ускоренных испытаний определили, что наибольший срок защиты показало консервационное покрытие С_γ1, наименьший – F_γ2.

Таблица 2. Результаты натуральных и натурно-ускоренных испытаний

Обозначение вида покрытия	Распространение коррозии от линии надреза, мм		Результаты натуральных испытаний без нанесения надрезов – внешний вид покрытия
	После натуральных испытаний	После натурно-ускоренных испытаний	
A _γ 1	32	0,8	На 35–40 % площади – очаги коррозии; на 35–40 % – отслаивание и пузыри; на 80–85 % – подпленочная коррозия
B _γ 1	44	0,5	На 45–50 % площади – очаги коррозии; на 35–40 % – отслаивание и пузыри; на 100 % – подпленочная коррозия
C _γ 1	30	0,4	На 30–35 % площади – очаги коррозии; на 30–35 % – отслаивание и пузыри
F _γ 1	59	0,4	На 30–35 % площади – пузыри, отслаивания и очаги коррозии; на 70–75 % – подпленочная коррозия
F _γ 2	59	0,5	На 35–40 % площади – пузыри, отслаивания и очаги коррозии; на 70–75 % – подпленочная коррозия
G _ε 1	40	0,5	Заметное изменение цвета и блеска покрытия; на 25–30 % площади – очаги коррозии; на 25 % – отслаивания и пузыри

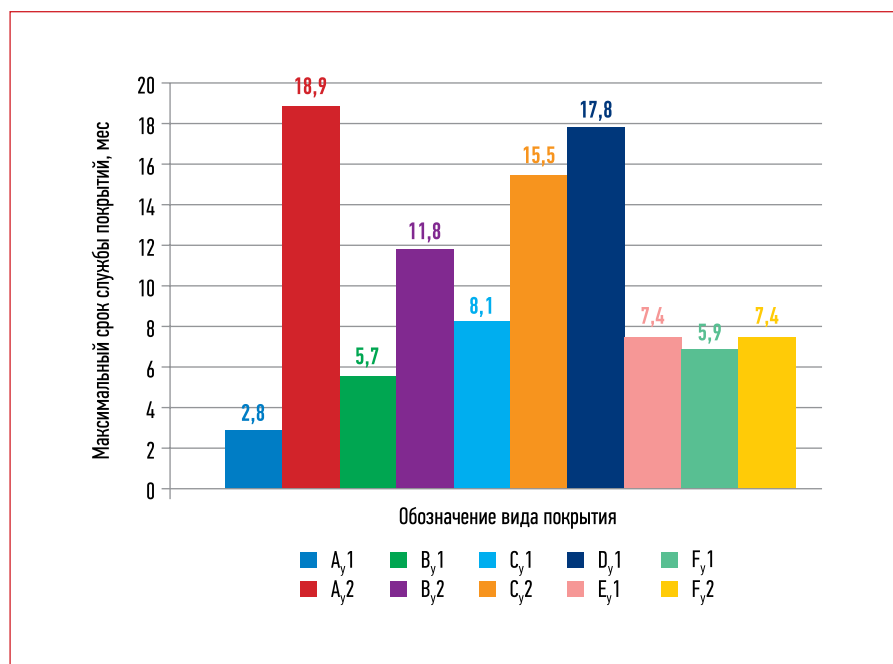


Рис. 3. Результаты лабораторных ускоренных испытаний покрытий, отверждаемых УФ-излучением

Наименьший срок защиты по результатам натурно-ускоренных испытаний показало консервационное покрытие A_γ1. Результаты лабораторных испытаний покрытий представлены на рис. 3–5. Натурные испытания показали, что исследуемые консервацион-

ные покрытия могут применяться в условиях морского климата только в случае отсутствия механических повреждений покрытия и контакта покрытия с морской водой. В случае прямого контакта с морской водой ни одно из исследуемых консервационных покрытий не может быть рекомендовано для длитель-

ной защиты труб (более 1 года) в условиях морского климата. Лабораторные испытания консервационных покрытий подтвердили результаты натуральных испытаний и выявили покрытие с наилучшей защитной способностью для условий морского климата – C_γ1. Хорошая сходимость результатов натуральных и лабораторных ускоренных испытаний позволила отказаться от проведения длительных и дорогостоящих натуральных испытаний, а для проведения дальнейших работ проводить только лабораторные испытания по [4].

ВЫВОДЫ

Исследования консервационных покрытий труб показали, что современные лакокрасочные материалы, отверждаемые УФ-излучением, а также естественного и конвективного отверждения могут применяться для длительной защиты труб в условиях морского климата сроком более 1 года. Однако на защитную способность покрытий значительное влияние оказывает качество подготовки поверхности перед нанесением покрытия, а также соблюдение технологических

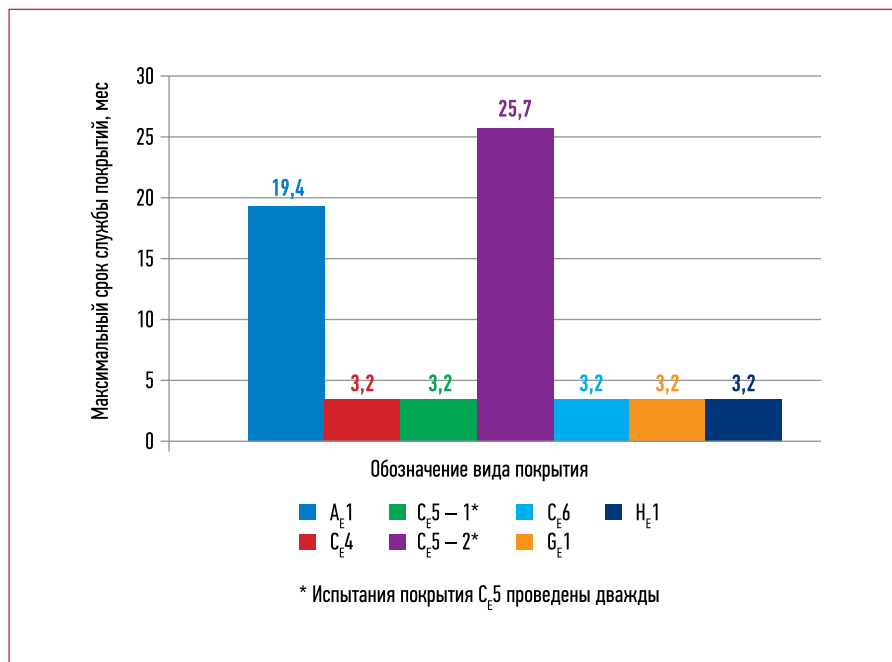


Рис. 4. Результаты лабораторных ускоренных испытаний покрытий естественного отверждения

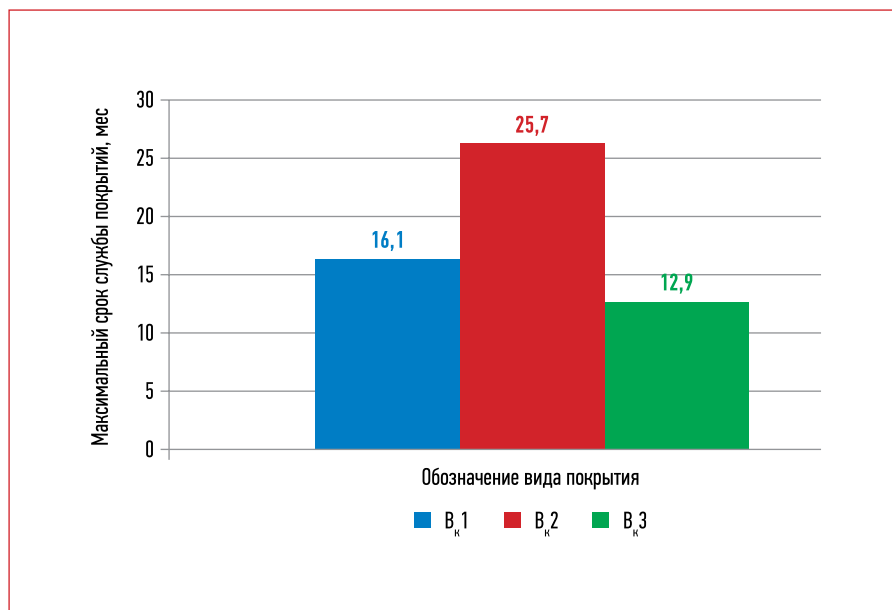


Рис. 5. Результаты лабораторных ускоренных испытаний покрытий конвективного отверждения

параметров формирования покрытия. Это подтверждается результатами испытаний покрытия С_е5: ускоренные лабораторные испытания проводились дважды, причем в первом случае покрытие было нанесено на неподготовленную поверхность, во втором – на подготовленную. Расчетный срок службы данного покрытия, нанесенного на подготовленную поверхность, увеличился в восемь раз.

Важным фактором, влияющим на защитную способность консервационных покрытий, является отсутствие механических повреждений во время транспортировки и хранения, поэтому необходимо предусматривать специальные приспособления (ложементы, текстильные стропы и др.), обеспечивающие сохранность труб с покрытием. Применение лакокрасочных материалов, обладающих высокой

защитной способностью, соблюдение технологии подготовки поверхности, нанесения и отверждения покрытия, а также использование специальных приспособлений во время транспортировки и хранения позволит производителям труб с покрытием избежать дополнительных затрат на проведение мероприятий для защиты труб от коррозии.

Литература:

1. Яковлев А.Д. Химия и технология лакокрасочных покрытий. СПб.: ХИМИЗДАТ, 2008. 448 с.
2. ASTM B117-16. Стандартная методика эксплуатации оборудования для создания среды солевого тумана. Западный Коншохокен: ASTM International, 2016. 12 с.
3. ISO 9227:2017. Испытание на коррозию в искусственной атмосфере. Испытания в соляном тумане. Женева: International Organization for Standardization, 2017. 26 с.
4. ГОСТ 9.401-91. Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Покрытия лакокрасочные. Общие требования и методы ускоренных испытаний на стойкость к воздействию климатических факторов (с изм. № 1 и 2) [Электронный источник]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200005040> (дата обращения: 23.07.2018).
5. 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 (с изм. № 1-5) [Электронный источник]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200003320> (дата обращения: 23.07.2018).
6. ГОСТ 6992-68. Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Покрытия лакокрасочные. Метод испытаний на стойкость в атмосферных условиях [Электронный источник]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200019412> (дата обращения: 23.07.2018).
7. ГОСТ 9.039-74. Единая система защиты от коррозии и старения. Коррозионная агрессивность атмосферы [Электронный источник]. Режим доступа: <http://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294821/4294821253.htm> (дата обращения: 23.07.2018).
8. ГОСТ 9.407-2015. Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Покрытия лакокрасочные. Метод оценки внешнего вида [Электронный источник]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200121786> (дата обращения: 23.07.2018).