

**«Утверждаю»**

Проректор по науке и инновациям,  
проф., д.т.н.



Филонов М. Р.

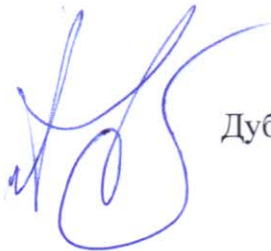
22.04.2024

## **Заключение № 004/24-501**

**«Оценка коррозионной стойкости и долговечности навесных  
фасадных систем «ТН-ФАСАД ВЕНТ»**

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Научный руководитель,  
заведующий кафедрой металлургии  
стали и защиты металлов,  
проф., д.т.н.



Дуб Алексей Владимирович

Ответственный исполнитель,  
к.т.н.



Волкова Ольга Владимировна

Исполнители:

зав. лабораторией МЗМ



Обухова Татьяна Анатольевна

инженер научного проекта  
I категории, к.х.н.



Сафонов Иван Александрович

научный сотрудник



Ковалев Александр Федорович

инженер научного проекта  
I категории, к.т.н.



Шibaева Татьяна Владимировна

Заявитель	ООО «ТехноНИКОЛЬ Строительные Системы»
Основание для проведения испытаний	Договор № 004/24-501 от 29.01.2024 г.
Задачи испытаний	<p>Определение коррозионной стойкости деталей несущих конструкций навесных фасадных систем «ТН-ФАСАД ВЕНТ».</p> <p>Оценка сроков службы несущих конструкций из углеродистой стали с защитными покрытиями при воздействии слабо- и среднеагрессивных сред по СП 28.13330.2017.</p>
Описание элементов системы	Элементы и фрагменты навесных фасадных систем «ТН-ФАСАД ВЕНТ» из окрашенных оцинкованных углеродистых сталей.
Испытательное оборудование	<ul style="list-style-type: none"> <li>- камера тепла, холода и влаги КЛИМАТИКПРО КТ-ТХВ-80;</li> <li>- камера сернистого газа Liebisch KEA 300A;</li> <li>- камера соляного тумана SST-6MS;</li> <li>- термокамера ШС-80-20 СПУ;</li> <li>- адгезиметр Elcometer F107</li> <li>- толщиномер TC100 R&amp;D Instruments</li> </ul>
Анализируемые документы и материалы	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ГОСТ 9.039-74 «Коррозионная агрессивность атмосферы».</li> <li>2. ГОСТ 14918-2020 Прокат листовой горячеоцинкованный. Технические условия.</li> <li>3. ГОСТ 9.032-74 «ЕСЗКС. Покрытия лакокрасочные. Группы, технические требования и обозначения»</li> <li>4. ГОСТ 9.407-2015 «ЕСЗКС. Покрытия лакокрасочные. Методы оценки внешнего вида».</li> <li>5. ГОСТ Р 70071-2022 Конструкции под облицовочные вентилируемых навесных фасадных систем и их соединения. Общие требования защиты от коррозии и методы испытаний</li> <li>6. Свод правил СП 28.13330.2017 «Защита строительных конструкций от коррозии» (актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85).</li> <li>7. ГОСТ ISO 9223-2017 «Коррозия металлов и сплавов. Коррозионная агрессивность атмосферы. Классификация, определение и оценка».</li> <li>8. Стандарт организации 72746455-3.9.25-2023</li> </ol>
Результаты исследований	Заключение № 004/24-501



Цель работы: оценка коррозионной стойкости и долговечности материалов конструкций навесных фасадных систем «ТН-ФАСАД ВЕНТ» из углеродистых сталей с антикоррозионными покрытиями для условий эксплуатации по ГОСТ Р 70071-2022 (ГОСТ ISO 9223-2017).

Исследуемые образцы: фрагменты и элементы несущих конструкций навесных фасадных систем (НФС) «ТН-ФАСАД ВЕНТ», изготовленные из углеродистых сталей с комплексными (цинковым (Ц140 и Ц275) и порошковым полимерным) покрытиями (рис. 1):

№1 – в сборе;

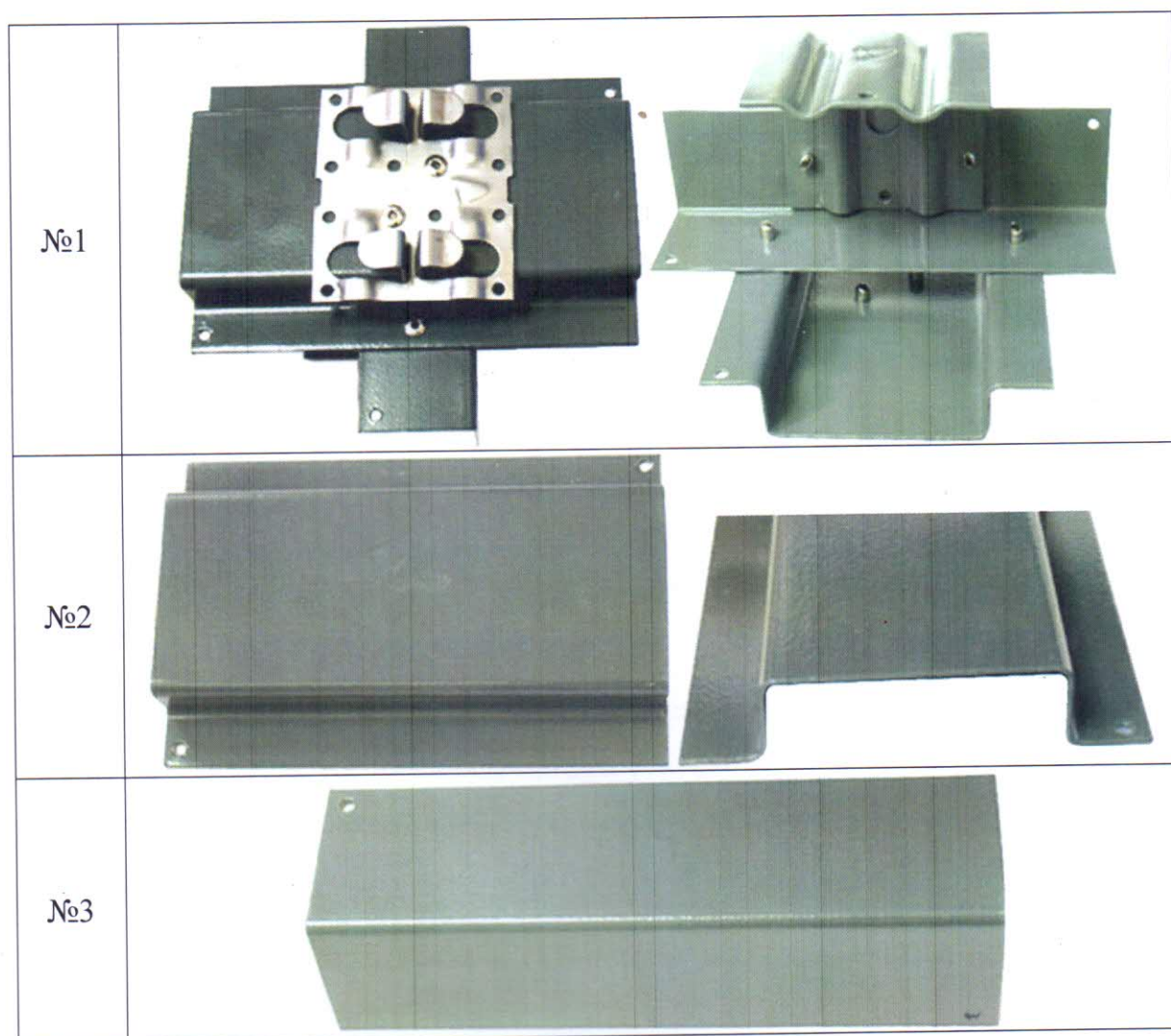
№2 – профиль ПО;

№3 – профиль ГО;

№4 – Кронштейн КР-Н-Л;

№5 – кляммер из коррозионностойкой стали AISI 430.

Отбор образцов: осуществлялся Заказчиком.



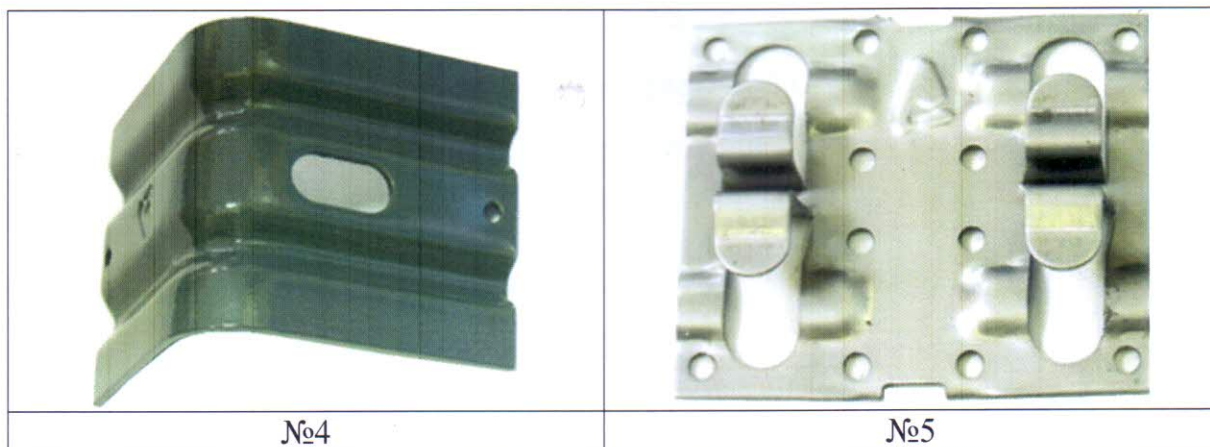


Рис. 1 Внешний вид фрагментов и элементов НФС «ТН-ФАСАД ВЕНТ» из оцинкованной окрашенной стали в состоянии поставки на исследование

В соответствии с данными технической документации, исследуемые фасадные системы предназначены для повышения теплозащиты и облицовки сооружений при новом строительстве и реконструкции. Условия эксплуатации фасадных систем соответствуют У2, УХЛ2 (условия умеренного и умеренного холодного климата, при размещении конструкции под навесом) при воздействии воздушных неагрессивной, слабо- и среднеагрессивной сред в соответствии с СП 28.13330.2017 (СНиП 2.03.11-85) и СЗ по ГОСТ ISO 9223-2017.

Экспертиза технических решений по антикоррозионной защите металлических элементов фасадных систем проведена в соответствии со Сводом правил 28.13330.2017 «Защита строительных конструкций от коррозии» (актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85).

### Методики исследований

1. Внешний вид поверхностей деталей до, во время и после испытаний оценивали визуально по ГОСТ 9.032-74 «ЕСЗКС. Покрyтия лакокрасочные. Группы, технические требования и обозначения» и ГОСТ 9.407-2015 «ЕСЗКС. Покрyтия лакокрасочные. Методы оценки внешнего вида».

2. Ускоренные коррозионные испытания проводили по ГОСТ 9.401-2018 «Покрyтия лакокрасочные. Общие требования и методы ускоренных испытаний на стойкость к воздействию климатических факторов».

– **Метод 16.** Определение стойкости покрытий к воздействию переменной температуры, повышенной влажности и сернистого газа. Испытания имитируют комплексное воздействие климатических факторов промышленной атмосферы умеренного



и холодного климатов (УХЛ2, по ГОСТ 9.104-2018 «ЕСЗКС. Покрытия лакокрасочные. Группы условий эксплуатации», II тип атмосферы по ГОСТ 15150-69).

Режим испытаний, последовательность перемещения и время выдержки образцов в камерах в одном цикле приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Последовательность перемещения и время выдержки образцов в камерах и режимы испытаний по методу 16

Аппаратура	Режим испытаний		Продолжительность испытаний, час
	Температура, °С	Относительная влажность, %	
Камера влаги	40±2	97±3	2
Камера сернистого газа (концентрация SO <sub>2</sub> 5 ± 1 мг/м <sup>3</sup> )	40±2	97±3	2
Камера холода	минус (30±3)	Не нормир.	6
Термокамера	60±3	Не нормир.	5
Камера холода	минус (60±3)	Не нормир.	3
Выдержка на воздухе	15-30	Не более 80	6
Итого			24

Цикл испытаний по методу 16 повторяют не менее 15 раз с фиксацией стадий потери декоративных и защитных свойств. Оценка состояния покрытия в процессе и после испытаний проведена по ГОСТ 9.407-2015 «ЕСЗКС. Покрытия лакокрасочные. Метод оценки внешнего вида». Атмосферостойкость полимерных покрытий определяли по декоративным и защитным свойствам.

– **Метод Б.** Определение стойкости к воздействию соляного тумана (распространение коррозии от надреза).

Коррозионные испытания образцов с X-образными надрезами проводили в климатической камере соляного тумана при температуре (35 ± 2) °С и конденсации хлористого натрия в непрерывно распыляемом растворе (50 ± 5) г/дм<sup>3</sup> в течение 720 часов. После испытаний определяли величину распространения коррозии (в мм) от X-образного надреза.

3. Толщины покрытий измеряли методом магнитной индукции при помощи толщиномера TC100 R&D Instruments.

4. Адгезию покрытий определяли в соответствии с ГОСТ 15140-78 «Материалы лакокрасочные. Методы определения адгезии» по методу решетчатых надрезов адгезиометром Elcometer F107. Размер единичного квадрата надреза 1x1 мм.

### Результаты исследований

В результате исследования поверхностей элементов в состоянии поставки установлено, что по *внешнему виду* полимерные покрытия однотонные, ровные, без поте-

ков и механических включений; непрокрасов, сколов и коррозионных повреждений металлической основы не зафиксировано (рис. 1), что соответствует требованиям ГОСТ 9.032-74 «ЕСЗКС. Покрyтия лакокрасочные. Группы, технические требования и обозначения».

После выдержки в течение 720 часов в камере соляного тумана (рис. 2а-в) полимерное покрытие на образцах сохранилось полностью, без признаков вспучивания и отслаивания; в зонах заклепочных соединений зафиксированы потеки белого цвета продуктов коррозии цинкового покрытия (рис. 2 а, б).

Внешний вид кляммеров из коррозионностойких сталей практически не изменился за все время испытаний (рис. 2 а, в).

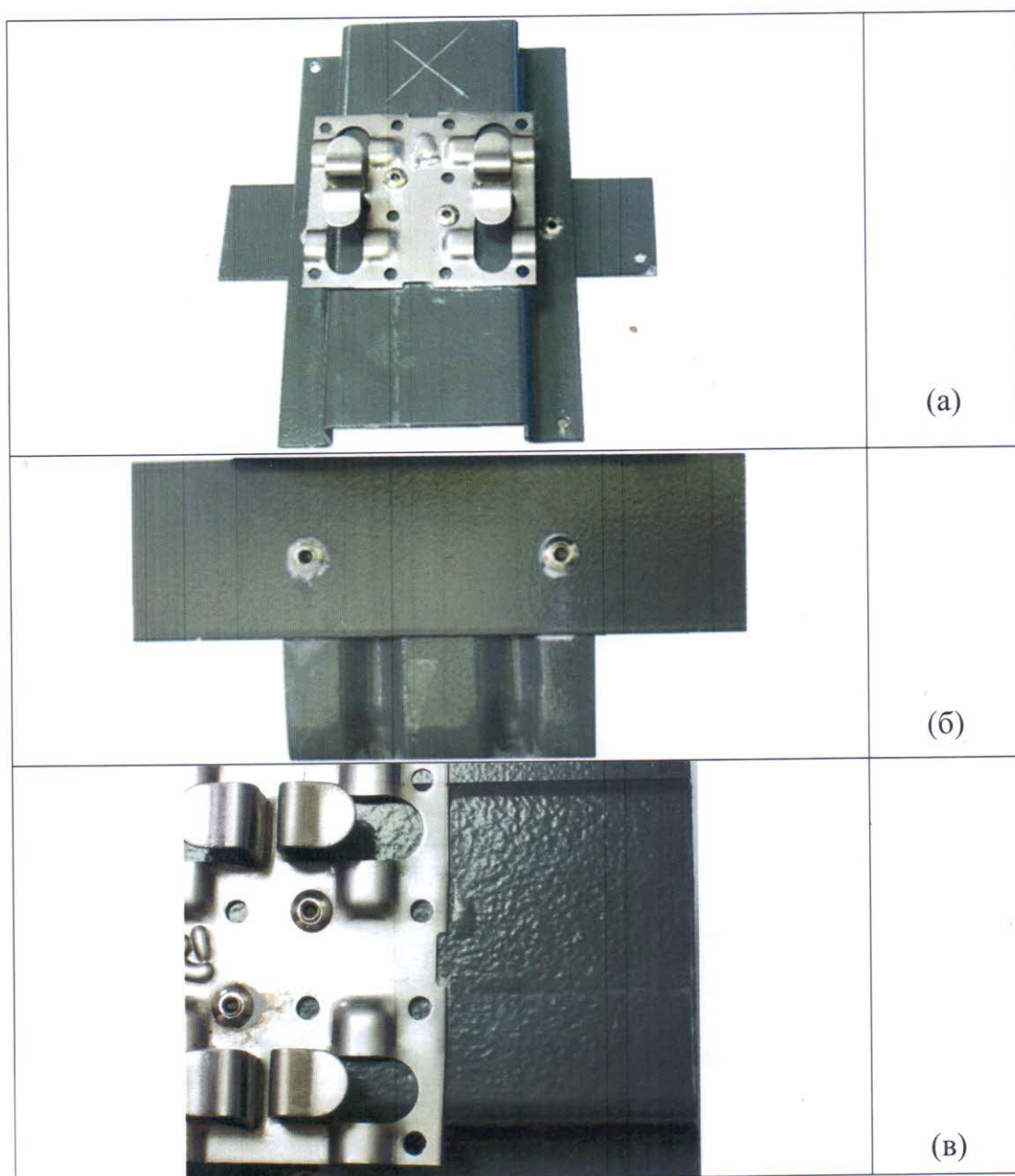


Рис. 2 Внешний вид образца №1 в сборе после испытаний в КСТ в течение 720 часов



После 20 циклов испытаний образцов №3 и №4 по методу 16 (ГОСТ 9.401-2018) внешний вид окрашенных деталей не претерпел видимых изменений, покрытие сохранилось без признаков вспучивания и отслаивания. Следовательно, декоративные и защитные свойства полимерного покрытия оцениваются нулевым баллом (АД0, А30).

Срок службы покрытия, рассчитанное на основании результатов испытания по ГОСТ 9.401-2018 п. 6.19.10, составляет около 2,6 лет:

$$\frac{k_y \cdot \tau_y}{365} = \frac{47 \cdot 20}{365} = 2.6$$




где  $k_y$  – коэффициент ускорения, 47;  $\tau_y$  – длительность испытаний, количество циклов.

Следовательно, через ~ 2,6 года внешний вид покрытия в процессе эксплуатации не изменится, разрушения покрытия в условиях У2, УХЛ2 по ГОСТ 15150-69 не начнется. По прогнозу срок службы полимерного покрытия для климатического исполнения У2, УХЛ2 составит не менее 17 лет.

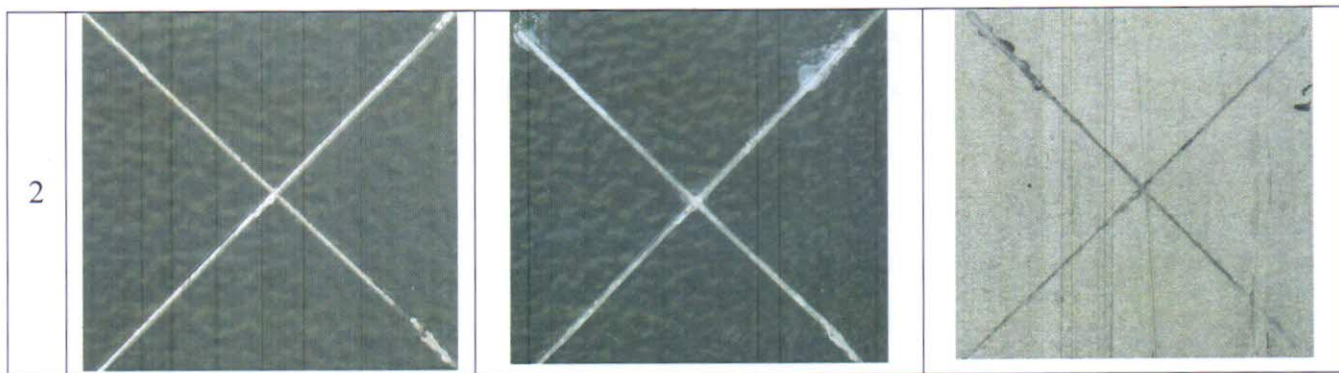
Исследования по определению *стойкости покрытия* к воздействию нейтрального соляного тумана по ГОСТ 9.401-2018 по методу Б – распространение коррозии от надреза проводили на образцах №1 и №2. После воздействия коррозионно-агрессивной атмосферы на образце в зоне Х-образного надреза изменений не зафиксировано.

После снятия покрытия в зонах надреза величина распространения коррозионных повреждений не превышает 1 мм, что соответствует требованиям ГОСТ 15140-78, согласно которым распространение коррозии от надреза не должно превышать 2 мм (табл. 2).

Таблица 2 – Внешний вид образцов №1 и №2 в зоне надреза при проведении испытаний на стойкость покрытия к воздействию нейтрального соляного тумана по методу Б

№	Перед испытанием	После 720 часов испытаний	После снятия покрытия в зоне надреза
1			





*Толщины покрытий* на оцинкованных и оцинкованных окрашенных деталях измеряли методом магнитной индукции. Получено, что толщина горячего цинкового покрытия составляет 9-12 мкм (Ц140) и 15-18 мкм (Ц275) полимерного покрытия – не менее 100 мкм.

*Определение адгезии покрытий.* В результате «метода решетчатого надреза» в соответствии с ГОСТ 15140-78 (размер единичного квадрата надреза 2x2 мм) установлено, что слой полимерного покрытия после испытаний обладает высокой адгезией к металлической основе. Отслаивания покрытия на образцах №2-№4 не зафиксировано, что соответствует 1 (наивысшему) баллу.

### **Анализ результатов исследования**

Целью работы является исследование коррозионной стойкости и долговечности конструкций навесных фасадных систем «ТН-ФАСАД ВЕНТ» для условий эксплуатации по ГОСТ Р 70071-2022 (ГОСТ ISO 9223-2017).

Экспертиза технических решений по антикоррозионной защите металлических элементов фасадных систем проведена в соответствии со сводом правил СП 28.13330.2017 «Защита строительных конструкций от коррозии» (актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85) и ГОСТ ISO 9223-2017 «Коррозия металлов и сплавов. Коррозионная агрессивность атмосферы. Классификация, определение и оценка».

Эксплуатация НФС соответствует условиям У2 и УХЛ2 по ГОСТ 15150-69, то есть при размещении конструкций под навесом или в помещениях (объемах), где колебания температуры и влажности воздуха несущественно отличаются от колебаний на открытом воздухе и имеется сравнительно свободный доступ наружного воздуха при воздействии слабо- и среднеагрессивных сред по СП 28.13330.2017 (С3 по ГОСТ ISO 9223-2017).

На исследование поступили элементы и фрагменты НФС из стального тонколистового холоднокатаного проката с комбинированным покрытием, состоящим из слоя горячего цинка и полимерного порошкового покрытия.

Проведены ускоренные циклические коррозионные испытания по ГОСТ 9.401-2018 методу 16 и Б, с целью оценки качества и коррозионной стойкости материалов. Оценку состояния деталей проводили методом визуального анализа, магнитной индукции.

Толщины защитных покрытий составляют: горячее цинковое 9-12 мкм (Ц140) и 15-18 мкм (Ц275), полимерное порошковое не менее 60 мкм.

После воздействия коррозионно-агрессивных сред внешний вид полимерного покрытия не претерпел видимых изменений.

Распространение коррозии от Х-образного надреза после испытаний при непрерывном воздействии нейтрального соляного тумана не превышает 1 мм, что соответствует требованиям ГОСТ 9.401-2018.

Проведены ускоренные коррозионные испытания по ГОСТ 9.401-2018 (метод 16), имитирующие комплексное воздействие климатических факторов промышленной атмосферы умеренного и умеренного холодного климатов. Исследуемое порошковое покрытие толщиной не менее 60 мкм на оцинкованных деталях обладает высокими защитно-декоративными свойствами. Покрытие выдержало более 20 циклов испытаний без видимых повреждений, что оценивается баллами А30 и АД0.

Полученные результаты испытания по методу 16 гарантируют 17-летний срок службы (с учетом коэффициента ускорения 47 (по ГОСТ 9.401-2018) полимерного покрытия при отсутствии требований к его декоративному виду.

Срок службы системы покрытий рассчитывается по формуле:  $(X1+X2) \times 1,7$ , где X1 – срок службы цинковых покрытий; X2 – срок службы лакокрасочных покрытий; 1,7 – коэффициент увеличения продолжительности службы комбинированных покрытий.

Скорость коррозии цинкового покрытия при воздействии слабоагрессивной среды составляет 0,5-0,7 мкм/год, среднеагрессивной среды – 1,0-1,2 мкм/год.

По экспертному прогнозу в условиях УХЛ2 срок службы стальных фрагментов НФС «ТН-ФАСАД ВЕНТ» с системой покрытий:

- горячий цинк Ц140 + полимерное порошковое не менее 45 мкм составит более 50 лет для баллов 1-4 по ГОСТ Р 70071-2022 (в частности, г. Москва – баллы 3-4) (неагрессивные и слабоагрессивные среды по СП 28.13330.2017).



- горячий цинк Ц275 + полимерное порошковое не менее 60 мкм составит более 50 лет для баллов 1-6 по ГОСТ Р 70071-2022 (в частности, г. Санкт-Петербург - балл 4, г. Владивосток 1-5 км от берега моря – баллы 5-6 ) (неагрессивные, слабо- и среднеагрессивные среды по СП 28.13330.2017);

- горячий цинк Ц275 + двухслойное полимерное порошковое не менее 80 мкм составит более 50 лет для баллов 7-8 по ГОСТ Р 70071-2022 (в частности, г. Владивосток до 1 км от моря – балл 7, г. Новороссийск, г. Сочи – баллы 7-8) (среднеагрессивные среды по СП 28.13330.2017).

Таким образом, предлагаемые технические решения соответствуют требованиям ГОСТ Р 70071-2022 и СП 28.13330.2017 (СНиП 2.03.11-85) и обеспечивают защиту от коррозии элементов навесных фасадных систем «ТН-ФАСАД ВЕНТ» из окрашенной оцинкованной углеродистой стали в условиях слабо- и среднеагрессивных сред.

### **Выводы**

1. Металлические элементы навесных фасадных систем «ТН-ФАСАД ВЕНТ» устойчивы к атмосферной коррозии в условиях эксплуатации по ГОСТ Р 70071-2022 (в слабо- и среднеагрессивной средах в соответствии с СП 28.13330.2017 (СНиП 2.03.11-85)).
2. Срок службы конструкций навесных фасадных систем «ТН-ФАСАД ВЕНТ», изготовленных из оцинкованной не менее Ц140 и окрашенной полимерным порошковым покрытием толщиной > 45 мкм углеродистой стали для баллов 1-4 по ГОСТ Р 70071-2022 составит более 50 лет порошковым полимерным покрытием.
3. Срок службы элементов навесных фасадных систем «ТН-ФАСАД ВЕНТ», изготовленных из оцинкованной Ц275 окрашенной полимерным порошковым покрытием толщиной > 60 мкм углеродистой стали для баллов 1-6 по ГОСТ Р 70071-2022 составит более 50 лет.
4. Срок службы элементов навесных фасадных систем «ТН-ФАСАД ВЕНТ», изготовленных из оцинкованной Ц275 окрашенной двухслойным полимерным порошковым покрытием толщиной > 80 мкм углеродистой стали для баллов 1-8 по ГОСТ Р 70071-2022 составит не менее 50 лет.

НИТУ МИСИС

Сброшпоровано и пронумеровано

Проректор

И.С.Р.

Филионов М.Р.

