

«Утверждаю»

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



Филонов М. Р.

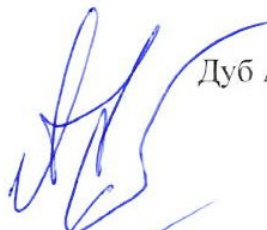
19.06.2026

Заключение № 063/14-503-60

**«Исследование коррозионной стойкости и долговечности
строительных конструкций»**

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Научный руководитель,
заведующий кафедрой металлургии 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.



Шибаета Татьяна Владимировна

Заявитель	АО «ЮТЕХ Дистрибьюшн»
Основание для проведения испытаний	Доп. соглашение №62 от 20.05.26 г. к договору № 063/14-503 от 06.10.14г.
Задачи испытаний	Оценка коррозионной стойкости и сроков службы элементов и фрагментов строительных конструкций
Образцы	Элементы и фрагменты строительных конструкций из углеродистых сталей с покрытиями: - горячим цинковым; - термодиффузионным цинковым.
Оборудование	- камера сернистого газа; - камера соляного туман; - камера с одновременным воздействием соляного тумана и сернистого газа; - металлографический комплекс.
Документация	1. ГОСТ 9.307–2021 «ЕСЗКС. Покрытия цинковые горячие. Общие требования и методы контроля» 2. ГОСТ Р 9.316-2006 «ЕСЗКС. Покрытия термодиффузионные цинковые. Общие требования и методы контроля» 3. ГОСТ 15150–69 «Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов, категории, условия эксплуатации в части воздействия климатических факторов внешней среды (с изм.)». 4. СП 50.13330.2024 «Тепловая защита зданий». Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 5. ГОСТ 9.107-2023 «ЕСЗКС. Коррозионная агрессивность атмосферы. Основные положения» 6. СП 28.13330.2017 «Защита строительных конструкций от коррозии» (актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85) (с изм.)
Результаты исследований	Заключение № 063/14-503-60

Цель работы: оценка сроков службы элементов и фрагментов строительных конструкций с термодиффузионным и горячим цинковыми покрытиями в открытых атмосферных условиях, имитирующих неагрессивную, слабоагрессивную-1, слабоагрессивную-2, среднеагрессивную и сильноагрессивную среды по СП 28.13330.2017 и сопоставление степеней агрессивности сред с классификацией по ГОСТ 9.107-2023.

Исследуемые образцы:

- №1. узлы и отдельные элементы монтажной системы из углеродистых сталей с термодиффузионным цинковым покрытием (табл. 1).
- №2. узлы и отдельные элементы монтажной системы из углеродистых сталей с горячим цинковым покрытием (табл. 2).
- №3. узлы монтажной системы (табл. 3) из углеродистых сталей с горячим цинковым покрытием с крепежными элементами (болты, гайки) из коррозионностойких сталей (КСС), углеродистых сталей с горячим цинковым покрытием.
- №4. зажимы крышки (табл. 4) монтажных и кабеленесущих систем из углеродистых сталей с горячим и термодиффузионным цинковыми покрытиями.

Таблица 1 – Внешний вид узлов и элементов монтажной системы в состоянии поставки

1.1		Хомут трубный МР-PI-RU ОС
		Резьбовая шпилька АМ10 ОС
		Гайка шестигранная М10-F
		Шайба монтажная MQZ-L11-RU ОС
		Монтажная гайка МТ-TL М10 ОС
		Профиль монтажный МТ-30 ОС

1.2		Хомут трубный MP-PI-RU OC
1.3		Хомут для тяжёлых нагр. MP-MI- RU OC
1.4		Хомут для тяжёлых нагр. MP- MXI-RU OC
1.5		Резьбовая шпилька AM10 5.8 OC
1.6		Резьбовая шпилька AM12 5.8 OC

Таблица 2 – Внешний вид узлов и элементов монтажной системы в состоянии поставки

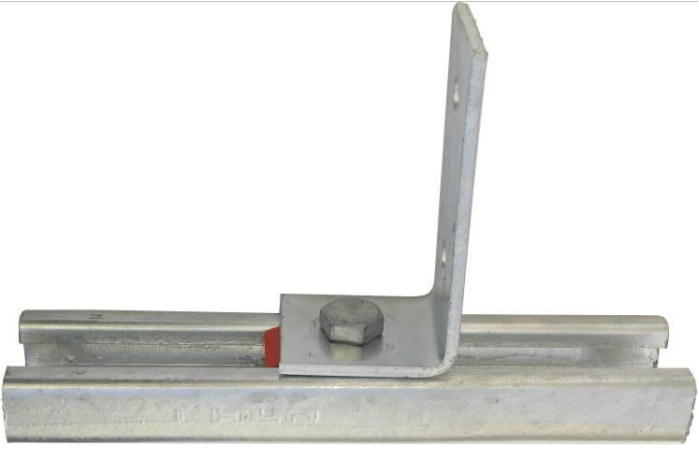
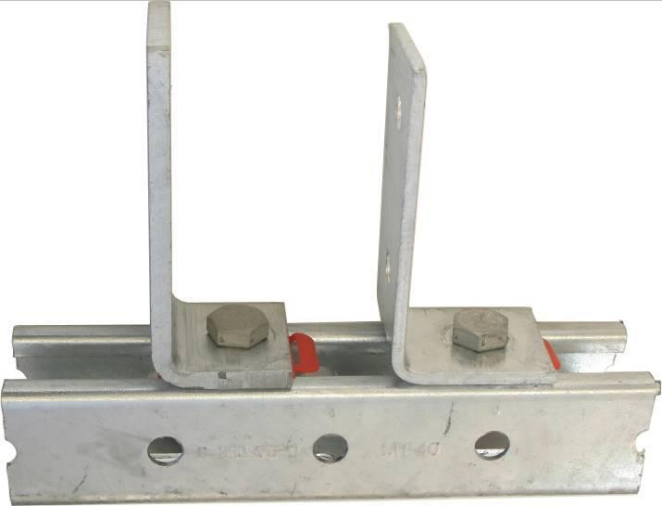
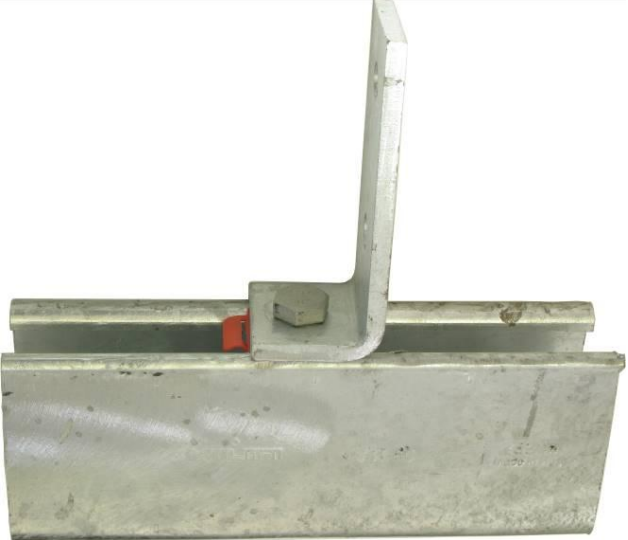
№	Изображение	Наименование элементов в составе узла
2.1		Профиль монтажный MT-30 OC
		Соединитель MRW-3-RU OC
		Болт шестигранный M10x25-F DIN 933
		Монтажная гайка MT-TL M10 OC
2.2		Профиль монтажный MT-40 OC
		Соединитель MRW-3-RU OC
		Уголок монтажный MT-C-L2 OC
		Болт шестигранный MT-TLB OC
2.3		Профиль монтажный MT-60 OC
		Уголок монтажный MT-C-L2 OC
		Болт шестигранный MT-TLB OC
		Монтажная гайка MT-TL M10 OC

Таблица 3 – Внешний вид узлов монтажной системы в состоянии поставки

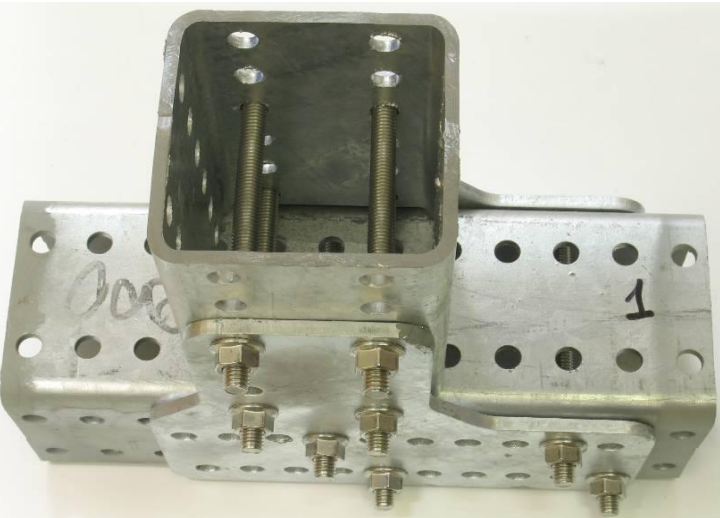
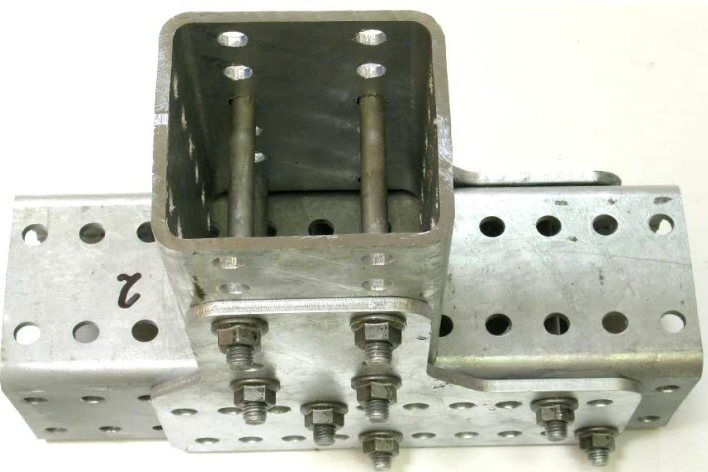
№	Изображение	Наименование элементов в составе узла
3.1		Профиль СН-100-5,8м ОС L=300 мм (срезы защищены*)
		Профиль СН-100-5,8м ОС L=150 мм (срезы НЕ защищены)
		Коннектор СН-100-LP L ОС
		Болт шестигр. M10x130 DIN 931 KCC A2
		Гайка с фланцем M10 DIN 6923 A2
3.2		Профиль СН-100-5,8м ОС L=300 мм (срезы защищены*)
		Профиль СН-100-5,8м ОС L=150 мм (срезы НЕ защищены)
		Коннектор СН-100-LP L ОС
		Болт шестигр. M10x130-F
		Гайка фланцевая S-M NU-FL-M10 HDG

Таблица 4 – Внешний вид зажимов крышки и описание в состоянии поставки

№	Изображение	Наименование и вид покрытия
4.1		Зажим крышки OS SPB-RF50/75/100 CC52 HDG с горячим цинковым покрытием
4.2		Зажим крышки OS SPB-RF50/75/100 с термодиффузионным цинковым покрытием

Отбор образцов производился представителями Заказчика.

Методики исследований.

1. Ускоренные коррозионные испытания проведены по ГОСТ 9.308–85 «Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Методы ускоренных коррозионных испытаний» в течение 720 ч (30 суток) в камерах сернистого газа, соляного тумана, при одновременном воздействии соляного тумана и сернистого газа. Циклические испытания при воздействии 3% NaCl, сернистого газа концентрацией $(0,75 \pm 0,2)$ г/м³, влажности (98%) и температуры (40° С) в течение 8 ч; далее на воздухе в течение 16 ч.
2. Внешний вид поверхностей деталей до, во время и после испытаний оценивали визуально по ГОСТ 9.311–2021 «Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Метод оценки коррозионных поражений» и по ГОСТ 9.302–88 «ЕСЗКС. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Методы контроля» п.2.
3. Металлографический анализ проводили на микроскопе ZEISS с системой анализа изображения «Thixomet». Шлифы изготовлены в поперечном сечении образцов.
4. Долговечность цинковых покрытий оценивали согласно агрессивности эксплуатируемых сред по СП 28.13330.2017 «Защита строительных конструкций от коррозии» (СНиП 2.03.11-85), ГОСТ 9.107-2023 «ЕСЗКС. Коррозионная агрессивность атмосферы. Основные положения».

Результаты исследования

В результате исследования внешнего вида образцов в состоянии поставки (табл. 1-4) установлено, что горячее цинковое покрытие блестящее, светло-серого цвета, ровное, однородное, без видимого рисунка кристаллизации и признаков нарушения сплошности покрытия, что соответствует требованиям ГОСТ 9.307–2021 «ЕСЗКС. Покрытия цинковые горячие. Общие требования и методы контроля». Термодиффузионное цинковое покрытие темно-серого цвета, матовое, ровное, гладкое, что соответствует требованиям ГОСТ 9.316–2006 «ЕСЗКС. Покрытия термодиффузионные цинковые. Общие требования и методы контроля».

- *Результаты испытаний по ГОСТ 9.308*

№1. После испытаний образцов №1 в камерах сернистого газа (рис. 1) и соляного тумана в течение 720 ч на поверхностях деталей обнаружен сплошной белый плотный налет. Преимущественно на хомутах зафиксированы участки с признаками коррозии стальной основы в виде ржавчины (рис. 1 а, рис. 1 в).

После 30 циклов одновременного воздействия соляного тумана и сернистого газа на поверхностях составляющих (на профиле и шпильки) образца №1 выявлен сплошной налет с белыми объемными продуктами коррозии цинка (рис. 1 д). На хомутах, болтах и шпильках кроме белого налета обнаружена ржавчина (рис. 1 е, ж). При демонтаже образца № 1 не зафиксировано признаков контактной коррозии между элементами с термодиффузионным цинковым, гальваническим цинк-никелевым и горячим цинковым покрытиями.

КСГ	№1.4 (а)	
	№1.5 (б)	
КСТ	№1.2 (в)	
	№1.6 (г)	

КСГ + КСТ	№1.1 (д)	 
	№1.3 (е)	
	№1.6 (ж)	

Рис. 1 Внешний вид деталей №1 после 30 циклов испытаний по ГОСТ 9.308

№2. После испытаний в камере сернистого газа (рис. 2 а) в течение 720 ч на поверхностях деталей обнаружен тонкий белый плотный налет, характерный для коррозии цинкового покрытия в начальной стадии.

После выдержки в камерах соляного тумана (рис. 2б) и одновременного воздействия соляного тумана и сернистого газа (рис. 2в) после всего времени испытаний обнаружена более выраженная коррозия цинка в виде сплошного объемного белого налета.

Детали с покрытием Fe/ZnNi10/Cn/T2 Cr III passivated не претерпели видимых изменений за все время испытаний в коррозионно-агрессивных средах; признаков коррозии стальной основы не зафиксировано (рис. 2).

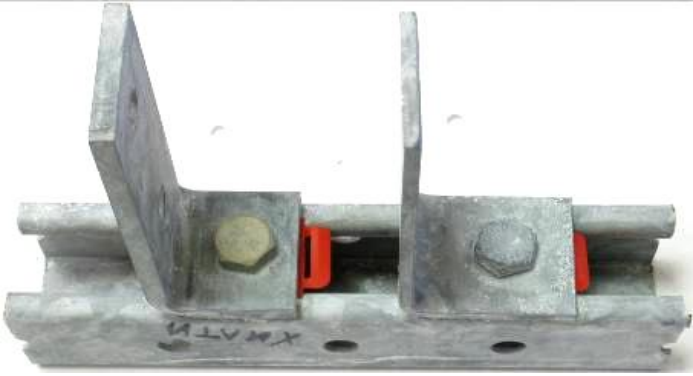
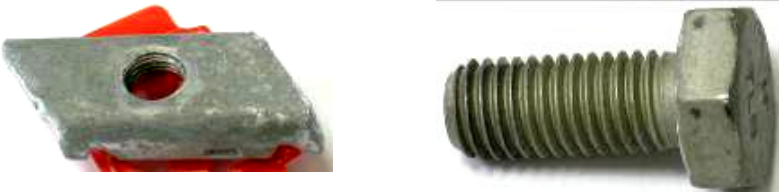
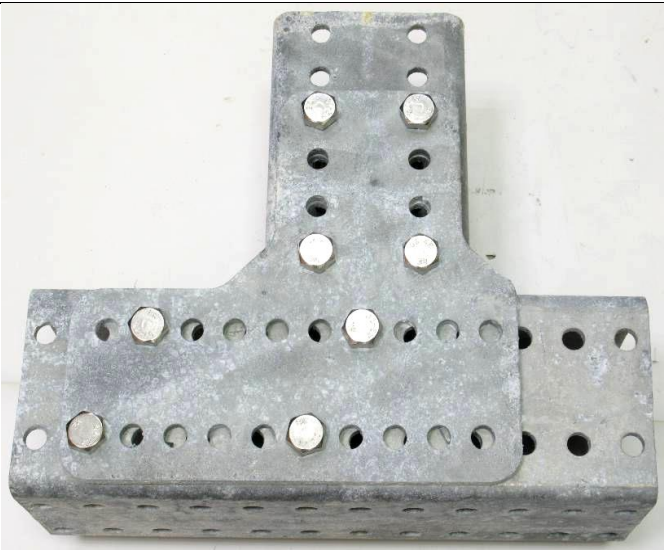
	№2.2 КСГ (а)
	№2.3 КСТ (б)
	
	№2.1 КСГ+КСТ (в)

Рис. 2 Внешний вид деталей №2 после 30 циклов испытаний по ГОСТ 9.308

№3. После испытаний в камере одновременного воздействия соляного тумана и сернистого газа на внешних поверхностях, в зонах контакта и защищенных срезах элементов из оцинкованной стали образцов №3.1 (рис. 3 а, в) и №3.2 (рис. 3 г-е) после всего времени испытаний обнаружена коррозия цинка в виде сплошного белого

налета. На торцах без дополнительной защиты зафиксированы признаки коррозии стальной основы в виде ржавчины (рис. 3 б).

 (a)	
 (б)	№3.1 КСГ + КСТ
 (в)	

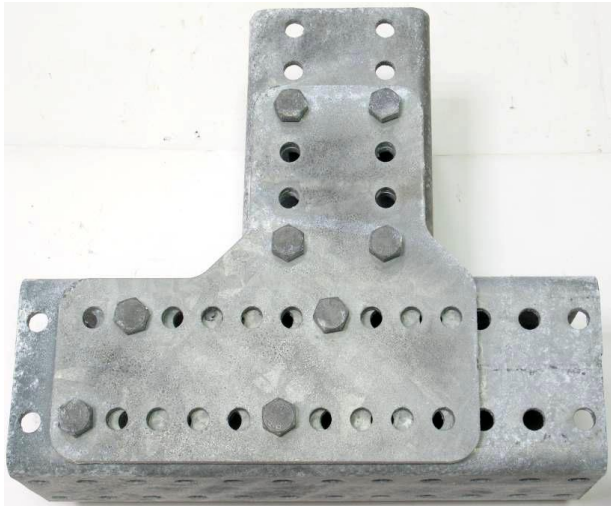
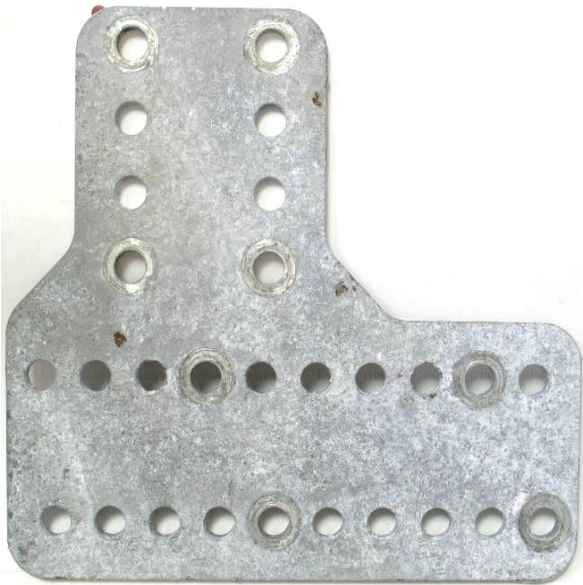
 (Г)	
 (Д)	№3.2 КСГ + КСТ
 (е)	

Рис. 3 Внешний вид деталей №3 после 30 циклов испытаний КСГ+КСТ по ГОСТ 9.308

№4. После испытаний в камерах сернистого газа, соляного тумана и одновременного воздействия соляного тумана и сернистого газа на поверхностях образцов №4.1 после всего времени испытаний обнаружена коррозия цинка в виде сплошного объемного белого налета (рис. 4 а-в). На образцах №4.2 с термодиффузионным цинковым покрытием после выдержки во всех экспериментальных атмосферах выявлен тонкий белый налет. При единовременном воздействии сернистого газа и соляного тумана дополнительно зафиксирована ржавчина на острых кромках (рис. 4 г-д).

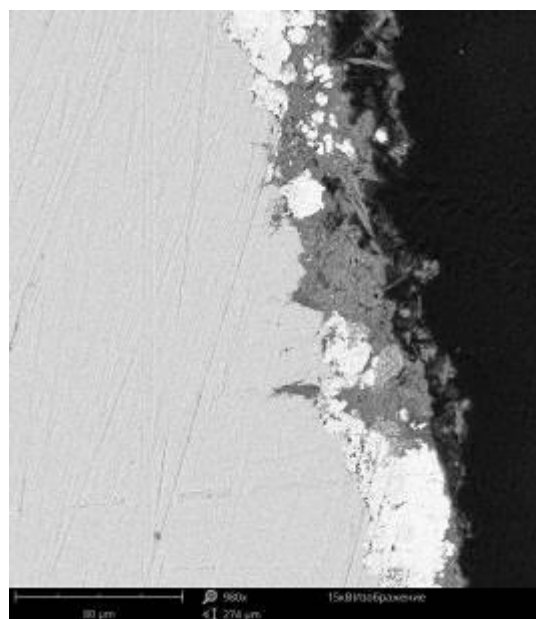
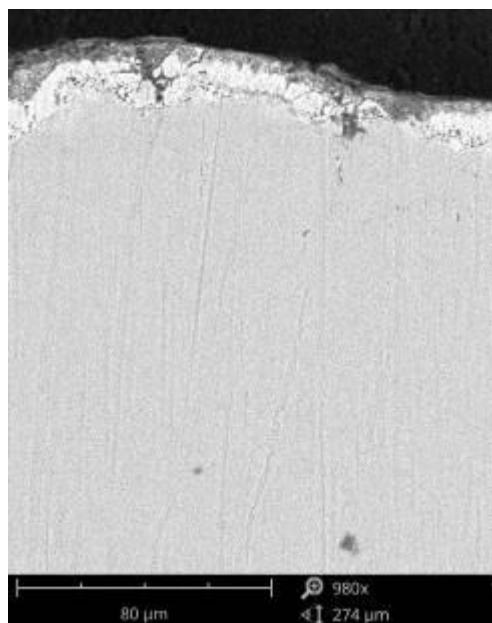
КСГ		№4.1
КСТ		
КСГ+КСТ		
КСГ		№4.2
КСТ		
КСГ+ КСТ		

Рис. 4 Внешний вид деталей №4 после 30 циклов испытаний по ГОСТ 9.308

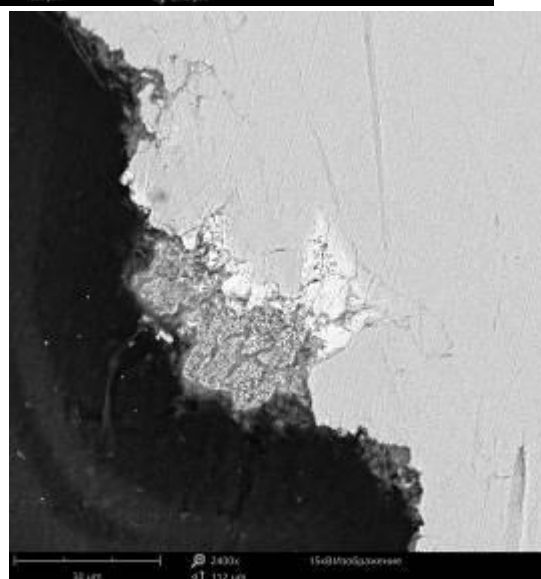
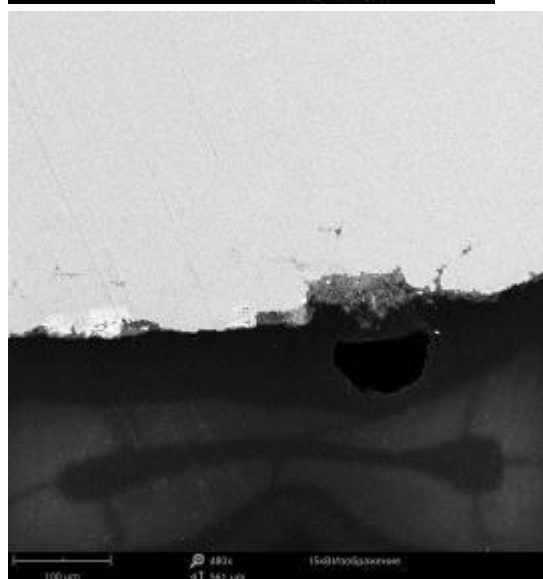
- *Результаты металлографического анализа*

№1. В результате металлографического анализа образцов №1 установлено, что толщина термодиффузионного цинкового покрытия на шпильках №1.6 составляет 25–30 мкм, что соответствует 4 классу по ГОСТ 9.316–2006. На шпильках №1.5 и хомутах толщина термодиффузионного цинкового покрытия составляет 40–60 мкм, что соответствует 5 классу (рис. 5 а, в). Однако, в материале хомутов зафиксированы локальные участки на острых краях с отсутствующим покрытием (рис. 5 б).

(а)



(б)



(в)

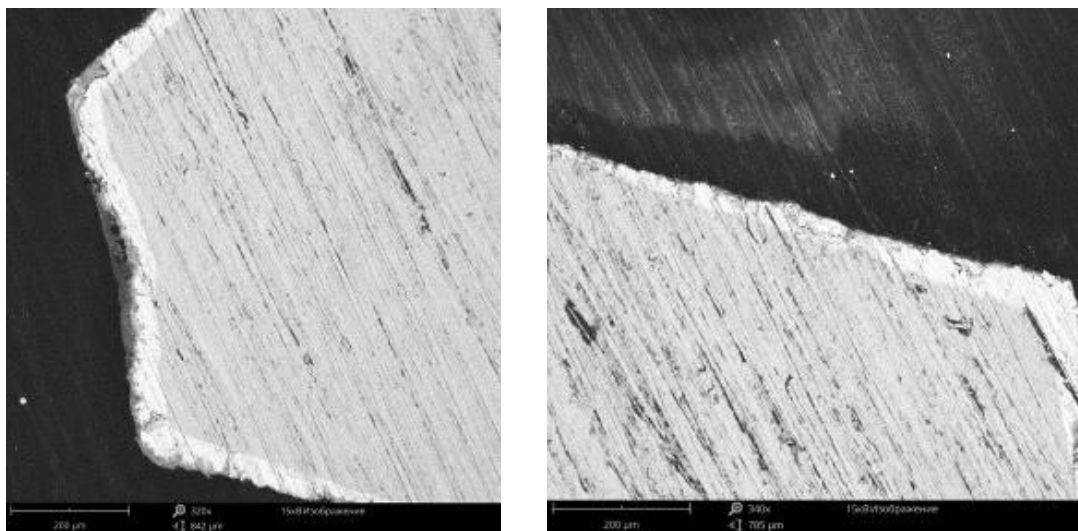


Рис. 5 Состояние материала хомутов (а, б) и шпилек (в) с термодиффузионным цинковым покрытием после испытаний в КСГ+КСТ в течение 720 ч

№2. Горячее цинковое покрытие на профиле монтажном МТ-40 ОС (№2.2) равномерно по толщине, которая составляет 65-70 мкм. После испытаний в камере сернистого газа в цинковом покрытии зафиксированы язвы округлой формы глубиной до 10 мкм (рис. 6).

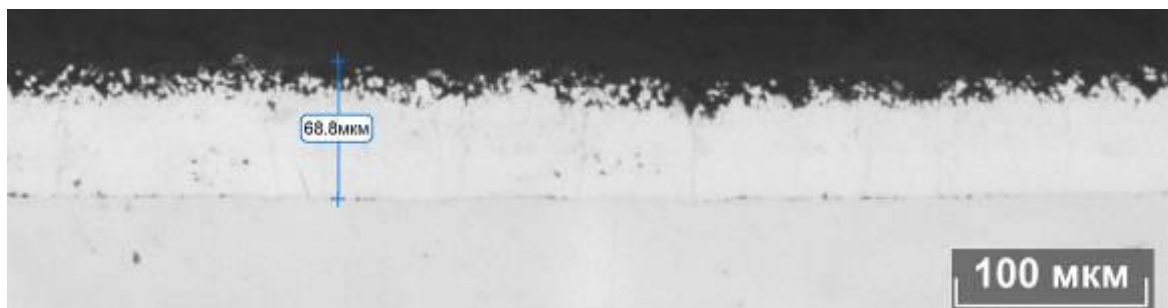


Рис. 6 Состояние материала образца №2.2 после 30 циклов испытаний в КСГ

№3. Горячее цинковое покрытие на элементах монтажных систем №3 равномерно по толщине, которая составляет 80-100 мкм. После испытаний в коррозионно-агрессивной среде в цинковом покрытии зафиксирована равномерно-язвенная коррозия, глубина которой составляет до 15 мкм (рис. 7).



Рис. 7 Состояние материала элементов №3 после 30 циклов испытаний в КСГ+КСТ

№4. Горячее и термодиффузионное цинковые покрытия на исследуемых образцах №4 равномерны по толщине, которая составляет ~ 80 мкм (7 класс стойкости по ГОСТ Р 52868-2021) и ~ 95 мкм соответственно. Толщина ТД цинкового покрытия превышает 5 класс по ГОСТ 9.316. После испытаний в коррозионно-агрессивной среде сернистого газа в горячецинковом покрытии зафиксирована равномерно-язвенная коррозия, глубина которой составляет до 12 мкм (рис. 8 а). В слое ТДЦ выявлены отдельные язвенные повреждения глубиной до 15 мкм (рис. 8 б).

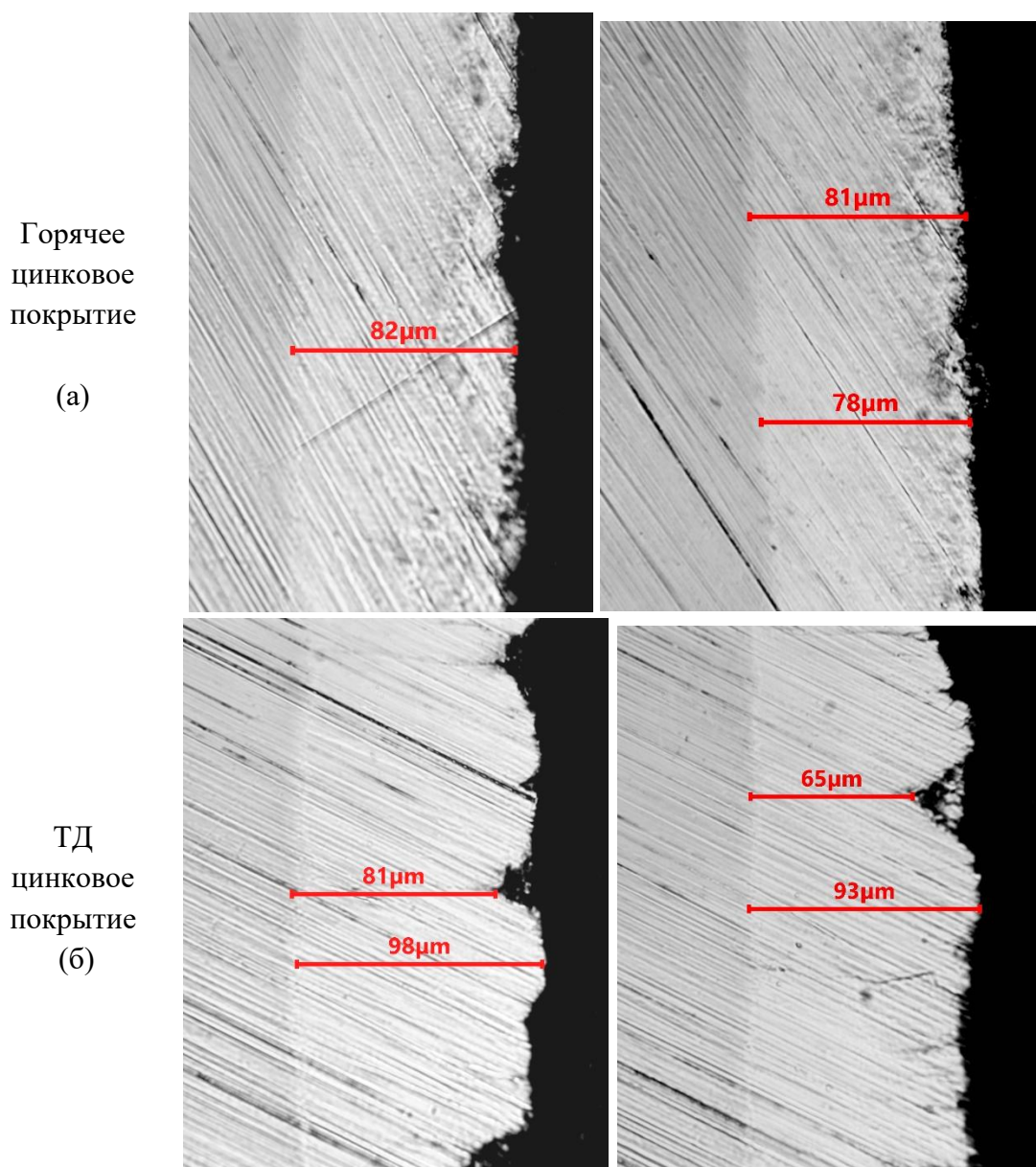


Рис. 8 Состояние материала элементов из сталей с покрытиями горячий цинк (а) и термодиффузионный цинк (б) после 30 циклов испытаний в КСГ

Анализ результатов исследования

Целью работы является исследование коррозионной стойкости и долговечности элементов и фрагментов строительных конструкций из углеродистых сталей с горячим и термодиффузионным цинковыми покрытиями в открытых атмосферных условиях слабоагрессивной-1, слабоагрессивной-2, средне- и сильноагрессивной средах по СП 28.13330.2017 (ГОСТ 9.107-2023).

Агрессивность газовой среды определяли в соответствии с СП 28.13330.2017 (табл. 5), ГОСТ 9.107-2023 и ГОСТ 34667.2-2020(ISO 12944-2: 2017) (табл. 6) для анализа коррозионной стойкости и долговечности оцинкованных сталей.

Таблица 5 – Группы агрессивных газов в зависимости от их вида и концентрации по СП 28.13330.2017 «Защита строительных конструкций от коррозии»

Наименование	Концентрация, мг/м ³ , для групп газов			
	A	B	C	D
Углекислый газ	До 2000	Св. 2000	-	-
Аммиак	До 0,2	Св. 0,2 до 20	Св. 20	-
Сернистый ангидрид	До 0,5	Св. 0,5 до 10	Св. 10 до 200	Св. 200 до 1000
Фтористый водород	До 0,05	Св. 0,05 до 5	Св. 5 до 10	Св. 10 до 100
Сероводород	До 0,01	Св. 0,01 до 5	Св. 5 до 100	Св. 100
Оксиды азота	До 0,1	Св. 0,1 до 5	Св. 5 до 25	Св. 25 до 100
Хлор	До 0,1	Св. 0,1 до 1	Св. 1 до 5	Св. 5 до 10
Хлористый водород	До 0,05	Св. 0,05 до 5	Св. 5 до 10	Св. 10 до 100

Таблица 6 – Степени коррозионной агрессивности атмосферы

СП 28.13330.2017	ГОСТ 9.107-2023		ГОСТ 34667.2-2020 (ISO 12944-2: 2017)	
Наименование	Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Не агрессивная	Очень низкая (внутри помещений)	C1	Очень низкая	C1
Слабо агрессивная	Низкая (сельская)	C2	Низкая	C2
	Средняя (пригородная)	C3	Средняя	C3
Средне агрессивная	Высокая (городская/ приморская)	C4	Высокая	C4
Сильно агрессивная	Очень высокая (промышленная)	C5	Очень высокая	C5
			Экстремально высокая	CX

Коррозионная стойкость цинка в атмосферных условиях зависит от следующих факторов: влажности, температуры и состава коррозионно-активных компонентов, основными из которых являются хлориды и сернистый газ. В условиях

реальной эксплуатации деталей и конструкций из оцинкованных сталей со временем может происходить изменение практически всех факторов. Для получения расчетных сроков службы в конкретных условиях эксплуатации необходимо использовать усредненные данные скоростей коррозии цинка.

Коррозионная стойкость оцинкованной стали в атмосферных условиях определяется толщиной и качеством защитного покрытия, а также скоростью образования защитной пленки продуктов коррозии цинка и ее устойчивостью во времени.

При исследовании коррозионного поведения деталей, изготовленных из углеродистых сталей с горячим и термодиффузионным цинковыми покрытиями, проведены ускоренные циклические коррозионные испытания в камерах сернистого газа, соляного тумана и одновременного воздействия нейтрального соляного тумана и сернистого газа. Оценку состояния деталей производили методами визуального и металлографического анализов.

Расчет скорости коррозии исследуемых материалов проводили по методикам, разработанным в НИТУ МИСИС.

Коэффициент ускорения (K_y) для сред слабой, средней, сильной и очень сильной степеней агрессивности рассчитан по формуле (1). Известно, что состояние металла после испытания в камере соляного тумана (КСТ) в течение 30 суток соответствует состоянию металла после эксплуатации в реальных условиях в течение 20 лет (7300 сут).

$$K_y = 7300/30 = 243 \quad (1)$$

Сроки службы ($\tau_{\text{ср.сл.}}$, год) цинковых покрытий рассчитаны исходя из толщины покрытия (h , мкм), скорости коррозии покрытия (V , мкм/сут) после ускоренных испытаний в испытательных камерах.

Расчет оценки сроков службы ($\tau_{\text{ср.сл.}}$) цинковых покрытий проведен по формуле (2).

$$\tau_{\text{ср.сл.}} = (h \cdot K_y) / (V \cdot 365) \quad (2)$$

№1. После испытаний в экспериментальных атмосферах на поверхностях исследуемых элементов выявлен белый налет продуктов коррозии цинка и ржавчина, которая образовалась из-за наличия локальных зон без покрытия на

острых кромках. Толщина термодиффузионного покрытия на резьбовых шпильках АМ10 5.8 и хомутах составляет 40-60 мкм, что соответствует 5 классу; на резьбовых шпильках АМ12 5.8 – не более 30 мкм, что соответствует 4 классу цинкования по ГОСТ 9.316-2006.

Результаты расчетных сроков службы термодиффузионных цинковых покрытий 4 класса (21-30 мкм) у узлов и элементах монтажной системы в условиях эксплуатации по СП 28.13330.2017 представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Сроки службы термодиффузионного цинкового покрытия 4 класса на стальных деталях, года

Газообразная среда, классификация		СП 50.13330.2024 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003		
СП 28.13330.2017	ГОСТ 9.107-2023	сухая	норм.	влажная
Неагрессивная	C1	≥ 50	≥ 50	≥ 50
Слабоагрессивная I	C2	≥ 50	≥ 50	≥ 50
Слабоагрессивная II	C3	≥ 50	≥ 50	41
Среднеагрессивная	C4	42	36	28
Сильноагрессивная	C5	36	25	15

Результаты расчетных сроков службы термодиффузионных цинковых покрытий 5 класса (40-50 мкм) в условиях эксплуатации по СП 28.13330.2017 представлены в таблице 5.

Таблица 8 – Сроки службы термодиффузионного цинкового покрытия 5 класса на стальных деталях, года

Газообразная среда, классификация		СП 50.13330.2024 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003		
СП 28.13330.2017	ГОСТ 9.107-2023	сухая	норм.	влажная
Неагрессивная	C1	≥ 50	≥ 50	≥ 50
Слабоагрессивная I	C2	≥ 50	≥ 50	≥ 50
Слабоагрессивная II	C3	≥ 50	≥ 50	≥ 50
Среднеагрессивная	C4	≥ 50	40	35
Сильноагрессивная	C5	≥ 50	35	20

№2. После испытаний в коррозионно-агрессивных атмосферах на поверхности элементов конструкции зафиксирован плотный белый налет продуктов коррозии цинка, который является защитным. Толщина горячего цинкового покрытия составляет 65-70 мкм.

Результаты расчетных сроков службы горячих цинковых покрытий, толщиной не менее 45 мкм, узлов и элементов монтажной системы в условиях эксплуатации по СП 28.13330.2017 представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Сроки службы горячего цинкового покрытия на стальных деталях, года

Газообразная среда, классификация		СП 50.13330.2024 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003		
СП 28.13330.2017	ГОСТ 9.107-2023	сухая	норм.	влажная
Неагрессивная	C1	50	50	50
Слабоагрессивная I	C2	50	50	50
Слабоагрессивная II	C3	50	50	50
Среднеагрессивная	C4	50	40	33
Сильноагрессивная	C5	40	30	22

№3. Толщина горячего цинкового покрытия у элементов конструкций составляет 80-100 мкм. После испытаний в коррозионно-агрессивных атмосферах на поверхности элементов конструкции зафиксирован плотный белый налет продуктов коррозии цинка, который является защитным. Точки коррозии зафиксированы на необработанных срезах деталей. На поверхности срезов, предварительно обработанных методом аэрозольного напыления цинка, коррозии стальной основы не выявлено. Усиления коррозионных процессов в зонах контакта оцинкованных деталей с крепежными изделиями не обнаружено.

Результаты расчетных сроков службы горячих цинковых покрытий, толщиной не менее 55 мкм, узлов из легкосборных стальных элементов в условиях эксплуатации по СП 28.13330.2017 представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Сроки службы горячего цинкового покрытия на стальных деталях, года

Газообразная среда, классификация		СП 50.13330.2024 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003		
СП 28.13330.2017	ГОСТ 9.107-2023	сухая	норм.	влажная
Неагрессивная	C1	50	50	50
Слабоагрессивная I	C2	50	50	50
Слабоагрессивная II	C3	50	50	50
Среднеагрессивная	C4	50	42	35
Сильноагрессивная	C5	42	33	24

№4. После воздействия коррозионно-агрессивных сред на поверхности зажимов с горячим и термодиффузионным цинковыми покрытиями выявлены выявлен тонкий белый налет продуктов коррозии цинка, а также ржавчина, что

связано с технологией нанесения покрытия и в процессе эксплуатации не повлияет на долговечность деталей.

Результаты расчетных сроков службы горячих и термодиффузионных цинковых покрытий разных классов в условиях эксплуатации по СП 28.13330.2017 представлены в таблицах 11 и 12.

Таблица 11 – Сроки службы горячего (5 (более 45 мкм), 6 (более 55 мкм) класс стойкости ГОСТ Р 52868-2021) и термодиффузионного (4 класс (21-30 мкм) ГОСТ Р 9.316-2006) цинковых покрытий на стальных деталях, года

Газообразная среда, классификация		СП 50.13330.2024 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003		
СП 28.13330.2017	ГОСТ 9.107-2023	сухая	норм.	влажная
Неагрессивная	C1	50	50	50
Слабоагрессивная I	C2	50	50	50
Слабоагрессивная II	C3	50	50	50
Среднеагрессивная	C4	50	42	35
Сильноагрессивная	C5	42	33	24

Таблица 12 – Сроки службы горячего цинкового (7 (более 70 мкм), 8 (более 85 мкм) класс стойкости ГОСТ Р 52868-2021) и термодиффузионного цинкового (5 класс (40-50 мкм) ГОСТ Р 9.316-2006) покрытия на стальных деталях, года

Газообразная среда, классификация		СП 50.13330.2024 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003		
СП 28.13330.2017	ГОСТ 9.107-2023	сухая	норм.	влажная
Неагрессивная	C1	50	50	50
Слабоагрессивная I	C2	50	50	50
Слабоагрессивная II	C3	50	50	50
Среднеагрессивная	C4	50	50	50
Сильноагрессивная	C5	50	45	40

Таким образом, предлагаемые технические решения обеспечивают защиту от коррозии элементов при эксплуатации в условиях открытых слабо-, средне- и сильноагрессивных сред в соответствии с СП 28.13330.2017 (СНиП 2.03.11-85).

ВЫВОДЫ

1. В результате проведенных исследований установлено, что стальные элементы строительных конструкций с горячим (45-85 мкм) и термодиффузионным (21-95 мкм) цинковыми покрытиями устойчивы к атмосферной коррозии и могут эксплуатироваться в средах средней, сильной и очень сильной агрессивности в соответствии с СП 28.13330.2017 (СНиП 2.03.11-85).

2. Сроки службы узлов и элементов крепления модульных конструкций из углеродистых сталей с термодиффузионным покрытием 4 и 5 классов (21-50 мкм) по ГОСТ 9.316 в условиях открытых атмосфер:

Газообразная среда, классификация		Сроки службы 4 класс /5 класс, года СП 50.13330.2024 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003		
		сухая	норм.	влажная
СП 28.13330.2017	ГОСТ 9.107-2023			
Неагрессивная	C1	≥ 50	≥ 50	≥ 50
Слабоагрессивная I	C2	≥ 50	≥ 50	≥ 50
Слабоагрессивная II	C3	≥ 50	≥ 50	41 / 50
Среднеагрессивная	C4	42 / 50	36 / 40	28 / 35
Сильноагрессивная	C5	36-/ 50	25 /35	15 /20

3. Сроки службы узлов монтажной системы из углеродистых сталей с горячим цинковым покрытием 45-70 мкм, в том числе в контакте со стальными крепежными изделиями с покрытием Fe/ZnNi10/Cn/T2 Cr III passivated, в условиях открытых атмосфер:

Газообразная среда, классификация		Сроки службы, года СП 50.13330.2024 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003		
		сухая	нормальная	влажная
СП 28.13330.2017	ГОСТ 9.107-2023			
Неагрессивная	C1	50	50	50
Слабоагрессивная I	C2	50	50	50
Слабоагрессивная II	C3	50	50	50
Среднеагрессивная	C4	50	40	33
Сильноагрессивная	C5	40	30	22

4. Сроки службы узлов из легкосборных стальных элементов с горячим цинковым покрытием 55-100 мкм без/с обработанными торцами методом аэрозольного напыления цинка, в сборе с крепежными изделиями из коррозионностойких сталей, в условиях открытых атмосфер:

Газообразная среда, классификация		Сроки службы, года без обработки / с обработкой торцов СП 50.13330.2024 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003		
		сухая	нормальная	влажная
СП 28.13330.2017	ГОСТ 9.107-2023			
Неагрессивная	C1	50	50	50
Слабоагрессивная I	C2	50	50	50
Слабоагрессивная II	C3	50	50	50
Среднеагрессивная	C4	50	42 / 50	35 / 45
Сильноагрессивная	C5	42 / 50	33 / 45	24 / 40

5. Сроки службы зажимов крышек монтажных и кабеленесущих систем из углеродистых сталей с защитными покрытиями в условиях открытых атмосфер:

- горячего цинкового 5 (более 45 мкм), 6 (более 55 мкм) классов стойкости по ГОСТ Р 52868-2021
- термодиффузионного цинкового 4 класса (21-30 мкм) ГОСТ Р 9.316-2006

Газообразная среда, классификация		Сроки службы, года СП 50.13330.2024 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003		
		сухая	нормальная	влажная
СП 28.13330.2017	ГОСТ 9.107-2023			
Неагрессивная	C1	50	50	50
Слабоагрессивная I	C2	50	50	50
Слабоагрессивная II	C3	50	50	50
Среднеагрессивная	C4	50	42	35
Сильноагрессивная	C5	42	33	24

- горячего цинкового 7 (более 70 мкм), 8 (более 85 мкм) классов стойкости по ГОСТ Р 52868-2021
- термодиффузионного цинкового 5 класса (40-50 мкм) по ГОСТ Р 9.316-2006

Газообразная среда, классификация		СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003		
СП 28.13330.2017	ISO 12944-2:2017, ГОСТ 9.107-2023	сухая	норм.	влажная
Неагрессивная	C1	50	50	50
Слабоагрессивная I	C2	50	50	50
Слабоагрессивная II	C3	50	50	50
Среднеагрессивная	C4	50	50	50
Сильноагрессивная	C5	50	45	40

6. Защитные покрытия зажимов крышек монтажных и кабеленесущих систем являются взаимозаменяемыми по параметру долговечности в условиях эксплуатации в средах средней, сильной и очень сильной агрессивности в соответствии с СП 28.13330.2017 (СНиП 2.03.11-85):

Класс стойкости горячего цинкового покрытия по ГОСТ Р 52868-2021	Класс термодиффузионного цинкового покрытия по ГОСТ Р 9.316-2006
5 (45 мкм) 6 (55 мкм)	4 (21-30 мкм)
7 (70 мкм) 8 (85 мкм)	5 (40-50 мкм)

7. При применении конструкций с покрытием горячий цинк в районах крайнего севера и приравненных к ним с высокой агрессивностью среды, но с длительным периодом отрицательных температур в течении года, срок службы может быть значительно выше. Так как при низких отрицательных температурах скорость коррозии цинка близка у нулевых значений, следовательно коррозия цинкового покрытия возможна только в теплое время года.

8. Поверхность профилей с замкнутым прямоугольным сечением в исследованных узлах имеет равное защитное покрытие как снаружи, так и внутри и не требует герметизации торцов профиля.

9. Защита поврежденного покрытия (мест реза, сколов и иных локальных повреждений) методом аэрозольного напыления цинка предотвратило появление следов коррозии.

10. Анализ результатов и выводы относятся к исследованным элементам строительных конструкций без учета воздействия других элементов конструкций.

11. Анализ результатов и выводы относятся к испытанным образцам. В случае увеличения толщины защитных покрытий, исследуемых в данной работе расчет оценки сроков службы допускается производить по формуле (2).