

«Утверждаю»

И.о. проректора по науке и инновациям



Красильникова Ю. О.

27.07.2026

Заключение № 087/26-501

**«Оценка коррозионной стойкости и долговечности стальных
крепежных элементов с защитным покрытием»**

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

инженер научного проекта

Ковалев Александр Федорович

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

Шибеева Татьяна Владимировна

Заявитель	ООО «ГРАФФАСТ»
Основание для проведения испытаний	Договор № 087/26-501 от 03.06.2026 г.
Цель испытаний	1. Оценка коррозионной стойкости стальных анкеров с горячим цинковым покрытием. 2. Определение срока службы анкеров в слабо- и среднеагрессивных средах.
Испытательное оборудование	- климатическая камера тепла, холода и влаги КЛИМАТИКПРО КТ-ТХВ-80 (КВ); - камера сернистого газа Liebisch KEA 300A (КСГ); - камера соляного тумана SST-6MS (КСТ); - цифровой инвертируемый металлографический микроскоп с видеокамерой Raztek MRX9
Образцы	Стальные анкера с горячим цинковым покрытием
Нормативные документы	1. ГОСТ 9.307-2021 «ЕСЗКС. Покрытия цинковые горячие. Общие требования и методы контроля» 2. 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.) 3. Свод правил СП 28.13330.2017 «Защита строительных конструкций от коррозии» (актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85) (с Изм.). 4. ГОСТ Р 70071-2022 «Конструкции подобищочные вентилируемых навесных фасадных систем и их соединения. Общие требования защиты от коррозии и методы испытаний».
Результаты исследований	Заключение № 087/26-501

Цель работы: оценка коррозионной стойкости стальных анкеров с горячим цинковым покрытием, определение срока их службы в условиях слабо- и средне-агрессивных сред по СП 28.13330.2017 (ГОСТ 9.107-2023, ГОСТ Р 70071-2022).

Образцы для испытаний: стальные анкера с горячим цинковым покрытием с клипсой из коррозионностойкой стали А2 (рис. 1).

Подготовка и отбор образцов: осуществлялись Заказчиком.



Рис. 1 Внешний вид образцов, поступивших на исследование

Методики исследований.

1. Внешнее состояние поверхностей деталей до, во время и после испытаний оценивали визуально в соответствии с ГОСТ 9.307-2021 «ЕСЗКС. Покрытия цинковые горячие. Общие требования и методы контроля». Коррозионные повреждения оценивали по ГОСТ 9.311-2021 «Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Метод оценки коррозионных поражений».

2. Ускоренные коррозионные испытания проводили по методикам, разработанным в НИТУ МИСИС на основе ГОСТ 9.308-85 «ЕСЗКС. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Методы ускоренных коррозионных испытаний» в течение 720 ч (30 суток) в климатических камерах:

- влажности (КВ), имитирующей слабоагрессивную среду (при относительной влажности 98 % и температуре в камере 40 °С;
- сернистого газа (КСГ), имитирующей среднеагрессивную среду (при относительной влажности 98%, температуре в камере 40 °С и воздействии SO₂);
- соляного тумана (КСТ), имитирующей среднеагрессивную среду (периодическое распыление 3%-го раствора NaCl при относительной влажности 98% и температуре в камере 40 °С).

Один цикл испытаний в камере: воздействие агрессивной атмосферы в течение 8 ч, далее выдержка в камере при отключении искусственной атмосферы при температуре 25 °С в течение 16 ч.

3. Металлографический анализ проводили на цифровом инвертируемом микроскопе с видеокамерой Raztek MRX9 в поперечном сечении образцов в области головы.

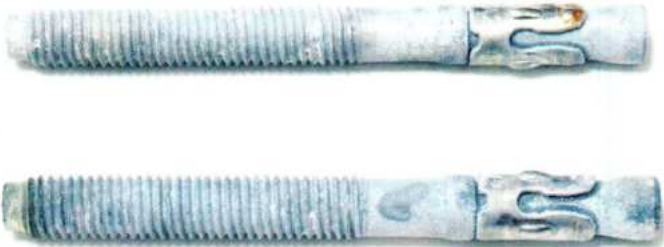
4. Микрорентгеноспектральный анализ проводили с целью оценки состава покрытия с помощью сканирующего электронного микроскопа Tescan VEGA3 SB с приставкой EDX.

Результаты исследования

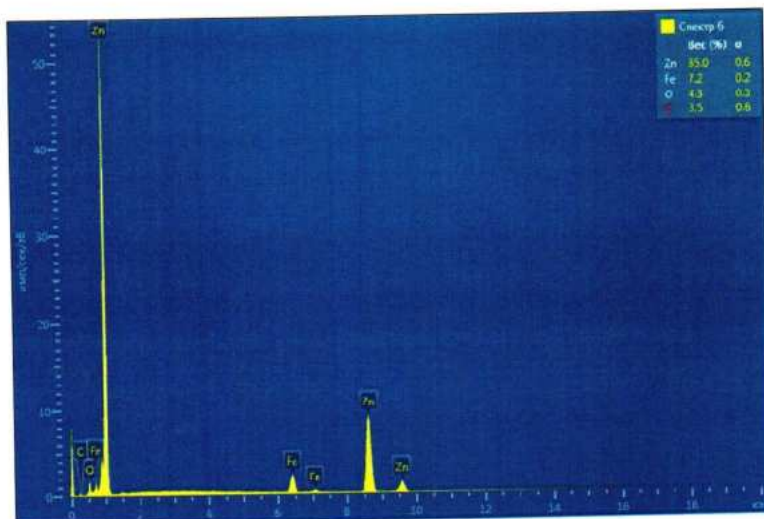
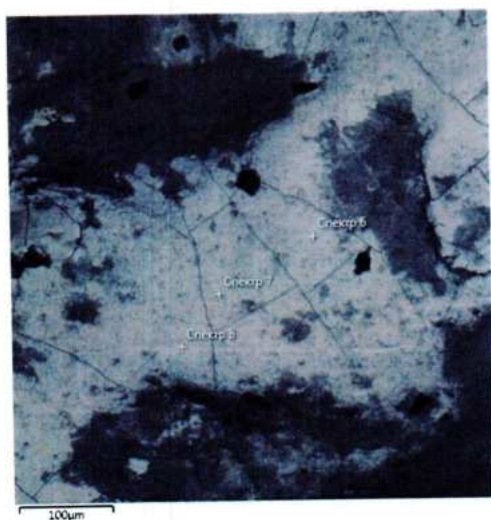
При исследовании внешнего вида образцов в состоянии поставки установлено, что горячее цинковое покрытие светло-серого цвета блестящее, ровное, гладкое, без признаков коррозии стальной основы (рис. 1), что соответствует требованиям ГОСТ 9.307-2021 «ЕСЗКС. Покрытия цинковые горячие. Общие требования и методы контроля».

После испытаний в течение 720 ч (30 суток) в камере влажности на исследуемых крепежных изделиях выявлено помутнение поверхности в виде полупрозрачного белого налета. После испытаний в камере сернистого газа обнаружен сплошной плотный объемный белый налет продуктов коррозии цинка и единичные точки ржавчины на клипсе. После воздействия соляного тумана - тонкий белый налет. Оценка коррозионных повреждений образцов в баллах по ГОСТ 9.311 и внешний вид после испытаний приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты испытаний образцов в течение 720 ч в камерах влажности, сернистого газа и соляного тумана

Испытание	Внешний вид	Оценка по ГОСТ 9.311
КВ		A1
КСГ		Г1, К9
КСТ		Г1

В результате микрорентгеноспектрального анализа установлено, что основным компонентом в составе покрытия является цинк (рис. 2).



(а)

(б)

Рис. 2 Внешний вид (а) и состав (б) покрытия на анкерах

В результате металлографического анализа установлено, что толщина горячего цинкового покрытия, измеренного на цилиндрической части анкера до коррозионных испытаний, составляет 48-60 мкм (рис. 3).

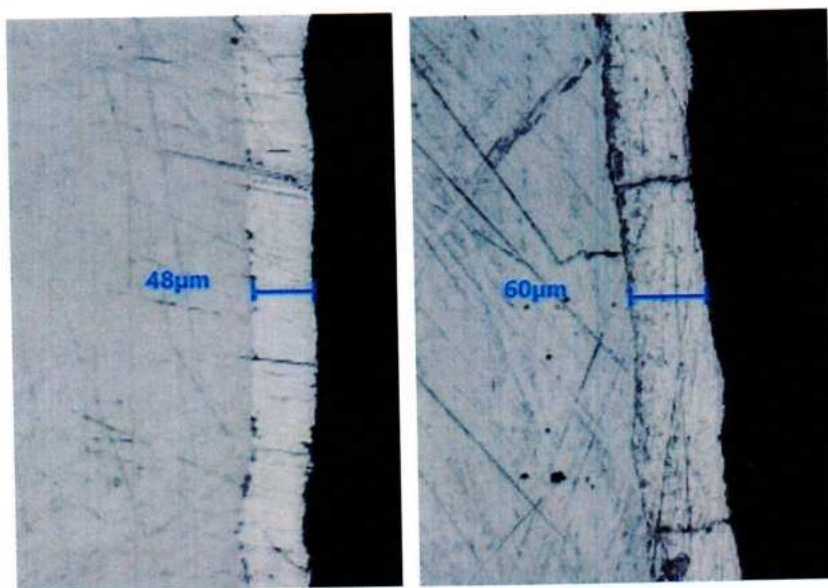


Рис. 3 Состояние материала образцов в состоянии поставки на исследование

Анализ результатов исследований

Целью работы является оценка коррозионной стойкости и долговечности материалов стальных анкеров с горячим цинковым покрытием при эксплуатации в средах слабой и средней агрессивности в соответствии с СП 28.13330.2017 (ГОСТ 9.107-2023), в том числе в составе навесных фасадных систем по ГОСТ Р 70071-2022.

Эксплуатация исследуемых крепежных изделий соответствует условиям:

- У2, 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;
- У1, УХЛ1 по ГОСТ 15150-69, то есть на открытом воздухе при воздействии слабо- и среднеагрессивных сред по СП 28.13330.2017 (С2, С3 по ГОСТ 9.107-2023, баллы 2-7 по ГОСТ Р 70071-2022).

Применительно для основных городов РФ оценка условий эксплуатации в баллах по ГОСТ Р 70071-2022:

Населённый пункт	Балльная оценка (ГОСТ Р 70071–2022)		Агрессивность атмосферы СП 28.13330.2017 / ГОСТ 9.107
	Условия размещения «под навесом»		
	Без учета теплоизоляции	С учетом теплоизоляции	
г. Москва	3	4	Слабоагрессивная / С2
г. Санкт-Петербург	4	5	Среднеагрессивная / С3
г. Владивосток (1–5 км от берега моря)	5	6	Среднеагрессивная / С3
г. Владивосток (до 1 км от берега моря)	6	7	Среднеагрессивная / С3
Черноморское побережье (1–5 км от берега моря)	7		Среднеагрессивная / С4
Черноморское побережье (до 1 км от берега моря)	8		Сильноагрессивная / С5
Условия размещения «на открытом воздухе»			
Промышленные зоны	9-10 *)		Сильноагрессивная / СХ
*) Баллы 9–10 и сильноагрессивные среды - только при наличии документированного обоснования или официальной оценки генерального проектировщика. Если предоставлена официальная оценка генерального проектировщика, она имеет приоритет; методические корректировки применяются только при её отсутствии			

Проведены ускоренные циклические коррозионные испытания по ГОСТ 9.308-85 в камерах влажности, сернистого газа и соляного тумана с целью оценки качества и коррозионной стойкости материалов крепежных изделий. Оценку состояния крепежа проводили методами визуального и металлографического анализов.

Расчет скорости коррозии исследуемых материалов проводили по методикам, разработанным в НИТУ МИСИС. В результате исследований установлено, что 30 суток непрерывных испытаний в специальных атмосферах, имитирующих среды со слабой и средней степенями агрессивности, соответствуют 15 годам реальной эксплуатации.

После воздействия влажности на поверхности элементов с горячим покрытием изменений внешнего вида практически не обнаружены. После воздействия коррозионно-агрессивных сред сернистого газа и соляного тумана на поверхности анкеров обнаружен белый налет.

Толщина горячего цинкового покрытия составляет 48-60 мкм.

По результатам исследований установлено, что скорость коррозии горячего цинкового покрытия составляет 0,7-1,0 мкм в среднеагрессивных средах У2, УХЛ2.

Срок службы анкеров с горячим цинковым покрытием толщиной более 50 мкм при условии отсутствия дефектов составит в условиях размещения У2 и УХЛ2:

- не менее 50 лет в средах слабой агрессивности (С2 по ГОСТ 9.107-2023, баллы 1-3 по ГОСТ Р 70071);
- 40-50 лет в средах средней агрессивности (С3 по ГОСТ 9.107-2023, баллы 4-7 по ГОСТ Р 70071).

В условиях размещения У1 и УХЛ1 при условии отсутствия дефектов:

- не менее 50 лет в средах слабой агрессивности (С2 по ГОСТ 9.107-2023);
- не менее 40 лет в средах средней агрессивности (С3 по ГОСТ 9.107-2023).

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что анкеры с покрытием горячий цинк устойчивы к воздействию коррозионно-агрессивных сред и рекомендуются для эксплуатации в условиях сухой, нормальной и влажной зон влажности слабо- и среднеагрессивных сред по СП 28.13330.2017.

Выводы

1. Срок службы стальных анкеров с горячим цинковым покрытием (толщина ~ 50 мкм) в условиях размещения конструкции «под навесом» У2 и УХЛ2 составит:
 - более 50 лет в слабоагрессивных средах (С2 по ГОСТ 9.107-2023, баллы 1-3 по ГОСТ Р 70071-2022);
 - не менее 50 лет в среднеагрессивных средах (С3 по ГОСТ 9.107-2023, баллы 4-7 по ГОСТ Р 70071-2022).
2. Срок службы стальных анкеров с горячим цинковым покрытием в условиях размещения конструкции «на открытом воздухе» У1 и УХЛ1 составит не менее:
 - 50 лет в слабоагрессивных средах (С2 по ГОСТ 9.107-2023);
 - 40 лет в среднеагрессивных средах (С3 по ГОСТ 9.107-2023).
3. Анализ результатов и выводы относятся только к испытанным образцам крепежных изделий без учета воздействия других элементов строительных конструкций, для крепления которых они предназначены, а также без учета воздействия теплоизоляции в НФС.

Отв. исп. Волкова О.В., каф. МЗМ
Тел.: 8(495) 951-22-34
e-mail: volkova.ov@misis.ru