



Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
Национальный исследовательский технологический университет
«МИСиС»

«Утверждаю»

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

Филонов М. Р.

29.03.2021



Заключение № 019/21-501

«Исследование коррозионной стойкости и долговечности
элементов крепления производства KMEW Co, Ltd (Япония)»

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

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

Дуб Алексей Владимирович

Ответственный исполнитель,
научный сотрудник, к.т.н.

Волкова Ольга Владимировна

Исполнители:

зав. лабораторией МЗМ

Обухова Татьяна Анатольевна

доцент, к.х.н.

Сафонов Иван Александрович

научный сотрудник

Шевайко Ольга Владимировна

научный сотрудник

Ковалев Александр Федорович

инженер I категории, к.т.н.

Шибаева Татьяна Владимировна

Заявитель	ООО «Кей Эм Ю Рус»
Основание для проведения испытаний	Договор № 019/21-501 от 25.02.2021
Дата проведения испытаний	начало 25 февраля 2021 г. окончание 25 марта 2021 г.
Задачи испытаний	1. Определение коррозионной стойкости материалов крепежных элементов. 2. Оценка срока службы исследуемых материалов при воздействии слабо- и среднеагрессивных сред
Образцы	«KMEW Co, Ltd» (Япония): - кляммеры и планки с покрытием цинк-алюминий-магний (ЦАМ) - саморезы с покрытием Dacromet - скоба с системой покрытий
Испытательное оборудование	- камера влажности КЛИМАТИКПРО КТ-ТХВ-80 - камера сернистого газа Liebisch KEA 300A - камера соляного тумана SST-6MS
Документ и материалы	- ГОСТ 9.308-85 ЕСЗКС. «Покрытия металлические и неметаллические органические. Методы ускоренных коррозионных испытаний» - ГОСТ 9.311-87 ЕСЗКС. «Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Метод оценки коррозионных поражений» - Свод правил СП 28.13330.2017 «Защита строительных конструкций от коррозии» (актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85).
Результаты исследований	Заключение № 019/21-501

Цель работы: оценка коррозионной стойкости и долговечности стальных элементов крепления с защитными покрытиями при воздействии сред слабой и средней степени агрессивности по СП 28.13330.2017.

Образцы для испытаний: элементы крепления «KMEW Co, Ltd» (Япония) (рис. 1):

№1 – Кляммер арт. В1205 с покрытием цинк-алюминий-магний.

№2 – Длинная стартовая планка арт. В101052 с покрытием цинк-алюминий-магний.

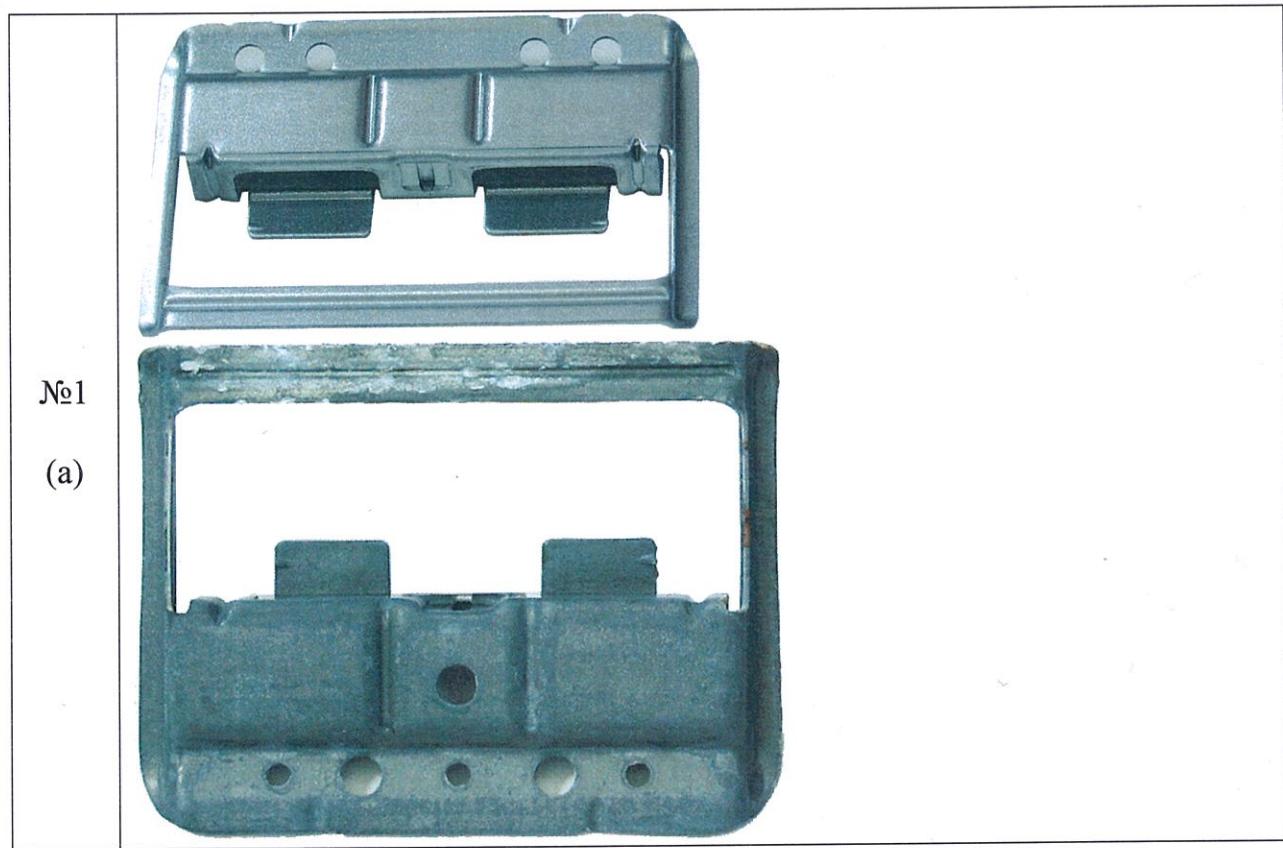
№3 – Длинный кляммер арт. В12055 с покрытием цинк-алюминий-магний.

№4 – Саморез арт. В88501 с цинксодержащим покрытием Dacromet.

№5 – Саморез арт. RY8840 с цинксодержащим покрытием Dacromet.

№6 – Клямммер арт. В1005 с покрытием цинк-алюминий-магний.

№7 – Длинная стартовая скоба для вертикального монтажа арт. В12057.



№2 (б)		
№3 (в)		
№4 (г)		
№5 (д)		
№6 (е)		

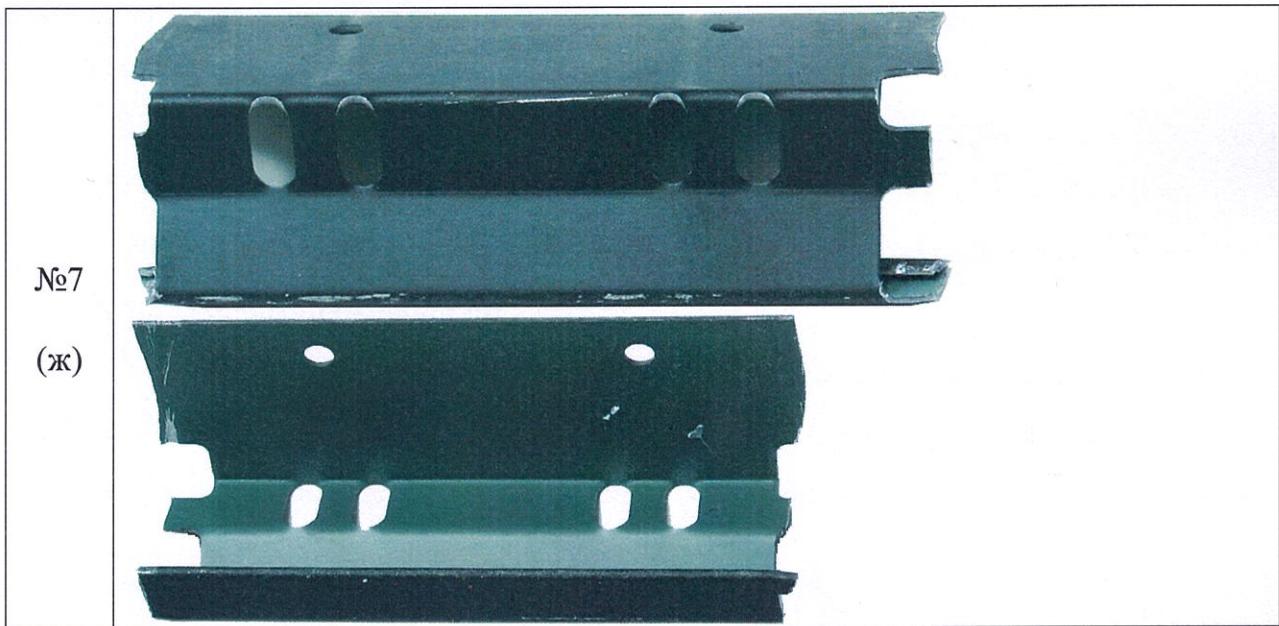


Рис. 1 Внешний вид образца №1 в состоянии поставки

Отбор образцов производился представителями Заказчика в соответствии с актом отбора образцов от 24.03.2021 (Приложение 1).

Методики исследований.

1. Внешнее состояние поверхностей деталей до, во время и после испытаний оценивали визуально по ГОСТ 9.407-2015 «ЕСЗКС. Покрытия лакокрасочные. Методы оценки внешнего вида» и ГОСТ Р ИСО 10683-2013 Изделия крепежные. Неэлектролитические цинк-ламельные покрытия. Степень коррозионных повреждений оценивалась в соответствии с ГОСТ 9.311-87 «Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Метод оценки коррозионных поражений».

2. Ускоренные коррозионные испытания проведены по ГОСТ 9.308-85 «ЕСЗКС. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Методы ускоренных коррозионных испытаний» в течение 720 ч (30 суток). Циклические коррозионные испытания проведены в испытательных камерах по следующим режимам (1 цикл):

- соляного тумана (КСТ) при периодическом распылении 3 %-го раствора NaCl при относительной влажности 98 % и температуре в камере 40 °C в течение 8 ч, далее выдержка в камере при отключении искусственной атмосферы при температуре 25 °C в течение 16 ч;

- сернистого газа (КСГ) при воздействии сернистого газа концентрацией $(0,75 \pm 0,2) \text{ г}/\text{м}^3$, температуры $(40 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$ и влажности $97 \pm 3\%$ в течение 8 ч; далее



выдержка в камере при отключении искусственной атмосферы при температуре 25 °С в течение 16 ч.

3. ГОСТ 9.401-2018 «Покрытия лакокрасочные. Общие требования и методы ускоренных испытаний на стойкость к воздействию климатических факторов».

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

Коррозионные испытания образцов с X-образными надрезами проведены в климатической камере соляного тумана при температуре (35 ± 2) °С и конденсации хлористого натрия в непрерывно распыляемом растворе (50 ± 5) г/дм³ в течение 500 часов.

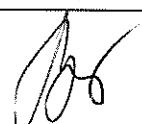
После испытаний определена величина распространения коррозии (в мм) от X-образного надреза.

– **Метод 6** «Определение стойкости покрытий к воздействию переменной температуры, повышенной влажности, сернистого газа и солнечного излучения». Метод испытаний имитирует комплексное воздействие климатических факторов открытой промышленной атмосферы (УХЛ1, по ГОСТ 9.104-79 «ЕСЗКС. Покрытия лакокрасочные. Группы условий эксплуатации», II тип атмосферы по ГОСТ 15150-69 «Машины, приборы и другие технические изделия. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды»). Метод 6 предусматривает проведение не менее 15 циклов испытаний покрытий.

Декоративные и защитные свойства определяли по ГОСТ 9.407-2015. Режим испытаний, последовательность перемещения и время выдержки образцов в климатических камерах в одном цикле по методу 6 приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Последовательность перемещения и время выдержки образцов в камерах и режимы испытаний по методу 6

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

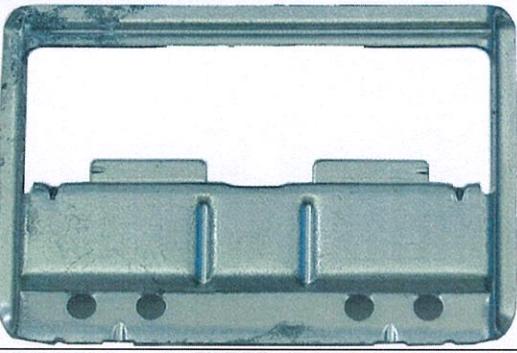


4. Металлографический анализ проведен микроскопе ZEISS с системой анализа изображения «Thixomet». Шлифы изготовлены в поперечном сечении образцов, на саморезах – на головке.
5. Адгезию покрытия определяли в соответствии с ГОСТ 15140-78 «Материалы лакокрасочные. Методы определения адгезии» по методу решетчатых надрезов адгезиметром Elcometer F107 с шестью лезвиями.

Результаты исследования

В результате исследования *внешнего вида* поверхностей образцов в состоянии поставки установлено, что поверхности кляммеров и планок с покрытием цинк-алюминий-магний блестящие, гладкие, без царапин и потертостей, без признаков коррозионных повреждений, что соответствует требованиям ГОСТ 9.311-87 (рис. 1 а-в, е). Поверхности саморезов серебристо-серого цвета, без пузырей, без локальных излишков материала покрытия, без признаков нарушения сплошности и коррозионных поражений, что соответствует требованиям ГОСТ 9.407-2015 и ГОСТ Р ИСО 10683-2013 (рис. 1 г, д). Покрытие на скобе №7 ровное, матовое, черного цвета, без непрокрасов и коррозионных повреждений, что соответствует требованиям ГОСТ 9.407-2015 (рис. 1 ж).

После испытаний в камере влажности в течение 720 ч (30 суток) обнаружено локальное потемнение поверхностей кляммеров №1, №6 (рис. 2 а, в), а также локальный белый налет на образце №3 (рис. 2 б). Изменений внешнего вида саморезов №4 и №5, скобы №7 не зафиксировано.

№1 (а)	
№3 (б)	

А6

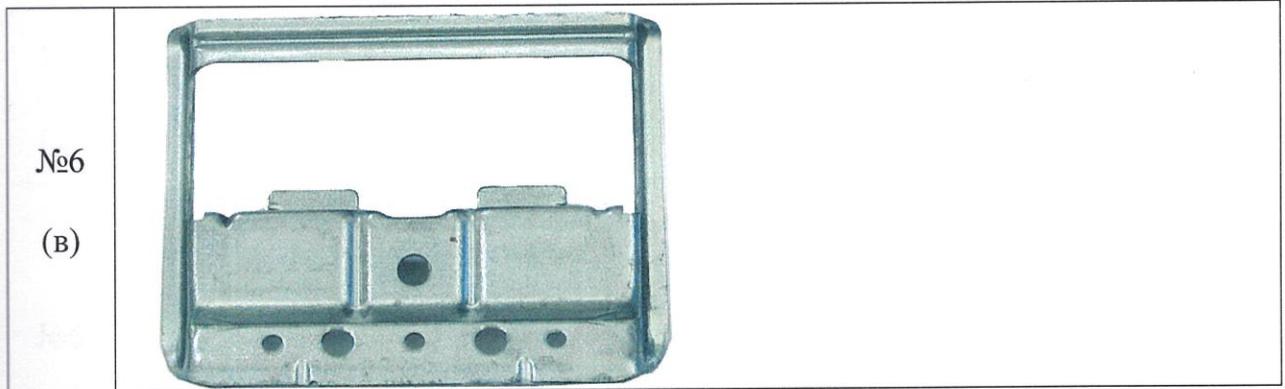
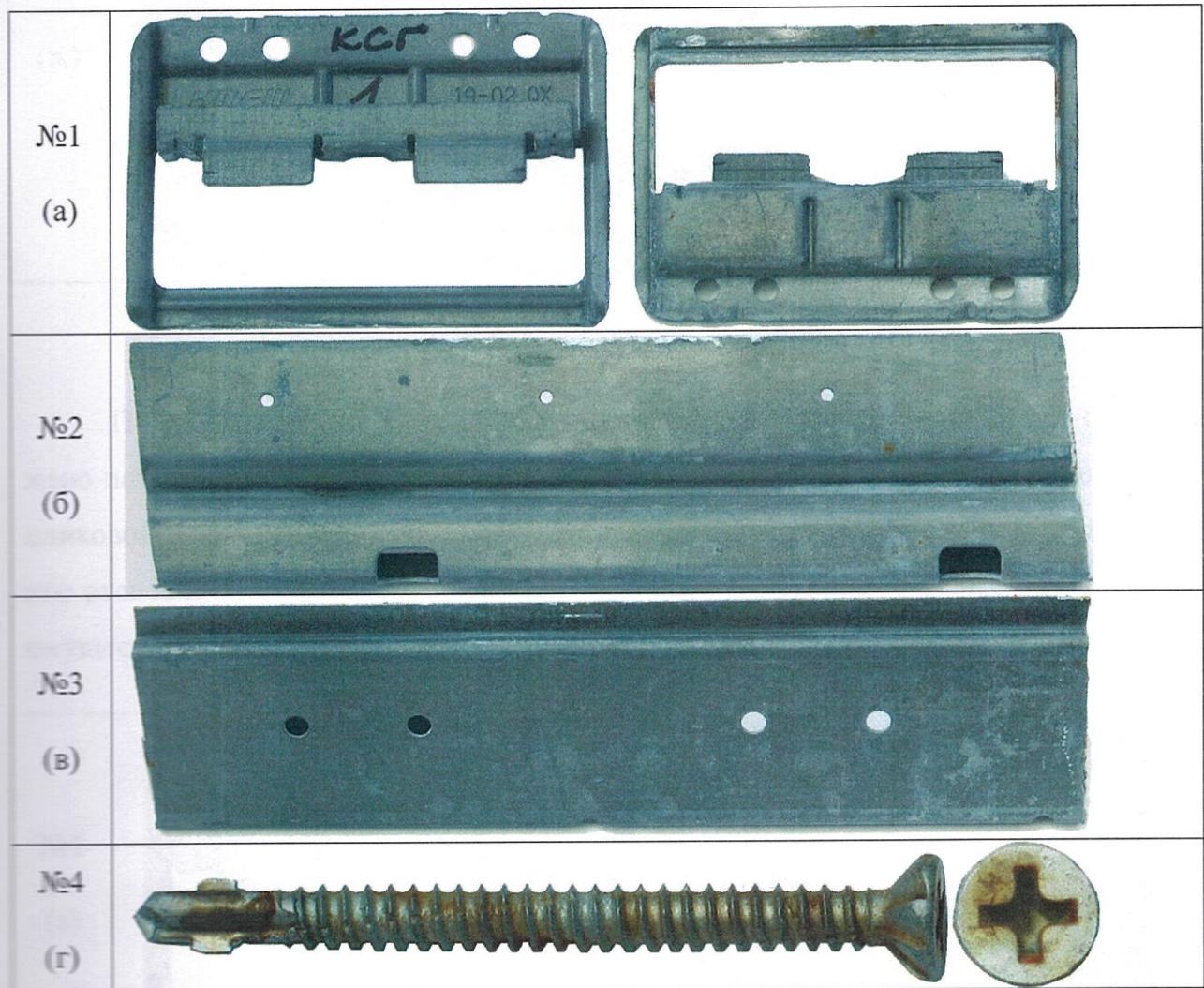


Рис. 2 Внешний вид образцов после испытаний в камере влажности в течение 720 ч

После испытаний в камере сернистого газа в течение 720 ч образцов №1-№3, №6 выявлено помутнение и потемнение поверхностей, а также локальный тонкий белый налет (рис. 3 а-в, е). На поверхностях саморезов после 380 ч испытаний наблюдается ржавчина (рис. 3 г, д). На сгибах и срезах скобы №7 зафиксировано вздутие покрытия и белый налет в течение 720 ч испытаний (рис. 3 ж).



Б6

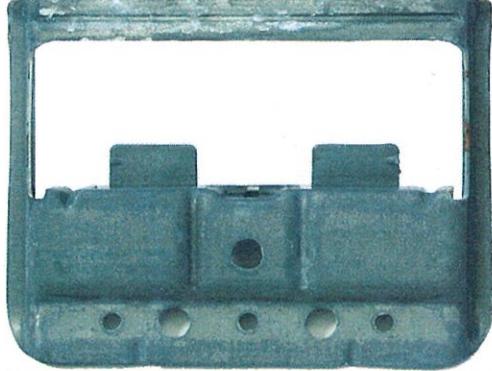
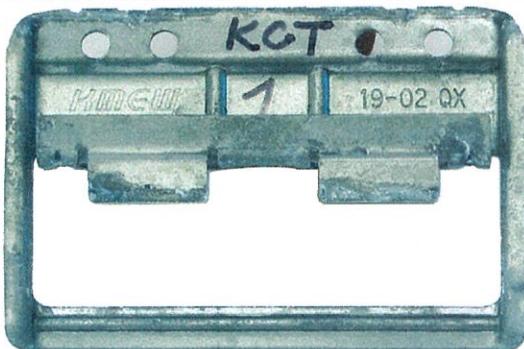
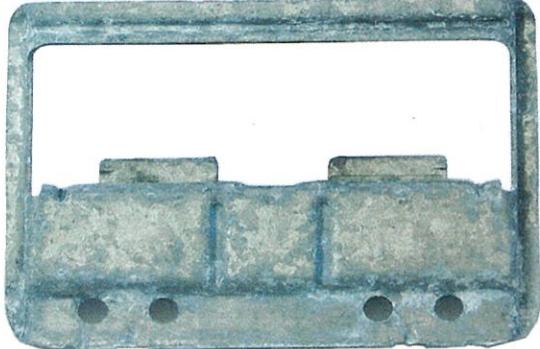
№5 (д)	
№6 (е)	
№7 (ж)	

Рис. 3 Внешний вид образцов после испытаний в камере сернистого газа в течение 720 ч (а-в, е, ж), в течение 380 ч (г, д)

После выдержки в камере соляного тумана на образцах №1-№3, №6 обнаружено потемнение поверхностей и белый налет с объемными продуктами коррозии цинковой составляющей (рис. 4 а-г). На поверхности скобы №7 выявлено локальное отслоение полимерного покрытия от торцов и локальные белые потеки, преимущественно на сгибах и кромках (рис. 4 г).

№1 (а)		
-----------	---	--

6

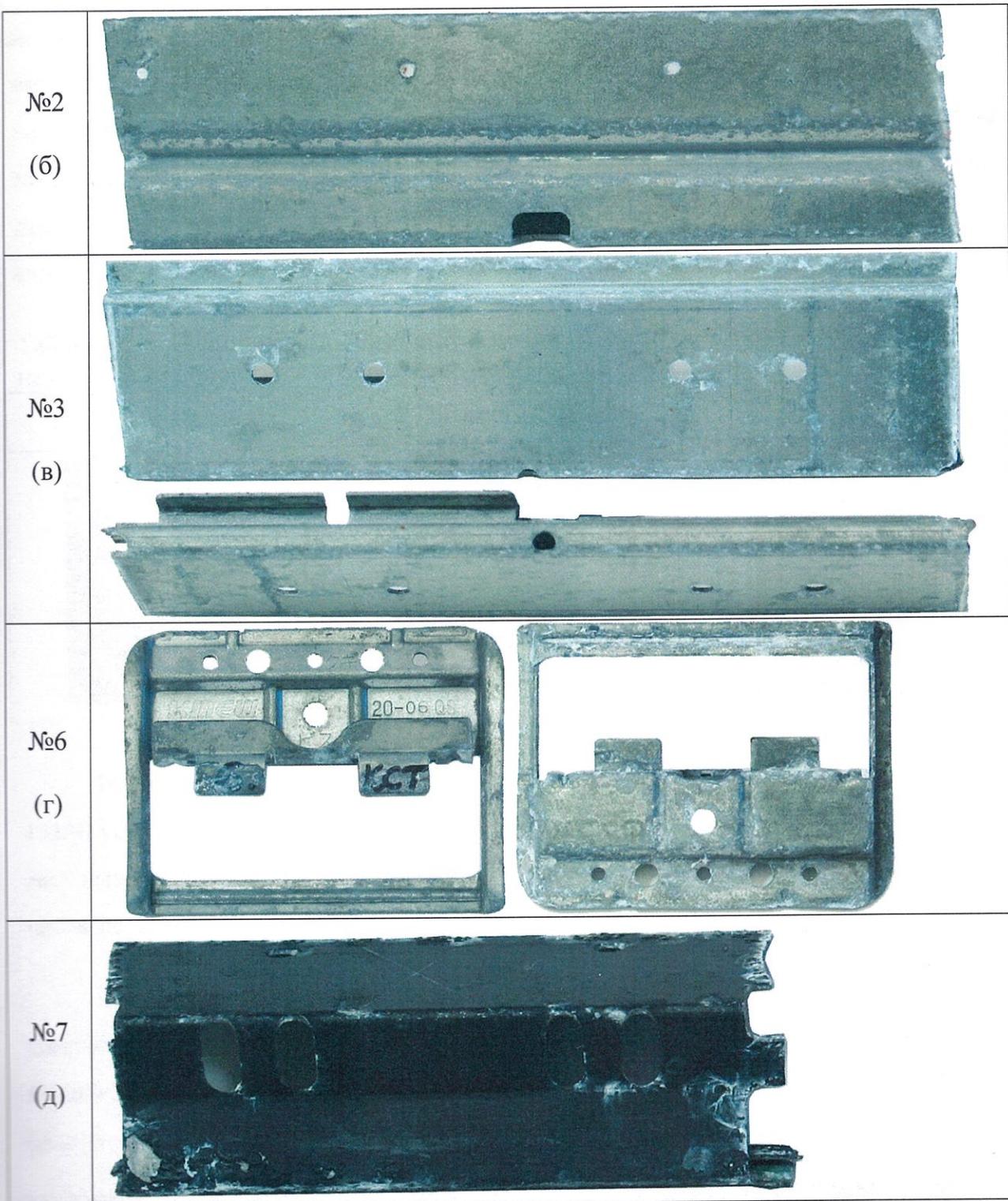


Рис. 4 Внешний вид образцов после испытаний в камере соляного тумана
в течение 720 ч

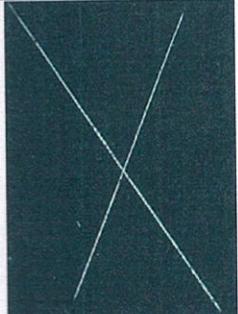
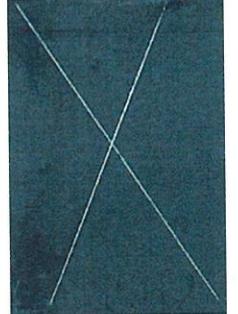
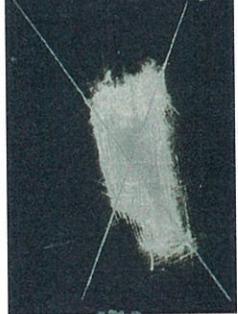
После 30 циклов испытаний окрашенной скобы №7 по ГОСТ 9.401-2018 по методу 16 изменений декоративных и защитных свойств не зафиксировано, что соответствует баллам АД0 и А30 соответственно. Следует отметить, что в отверстиях наблюдаются точки ржавчины.

Исследования по определению стойкости полимерного покрытия на образце №7 к воздействию нейтрального соляного тумана проводили по ГОСТ 9.401-2018



по методу Б - распространение коррозии от надреза (табл. 2). После воздействия коррозионно-агрессивной атмосферы вблизи Х-образного надреза слой полимерного покрытия на образце №7 сохранился практически полностью. В зонах надреза после снятия покрытия коррозионных повреждений основного материала не выявлено, что соответствует требованиям ГОСТ 9.401-2018, согласно которым распространение коррозии от надреза не должно превышать 2 мм.

Таблица 2 – Внешний вид образца №7 в зоне надреза при проведении испытаний на стойкости покрытия к воздействию нейтрального соляного тумана

Перед испытанием	После 720 часов испытаний	После снятия покрытия в зоне надреза
		

После испытаний по «методу решетчатого надреза» в соответствии с ГОСТ 15140 установлено, что слой покрытия на исследуемых окрашенных деталях обладает высокой адгезией к металлической основе. Отслаивание покрытий на образцах после испытаний, составляет 0% сетки, что соответствует 1 баллу.

С целью оценки состояния исследуемых образцов вблизи поверхности проводили металлографический анализ. Установлено, что на стальную основу нанесено покрытие цинк-алюминий магний толщиной 35-40 мкм на ровных поверхностях (рис. 5 а, б) и 16 мкм на сгибах (рис. 5 в).





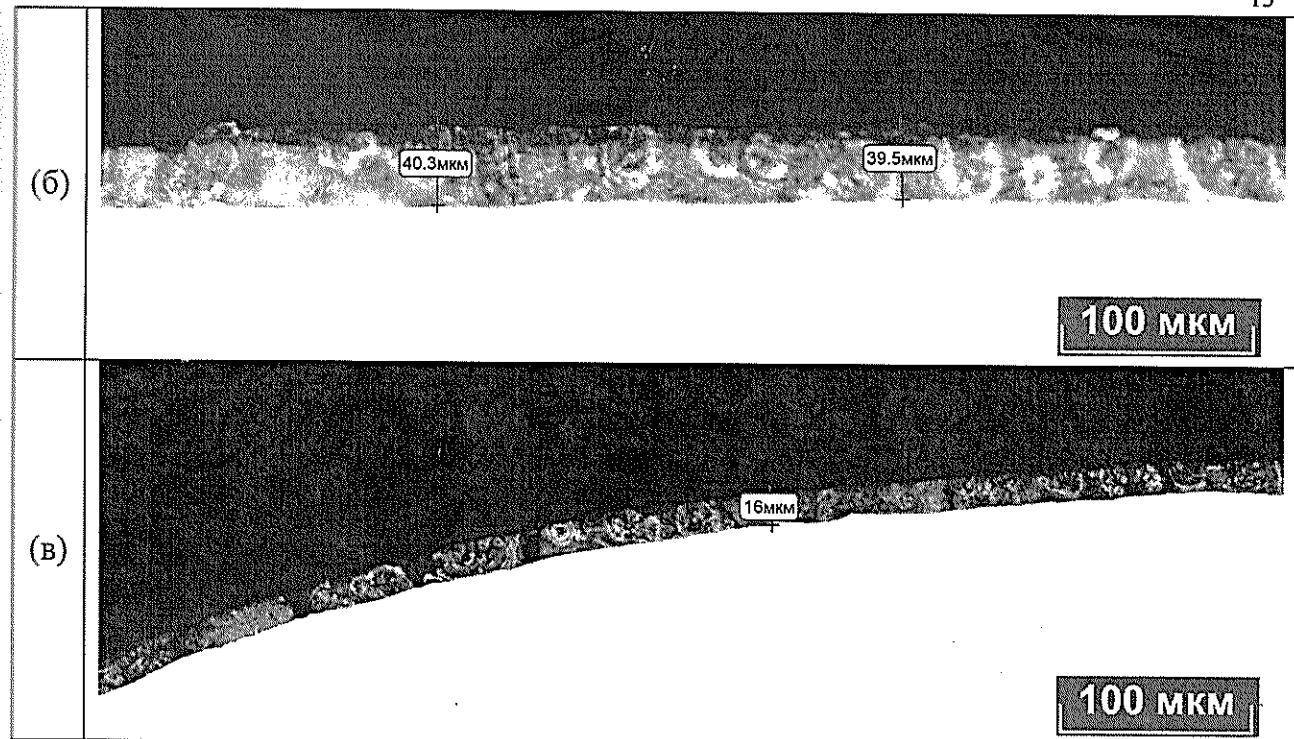
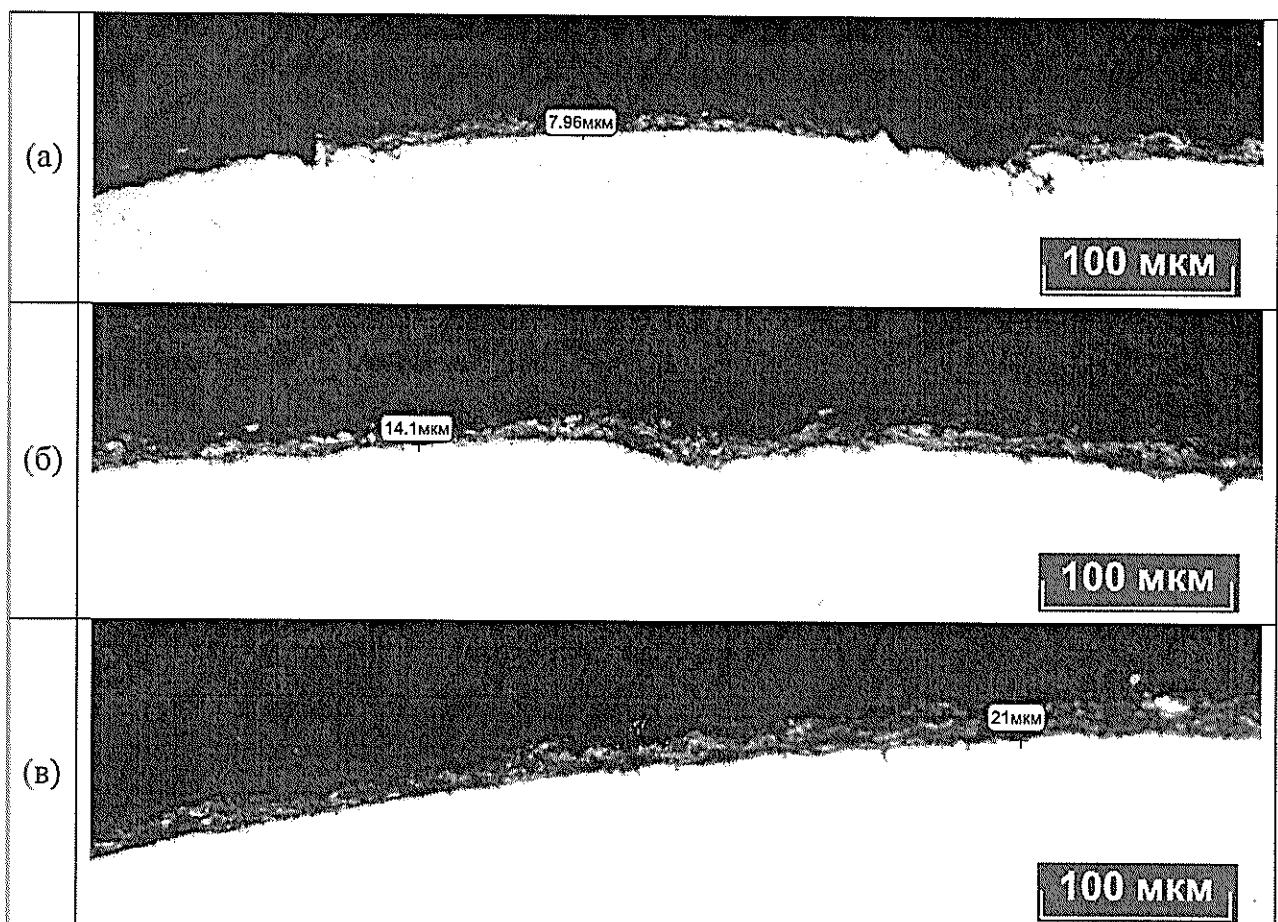


Рис. 5 Состояние материала образцов с покрытием цинк-алюминий-магний

На саморезы №4 и №5 нанесено цинксодержащее покрытие толщиной 8-20 мкм (рис. 6 а-в). На шляпке внутри отверстия для инструмента толщина покрытия составляет 8-12 мкм (рис. 6 г, д).



Ю.

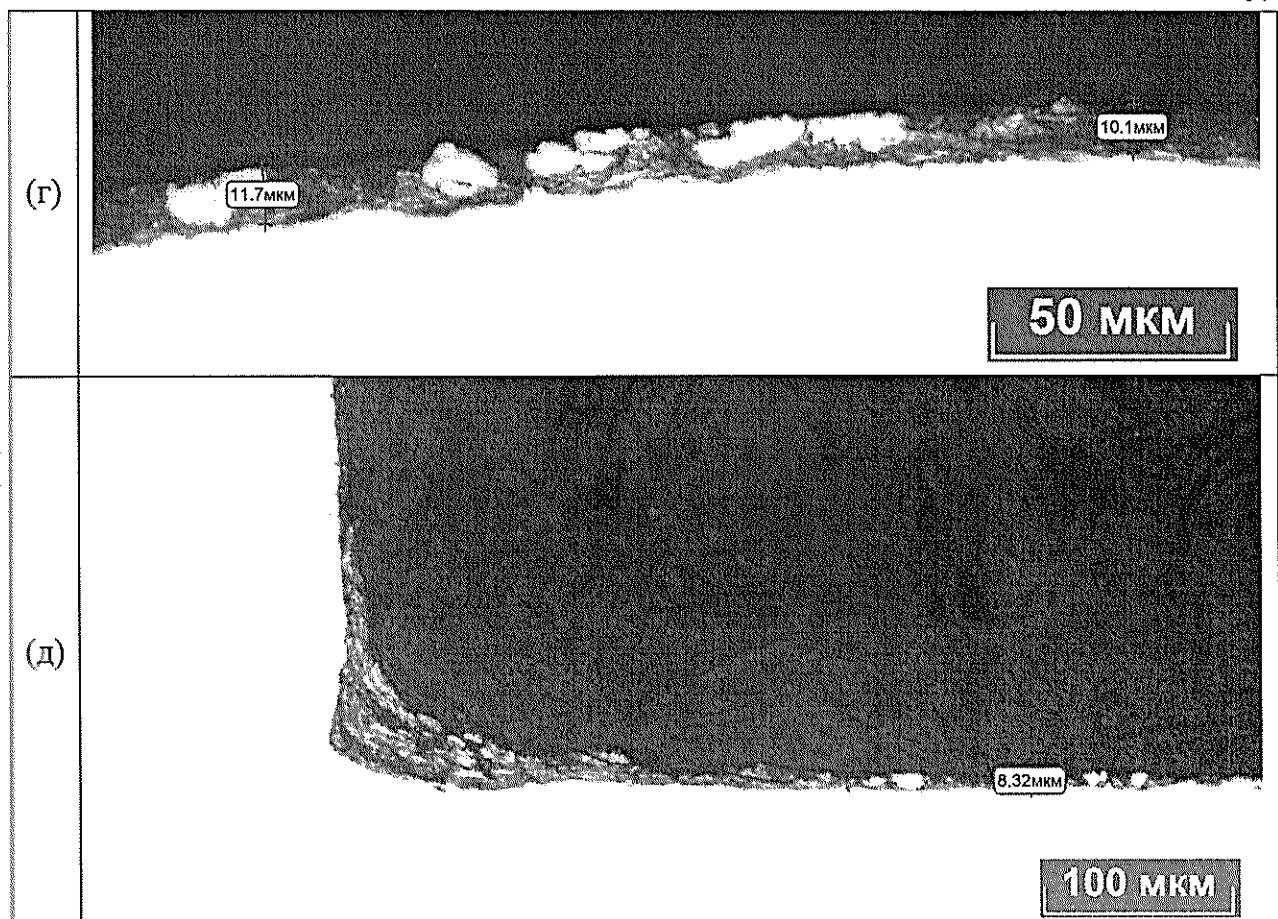


Рис. 6 Состояние материала саморезов на головке с внешней стороны (а-в), внутри отверстия под инструмент (г, д)

На стальную поверхность скобы №7 нанесено двухслойное покрытие – цинкодержащее и полимерное – общей толщиной 43-50 мкм (рис. 7).

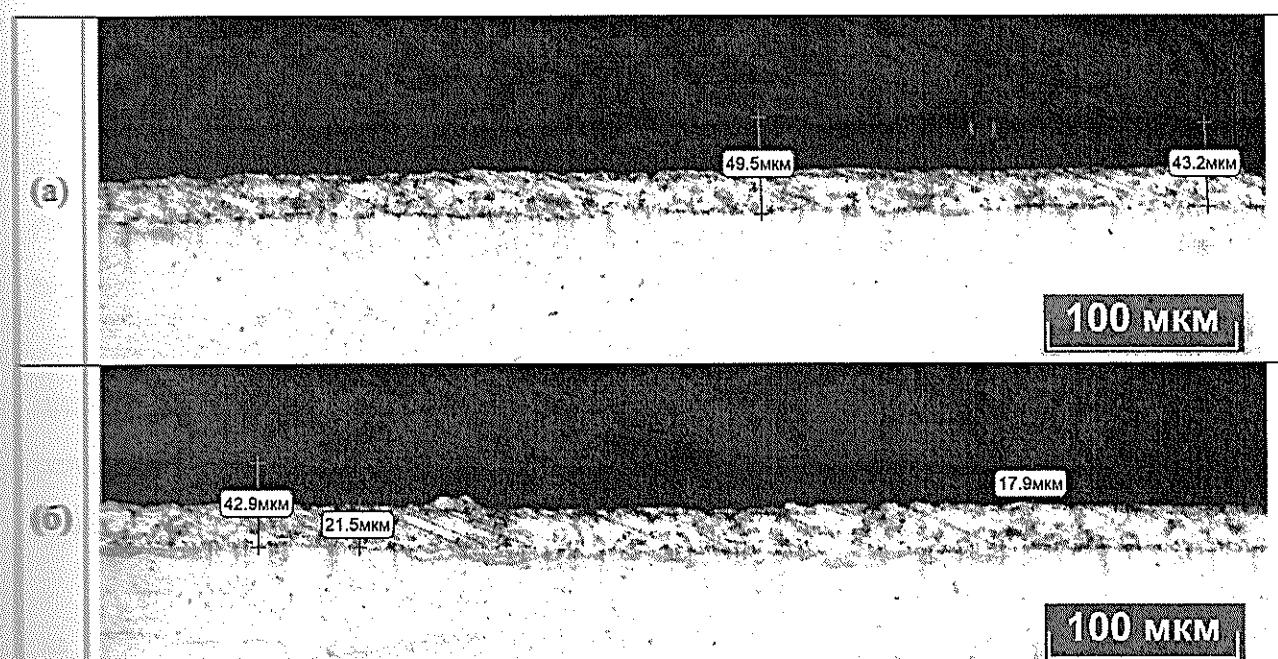


Рис. 7 Состояние материала стальной скобы №7

В. Б.

Анализ результатов исследования

Целью работы является исследование коррозионной стойкости и долговечности стальных элементов крепления с защитными покрытиями при воздействии сред слабой и средней степени агрессивности по СП 28.13330.2017.

Исследуемые детали предназначены для эксплуатации в умеренном и холодном климате (исполнение деталей УХЛ2 (под навесом) по ГОСТ 15150-69) при воздействии слабо- и среднеагрессивных сред по СП 28.13330.2017). Условия эксплуатации «под навесом» практически исключают попадание атмосферных осадков (дождевой или снеговой влаги) на поверхности деталей, что позволяет прогнозировать неизменность величины скорости коррозии при условии сохранения существующей степени агрессивности среды.

Проведены ускоренные циклические коррозионные испытания по ГОСТ 9.308-85 в камерах сернистого газа и соляного тумана в течение 720 ч с целью оценки качества и коррозионной стойкости материалов. Оценку состояния покрытий проводили методами визуального и металлографического анализов.

После испытаний в коррозионно-агрессивных атмосферах (сернистого газа, соляного тумана) по ГОСТ 9.308-85 покрытие цинк-алюминий магний сохранилось практически полностью. Зафиксирован тонкий белый налет без признаков коррозии стальной основы. Толщины покрытия ЦАМ составляют 35-40 мкм на ровных поверхностях и 16 мкм на сгибах.

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.

Следовательно, стальные элементы крепления «KMEW Co, Ltd» с покрытием цинк-алюминий-магний устойчивы к воздействию коррозионно-агрессивных сред и рекомендуются для эксплуатации в условиях сухой, нормальной и влажной зон влажности слабо- и среднеагрессивных сред под навесом в течение не менее 50 лет.

После воздействия соляного тумана в течение 720 ч изменений внешнего вида саморезов с цинксодержащим покрытием толщиной 8-20 мкм не обнаружено, сернистого газа в течение 380 ч – потеки ржавчины.

Срок службы саморезов с цинксодержащим покрытием Dacromet в средах слабой степени агрессивности составит 50 лет, средней степени агрессивности – 40-50 лет.

Установлено, что на стальные скобы нанесено двухслойное покрытие, состоящее из слоя ЦАМ толщиной 22-28 мкм; слоя полимерного покрытия толщиной 18-25 мкм.

Распространения коррозии от X-образного надреза полимерного покрытия после испытаний при непрерывном воздействии нейтрального соляного тумана не зафиксировано, 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 холодного климатов. Покрытие выдержало более 30 циклов испытаний без изменений защитных свойств и декоративного вида, что оценивается баллами А30 и АД0.

Полученные результаты испытаний по методу 6 гарантируют 12-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: $(X_1+X_2) \times 1,7$, где X_1 – срок службы цинковых покрытий;

X_2 – срок службы лакокрасочных покрытий;

1,7 – коэффициент увеличения продолжительности службы комбинированных покрытий.

Срок службы системы покрытий по экспертному прогнозу для ЦАМ и полимерного, общая толщина которого составляет не менее 45 мкм, покрытия в средах слабой и средней агрессивности составит порядка 50 лет.

В средах средней агрессивности при размещении конструкций под навесом срок службы ЦАМ покрытия составит не менее 20 лет, полимерного покрытия толщиной не менее 20 мкм составит порядка 10 лет. Следовательно, с учетом коэффициента 1,7 срок службы вышеуказанного комбинированного покрытия составит не менее 50 лет в условиях умеренного и холодного климата в среднеагрессивной (при повышенной влажности, и (или) повышенном содержании диоксида серы или хлоридов) среде по СП 28.13330.2017.

Выводы

1. Исследуемые стальные элементы крепления «KMEW Co, Ltd» с защитными покрытиями устойчивы к атмосферной коррозии в неагрессивной, слабоагрессивной и среднеагрессивной средах в соответствии с СП 28.13330.2017 (СНиП 2.03.11-85) в условиях размещения «под навесом».

2. Установлено, что срок службы стальных элементов крепления «KMEW Co, Ltd» с покрытием цинк-алюминий-магний при эксплуатации в условиях сухой, нормальной и влажной зон влажности слабо- и среднеагрессивных сред под навесом составит не менее 50 лет.

3. Срок службы саморезов с цинксодержащим покрытием в средах слабой степени агрессивности составит более 50 лет, средней степени агрессивности – 40-50 лет.

4. Срок службы скобы, изготовленной из углеродистой стали с покрытиями ЦАМ (не менее 25 мкм) и полимерным (не менее 20 мкм) составит 50 лет в средах слабой и средней степеней агрессивности.

5. Анализ результатов и выводы относятся только к исследованным образцам без учета воздействия других элементов строительных конструкций.

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

АКТ
отбора образцов

г. Москва

« » февраль 2021 г.

Заказчик: ООО «Кей Эм Ю Рус», 119435 г. Москва, Саввинская наб., д. 15

Место отбора образцов:	142143, Московская обл, городской округ Подольск, Борисовка д, ПромТехАльянс тер., дом 1, строение 2	
------------------------	--	--

Лица, присутствующие при отборе образцов:

№	Организация	Фамилия, инициалы	Должность
1.	ООО «Кей Эм Ю Рус»	Мартин Р.С.	Инженер
2.			
3.			
4.	НИТУ «МИСиС»	Волкова О.В.	Научный сотрудник

Образцы отобраны в соответствии с ГОСТ 31814-2012 с целью передачи на испытания в НИТУ «МИСиС».

По настоящему Акту отобраны следующие образцы:

№ п/п	Вид, описание, маркировка, идентификационные признаки	Изготовитель	Кол-во, шт.
1	Кляммер арт. B1205	«KMEW Co, Ltd» (Япония).	5
2	Длинная стартовая планка арт. B101052, подготовленный образец	«KMEW Co, Ltd» (Япония).	5
3	Длинный кляммер арт. B12055, подготовленный образец	«KMEW Co, Ltd» (Япония).	5
4	Саморез арт. B88501	«KMEW Co, Ltd» (Япония).	5
5	Саморез арт. RY8840	«KMEW Co, Ltd» (Япония).	5
6	Кляммер арт. B1005	«KMEW Co, Ltd» (Япония).	5
7	Длинная стартовая скоба для вертикального монтажа арт. B12057, подготовленный образец	«KMEW Co, Ltd» (Япония).	5

Представители ООО «Кей Эм Ю Рус»:

Инженер <i>Маркировка</i> I.P. Кей Эм Ю Рус KMEW RUSSIA Год * Москва *	(должность) <i>Подпись</i>	Мартин Р. С. (ФИО)
---	-----------------------------------	---------------------------

Представитель НИТУ «МИСиС»

Научный сотрудник <i>Подпись</i> (должность)	Волкова О.В. (ФИО)
--	---------------------------

НИТУ «МИСиС»

Сброшоровано и профумировано

18

