

**«Утверждаю»**

Проректор по науке и инновациям

проф., д.т.н.



Филонов М. Р.

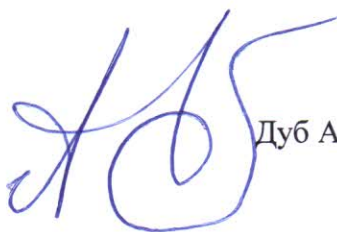
28.04.2023

## **Заключение № 125/23-501**

**«Оценка коррозионной стойкости и долговечности стальных  
клиновых анкеров HSA-F с покрытием термодиффузионный  
цинк»**

## 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



Шевейко Ольга Владимировна

научный сотрудник



Ковалев Александр Федорович

инженер I категории, к.т.н.



Шибаета Татьяна Владимировна

Заявитель	<b>ООО «ВсВ»</b>
Основание для проведения испытаний	Договор № 125/23-501 от 29.03.2023 г.
Дата проведения испытаний	начало 29 марта 2023 г. окончание 20 апреля 2023 г.
Цель испытаний	1. Определение коррозионной стойкости стальных клиновых анкеров с покрытием термодиффузионный цинк. 2. Определение срока службы крепежных изделий в слабо- и среднеагрессивных средах по СП 28.13330.2017.
Испытательное оборудование	- камера соляного тумана (КСТ) SST-6MS; - микроскоп ZEISS с системой анализа изображения «Thixomet».
Образцы	Стальные клиновые анкеры HSA-F с покрытием термодиффузионный цинк
Нормативные документы	1. ГОСТ Р 9.316-2006 «ЕСЗКС. Покрытия термодиффузионные цинковые». 2. ГОСТ 9.308-85 «ЕСЗКС. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Методы ускоренных коррозионных испытаний». 3. ГОСТ 9.311-2021 «Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Метод оценки коррозионных поражений». 4. Свод правил СП 28.13330.2017 «Защита строительных конструкций от коррозии» (актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85). 5. ГОСТ ISO 9223-2017 «Коррозия металлов и сплавов. Коррозионная агрессивность атмосферы. Классификация, определение и оценка».
Результаты исследований	Заключение № 125/23-501



Цель работы: оценка качества и коррозионной стойкости стальных клиновых анкеров HSA-F с покрытием термодиффузионный цинк, определение срока их службы в условиях слабо- и среднеагрессивных сред по СП 28.13330.2017.

Образцы для испытаний: стальные клиновые анкеры HSA-F с термодиффузионным цинковым покрытием по ГОСТ Р 9.316-2006 (рис. 1).

Отбор образцов: осуществлялся Заказчиком.



Рис. 1 Образец анкера с покрытием термодиффузионный цинк, поступившего на исследование

#### Методики исследований

1. Внешнее состояние поверхностей деталей до, во время и после испытаний оценивали визуально по ГОСТ Р 9.316-2006 «ЕСЗКС. Покрытия термодиффузионные цинковые», ГОСТ 9.311-2021 «Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Метод оценки коррозионных поражений».
2. Ускоренные коррозионные испытания проводили по ГОСТ Р 52763-2007 «Методы испытаний на стойкость к климатическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Испытания на воздействие соляного тумана» в течение 500 ч в климатической камере соляного тумана (КСТ) при повышенном содержании хлоридов (постоянное распыление 3%-ного раствора NaCl при относительной влажности 98% и температуре в камере 40 °C).
3. Металлографические исследования проводили на микроскопе ZEISS с системой анализа изображения «Thixomet». Шлифы готовили в поперечном сечении.

#### **Результаты исследования**

При исследовании внешнего вида анкеров в состоянии поставки установлено, что термодиффузионное цинковое покрытие серого цвета, матовое, ровное, гладкое, без коррозионных повреждений (рис. 1), что соответствует требованиям

ГОСТ 9.316-2006 «ЕСЗКС. Покрытия термодиффузионные цинковые. Общие требования и методы контроля».

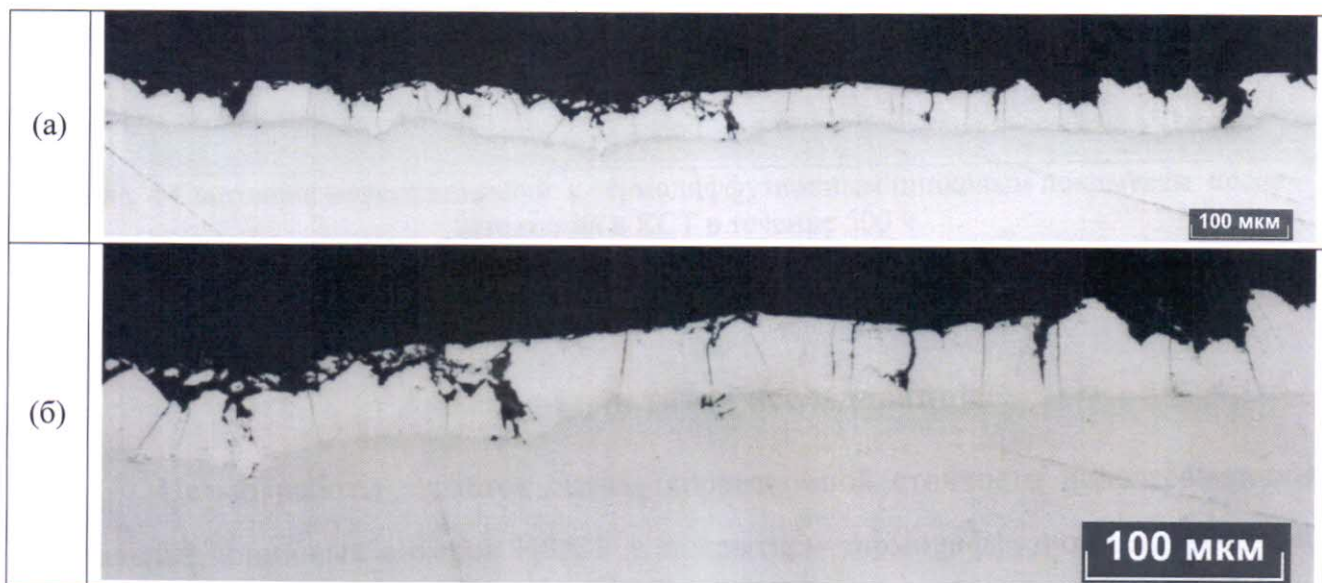
После выдержки в камере *соляного тумана* на поверхностях исследуемых образцов выявлен тонкий белый налет продуктов коррозии цинка и локальные объемные белые точки в зоне резьбы и на гайке; признаков коррозии стальной основы не зафиксировано (рис. 2).



Рис. 2 Внешний вид анкера с термодиффузионным цинковым покрытием после испытаний в камере соляного тумана в течение 500 ч

С целью оценки толщины покрытия, состояния материала исследуемых деталей вблизи поверхностей проводили *металлографический анализ*.

В результате анализа установлено, что толщина термодиффузионного цинкового покрытия на анкерах составляет 50-60 мкм, что соответствует 5 классу по ГОСТ 9.316-2006 (рис. 3). Покрытие равномерно по толщине. После воздействия соляного тумана в покрытии зафиксированы локальные трещины до стальной основы.





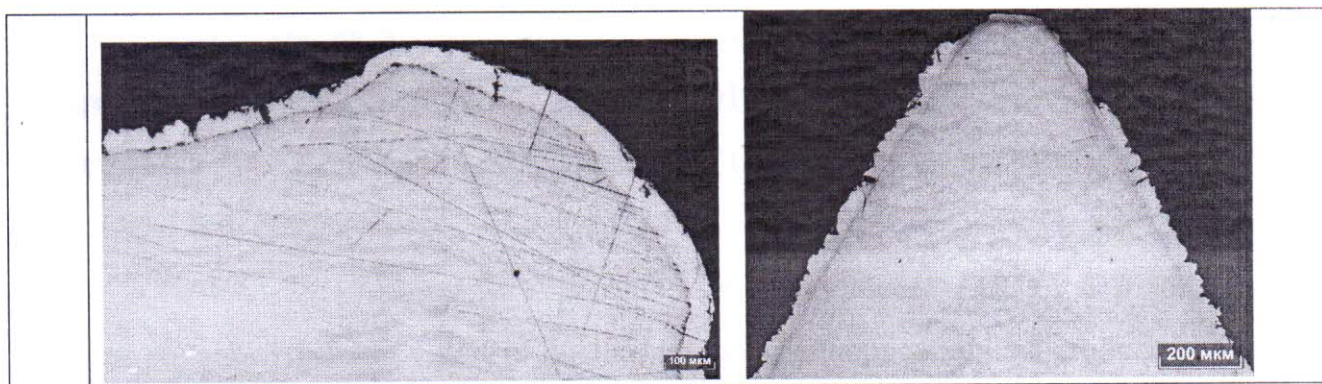


Рис. 3 Состояние материала анкера с термодиффузионным цинковым покрытием после испытаний в КСТ в течение 500 ч

Толщина покрытия на гайках и шайбах составляет около 30 мкм, что соответствует 4 классу по ГОСТ 9.316-2006 (рис. 4 а, б). После воздействия коррозионно-агрессивной среды обнаружены язвенные повреждения защитного слоя в виде язв, глубина которых составляет не более 10 мкм. Повреждений стальной основы не выявлено (рис. 4).

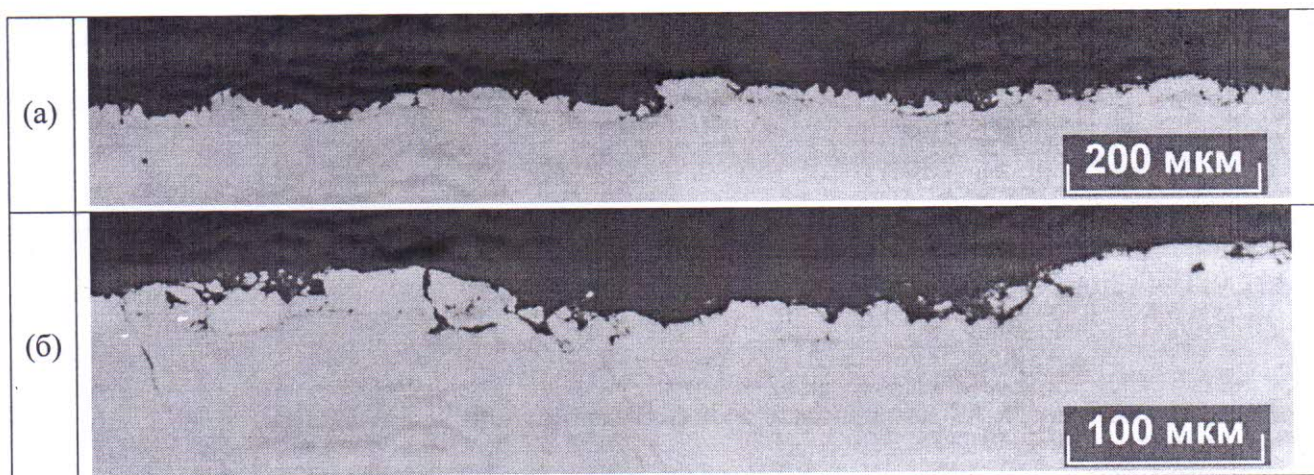


Рис. 4 Состояние материала гайки с термодиффузионным цинковым покрытием после испытаний в КСТ в течение 500 ч

### Анализ результатов исследований

Целью работы является оценка коррозионной стойкости и долговечности стальных клиновых анкеров HSA-F с покрытием термодиффузионный цинк при эксплуатации в средах слабой и средней агрессивности в соответствии с СП 28.13330.2017 (актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85).



Эксплуатация исследуемых крепежных изделий при воздействии слабо- и среднеагрессивных сред по СП 28.13330.2017 (СЗ по ГОСТ ISO 9223-2017) соответствует по ГОСТ 15150-69 условиям: У1, УХЛ1 – на открытом воздухе, У2, УХЛ2 – под навесом.

Проведены ускоренные коррозионные испытания по ГОСТ Р 52763-2007 в камере соляного тумана с целью оценки качества и коррозионной стойкости защитного покрытия на крепежных изделиях. Оценку состояния деталей проводили методами визуального и металлографического анализов.

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

По результатам исследований установлено, толщина термодиффузионного покрытия на анкерах составляет не менее 50 мкм, что соответствует 5 классу; гайках и шайбах – ~ 30 мкм, что соответствует 4 классу цинкования по ГОСТ 9.316-2006.

После испытаний в экспериментальных атмосферах на поверхностях исследуемых деталей выявлен белый налет продуктов коррозии цинка без признаков коррозии стальной основы.

Оценка скорости коррозии с учетом полученных экспериментальных результатов позволяет установить, что в открытых средах средней агрессивности скорость коррозии термодиффузионного покрытия составляет 0,7-1,0 мкм/год.

Аппроксимация коррозионного поражения на длительный срок эксплуатации позволяет сделать прогноз, что срок службы стальных анкеров с термодиффузионным цинковым покрытием толщиной не менее 50 мкм в среде средней степени агрессивности в условиях У1, УХЛ1, У2, УХЛ2 составит более 50 лет.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что клиновые анкеры HSA-F с покрытием термодиффузионный 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 клиновых анкеров HSA-F с покрытием термодиффузионный цинк в условиях слабо- и среднеагрессивных сред по СП 28.13330.2017 при размещении на открытом воздухе по ГОСТ 15150-69 (У1, УХЛ1) и под навесом (У2, УХЛ2) составляет в годах:

Класс покрытия по ГОСТ 9.316-2006	Агрессивность среды по СП 28.13330.2017	
	слабая	средняя
У1, УХЛ1		
4 класс	50	40-50
5 класс	50	50
У2, УХЛ2		
4 класс	более 50	50
5 класс	более 50	50

2. Анализ результатов и выводы относятся к испытанным крепежным изделиям без учета воздействия других элементов строительных конструкций, для крепления которых они предназначены.

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



Сборшковано и пропун, мероване

8 стр.

Проректор

Фирсов М.И.

