

Ученый совет по направлению
профессиональной квалификации
специальности и технологии навесных
систем, д.т.н.

Составлено в исполнении

Григорий Сорокин

должность

дата подачи заявки

дата выдачи заключения

дата выдачи сертификата

«Утверждаю»

Проректор,
проф., д.т.н.

Филонов М.Р.

25.03.2013



Заключение № 012/13-503-1

**«Исследование коррозионной стойкости и долговечности
материалов узлов крепления навесных фасадных
систем «Альт-фасад»**

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

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

Дуб Алексей Владимирович

Ответственный исполнитель,
научный сотрудник

Волкова Ольга Владимировна

Исполнители:

зав. лабораторией ЗМиТП

Обухова Татьяна Анатольевна

инженер, к.х.н

Сафонов Иван Александрович

научный сотрудник

Шевайко Ольга Владимировна

научный сотрудник

Ковалев Александр Федорович

Для анализа материалов, предоставленных в соответствии настоящих фактических данных (ПДС) "Альт-фасад" оценка устойчивости к коррозии наружных фасадных систем (ПДС) "Альт-фасад" проведена в соответствии с методом баланса.

Заявитель	ЗАО «Альтернатива»
Основание для проведения испытаний	Договор № 12/13-503 от 12 февраля 2013 г.
Задачи испытаний	Дать оценку устойчивости к атмосферной коррозии материалов и элементов наружных фасадных систем Альт-фасад-01, Альт-фасад-03, Альт-фасад-04
Описание элементов системы	<p>Детали систем, согласно спецификациям элементов из альбомов технических решений, изготовлены из окрашенной оцинкованной стали.</p> <p>Кляммеры из окрашенных коррозионностойких сталей марок:</p> <ul style="list-style-type: none"> - AISI 321; AISI 304; AISI 201. <p>Заклепки и винты самонарезающие из коррозионностойкой стали A2.</p> <p>Анкерные дюбели из:</p> <ul style="list-style-type: none"> - низкоуглеродистой стали с дополнительным антикоррозионным покрытием; - коррозионностойких сталей A2 (A4).
Результаты исследований	Заключение № 012/13-503-1

Цель работы: определение коррозионной стойкости и долговечности деталей, входящих в наружную облицовочную конструкцию наружных фасадных систем "Альт-фасад" (табл.1), при эксплуатации которых отсутствует агрессивность.

Методика исследования

При работе с образцами было учтено, что в результате атмосферного воздействия на них происходит ускорение коррозионных процессов.

Для анализа материалов, применяемых для изготовления навесных фасадных систем (НФС) "Альт-фасад", на предмет оценки их коррозионной стойкости были использованы следующие материалы и документы:

1. Альбомы технических решений «Конструкции навесных теплоизоляционных фасадных систем»:
 - "Альт-фасад-01" для облицовки плитами из керамического гранита;
 - "Альт-фасад-03" для облицовки асбоцементными и фиброцементными плинтами;
 - "Альт-фасад-04" для облицовки металлокассетами и сайдингом.
2. ГОСТ 30246-94 Прокат тонколистовой рулонный с защитно-декоративным лакокрасочным покрытием для строительных конструкций.
3. ГОСТ 52246-2004 Прокат листовой горячеоцинкованный. Технические условия.
4. ГОСТ 9.039-74 «Коррозионная агрессивность атмосферы».
5. ГОСТ 4986-79 «Лента холоднокатаная из коррозионно-стойкой и жаростойкой стали. Технические условия».
6. ГОСТ 15150-69 "Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды".
7. Свод правил СП 28.13330.2012 «Защита строительных конструкций от коррозии» (актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85).
8. Заключение ИЦ «ЭкспертКорр-МИСиС» № 01-31/08 от 15.08.2008 «Анализ устойчивости к атмосферной коррозии металлических деталей системы навесного фасада «Альт-фасад-01»

Цель работы: определение коррозионной стойкости и долговечности деталей, входящих в несущую и облицовочную конструкции навесной фасадной системы "Альт-фасад" (табл.1), при эксплуатации в средах разной степени агрессивности.

Методы испытаний:

При исследовании были выполнены следующие работы:

- ускоренные коррозионные испытания;

- анализ внешнего состояния поверхностей деталей;
- определение толщины покрытия металлографическим методом;
- определение адгезии покрытия;
- оценка коррозионной стойкости и долговечности исследуемых деталей.

Таблица 1.

<p>• Конструкция с облицовкой плитами из керамогранита с видимым креплением типа Альт-фасад-01</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Профиль Г-образный ГО 2. Кронштейн несущий КР (КРУ-1р, КРУ-2р) 3. Заклепки вытяжные (винты самонарезающие) из стали коррозионностойкой А2/А2 4. Профиль П-образный ПО 5. Кляммер рядовой 6. Тарельчатый дюбель 7. Анкерный дюбель
<p>• Конструкция с облицовкой фиброкементными и асбестоцементными плитами с декоративным покрытием типа Альт-фасад-03</p> <p>Кронштейн несущий КР (КРУ-1р, КРУ-2р). Профиль Г-образный ГО Профиль П-образный ПО Декоративные накладки. Заклепки, винты самонарезающие из стали коррозионностойкой А2/А2 Анкеры, фасадные дюбели</p>	<p>• Конструкция для облицовки металлокассетами и сайдингом типа Альт-фасад-04</p> <p>Кронштейн несущий КР (КРУ-1р, КРУ-2р). Профиль Г-образный ГО Профиль П-образный ПО Скобы. Заклепки, винты самонарезающие из стали коррозионностойкой А2/А2 Анкеры, фасадные дюбели</p>

Анализ результатов исследования

В соответствии с данными технической документации исследуемые фасадные системы предназначены для решения комплексных задач по облицовке и утеплению наружных стен зданий и сооружений различного назначения. Районы расположения зданий, на которых монтируются вентилируемые фасады, существенно отличаются по агрессивности воздействия среды на несущие конструкции системы. Коррозионная агрессивность атмосферы определяется продолжительностью увлажнения поверхности металла и концентрацией коррозионно-активного агента. В соответствии с ГОСТ 9.039-74 основными коррозионно-активными агентами являются двуокись

серы и хлориды. Степень коррозионной агрессивности атмосферы устанавливается по ГОСТ 15150-69 для конкретных групп материалов в зависимости от их стойкости к воздействию комплекса климатических факторов.

В соответствии с ГОСТ 15150-69 условия эксплуатации фасадных систем соответствуют У2 (условия умеренного климата, под навесом) при воздействии воздушных сред разной степени агрессивности по СНиП 2.03.11-85.

В соответствии с данными Альбома технических решений основные узлы подконструкций НФС «Альт-фасад» (табл.1) состоят из:

- кронштейнов, Г- и П-образных профилей, изготовленных из низкоуглеродистой оцинкованной стали с дополнительным атмосферостойким полимерным покрытием;

- кляммеров из коррозионностойких окрашенных сталей AISI 321 (08X18H10T и 12X18H10T); AISI 304 (08X18H9 и 08X18H10), AISI 201 (12X15Г9НД);

- заклепок и винтов из коррозионностойких сталей A2;
- анкерных дюбелей крепления кронштейнов, выполненных по одному из следующих вариантов:

- 1) низкоуглеродистой стали с дополнительными антикоррозионными покрытиями;

- 2) коррозионностойких сталей A2 и A4.

В соответствии с данными, представленными в технической документации, кронштейны, горизонтальные и вертикальные профили фасадной системы выполнены из листовой низкоуглеродистой оцинкованной стали с дополнительным атмосферостойким полимерным покрытием. На исследование были предоставлены окрашенные детали и узлы несущей конструкции системы «Альт-фасад-01».

Проведение ускоренных коррозионных испытаний

Испытания проводились в течение 30 суток в климатических камерах, имитирующих различные атмосферные условия в соответствии с ГОСТ 9.308-85 «Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Методы ускоренных испытаний»:

- в камере влажности, имитирующей слабоагрессивную среду (при относительной влажности 98% и температуре в камере 40° С);

- в камере сернистого газа, имитирующей городскую среднеагрессивную среду (при относительной влажности 98%, температуре в камере 40^0 С и воздействии SO_2 концентрация - $0,75 \text{ г}/\text{м}^3$);
- в камере соляного тумана, имитирующей приморскую среднеагрессивную среду (периодическое распыление 3% -ного раствора NaCl при относительной влажности 98% и температуре в камере 40^0 С).

Результаты испытаний представлены в протоколах (прил. 1-3).

Исследование *внешнего состояния* поверхностей деталей во время и после испытаний проводилось визуально и методом оптической фрактографии с использованием бинокулярного микроскопа МБС-200 и металлографического комплекса Альтами МЕТ (по ГОСТ 9.311-87). Оценку состояния покрытия в процессе испытаний проводили по ГОСТ 9.407-84 «ЕСЗКС. Покрытия лакокрасочные. Методы оценки внешнего вида».

В результате анализа установлено, что после испытаний в камерах влажности (рис.1а), сернистого газа (рис.1б) и соляного тумана (рис.1в, е) в течение 30 суток внешний вид **окрашенных профилей, кронштейнов и кляммеров** практически не изменился. Покрытие сохранилось ровным без признаков вспучивания и отслаивания. В зонах контактов болтов и заклепок с окрашенными стальными деталями после воздействия агрессивных сред сернистого газа и соляного тумана выявлены следы ржавчины, свидетельствующие о коррозионном повреждении низкоуглеродистой стали в местах повреждений ЛКП (отверстие под заклепку) (рис.1б). Внешний вид **винтов и заклепок** не претерпел видимых изменений за все время испытаний.

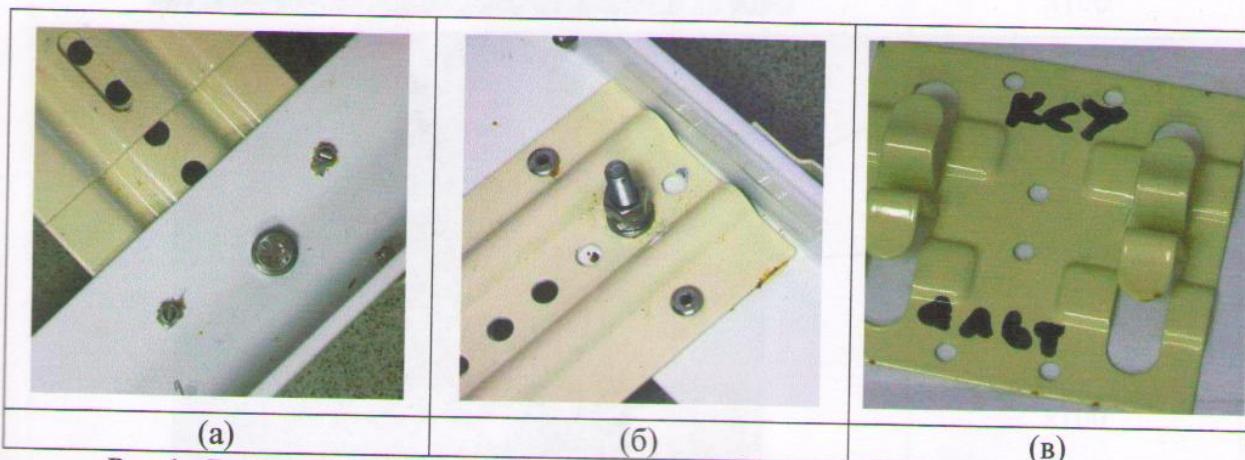


Рис.1 Внешний вид стальных окрашенных профилей, кронштейнов и кляммеров после испытаний в камерах влажности (а), сернистого газа (б) и соляного тумана (в) в течение 30 суток.

С целью оценки состояния материала исследуемых деталей вблизи поверхности, тангенциальные и глубинные характеристики которых определились металлографический анализ.

Исследование проводилось на оцинкованных профилях и кронштейнах, взятых выборочно, после испытаний в течение 30 суток в камерах сернистого газа и соляного тумана. Шлифы были приготовлены в поперечных сечениях как в зонах контакта с крепежом из коррозионностойкой стали, так и вдали от них.

В результате анализа установлено, что покрытие на исследуемых окрашенных кронштейнах и профилях двухслойное, состоящее из слоев цинка толщиной 18-20 мкм и лакокрасочного покрытия толщиной ~100 мкм (рис.2а).

Коррозионных повреждений цинкового покрытия и стальной основы под слоем ЛКП после испытаний не выявлено. В зоне крепления сопряженных деталей и отверстия под крепеж (рис.2б) коррозионных повреждений стальной основы также не обнаружено.

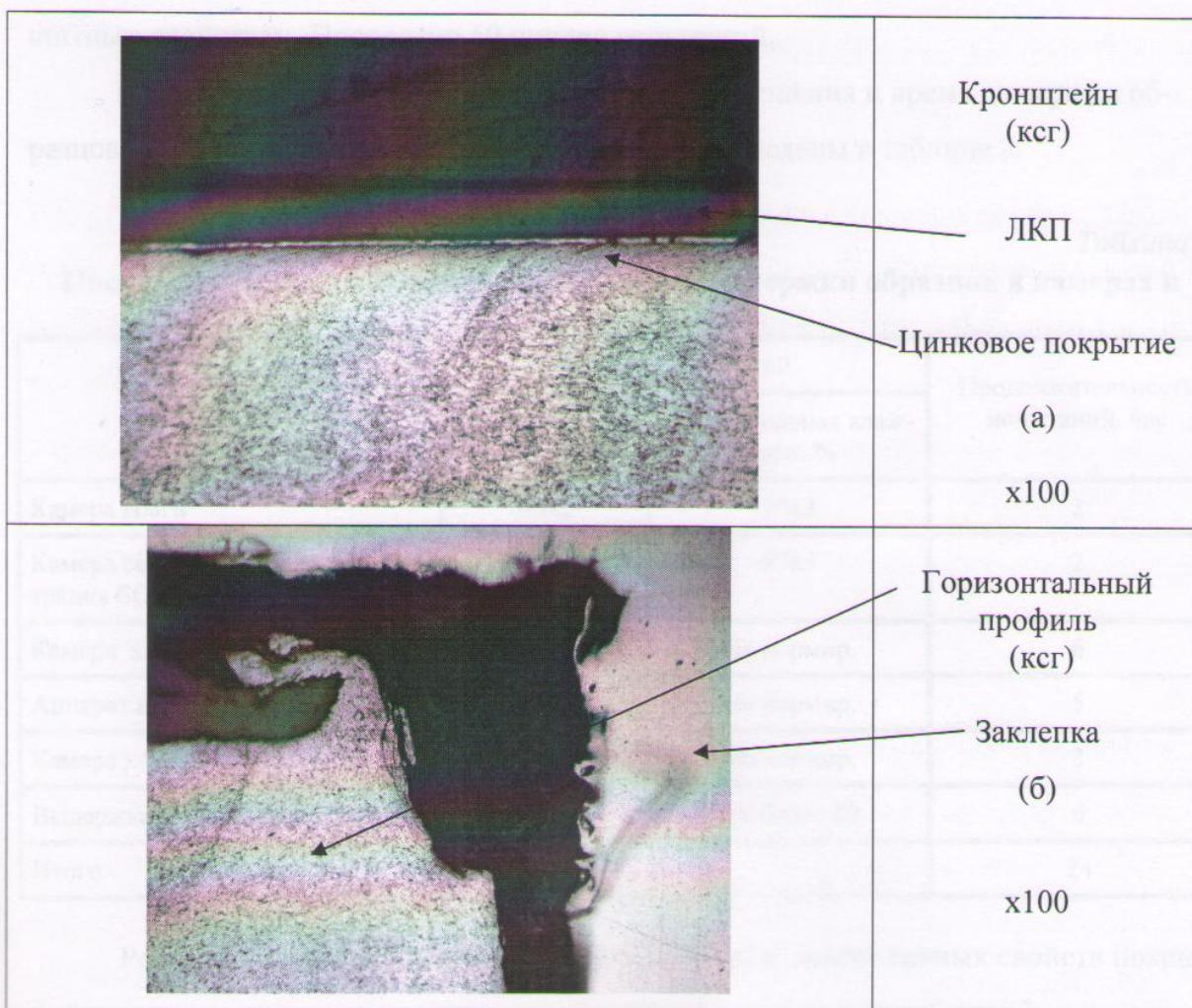


Рис. 3. Состояние материала кронштейнов и направляющих после испытаний в камерах сернистого газа (а) и соляного тумана (б) в течение 30 суток.

Ускоренные климатические испытания декоративных и защитных свойств покрытий проводились по ГОСТ 9.401-91 «ЕСЗКС. Покрытия лакокрасочные. Общие требования и методы ускоренных испытаний на стойкость к воздействию климатических факторов» для условий эксплуатации *умеренного и холодного климатов* по методу 6 (Определение стойкости покрытий к воздействию переменной температуры, повышенной влажности, сернистого газа и солнечного излучения), имитирующему комплексное воздействие климатических факторов открытой промышленной атмосферы умеренного и холодного климатов (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 15 циклов испытаний покрытий. Для прогнозирования срока службы испытания должны продолжаться до достижения критических значений оценок в баллах по защитным свойствам. Проведено 50 циклов испытаний.

Режим испытаний, последовательность перемещения и время выдержки образцов в климатических камерах в одном цикле приведены в таблице 2.

Таблица 2

Последовательность перемещения и время выдержки образцов в камерах и режимы испытаний

Аппаратура	Режим испытаний		Продолжительность испытаний, час
	Температура, °C	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

Результаты ускоренных испытаний защитных и декоративных свойств покрытий в условиях умеренного и холодного климата приведены в таблице 3.

Результаты ускоренных испытаний защитных и декоративных свойств покрытий.

Система покрытия	Результаты испытаний, циклы			
	10	20	30	50
Защитно-декоративное покрытие (профили)	Без изменений	Незначительное посветление	Незначительное меление	Без дальнейших изменений

Оценку состояния покрытий в процессе и после испытаний проводили по ГОСТ 9.407-84 «ЕСЗКС. Покрытия лакокрасочные. Метод оценки внешнего вида». Атмосферостойкость лакокрасочных покрытий определялась по декоративному виду и защитным свойствам.

В результате проведенных испытаний на исследуемых образцах коррозионных повреждений защитного слоя не обнаружено, что соответствует А31 по ГОСТ 9.407. На поверхностях образцов после тридцати циклов испытаний выявлено незначительное меление, без дальнейшего изменения внешнего вида, что соответствует баллу АД3 по шкале оценки декоративных свойств покрытий.

Исследования по определению стойкости покрытия под воздействием климатических внешних факторов проводилось по ГОСТ 9.401-91 по методу Б - распространение коррозии от надреза. Коррозионные испытания образцов с надрезами проводились в климатической камере соляного тумана с периодическим распылением 3% -ного раствора NaCl при относительной влажности 98% и температуре в камере 40⁰ С в течение 240 часов. После воздействия коррозионно-агрессивной среды в зонах царапин после снятия краски коррозионных повреждений не обнаружено, что соответствует требованиям ГОСТ, согласно которым распространение коррозии от надреза не должно превышать 2 мм.

Адгезию покрытия определяли в соответствии с ГОСТ 15140-78 «Материалы лакокрасочные. Методы определения адгезии» по методу решетчатых надрезов.

Результаты проверки исходных свойств покрытий, а также после климатических испытаний приведены в таблице 4. В результате испытаний на исследуемых деталях как в исходном состоянии, так и после выдержки в экспериментальных средах выявлено отделение небольших чешуек покрытия на точках пересечения насечек, что соответствует первому баллу по классификации ISO.

Таблица 4

Адгезия покрытий до и после климатических испытаний

Система покрытия	Адгезия, балл	
	исходная	после испытаний
Защитно-декоративное покрытие	1	1

Таким образом, анализ результатов исследования показал, что, адгезия покрытия на окрашенных деталях после климатических испытаний не изменилась и составляет 1 балл, что соответствует требованиям метода А по ГОСТ 15140, согласно которого адгезия покрытия по методу решетчатых надрезов должна составлять не более балла 3.

В соответствии с результатами испытаний исследованное покрытие толщиной 100 мкм, нанесенное на оцинкованную стальную поверхность с соблюдением всех технологических параметров нанесения и отверждения, обеспечивает гарантированный срок службы по защитным свойствам в условиях эксплуатации открытой промышленной среды умеренного и холодного климата порядка 18 лет.

В процессе эксплуатации со временем начнется деструкция полимера, сопровождающаяся нарушением целостности защитного покрытия, толщина цинкового слоя будет постепенно уменьшаться, и через некоторое время он перестанет выполнять функции противокоррозионной защиты. Поскольку коррозии подвергаются отдельные участки, то произойдет местное уменьшение сечения конструктивных элементов и снижение их механической прочности, что со временем может привести к потере устойчивости системы.

Коррозионностойкие стали. В системах навесных вентилируемых фасадов «Альт-фасад-1» для изготовления кляммеров используются коррозионностойкие аустенитные стали марок AISI 321 (08Х18Н10Т и 12Х18Н10Т); AISI 304 (08Х18Н9 и 08Х18Н10), AISI 201 (12Х15Г9НД). В случае применения ферритных сталей типа AISI 430 рекомендуется использование специальной технологии гибки, так как из-за малого запаса пластичности, вышеуказанные стали обладают пониженной способностью к холодной пластической деформации. С целью повышения коррозионной стойкости на наружную поверхность кляммеров со стороны облицовки фасада предусмотрено нанесение защитного лакокрасочного покрытия.

Элементы крепления. В соответствии с проектной документацией для изготовления крепежных элементов используются коррозионностойкие стали А2 (заклепки, винты самонарезающие, анкеры, фасадные дюбели) или А4 (анкерные болты) по ГОСТ 5632-72.

В средах слабой степени агрессивности в НФС возможно использование анкеров, изготовленных из низкоуглеродистой стали с цинковым термодиффузионным покрытием толщиной не менее 30 мкм или горячим цинковым покрытием толщиной не менее 45 мкм.

Термодиффузионное покрытие представляет собой цинко-железистый сплав, который обладает более высокой коррозионной стойкостью, чем горячие и гальванические цинковые покрытия. Так как конструктивные особенности НФС практически исключают попадание атмосферных осадков в места соединений деталей с оцинкованными анкерами, то скорость коррозии термодиффузионного цинкового покрытия по экспертному прогнозу составит не более 0,5-0,7 мкм/год.

Структура горячего цинкового покрытия состоит из двух слоев, отличных друг от друга, из которых внутренний слой представляет собой сплав типа интерметаллид, а наружный - металлическое покрытие. Аппроксимация коррозионного поражения на длительный срок эксплуатации позволяет установить, что скорость атмосферной коррозии горячего цинкового покрытия составит не более 1 мкм/год за счет процессов свободной коррозии и образования защитной пленки на поверхности цинка.

Таким образом, в ходе коррозионных испытаний при контроле качества защитных цинкового и лакокрасочного покрытий на профилях и кронштейнах отклонений от норм не выявлено. В условиях эксплуатации детали НФС размещены вне непосредственного воздействия атмосферных осадков. По результатам исследований установлено, что система защитных покрытий (цинковое покрытие толщиной 18-20 мкм и ЛКП толщиной не менее 60 мкм) на кронштейнах и профилях, изготовленных из низкоуглеродистой стали, обеспечивает достаточную коррозионную стойкость металлоконструкции и допускает эксплуатацию в составе НФС в средах слабой агрессивности в течение не менее 50 лет. Технические решения по защите от коррозии элементов навесных фасадных систем «Альт-фасад» допускают их применение в средах средней степени агрессивности в течение не менее 35 лет.

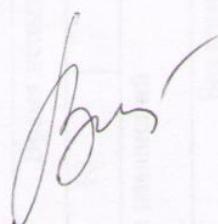
Выводы

1. В результате проведенного анализа установлено, что элементы навесных фасадных систем "Альт-фасад", изготовленные из оцинкованной (18- 20 мкм) и окрашенной (не менее 60 мкм) низкоуглеродистой стали могут эксплуатироваться в составе подконструкции НФС:

- в неагрессивной и слабоагрессивной средах в течение не менее 50 лет;
- в среднеагрессивных средах в течение не менее 35 лет;
- в сильноагрессивных средах в течение порядка 25 лет.

2. По истечении вышеуказанных сроков эксплуатации необходимо предусмотреть возможность периодических осмотров несущей конструкции для оценки коррозионного состояния материалов с целью дальнейшей эксплуатации системы.

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



Расположение зон осмотра фрагментов

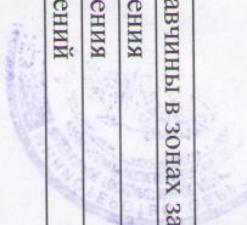
1. Окрашенные оцинкованные направляющие.
2. Окрашенные оцинкованные кронштейны и удлинители кронштейнов.
3. Заклепки из коррозионностойкой стали.
4. Болты из коррозионностойкой стали
5. Окрашенные клеммеры.

Приложение 1

Зоны (№)	Коррозионное состояние образцов (фрагмент НФС)						
	Время испытаний в камере влажности, сутки						
	3	7	10	15	20	25	30
1	Без изменений					Единичные точки ржавчины в зонах крепления заклепками	
2	Без изменения					Единичные точки ржавчины в области крепления	
3	Без изменения						
4	Без изменений						
5	Без изменений						

Приложение 2

Коррозионное состояние образцов (фрагмент НФС)	
Зоны (№)	Время испытаний в камере сернистого газа, сутки
1	3 7 10 15 20 25 30 Без изменений
2	Без изменений Точки ржавчины в зонах заклепочного и болтового соединений
3	Без изменения
4	Без изменения
5	Без изменений



Приложение 3

Коррозионное состояние образцов (фрагмент НФС)	
Зоны (№)	Время испытаний в камере соляного тумана, сутки
1	3 7 10 15 20 25 30 Без изменений
2	Без изменений Потеки ржавчины около заклепок Множественные точки ржавчины в области болтового соединения
3	Без изменений
4	Без изменений
5	Без изменений

НИТУ «МИСиС»

Сорошпоровано и пронумеровано
15 стр.

