

**«Утверждаю»**

Генеральный директор  
ООО «ЭкспертКорр-МИСИС»



Казакевич А. В.

15.05.2008

## **Заключение № Э1-48/07**

**«Оценка коррозионной стойкости и долговечности  
материалов системы подконструкции навесного фасада  
с воздушным зазором «ALT-150»**

Заявитель	СООО "АлюминТехно"
Основание для проведения испытаний	Письмо-заявка №01-18/2534 от 16.08.07 Договор № Э1-48/07 от 30.10.07
Акт отбора образцов	от 15.06.2007
Дата проведения испытаний	начало 9 декабря 2007 г. окончание 15 января 2008 г
Задачи испытаний	Проверить качество и дать оценку коррозионного состояния материалов фасадных системы «ALT-150» при воздействии различных экспериментальных атмосфер
Испытательное оборудование	<ul style="list-style-type: none"> <li>- камера влажности;</li> <li>- камера сернистого газа;</li> <li>- камера соляного тумана;</li> <li>- камера для испытаний на склонность к МКК;</li> <li>- установка для локального спектрального анализа;</li> <li>- металлографический комплекс.</li> </ul>
Образцы	<p>Детали и фрагменты системы «ALT-150», состоящие из:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- направляющих, кронштейнов (соединительных и доборных элементов) и салазок, изготовленных из неанодированного алюминиевого сплава типа 6063 (ОК-1);</li> <li>- направляющих и кронштейнов, изготовленных из неанодированного алюминиевого сплава типа 6063 (ОК-2);</li> <li>- алюминиевых заклепок;</li> <li>- клеммеров из коррозионностойкой стали;</li> <li>- анкерных болтов из коррозионностойкой стали;</li> <li>- анкерных болтов стальных оцинкованных.</li> </ul>
Результаты испытаний	Приложения 1-3
Результаты исследований	Заключение № Э1-37/06

Работа проводилась по договору № Э1-48/07 от 30 октября 2007 г.

На исследование поступили фрагменты навесной фасадной системы (НФС) «ALT-150», состоящие из:

- направляющих, кронштейнов, салазок и заклепок, изготовленных из алюминиевых сплавов;
- кляммеров из коррозионностойкой стали;
- анкерных болтов из коррозионностойкой или оцинкованной сталей.

Отбор и изготовление образцов проводился представителями Заказчика.

**Цель работы:** проверить качество и дать оценку коррозионного состояния деталей навесной фасадной системы.

При исследовании были выполнены следующие работы:

- ускоренные коррозионные испытания;
- испытания на межкристаллитную коррозию (МКК);
- спектральный анализ;
- анализ внешнего состояния поверхности деталей конструкции;
- металлографический анализ.

#### ***Проведение ускоренных коррозионных испытаний***

Испытания проводились в течение 30 суток в климатических камерах, имитирующих различные атмосферные условия в соответствии с ГОСТ 9.308-85:

- в камере влажности - имитация чистой атмосферы (при относительной влажности 98% и температуре в камере 40<sup>0</sup> С);
- в камере сернистого газа - имитация промышленной атмосферы (при относительной влажности 98%, температуре в камере 40<sup>0</sup> С и воздействии SO<sub>2</sub>);
- в камере соляного тумана – имитация приморской атмосферы (периодическое распыление 3% -ного раствора NaCl при относительной влажности 98% и температуре в камере 40<sup>0</sup> С).

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

Для выявления склонности алюминиевых сплавов к межкристаллитной коррозии проводились дополнительные ускоренные коррозионные испытания по ГОСТ 9.021-74 «ЕСЗКС. Алюминий и сплавы алюминиевые. Методы ускоренных испытаний на межкристаллитную коррозию». Алюминиевые направляющие и кронштейны выдерживались в течение суток в растворе, содержащем 3%-ный хлористый натрий и 1%-ную соляную кислоту, при температуре 20 °С. Образцы после испытания на склонность к МКК исследовались металлографически (на шлифах).

### *Анализ результатов исследования*

В результате *спектрального анализа* установлено, что материал исследуемых деталей, взятых выборочно, соответствует для направляющих и кронштейнов - алюминиевому сплаву типа 6063 (прил. 4), для кляммеров – коррозионностойкой стали типа 12Х18Н10 (прил.5).

Исследование *внешнего состояния поверхностей* деталей проводилось визуально и методом оптической фрактографии с использованием бинокулярного микроскопа МБС-200.

В результате анализа установлено, что после испытаний в течение 30 суток в атмосфере влажности (рис. 1 а) наблюдается лишь помутнение поверхностей **алюминиевых деталей**. В сернистом газе (рис. 1 б) в местах конденсации влаги **на поверхностях кронштейнов, направляющих, салазок и заклепок** наблюдаются пятна серого цвета, характерные для поверхностной коррозии алюминиевых сплавов. После воздействия атмосферы соляного тумана (рис. 1 в) кроме поверхностной коррозии в виде пятен темно-серого цвета, площадь повреждения которых составляет до ~80%, также выявлены множественные точки, типичные для питтинговой коррозии алюминия в хлорсодержащих средах (рис. 1г). Кроме того, в зонах контакта направляющих с кляммерами из коррозионностойкой стали выявлены потеки белого цвета с объемными продуктами коррозии алюминиевого сплава.

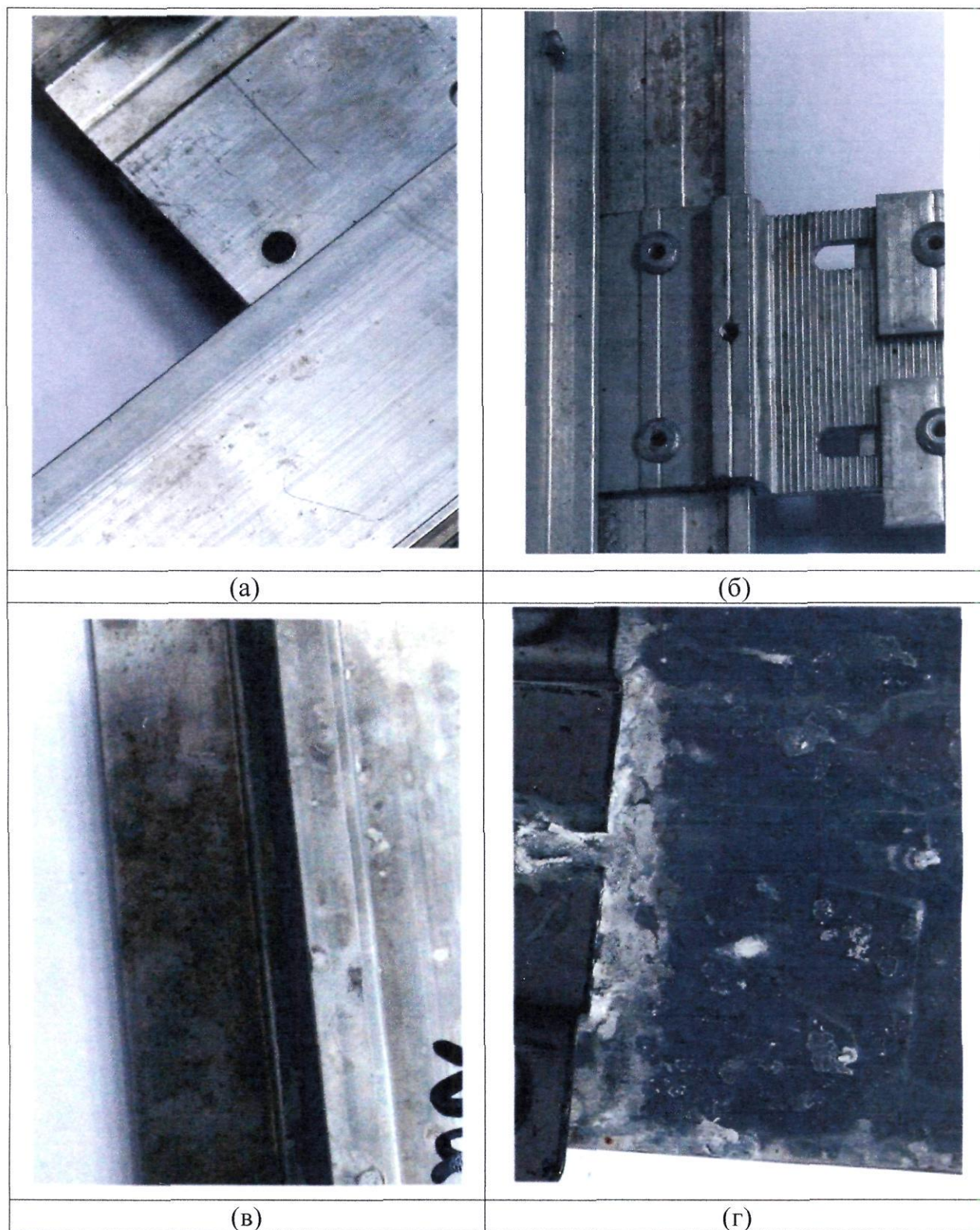


Рис.1 Внешний вид алюминиевых деталей после испытаний в камерах влажности (а), сернистого газа (б) и соляного тумана (в, г) в течение 30 суток.

Внешний вид **кляммеров и анкерных болтов из коррозионностойкой стали** не претерпел видимых изменений за все время испытаний в каждой из экспери-

ментальных атмосфер (рис.2а-в). Поверхности сохранились светлыми, без признаков коррозионных повреждений.

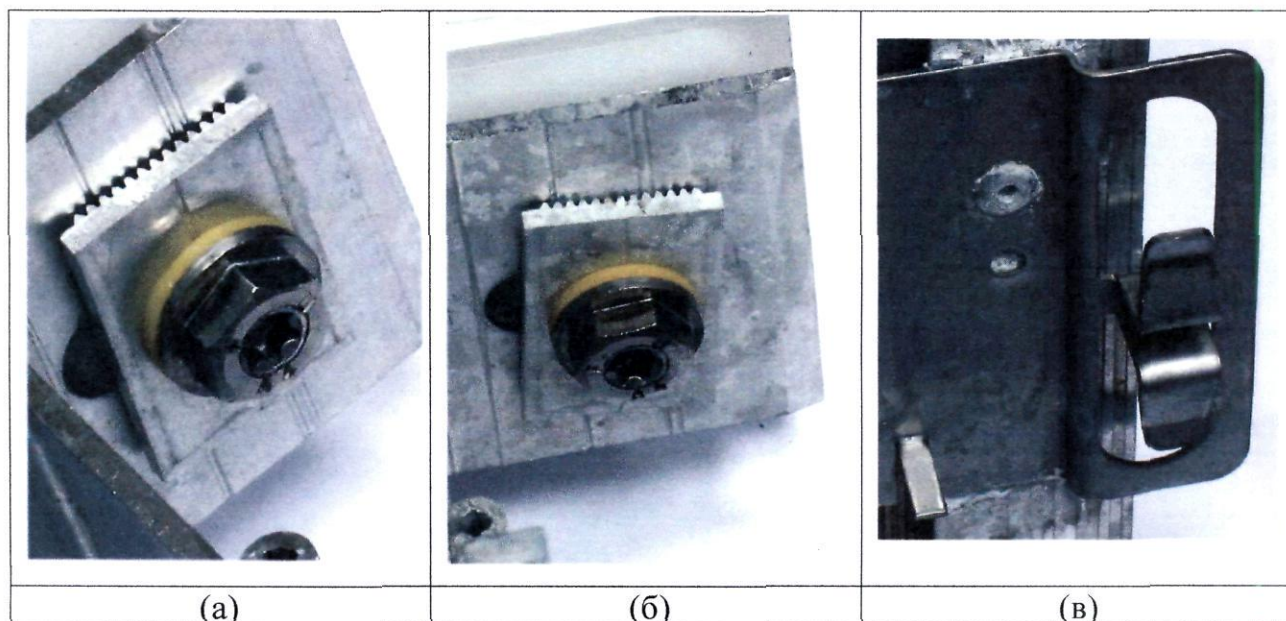


Рис.2. Внешний вид кляммеров и анкерных болтов из коррозионностойкой стали после испытаний в камерах влажности (а), сернистого газа (б) и соляного тумана (в) в течение 30 суток.

**Оцинкованные стальные анкерные болты** за время испытаний подверглись коррозионным повреждениям в каждой из исследуемых сред. В атмосферах влажности (рис.3а) и сернистого газа (рис. 3б) наблюдается появление налета «белой коррозии» цинкового покрытия, площадь повреждения которой составляет около 20 % и 80 % соответственно. В соляном тумане (рис.3 в) на поверхностях деталей выявлено частичное разрушение цинка.

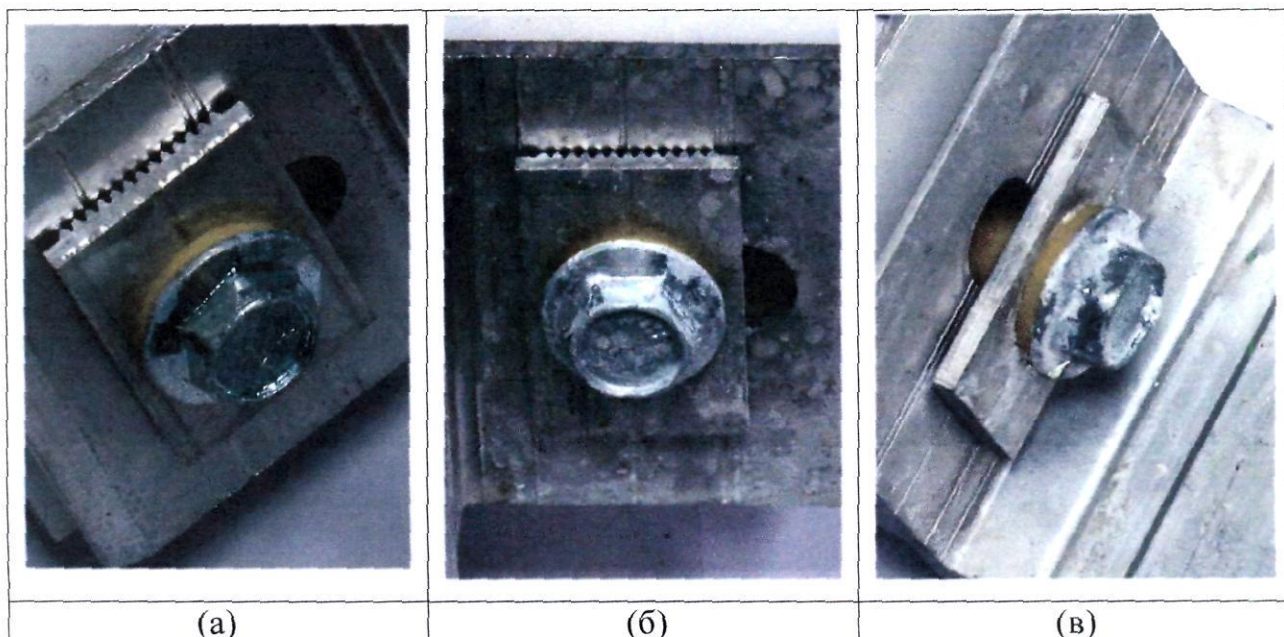




Рис.3 Внешний вид стальных оцинкованных анкерных болтов после испытаний в камерах влажности (а), сернистого газа (б) и соляного тумана (в) в течение 30 суток.

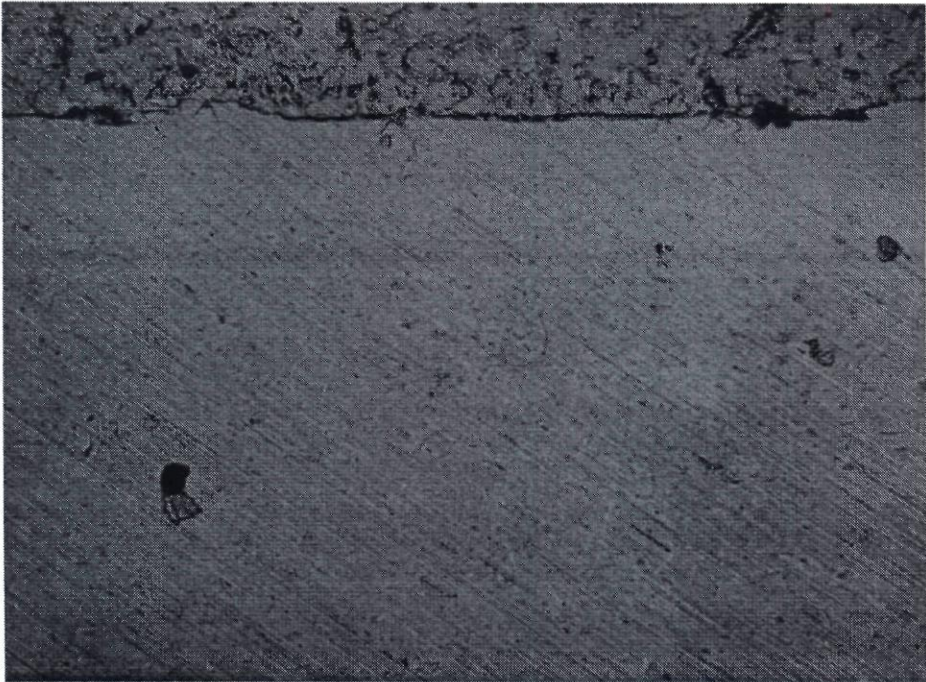

С целью оценки состояния материала исследуемых деталей вблизи поверхностей, а также определения глубины и характера коррозионных повреждений проводился *металлографический анализ*.


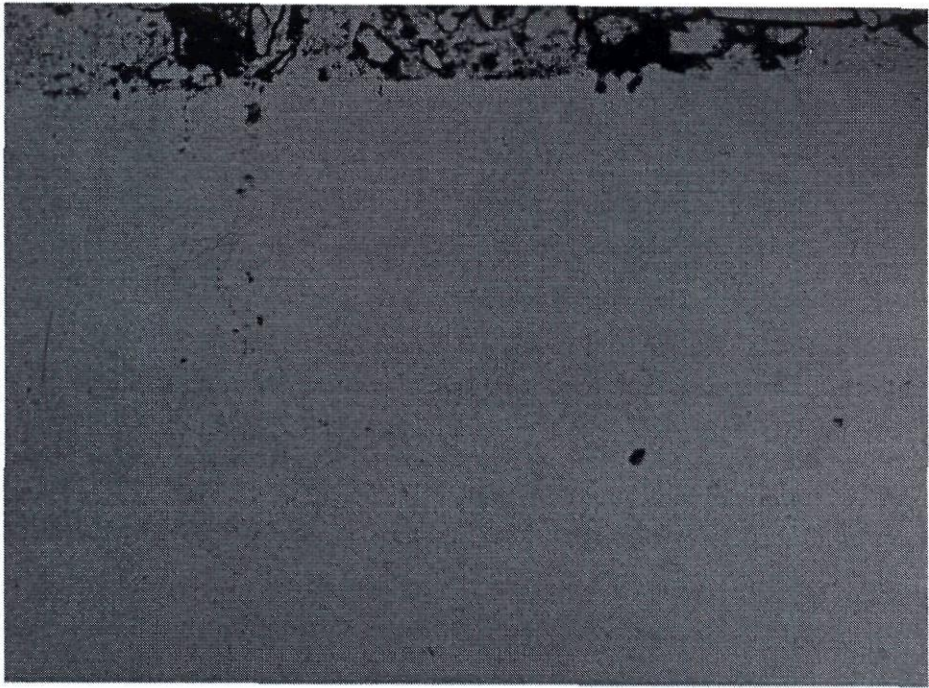
Исследование проводилось на направляющих и кронштейнах, взятых выборочно, после испытаний в течение 30 суток в камерах сернистого газа и соляного тумана, а также на образцах после испытания на межкристаллитную коррозию (МКК). Шлифы были приготовлены как в зоне контакта со стальным клеммом, так и вдали от нее.

В результате проведенного анализа установлено, что в материале **кронштейнов и направляющих** после испытаний на склонность к межкристаллитной коррозии выявлены лишь единичные язвы и трещины, глубина которых составляет 5-7 мкм (рис.4а). После выдержки в камере сернистого газа на шлифах обнаружены аналогичные повреждения (рис.4б,в). После воздействия соляного тумана в материале деталей выявлены как язвенные повреждения (рис.4г), так и коррозионные трещины глубиной от 20 до 75 мкм (рис.4д-ж).

	<p>Алюминиевая направляющая</p> <p>Язвенные повреждения</p> <p>(а)</p>
	<p>Алюминиевый кронштейн</p> <p>Равномерно-язвенная коррозия</p> <p>(б)</p>



	<p>Алюминиевый кронштейн</p> <p>Коррозионные яз-вы (питтинги)</p> <p>Трещины</p> <p>(в)</p>
	<p>Алюминиевый кронштейн</p> <p>Коррозионные яз-вы</p> <p>МКК</p> <p>(г)</p>

	<p>Алюминиевый кронштейн</p> <p>Коррозионные язвы</p> <p>МКК</p> <p>(д)</p>
	<p>Алюминиевый кронштейн</p> <p>Коррозионные язвы</p> <p>МКК</p> <p>(е)</p>

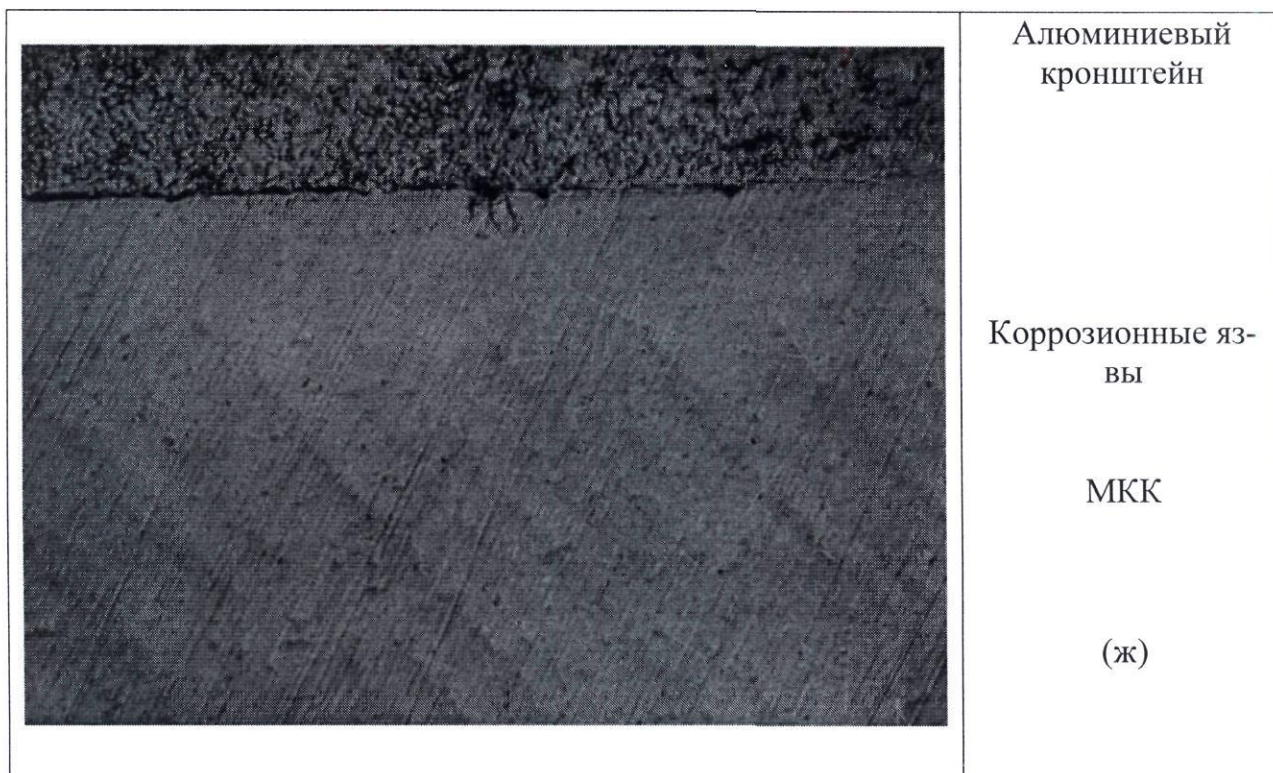
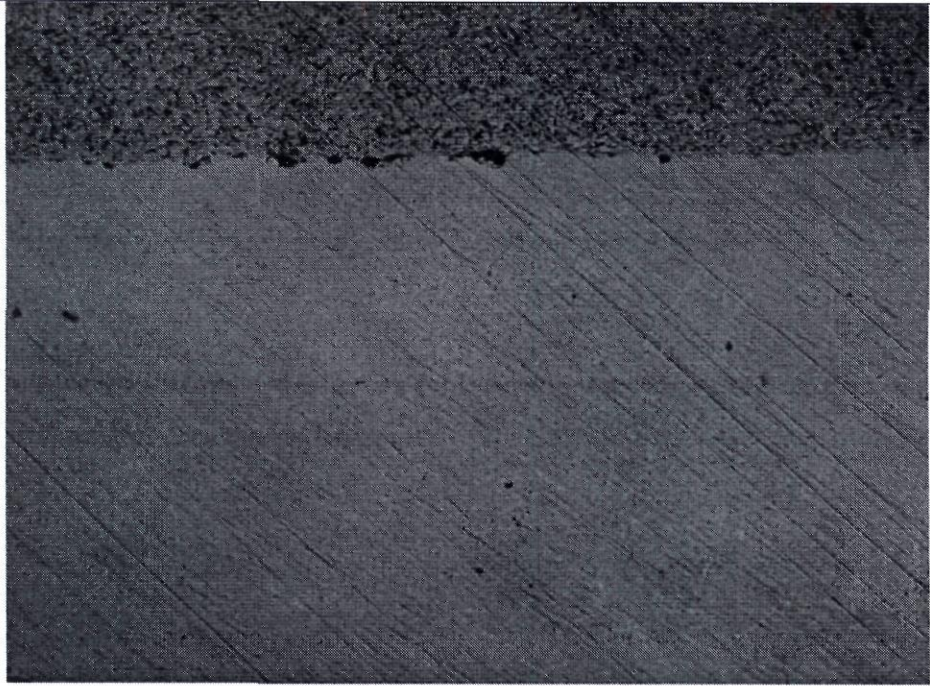
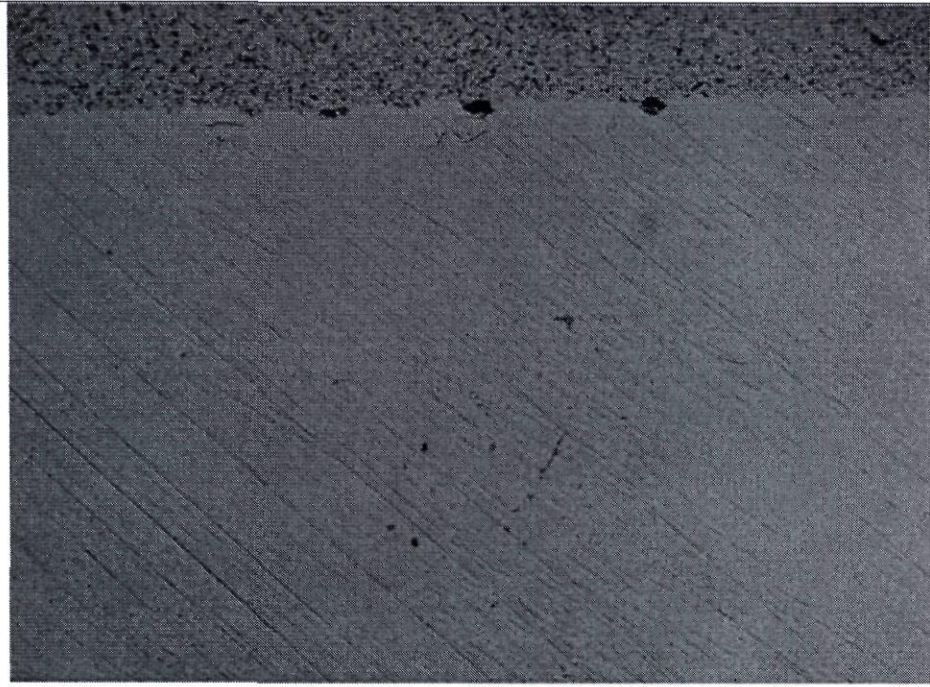


Рис. 4. Состояние материала алюминиевых направляющих (а-в) и кронштейнов (г-ж) после испытаний на склонность к МКК (а), в камерах сернистого газа (б,в) и соляного тумана (г-ж) в течение 30 суток.

В материале направляющих в зоне контакта с кляммерами из коррозионно-стойкой стали после испытаний в камере сернистого газа (рис.5а,б) обнаружены множественные язвенные повреждения глубиной 7-10 мкм. В атмосфере соляного тумана (рис.5в,г) выявлены разветвленные трещины межкристаллитной коррозии, глубина которых составляет до 200 мкм.

Таким образом, использование контактов коррозионно-стойкая сталь – алюминиевые сплавы относительно безопасно лишь в слабоагрессивных средах. В агрессивных промышленных атмосферах подобный контакт недопустим, так как нержавеющие стали склонны усиливать коррозию алюминиевых сплавов. Поэтому в случае применения данного соединения участки контактов должны быть надежно изолированы.

	<p>Направляющая в зоне контакта с кляммером</p> <p>Сплав Вуда</p> <p>Коррозионные яз- вы</p> <p>(а)</p>
	<p>Направляющая в зоне контакта с кляммером</p> <p>Сплав Вуда</p> <p>Коррозионные яз- вы</p> <p>(б)</p>

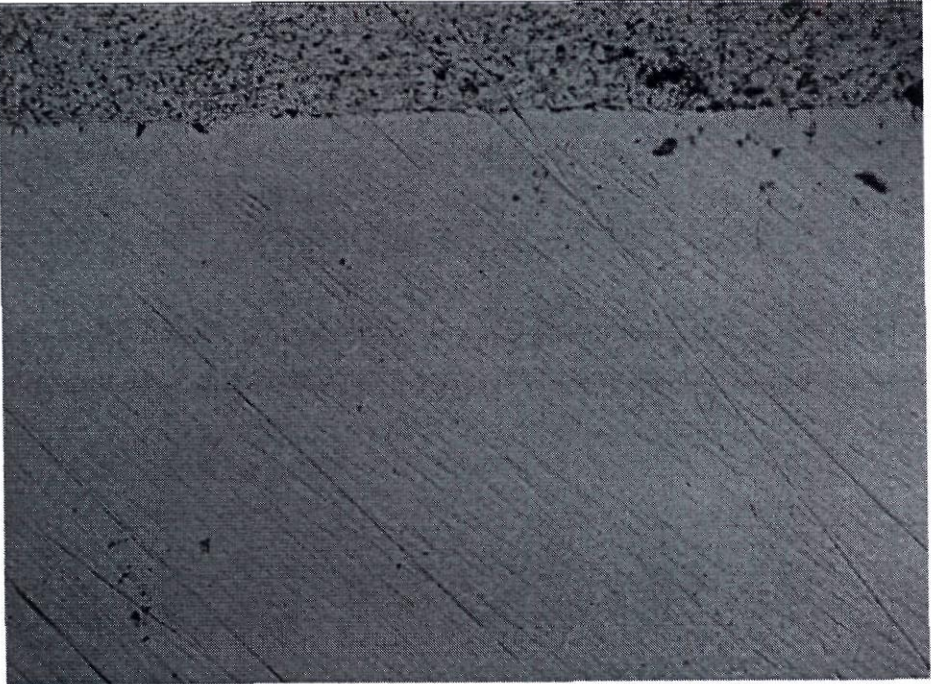
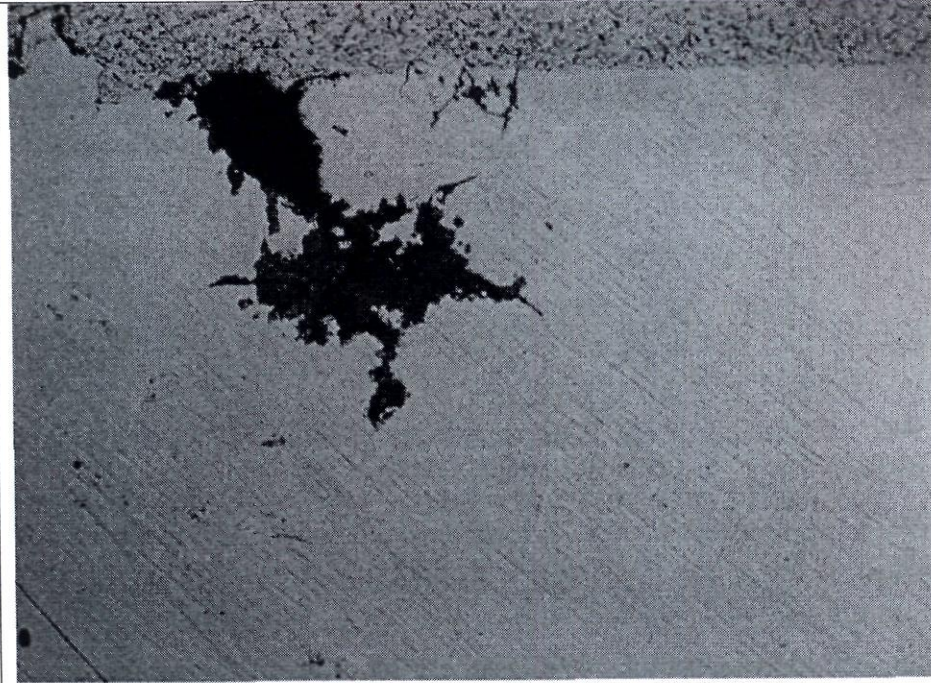
	<p>Направляющая в зоне контакта с кляммером</p> <p>Сплав Вуда</p> <p>Коррозионные яз- вы</p> <p>МКК</p> <p>(в)</p>
	<p>Направляющая в зоне контакта с кляммером</p> <p>Сплав Вуда</p> <p>Коррозионные яз- вы</p> <p>МКК</p> <p>(г)</p>

Рис. 5. Внутреннее состояние материала алюминиевых направляющих после испытаний в камерах сернистого газа (а,б) и соляного тумана (в,г) в течение 30 суток.

Таким образом, по результатам исследований скорость общей коррозии, аппроксимированная на длительный срок эксплуатации, составляет  $\sim 0,02-0,03$  мкм/год для коррозионностойкой стали типа Х18Н10 и  $\sim 0,8-1,0$  мкм/год для неанодированного алюминиевого сплава (при условии обнаружения лишь общей коррозии без признаков межкристаллитной). Вследствие выявленной склонности к МКК алюминиевого сплава, использованного для изготовления направляющих, допустимо рекомендовать безремонтный срок службы для фасадной системы в городской промышленной атмосфере средней агрессивности не более 25 лет. Необходимо учитывать требования СНИП 2.03.11-85 «Защита строительных конструкций от коррозии» в части необходимости применения дополнительного анодирования и окрашивания алюминиевых конструкций при условии их эксплуатации в среднеагрессивной атмосфере.

### **Выводы**

1. В результате проведенных без учета механических нагрузок испытаний, оценки качества и скорости коррозии установлено, что исследуемые материалы элементов фасадной системы «ALT-150» относительно устойчивы к атмосферной коррозии и могут эксплуатироваться:

- до 25 лет в условиях промышленной атмосферы средней агрессивности;
- до 30 лет в условиях слабоагрессивной городской атмосферы.

2. Для предотвращения непосредственного контакта с алюминиевыми направляющими необходимо использование кляммеров с защитным полимерным покрытием.

Эксперты



Волкова О.В.



Обухова Т.А.



## Протокол осмотра образцов

Расположение зон осмотра фрагментов

- 1 – алюминиевые направляющие;
- 2 – алюминиевые кронштейны;
- 3 – алюминиевые заклепки

Приложение 1

Зоны (№)		Коррозионное состояние фрагментов НФС				
		Время испытаний в камере влажности, сутки				
2	5	7	15	20	25	30
1	Без изменений		Помутнение поверхностей			Серый налет пятнами 20%
2	Без изменений		Помутнение поверхностей			Серый налет локальными пятнами в местах конденсации влаги
3	Без изменений		Помутнение поверхностей			

Приложение 2

Зоны (№)		Коррозионное состояние фрагментов НФС					
		Время испытаний в камере сернистого газа, сутки					
2	5	7	15	20	25	30	
1	Без изменений		Помутнение поверхностей		Серый налет пятнами 20%		Пятна темно-серого цвета поверхностной коррозии (70% площади поверхности)
2	Без изменений		Помутнение поверхностей				Темный налет локальными пятнами на 20%



3	Без изменений	Помутнение поверхностей	Пятна серого цвета 1-2 мм
---	---------------	-------------------------	---------------------------

## Приложение 3

Коррозионное состояние фрагментов НФС						
Зоны (№)	Время испытаний в камере соляного тумана, сутки					
	2	5	7			
1	Помутнение поверхностей	5	7	Пятна темно-серого цвета, площадь повреждений 50%  Единичные темные пятна и множественные питинговые повреждения с объемными продуктами коррозии алюминия	25 Темные пятна (80% площади поверхности)	30
2	Помутнение поверхностей			Единичные темные пятна и множественные питинговые повреждения с объемными продуктами коррозии алюминия	Пятна темно-серого цвета, площадь повреждений 50%	Темные пятна (80% площади поверхности)
3	Без изменений			Помутнение поверхностей	Пятна серого цвета 2мм	





## ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ

№ ХС-010-01-08

**Материал:** алюминий

**Число образцов:** 4

**Шифр:** «НФС АЛТ»

**Пробоотбор:** выполнен Исполнителем.

**Цель испытания:** определение химического состава образцов.

**Аналитические приборы:** атомно-эмиссионный спектрометр «SpectrolabS, установка локального спектрального анализа.

**Контроль правильности:** посредством анализа стандартных образцов.

**Результаты анализа:**

Элемент	Среднее содержание, масс.% *)	
	Направляющая	Кронштейн
Al	Основа	Основа
Fe	0,24	0,23
Si	0,47	0,38
Mg	0,56	0,48
Mn	0,05	0,05
Ti	-	-
Zn	-	-
Cu	-	0,03

\*) Средний результат из трех параллельных определений.

Материал направляющих по содержанию легирующих элементов соответствует алюминиевому сплаву типа 6063.

Директор «ЭкспертКорр-МИСИС»

к.т.н.

Дата: 18.01.2008



Казакевич А.В.

## ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ

### № ХС-003-01-08

**Материал:** сталь коррозионнотойкая

**Число образцов:** 4

**Шифр:** « кляммер »

**Пробоотбор:** выполнен Заказчиком.

**Цель испытания:** определение химического состава образцов по требованию Заказчика.

**Методы анализа:** атомно-эмиссионная спектроскопия по ГОСТ 18895.

**Аналитические приборы:** атомно-эмиссионный спектрометр «SpectrolabS», газовый анализатор «LECO CS-46», установка локального спектрального анализа.

**Контроль правильности:** посредством анализа стандартных образцов состава стали.

**Результаты анализа:**

Элемент	Среднее содержание, масс.% *)
Fe	Основа
C	0,06
Mn	0,98
Si	0,40
Ni	9,10
Cr	17,85
Cu	0,35
V	0,09
S	0,011
P	0,022

\*) Средний результат из трех параллельных определений.

Материал образцов по содержанию легирующих элементов соответствует стали марки 12X18H10.

**Директор «ЭкспертКорр-МИСИС»:**

К.Т.Н.

**Дата:** 17.01.2008



Казакевич А.В.