

**«Утверждаю»**

Генеральный директор  
ООО «ЭкспертКорр-МИСиС»



Казакевич А. В.

09.2007

## **Заключение № Э1-25/07**

**«Оценка коррозионной стойкости и долговечности  
материалов системы навесных вентилируемых фасадов  
«Алкон-2»**

Заявитель	ООО "АлСиб-Профиль"
Основание для проведения испытаний	Письмо-заявка от 01.08.07 Договор № Э1-25/07 от 06.06 07
Акт отбора образцов	от 15.06.2007
Дата проведения испытаний	начало 18 июля 2007 г. окончание 18 августа 2007 г
Задачи испытаний	Проверить качество и дать оценку коррозионного состояния материалов фасадных системы Алкон-2 при воздействии различных экспериментальных атмосфер
Испытательное оборудование	- камера влажности; - камера сернистого газа; - камера соляного тумана; - камера для испытаний на склонность к МКК - установка для локального спектрального анализа; - металлографический комплекс
Описание образцов	На испытание были предоставлены фрагменты систем, состоящие из: - направляющих, кронштейнов (несущих и подвижных), изготовленных из неанодированного алюминиевого сплава типа 6063; - алюминиевых заклепок
Результаты испытаний	Приложения 1-3
Результаты исследований	Заключение № Э1-37/06

Работа проводилась по договору № Э1-25/07 от 6 июня 2007 г.

На исследование поступили фрагменты навесной фасадной системы (НФС), состоящие из:

- направляющих и кронштейнов (несущих и подвижных), изготовленных из алюминиевого сплава;
- алюминиевых заклепок, соединяющих вышеуказанные детали.

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 направляющих и кронштейнов, взятых выборочно, соответствует алюминиевому сплаву типа 6063 (прил. 4).

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 атмосфере влажности (рис. 1 а) и сернистого газа (рис. 1 б) в течение 30 суток на поверхностях кронштейнов, направляющих и заклепок в местах конденсации влаги 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. 1 г).

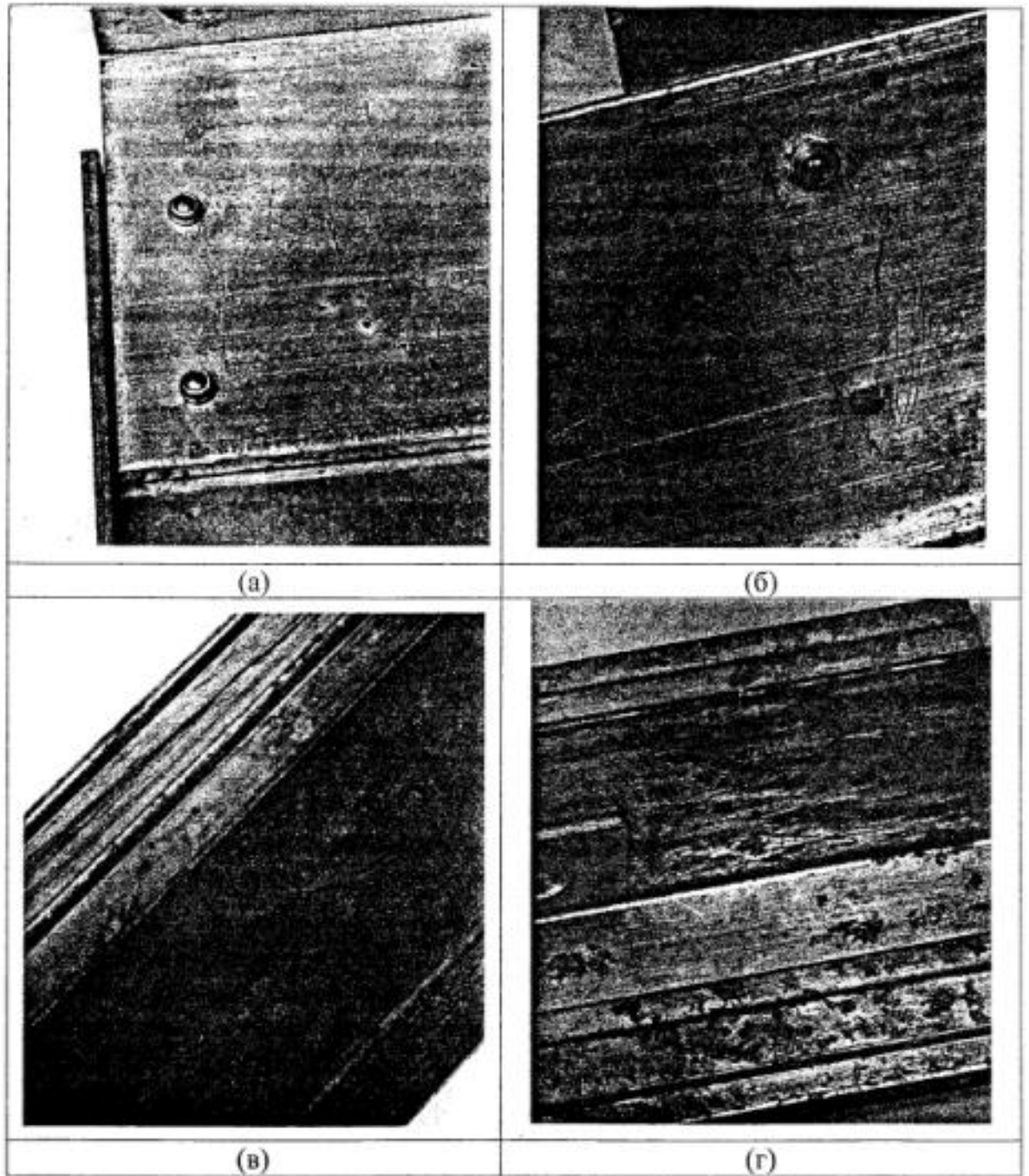


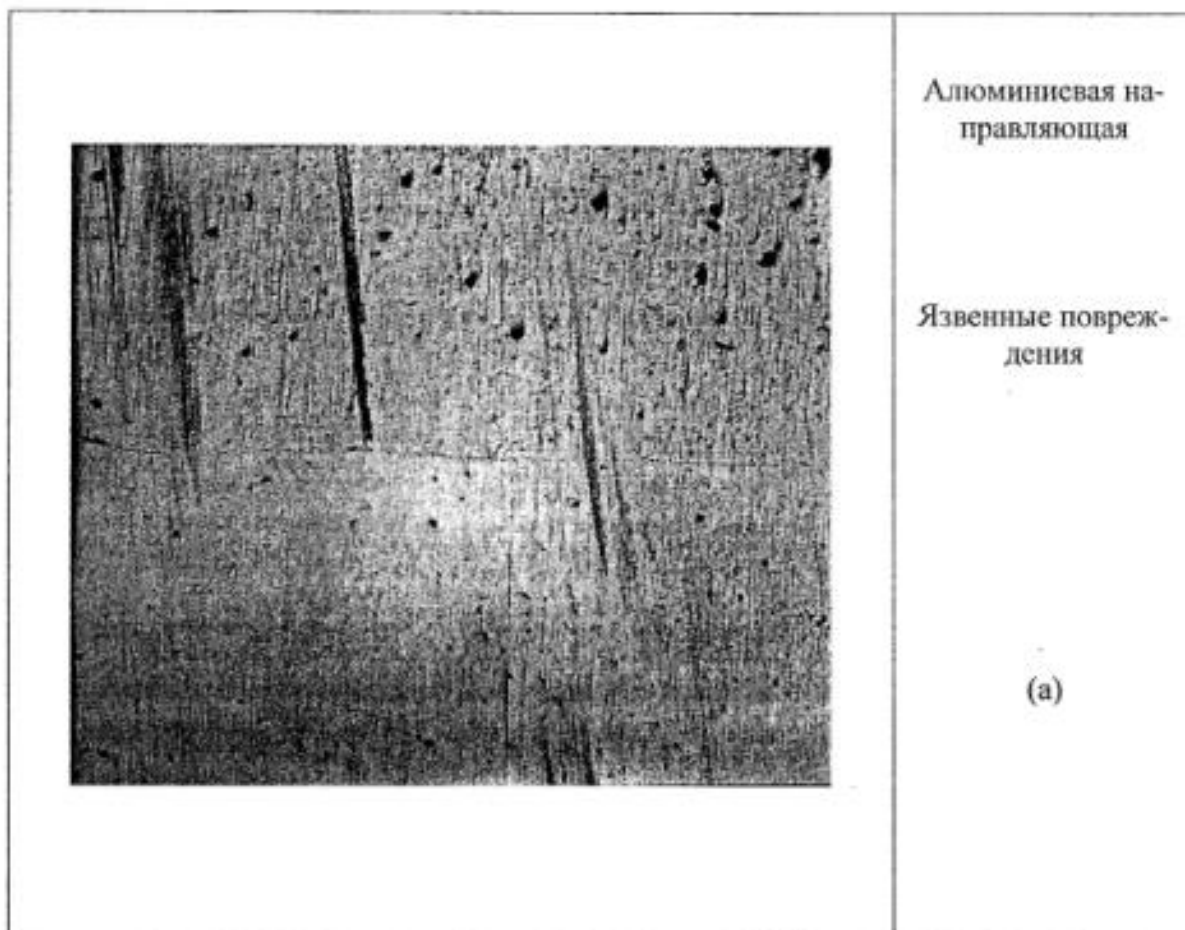
Рис. 1 Внешний вид алюминиевых деталей после испытаний в камерах влажности (а), сернистого газа (б) и соляного тумана (в, г) в течение 30 суток.

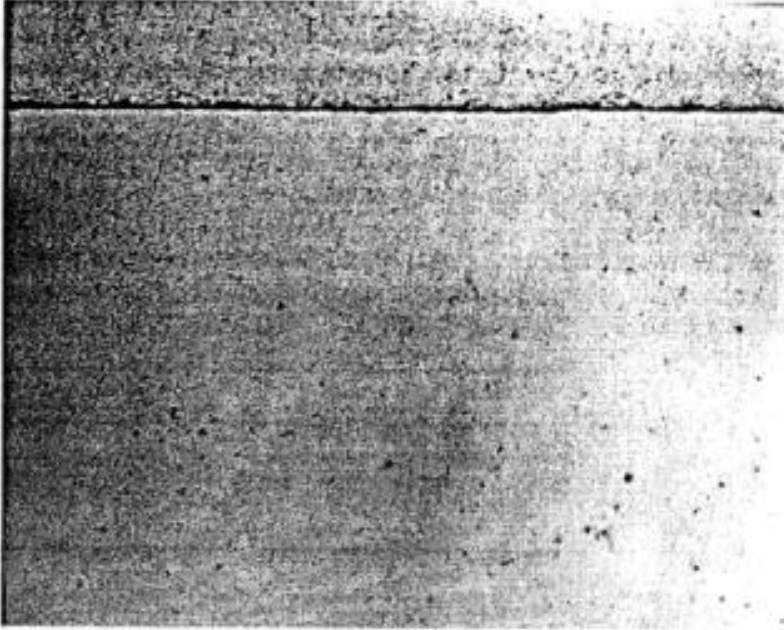
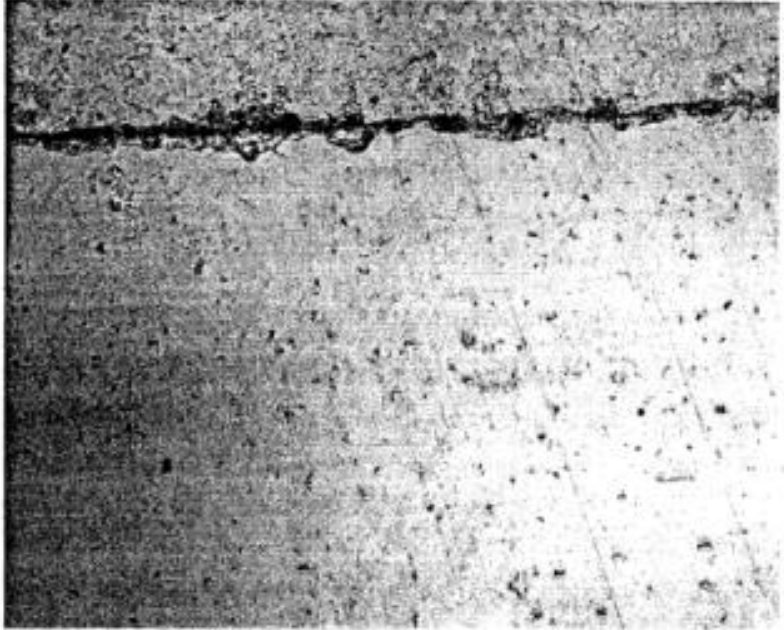
С целью оценки состояния материала исследуемых деталей вблизи поверхностей, а также определения глубины и характера коррозионных повреждений проводился *металлографический анализ*.

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 с заклепкой, 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, глубина которых составляет до 5 мкм (рис.2а). После выдержки в камере сернистого газа на шлифах обнаружена равномерно-язвенная коррозия глубиной до 7 мкм (рис.2б). После воздействия соляного тумана выявлены множественные язвенные (питтинговые) повреждения (рис.2в) и трещины межкристаллитной коррозии (рис.2г) глубиной до 20 мкм.



 Micrograph (б) shows a cross-section of an aluminum anode. The surface is covered with a dense layer of small, dark, circular pits, characteristic of uniform pitting corrosion. The pits are distributed relatively evenly across the surface.	<p>Алюминиевый кромштейн</p> <p>Равномерно- язвенная коррозия</p> <p>(б)</p>
 Micrograph (в) shows a cross-section of an aluminum anode. The surface exhibits larger, more irregular pits (pitting corrosion) and several dark, irregular cracks. The overall appearance is more degraded than in micrograph (б).	<p>Алюминиевый кромштейн</p> <p>Коррозионные язвы (питтинги)</p> <p>Трещины</p> <p>(в)</p>

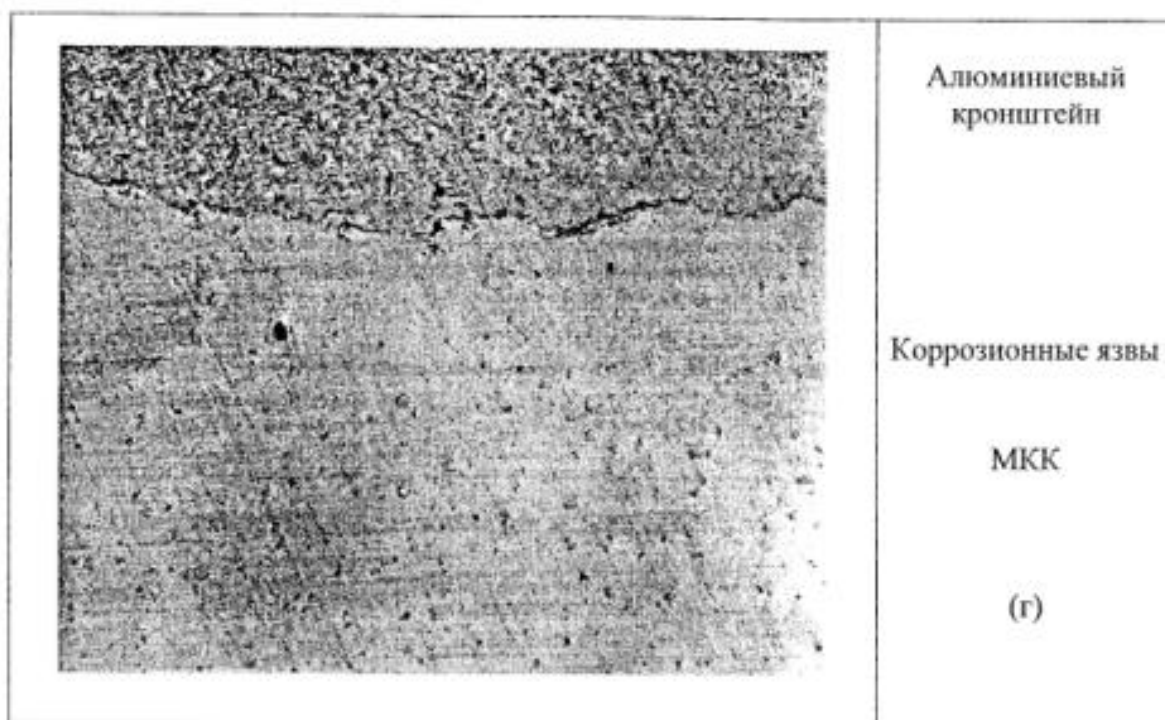
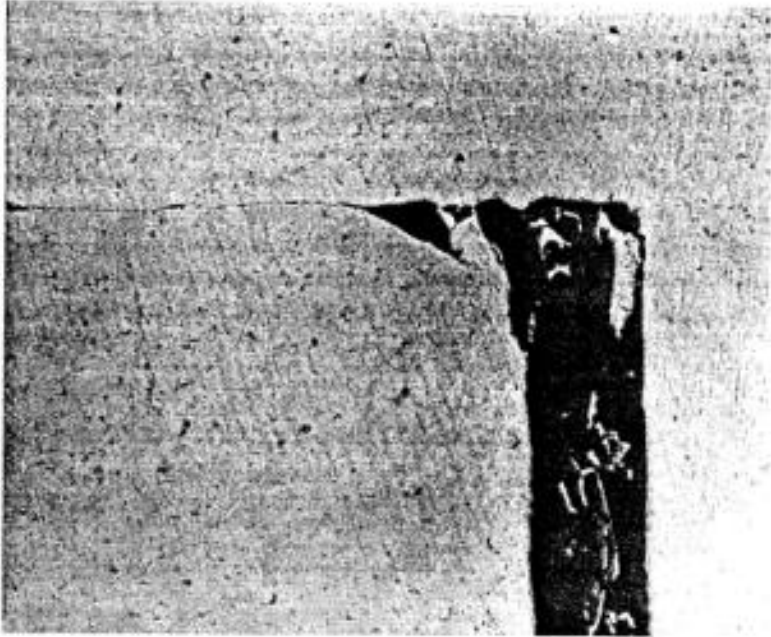
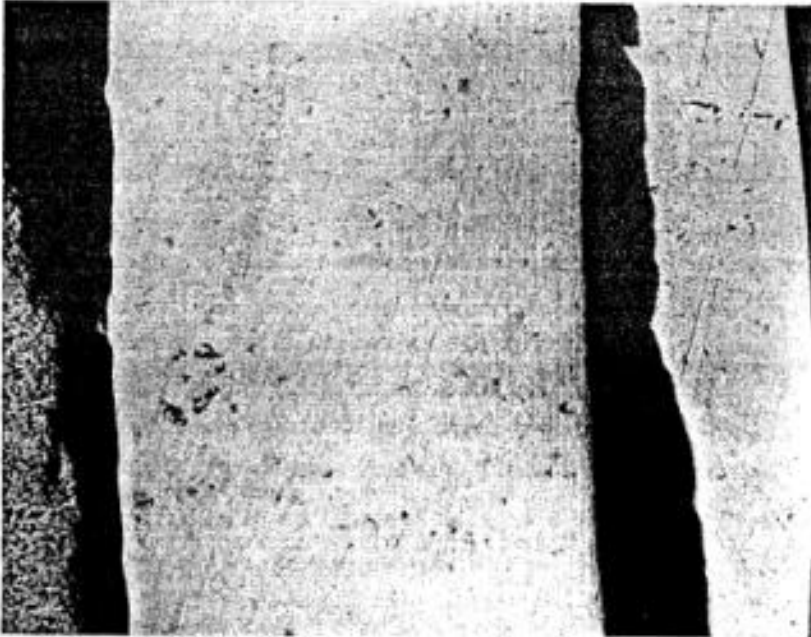


Рис. 2. Состояние материала алюминиевых направляющих (а) и кронштейнов (б-г) после испытаний на склонность к МКК (а) и в камерах сернистого газа (б) и соляного тумана (в,г) в течение 30 суток.

В зоне контакта деталей после испытаний в камере сернистого газа видимых повреждений не выявлено. После воздействия соляного тумана в материале направляющих и кронштейнов в зонах контактов с заклепками выявлены единичные язвы и трещины глубиной до 25 мкм (рис.3г).

	<p>Заклепка</p> <p>Алюминиевая направляющая</p> <p>Коррозионные язвы</p> <p>(а)</p> <p>x50</p>
	<p>Заклепка</p> <p>Алюминиевая направляющая</p> <p>Коррозионные язвы</p> <p>(б)</p> <p>x50</p>

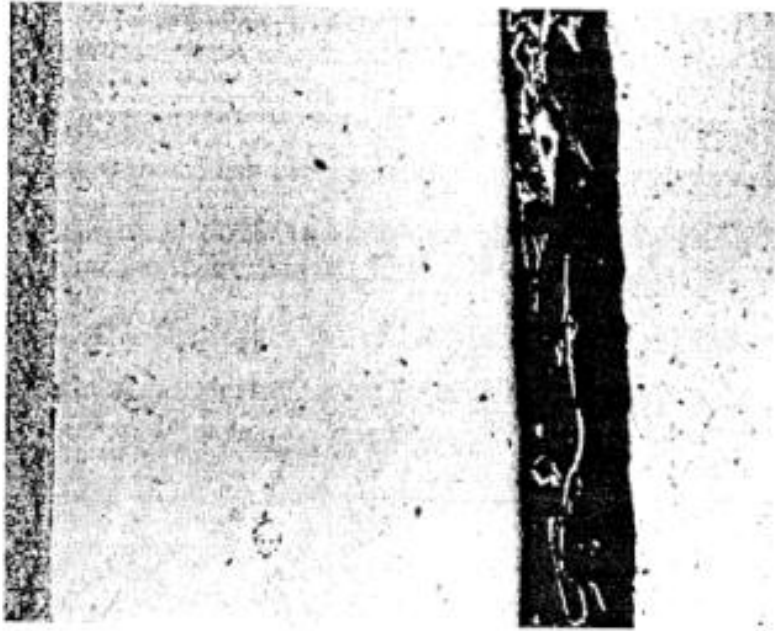
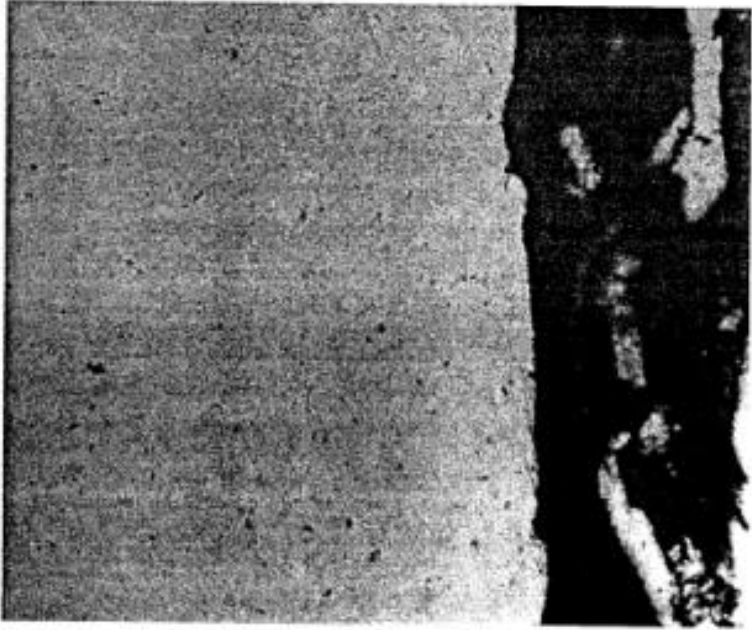
	<p>Заклепка</p> <p>Алюминиевый кронштейн</p> <p>Коррозионные язвы</p> <p>(в)</p> <p>x50</p>
	<p>Алюминиевый кронштейн</p> <p>Коррозионные язвы</p> <p>Коррозионные трещины</p> <p>(г)</p> <p>x200</p>

Рис. 4. Состояние материала алюминиевых кронштейнов и направляющих в зоне контакта с заклепкой после испытаний в камере соляного тумана.

Таким образом, по результатам исследований скорость коррозии, аппроксимированная на длительный срок эксплуатации, составляет ~ 0,6-0,8 мкм для исследованного неанодированного алюминиевого сплава типа 6063 (при условии обнаружения лишь общей коррозии без признаков межкристаллитной). Вследствие незначительной склонности к МКК вышеуказанного алюминиевого сплава, использованного для изготовления направляющих и кронштейнов, допустимо рекомендовать безремонтный срок службы 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 испытаний (проведенных без учета механических нагрузок), оценки качества и скорости коррозии материалов элементов НФС «Алкон-2» установлено, что испытанные материалы (неанодированный алюминиевый сплав 6063) системы относительно устойчивы к атмосферной коррозии и может эксплуатироваться:

- в условиях промышленной атмосферы средней агрессивности сроком не более 25 лет;
- в условиях слабоагрессивной атмосферы сроком до 35 лет;
- в условиях слабоагрессивной приморской городской атмосферы сроком до 15 лет.

2. Для увеличения сроков эксплуатации в вышеуказанных атмосферах рекомендуется использовать алюминиевые сплавы типа 6063 с наличием защитных антикоррозионных покрытий.

3. При изготовлении системы из анодированного (при толщине анодного оксида 20-25 мкм) сплава 6063 система «Алкон-2» может эксплуатироваться:

- в условиях промышленной атмосферы средней агрессивности сроком до 35 лет;
- в условиях слабоагрессивной атмосферы сроком до 50 лет;
- в условиях приморской городской атмосферы средней агрессивности сроком до 15 лет.

4. Применение дополнительного (поверх слоя анодного оксида) окрашивания, например, полиэфирными или полиуретановыми композициями, позволит увеличить допустимый срок эксплуатации на 15-25 %.

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					
	2	5	7	15	20	30
1	Без изменений			Помутнение поверхностей		
2	Без изменений			Серый налет локальными пятнами в местах конденсации влаги		
3	Без изменений					
	Помутнение поверхностей					

Приложение 2

Зоны (№)	Коррозионное состояние фрагментов НФС					
	2	5	7	15	20	30
1	Без изменений			Серый налет пятнами 20%		
2	Без изменений			Темный налет локальными пятнами на 20%		
3	Без изменений					
	Пятна серого цвета 1-2 мм					

## Приложение 3

Зоны (№)	Коррозионное состояние фрагментов НФС						
	Время испытаний в камере соляного тумана, сутки						
	2	5	7	15	20	25	30
1	Помутнение поверхностей	Единичные темные пятна и множественные питтинговые повреждения с объемными продуктами коррозии алюминия	Пятна темно-серого цвета, площадь повреждений 50%	Пятна темно-серого цвета, площадь повреждений 50%	Темные пятна (80% площади поверхности)		
2	Помутнение поверхностей	Единичные темные пятна и множественные питтинговые повреждения с объемными продуктами коррозии алюминия	Пятна темно-серого цвета, площадь повреждений 50%	Пятна темно-серого цвета, площадь повреждений 50%	Темные пятна (80% площади поверхности)		
3	Без изменений	Помутнение поверхностей	Пятна серого цвета 2мм				

**ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ**  
**№ ХС-00408-07**

Материал: детали Алкон-2

Число образцов: 2

Шифр: « сплав Al »

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	Подставка
Al	Основа	Основа	Основа
Fe	0,38	0,33	0,38
Si	0,42	0,33	0,42
Mg	0,54	0,48	0,5
Mn	Не обнаружен	0,02	Не обнаружен
Ti	Не обнаружен	Не обнаружен	Не обнаружен
Zn	Не обнаружен	Не обнаружен	Не обнаружен
Cu	0,05	-	-

\*) Средний результат из трех параллельных определений.

Материал образцов по содержанию легирующих элементов соответствует сплаву 6063.

Директор «ЭкспертКорр-МИСиС»

к.т.н.

Дата: 01.08.2007



Казакевич А.В.