

**«Утверждаю»**

Генеральный директор  
ООО «ЭкспертКорр-МИСиС»

Каракевич А. В.



## **Заключение № Э1-23/06**

**«Оценка устойчивости к атмосферной коррозии элементов фасадных систем с воздушным зазором “СОЮЗ-1000” и “СОЮЗ-2000”»**

Работа проводилась по договору № Э1-23/06 от 26 мая 2006г.

На исследование поступили фрагменты строительных конструкций навесной фасадной системы (НФС) "СОЮЗ-1000" и "СОЮЗ-2000", состоящие из:

- стальных оцинкованных окрашенных профилей;
- стальных оцинкованных заклепок и болтов
- окрашенных кляммеров, изготовленных из нержавеющей стали.

Изготовление образцов для исследования проводилось представителями Заказчика.

*Цель работы:* проверить качество и дать оценку коррозионной стойкости материалов строительных конструкций в атмосферных условиях.

При исследовании были выполнены следующие работы:

- ускоренные коррозионные испытания;
- спектральный анализ;
- анализ внешнего состояния поверхности деталей конструкции;
- металлографический анализ;
- определение адгезии.

#### *Проведение ускоренных коррозионных испытаний*

Для проведения ускоренных коррозионных испытаний были использованы поступившие на исследование фрагменты в виде окрашенных профилей и кляммеров, соединенных между собой оцинкованными заклепками и болтами.

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

- коррозионные испытания в камере влажности - имитация чистой атмосферы (при относительной влажности 98% и температуре в камере 40<sup>0</sup>С);
- коррозионные испытания 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> концентрация - 0,75 г/м<sup>3</sup>);
- коррозионные испытания 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 (приложение 1-3).

### *Анализ результатов исследования качества материала*

В результате спектрального анализа установлено, что материал исследуемых деталей, взятых выборочно, соответствует низкоуглеродистой полуспокойной стали типа 08пс для окрашенных оцинкованных профилей и нержавеющей стали типа 08Х14Н9Д3 - для кляммеров (прил. 4).

Исследование внешнего состояния поверхности деталей во время и после испытаний проводилось визуально и методом оптической фрактографии с использованием бинокулярного микроскопа МБС-200. Оценку состояния покрытия в процессе испытаний проводили по ГОСТ 9.407-84 «ЕСЭКС. Покрытия лакокрасочные. Методы оценки внешнего вида».

В результате анализа установлено, что после воздействия атмосфер влажности, сернистого газа и соляного тумана в течение всего времени испытаний внешний вид деталей практически не изменился, покрытие сохранилось ровным без признаков всучивания и отслаивания (рис. 1; прил.1-3). Однако, после испытаний во всех экспериментальных атмосферах в местах повреждений и дефектов покрытия наблюдается появление множественных пятен белого цвета, свидетельствующих о коррозионном повреждении подслоя цинка (рис.1б,в), а также наличие единичных точечных коррозионных повреждений стали на поверхностях (рис. 1а), пятен ржавчины на острых кромках (торцах) и внутри отверстий (рис.1г,д) и множественных точек коррозии стали в зонах контактов сопряженных деталей (рис.1е). Появление ржавчины на поверхностях деталей свидетельствует о локальном коррозионном разрушении стали в порах покрытия.

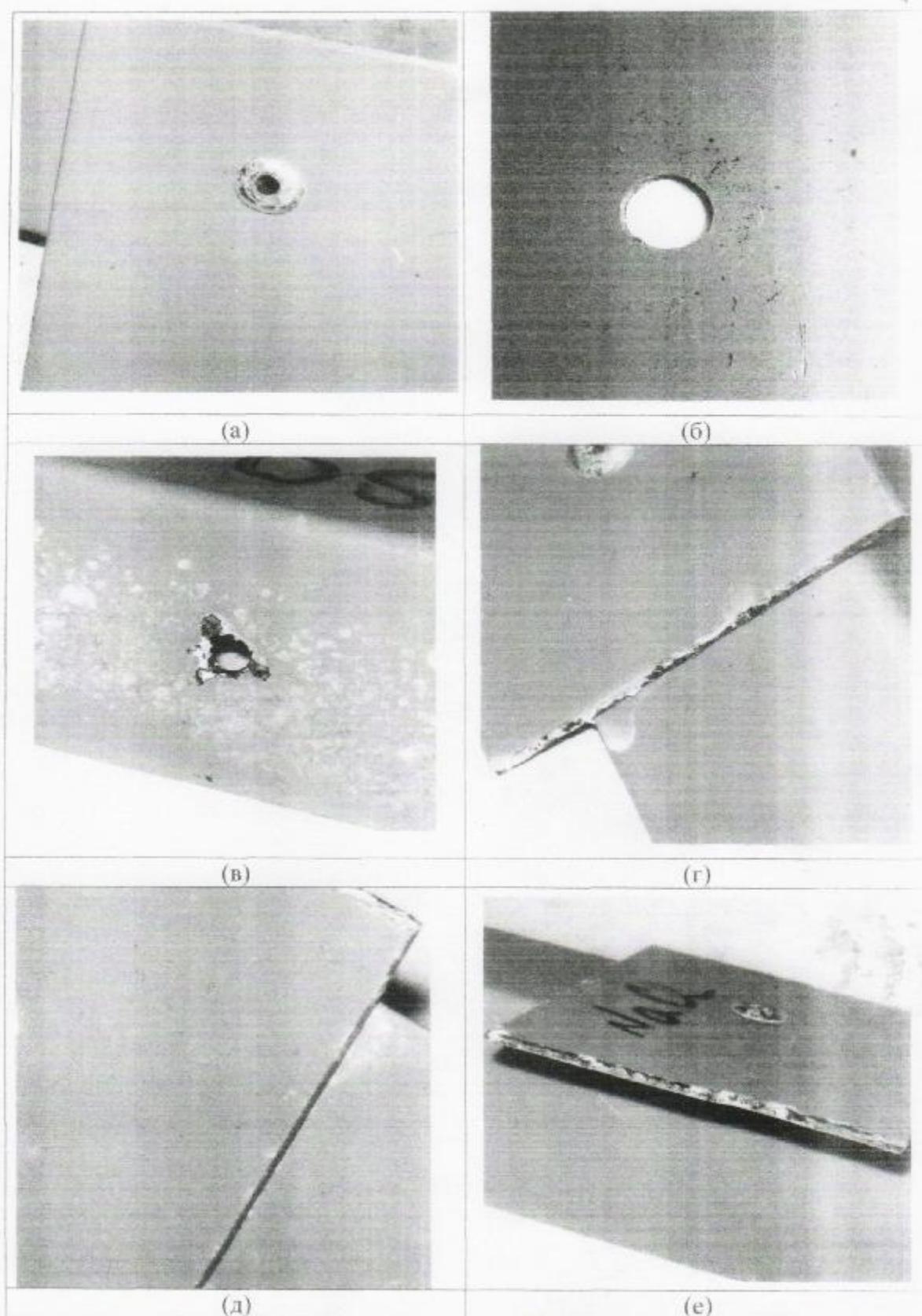
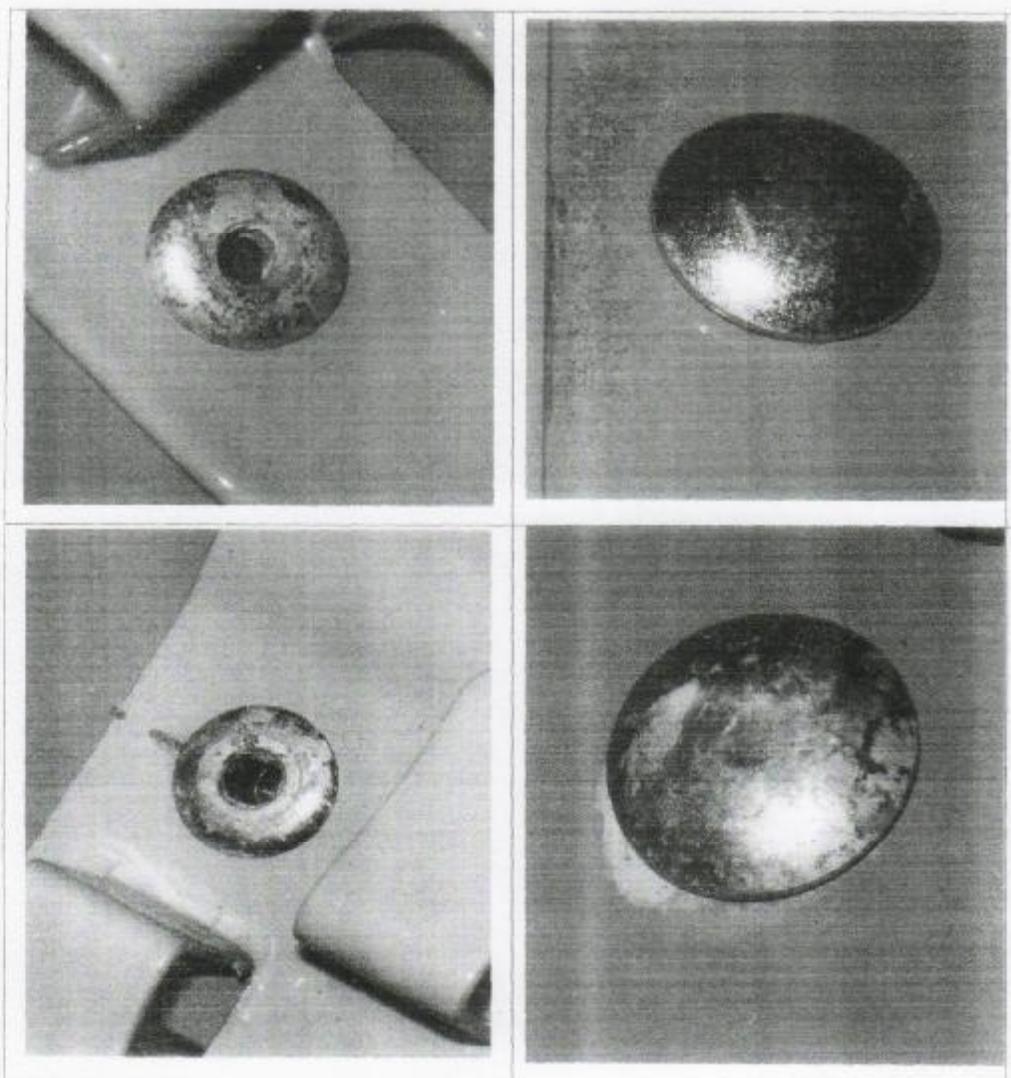


Рис.1 Внешний вид оцинкованных окрашенных профилей после испытаний в течение 30 суток в камерах влажности (а,б), сернистого газа (в,г,) и соляного тумана (д,е)

Оцинкованные стальные заклепки и болты за время испытаний также подверглись коррозионному разрушению во всех экспериментальных атмосферах, однако степень повреждений различна. В атмосферах влажности и сернистого газа на поверхностях крепежа наблюдается лишь появление белого налета в местах конденсации влаги, что характерно для коррозии цинкового покрытия в начальной стадии (рис. 2а,б). После выдержки в атмосфере соляного тумана уже выявлены множественные точки коррозии стали при частичном разрушении цинкового покрытия (рис.2в).



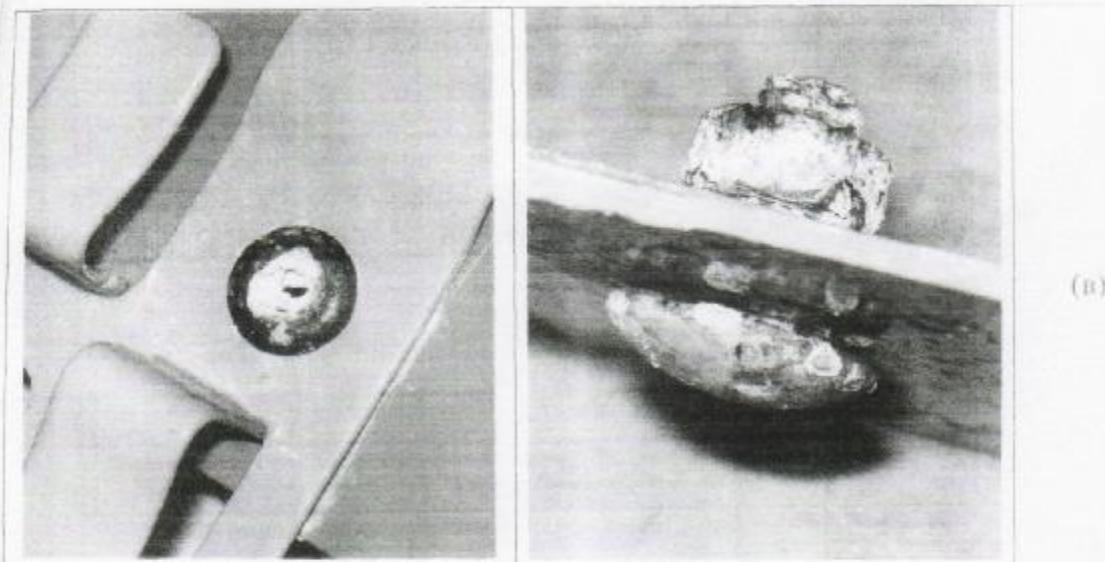


Рис.2 Внешний вид стальных оцинкованных заклепок и болтов после испытаний в камерах влажности (а), сернистого газа (б) и соляного тумана (в) в течение 30 суток.

Внешний вид окрашенных кляммеров практически не изменился после испытаний в каждой из сред (рис.3а-в). Покрытие сохранилось практически полностью, однако на поверхностях кляммеров обнаружены точки коррозии стали.

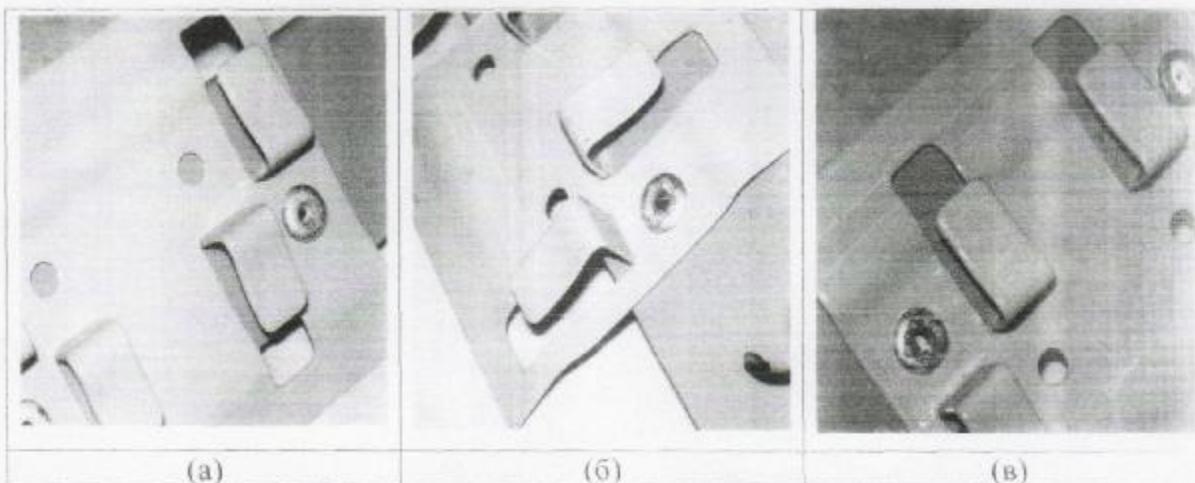


Рис.3 Внешний вид стальных окрашенных кляммеров после испытаний в камерах влажности (а), сернистого газа (б) и соляного тумана (в) в течение 30 суток.

Таким образом, при относительно низкой коррозионной стойкости углеродистых сталей внешний вид исследуемых окрашенных профилей практически не изменился, что свидетельствует о достаточно высоких защитных свойствах лакокрасочного покрытия.

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

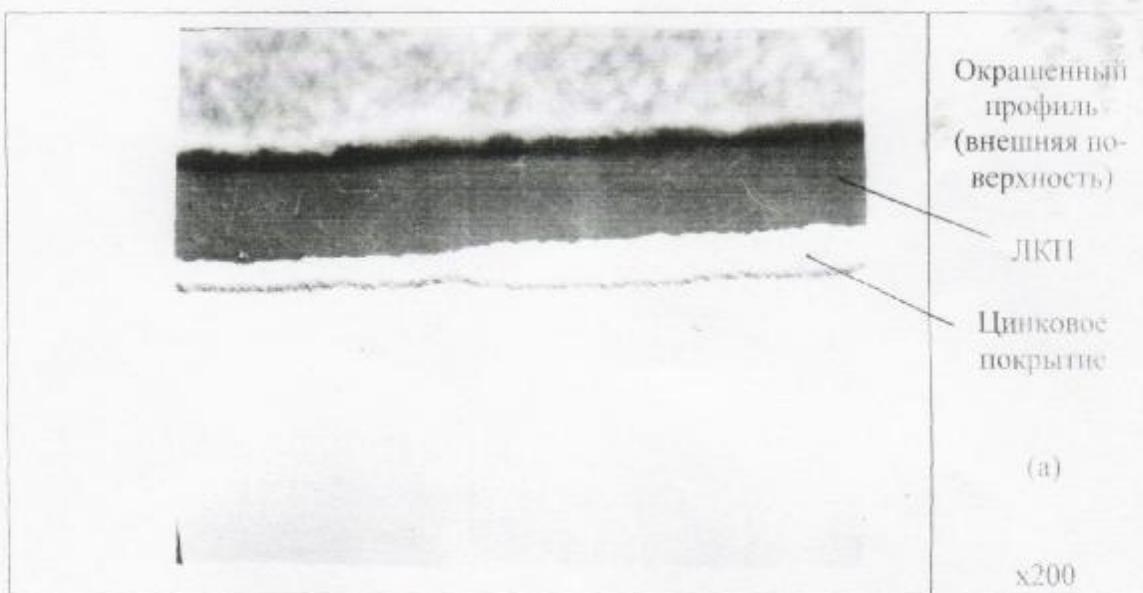
Исследование проводилось на окрашенных деталях, взятых выборочно, после испытаний в камерах сернистого газа и соляного тумана в течение 30 суток.

Шлифы были приготовлены в поперечном сечении профилей в месте их контакта.

В результате металлографического анализа установлено, что покрытие на исследуемых окрашенных деталях двухслойное, состоящее из подслоя цинка и слоя лакокрасочного полимерного покрытия толщиной ~ 20-35 мкм и ~70-100 мкм соответственно (рис.4а-в). После выдержки в камерах сернистого газа и соляного тумана покрытие практически сохранилось без изменений, оно равномерное и обладает хорошей адгезией. Высокая адгезия полимерного покрытия к металлической основе подтверждена результатами тестов по «методу решетчатого надреза» (ГОСТ 15140 «Материалы лакокрасочные. Методы определения адгезии»). В результате испытаний отслаивание практически отсутствует (прил. 5).

Однако, после выдержки в камере сернистого газа на шлифах в местах дефектов ЛКП выявлено частичное разрушение цинкового покрытия под слоем краски в виде мелких язв глубиной до 5 мкм (рис.4б).

На внутренних (контактных) поверхностях профилей кроме язв в слое цинкового покрытия, обнаружены единичные повреждения в стали (рис.4в). Такой вид и характер возникновения повреждений связан с кратковременным интенсивным воздействием сильноагрессивных экспериментальных коррозионных сред.



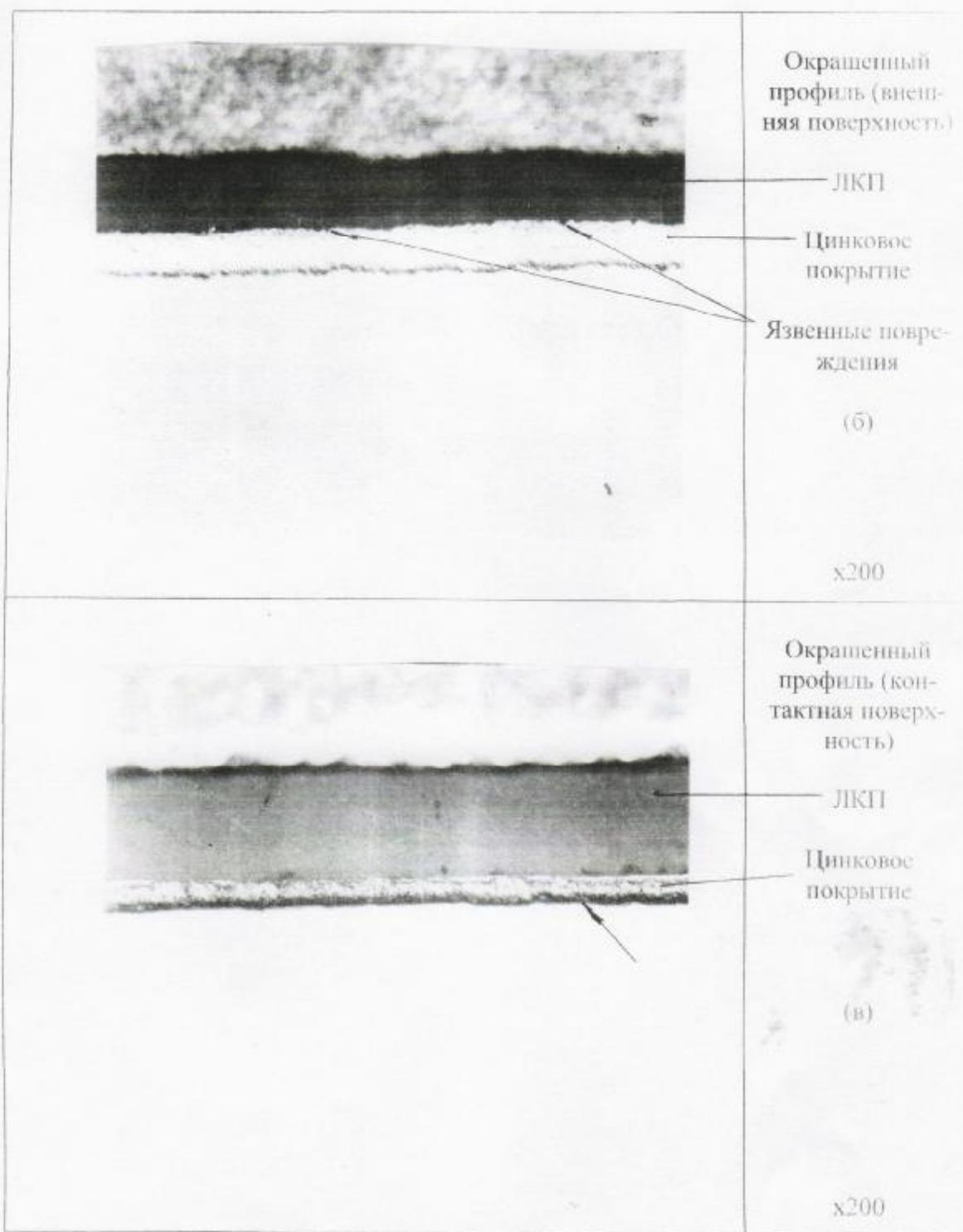


Рис. 4. Внутреннее состояние материала оцинкованных окрашенных профилей после выдержки в камере сернистого газа (а,б) и соляного тумана (в) в течение 30 суток.

Таким образом, по результатам исследований установлено, что скорость коррозии в промышленной атмосфере средней агрессивности, аппроксимированная на длительный срок эксплуатации, составляет для оцинкованной стали - ~ 0,5-1,5 мкм/год и для окрашенной оцинкованной стали - ~ 0,2-1,0 мкм/год, что дает возможность рекомендовать безремонтный срок службы в городской промышленной атмосфере не менее 35 лет без учета механических нагрузок.

### **Выводы**

В результате испытаний, проведенных без учета механических нагрузок, оценки качества и скорости коррозии материалов элементов НФС установлено, что испытанные системы "СОЮЗ-1000" и "СОЮЗ-2000" устойчивы к атмосферной коррозии и могут эксплуатироваться в условиях:

- промышленной атмосферы средней агрессивности сроком не менее 35 лет.
- слабоагрессивной атмосферы сроком до 50 лет.
- приморской городской атмосферы средней агрессивности сроком до 25 лет.

Для увеличения долговечности систем НФС "СОЮЗ-1000" и "СОЮЗ-2000" направляющие и кронштейны допускается изготавливать из коррозионностойких сталей аустенитного класса, например 12Х18Н10Т или 08Х18Н10Т.

Эксперты

Волкова О.В.

Обухова Т.А.

Расположение зон осмотра фрагментов

1. Стальные окрашенные оцинкованные профили.
2. Стальные оцинкованные заклепки и болты.
3. Окрашенные кляммеры из нержавеющей стали.

Приложение 1

Зоны (№)	Коррозионное состояние образцов (фрагмент НФС)				
	Время испытаний в камере влажности, сутки				
2	7	10	15	25	30
1 Без изменений					
		Появление белого налета коррозии цинка в местах поврежденного покрытия		Единичные точки ржавчины на торцах и внутри отверстий	
2 Без изменения		Помутнение поверхностей		Появление белого налета коррозии цинкового покрытия в начальной стадии	
3		Без изменения		Единичные точки ржавчины	

Приложение 2

Коррозионное состояние образцов (фрагмент НФС)						
Время испытаний в камере сернистого газа, сутки						
Зоны (№)	2	7	10	15	25	30
1 Без изменений			Единичные по- теки ржавчины на торцах и внутри отвер- стий и в местах дефектов ЛКП	Множественные пятна белого цвета коррозии цинка в местах непрокрасов		
2 Без изменения	Помутнение поверхностей	Единичные точки белого шата		Появление пятен белого цвета кор- розии цинкового покрытия, 40- 60%		
3	Без изменения			Единичные точки и пятна ржавчины		

Приложение 3

Коррозионное состояние образцов (фрагмент НФС)

Зоны (№)	Время испытаний в камере соляного тумана, сутки				
	2	7	10	15	25
1 Без изменений	Множественные потеки ржавчины на острых кромках и внутренних отверстий		Пятна и потеки белого цвета коррозии цинка в местах поврежденного ЛКП, единичные точки ржавчины на поверхностях профилей		
2 Помутнение поверхности	Появление белого налета коррозии цинкового покрытия		Коррозия цинкового покрытия, 30-50% Единичные точки ржавчины	Множественные точки коррозии стали при частичном разрушении цинкового покрытия	
3	Без изменения			Единичные пятна ржавчины в порах ЛКП	

**ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ**  
**№ XC-010-06-06**
**Материал:** детали НФС «Союз»

**Число образцов:** 4

**Шифр:** «сталь»

**Пробоотбор:** выполнен Заказчиком.

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

**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.% *)	
	Профиль	Кляммер
Fe	Основа	Основа
C	0,07	0,03
Mn	0,18	0,96
Si	0,08	0,06
Cr	-	13,85
Ni	-	8,50
Cu	<0,01	0,66
Mo	-	0,07
V	<0,02	0,08
S	0,018	0,08
P	0,028	0,016

\*) Средний результат из трех параллельных определений.

1. Материал образцов пластин по содержанию легирующих элементов соответствует стали типа 08пс.
2. Материал тела заклепок по содержанию легирующих элементов соответствует стали типа 08Х14Н9Д (марка стали приведена в соответствии с содержанием легирующих элементов).
3. На внешнюю поверхность профилей нанесено цинковое покрытие, содержащее до 1% алюминия.

**Директор «ЭкспертКорр-МИСиС»**  
 К.Т.Н.

**Дата:** 01.06.2006

**Казакевич А.В.**


**ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ**  
**№ Св-003-06-05**

**Материал:** металлический профиль

**Число образцов:** 5

**Шифр:** «сталь Союз»

**Пробоотбор:** выполнен Исполнителем.

**Цель испытания:** определение адгезии покрытия на образцах.

**Методы анализа:** метод решетчатого надреза по ГОСТ 15140 «Материалы лакокрасочные. Методы определения адгезии».

**Аналитические приборы:** «Адгезиметр РН» с тремя лезвиями.

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

**Результаты физико-механических свойств покрытия:**

Система	Адгезия, балл	
	исходная	после испытаний
Сталь 08 пс оцинкованная – полимерное покрытие (испытания в слабоагрессивной среде)	1	1
Сталь 08 пс оцинкованная – порошковое покрытие (испытания в среднеагрессивной среде)	1	2

\*) Средний результат из трех параллельных определений.

Адгезия после испытаний практически не изменилась. Отслаивание покрытия на участках с поперечными насечками не превышает 5%.

Директор НПЦ «ЭкспертКорр-МИСиС»

к.т.н.

Дата: 12.06.2005

Казакевич А.В.



Эксперт-МиСиС  
Expert-MiSIS

