



Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
Национальный исследовательский технологический университет
«МИСиС»

«Утверждаю»

Проректор
проф., д.т.н.

Филонов М. Р.

20.02.2012

Заключение № 005/12-503

**«Исследование устойчивости к атмосферной и контактной
коррозии элементов винтовых соединений»**

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Научный руководитель,
проф., д.т.н.

Дуб Алексей Владимирович

Исполнители:

Ответственный исполнитель,
научный сотрудник

Волкова Ольга Владимировна

Зав. лабораторией
кафедры ЗМиТП

Обухова Татьяна Анатольевна

Научный сотрудник

Шевейко Ольга Владимировна

Инженер, к.х.н.

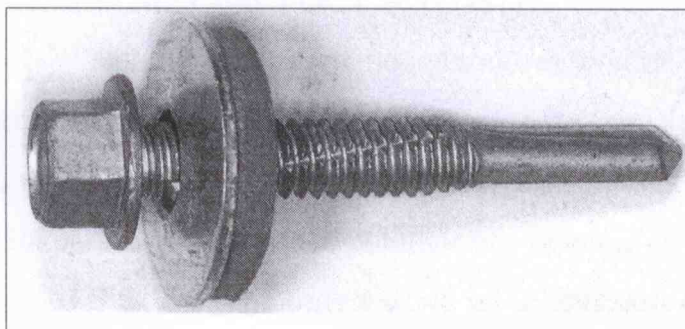
Сафонов Иван Александрович

Научный сотрудник

Ковалев Александр Федорович

На исследование поступили:

- самонарезающие винты SCORPION с композиционным покрытием Kaitex различных типоразмеров (Sc K D 5 19 5,5 x 38; Sc K D5 НТ 19 5,5 x 140; Sc K D5 НТ 19 5,5 x 160) с алюминиевой шайбой;



Винт Sc K D 5 19 5,5 x 38 с покрытием Kaitex, состоящим из цинкового подслоя и внешнего слоя горячего PTFE-покрытия (Teflon)

Шайба из алюминиевого сплава

- образцы винтовых креплений сэндвич панелей вышеуказанными винтами. Отбор образцов проводился представителями Заказчика.

Цель работы: оценка коррозионной стойкости материалов самонарезающих винтов SCORPION и винтовых соединений, определение срока их службы в условиях атмосфер со слабой и средней степенями агрессивности.

При исследовании были выполнены следующие работы:

- ускоренные коррозионные испытания;
- анализ внешнего состояния поверхностей винтов;
- металлографический анализ.

Проведение ускоренных коррозионных испытаний

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

- в камере влажности, имитирующей слабоагрессивную атмосферу (при относительной влажности 98% и температуре в камере 40⁰ С);
- в камере соляного тумана, имитирующей среднеагрессивную атмосферу (периодическое распыление 3% -ного раствора NaCl при относительной влажности 98% и температуре в камере 40⁰ С).

Результаты испытаний представлены в протоколах (прил. 1-2).

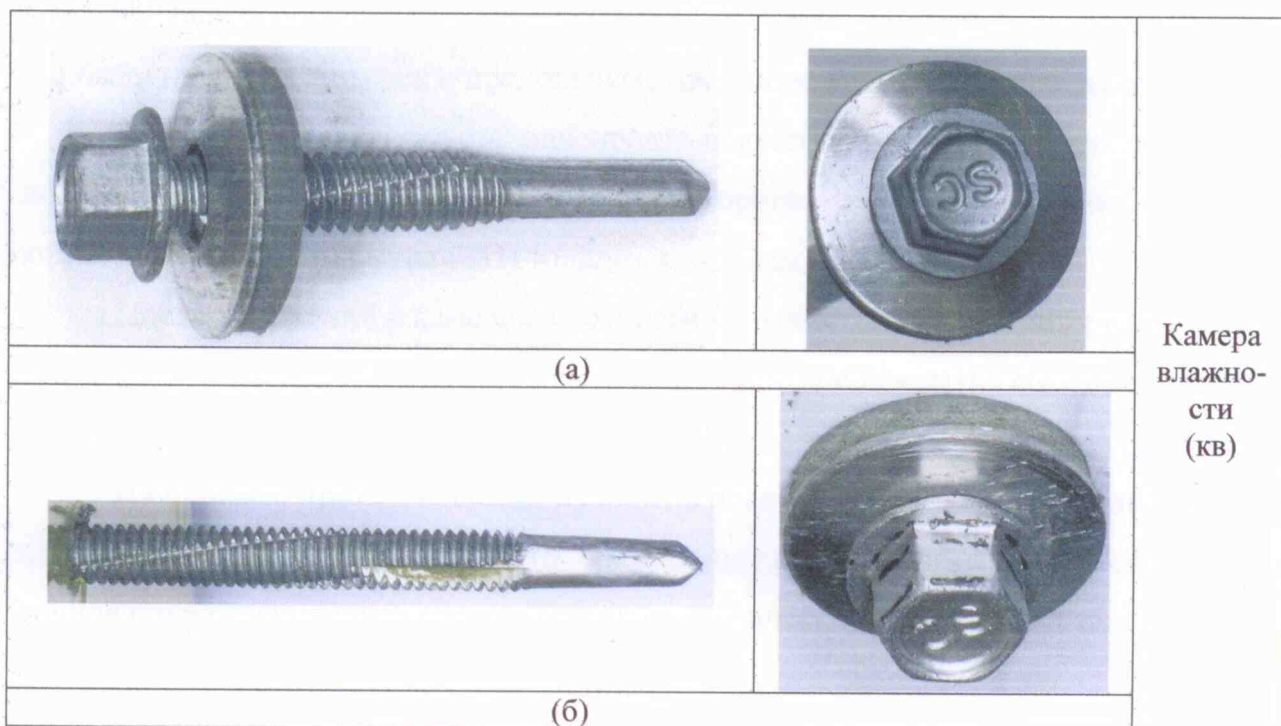
Анализ результатов исследования

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).

Анализ состояния поверхностей показал, что после выдержки в *камерах влажности* (рис.1а) и *соляного тумана* (рис.1в) внешний вид самонарезающих винтов SCORPION практически не изменился в течение всего времени испытаний. Покрытие сохранилось ровным без признаков вспучивания и отслаивания.

В атмосфере *влажности* на головках и внешнем диаметре резьбы винтов, используемых для крепления сэндвич панелей, выявлен полупрозрачный слой легкоудаляемых продуктов коррозии (рис.1б). В *соляном тумане* на резьбовой части деталей наблюдается сплошной налет с объемными солеобразными продуктами коррозии белого цвета, свидетельствующий о коррозионном повреждении подслоя цинка, что, вероятно, связано с механическим нарушением сплошности наружного слоя защитного покрытия при ввинчивании (рис. 1г.).

Кроме того, на головках винтов, используемых для крепления сэндвич панелей, обнаружены полосы темного цвета, свидетельствующие о пластической деформации в виде смятия и оттеснения материала деталей, образовавшихся от контакта с инструментом при завинчивании (рис.1б, г).



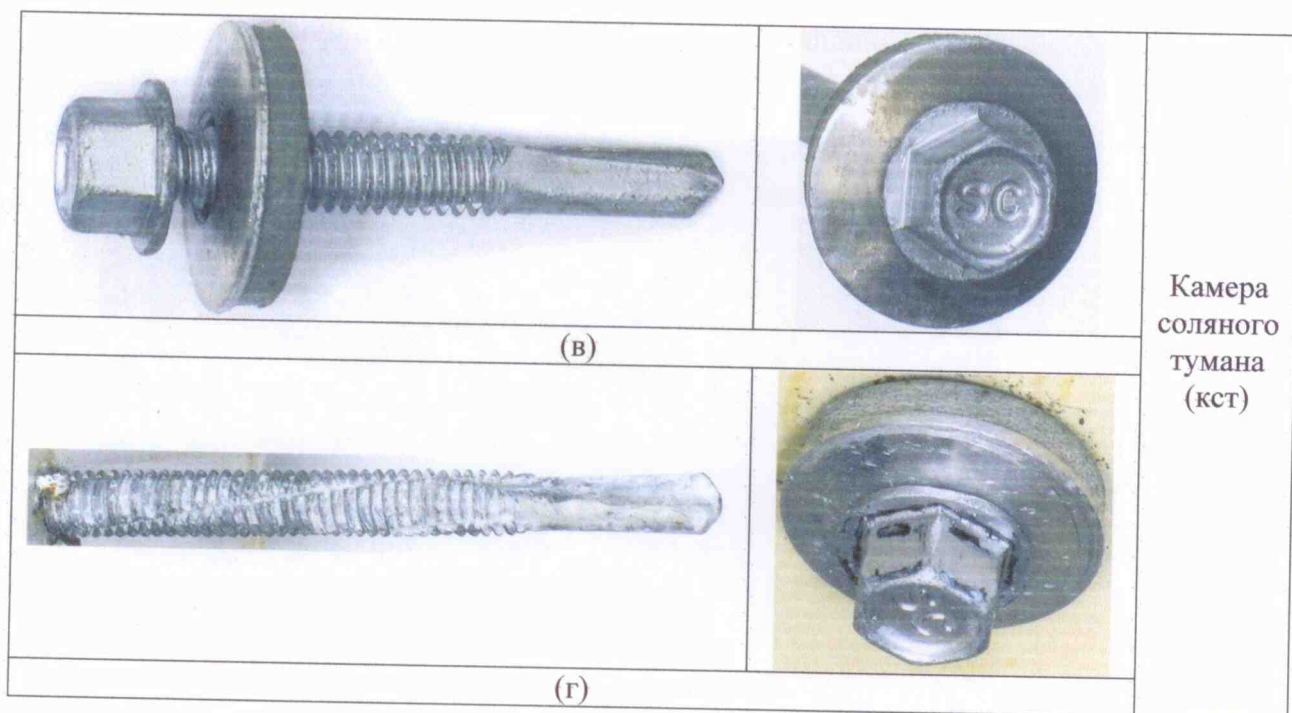



Рис.1. Внешний вид самонарезающих винтов SCORPION после испытаний в камерах влажности (а,б) и соляного тумана (в,г) в течение 30 суток.

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

Исследование проводилось на винтах, взятых выборочно, после испытаний в течение 30 суток в камерах влажности (рис. 2) и соляного тумана (рис. 3). Шлифы были приготовлены как в продольных, так и поперечных сечениях деталей.

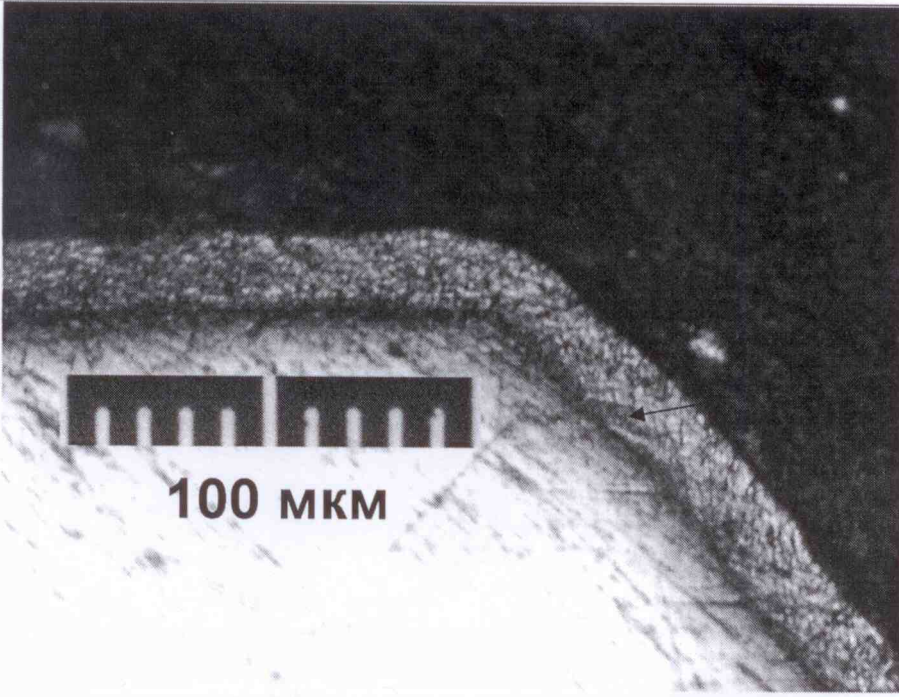
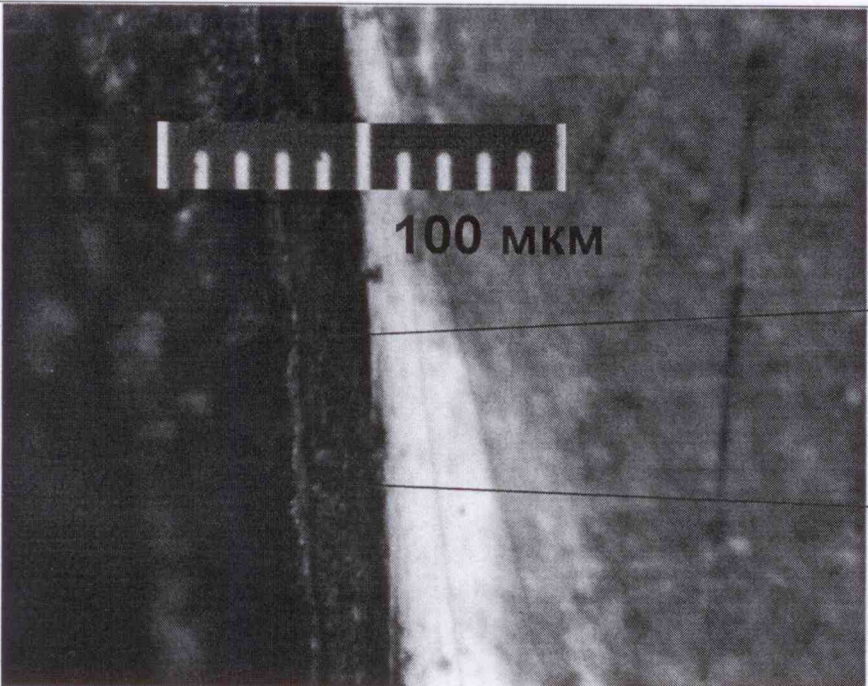
В результате анализа установлено, что покрытие Kaitex на винтах двухслойное, состоящее из подслоя цинка, толщина которого составляет 18-20 мкм, и слоя композиционного покрытия (КП) толщиной ~ 5 мкм.

После испытаний в камерах влажности и соляного тумана в материале винтов коррозионных повреждений не выявлено, защитное покрытие сохранилось практически полностью (рис.2 а, б, г, рис.3 а, д).

На шлифах, приготовленных из винтов после сборки сэндвич панелей, как на головке, так и на резьбовой части со стороны движения винтов выявлено частичное повреждение покрытия вследствие механического воздействия при ввинчивании (рис. 2 в; рис. 3 б-г, е).



В зоне контакта с шайбой и окрашенной пластиной сэндвич панелей в материале винтов коррозионных повреждений не выявлено.

 <p>100 мкм</p>	<p>Головка</p> <p>Покрытие Kaitex</p> <p>(a)</p>
 <p>100 мкм</p>	<p>Головка (шлиф потравлен в 3% HNO₃ в спирте)</p> <p>КП - Teflon</p> <p>Цинковое покрытие</p> <p>(б)</p>



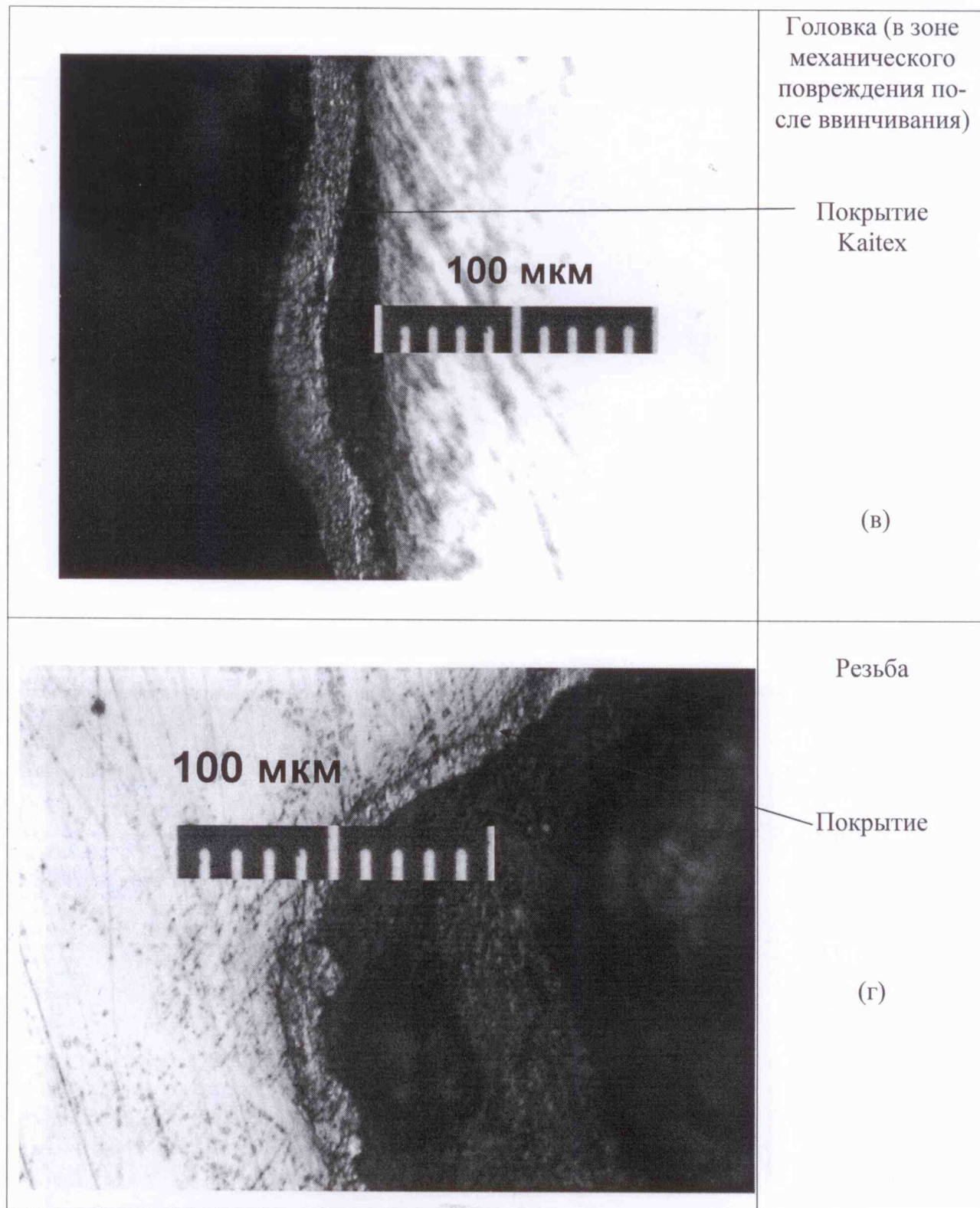
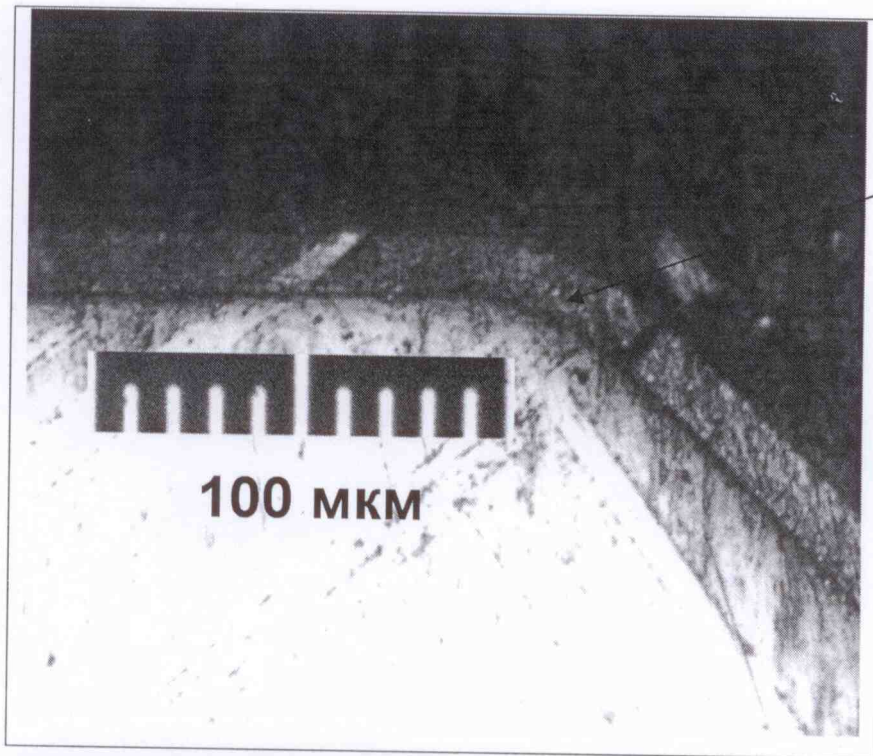


Рис. 2. Состояние материала винтов после испытаний в камере влажности в течение 30 суток.

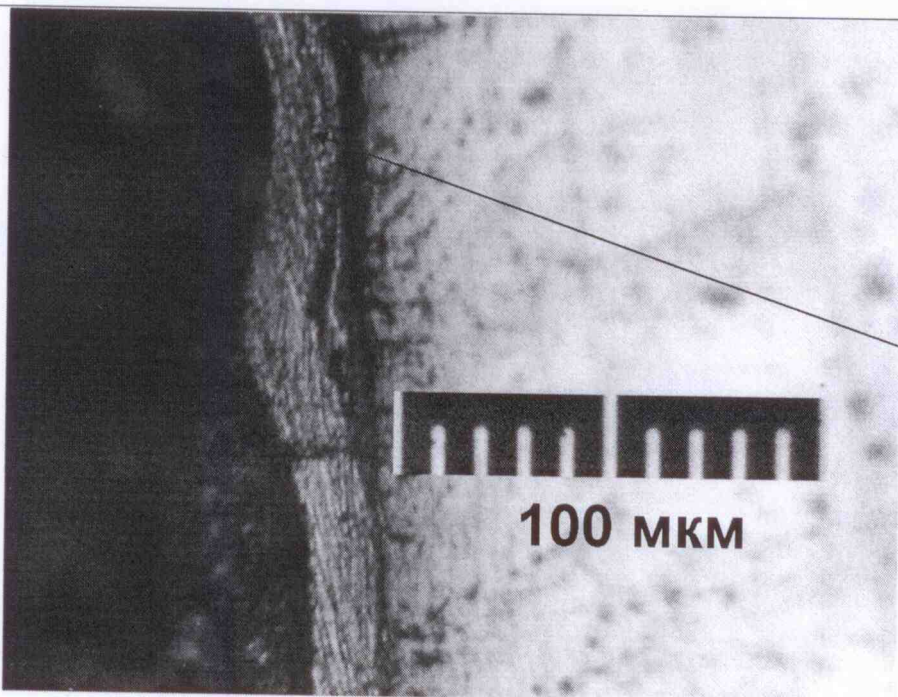
Handwritten signature



Головка

Покрытие
Kaitex

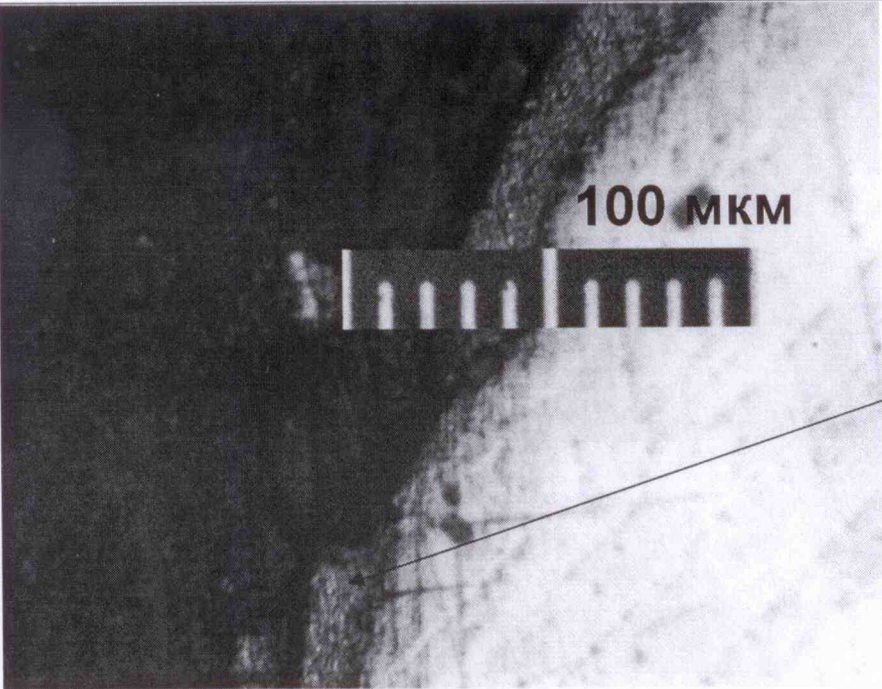
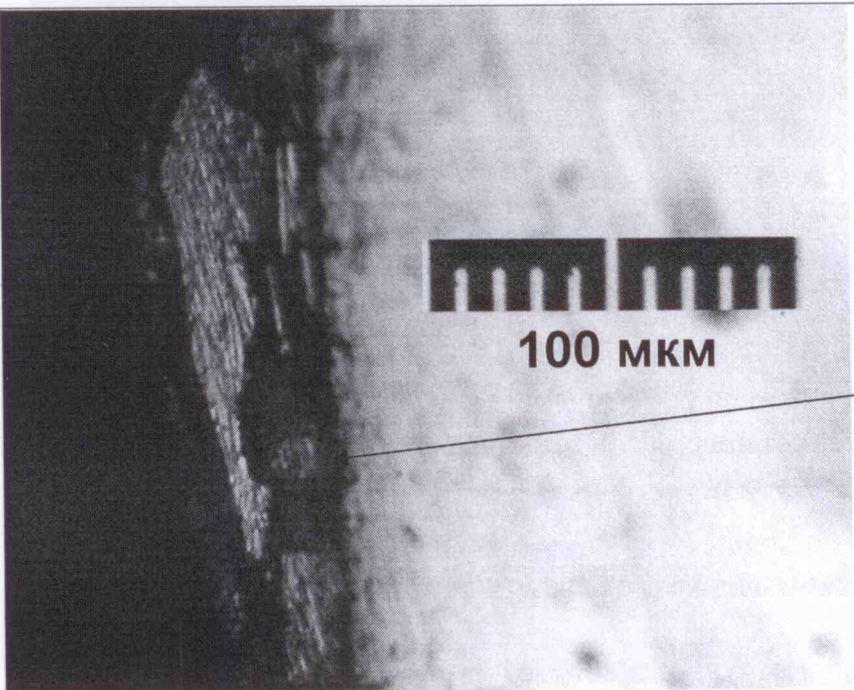
(а)



Головка
(в зоне механи-
ческого повреж-
дения после
ввинчивания)

Покрытие
Kaitex

(б)

	<p>Головка (в зоне механического повреждения после ввинчивания)</p> <p>Покрытие Kaitex (частично повреждено)</p> <p>(в)</p>
	<p>Головка (в зоне механического повреждения после ввинчивания)</p> <p>Покрытие Kaitex (частичное отслаивание и повреждение)</p> <p>(г)</p>

Handwritten signature

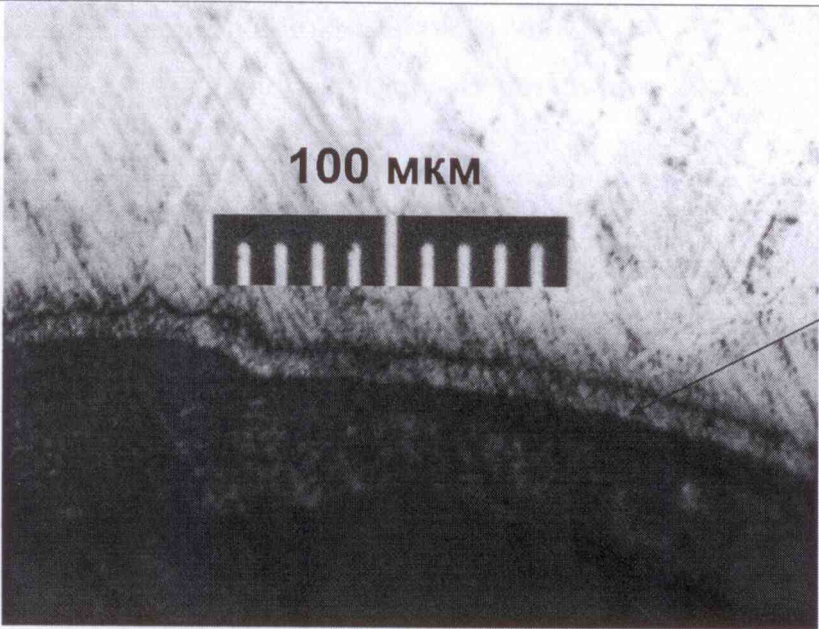
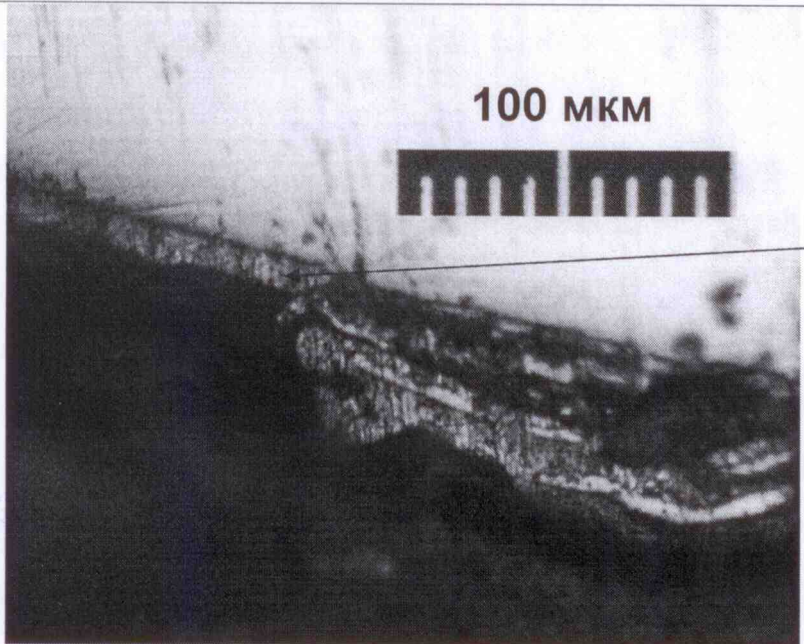
	<p>Резьба</p> <p>Покрытие</p> <p>(д)</p>
	<p>Резьба</p> <p>Покрытие (частичное отслаивание и повреждение)</p> <p>(е)</p>

Рис. 3. Состояние материала винтов после испытаний в камере соляного тумана в течение 30 суток.

Анализ результатов исследований

По результатам исследований установлено, что покрытие Kaitex состоит из двух слоев: внутренний из которых - цинковое покрытие, а внешний - слой горячего РТФЕ-покрытия (Teflon). Исследуемое покрытие, толщина которого составляет 18-20 мкм, относится к типу покрытий, которое, благодаря электропроводности и наличию металлических частиц, является анодным и обеспечивает электрохимическую защиту стальных деталей за счет растворения цинковой составляющей покрытия.



Оценку коррозионной стойкости покрытия проводили по методу воздействия нейтрального соляного тумана. В результате исследования установлено, что покрытие Kaitex обеспечивает защиту от воздействия коррозионно-агрессивной среды без признаков коррозии материала покрытия в течение 600 часов.

Применение винтов с покрытием Kaitex для крепления сэндвич панелей не требует специальных мер защиты, исключая контактную коррозию. Это объясняется как наличием внешнего полимерного защитного слоя на винтах, так и наличием шайбы, обеспечивающей необходимую герметичность соединения и ограничивающей доступ влаги к месту контакта крепежных элементов и сэндвич панелей. Применение алюминиевых сплавов и покрытия Kaitex также не требует специальных мер защиты, что объясняется значительной поляризуемостью как алюминия, так и покрытия, которое в данной комбинации чаще всего будет являться анодом.

Величина скорости коррозии покрытия, определенная в ходе испытаний в лабораторных атмосферах и аппроксимированная на длительный срок эксплуатации, в атмосфере средней агрессивности составит $\sim 0,5-0,7$ мкм/год; в слабоагрессивной атмосфере – $\sim 0,1-0,3$ мкм/год.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что покрытие Kaitex относительно устойчиво к воздействию коррозионно-агрессивных сред и рекомендуется для эксплуатации в условиях сухой, нормальной и влажной зон слабо- и среднеагрессивных (в том числе приморских) сред в течение не более 50 лет.

Выводы

1. Покрытие Kaitex относительно устойчиво к воздействию коррозионно-агрессивных сред и рекомендуется для эксплуатации в условиях сухой, нормальной и влажной зон слабо- и среднеагрессивных атмосфер.

2. В результате проведенных испытаний и оценки качества материала винтов SCORPION, используемых для крепления сэндвич панелей Trimoterm FTV 80, установлено, что винты с покрытием Kaitex относительно устойчивы к коррозии и могут эксплуатироваться в атмосферах средней и слабой агрессивности сроком до 50 лет.



Протокол осмотра образцов

Расположение зон осмотра фрагментов

1 – самонарезающие винты;

2 – сэндвич панель с самонарезающими винтами

Приложение 1

Зоны (№)		Коррозионное состояние образцов (фрагмент НФС)	
		Время испытаний в камере влажности, сутки	
5	10	15	30
1	Без изменений		
2	Темные полосы на головках винтов от ввинчивания		

Приложение 2

Зоны (№)		Коррозионное состояние образцов (фрагмент НФС)	
		Время испытаний в камере соляного тумана, сутки	
5	10	15	30
1	Без изменений		
2	Без изменений		
		Помутнение поверхностей	Отдельные точки белого цвета на головке. Сплошная коррозия цинка в виде белого налета разрушение цинка на резьбе

