

# Разрушение поверхности стекла: Неизбежность или контролируемый процесс?

*Сергей Перков и Стивен Баерс, Ritec International Limited*

*Все поверхности подвержены процессу выветривания, который снижает их качество и портит внешний вид, значительно затрудняя уход за ними. Системы защиты обычно выпускаются для большинства используемых материалов,, например, металлов.*

*К сожалению, в большинстве случаев лишь один вид материала остаётся незащищённым: стекло.*

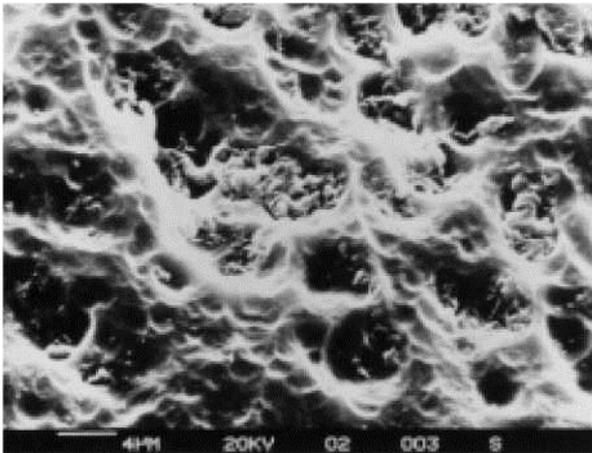


Рисунок 1

Новое стекло блестит и сверкает, обладает высокой прозрачностью, легко очищается и долго остаётся чистым. Вопреки распространённому мнению, поверхность стекла не является абсолютно ровной. Она имеет рисунок, который производители стекла называют «решёткой» или «сотами». Под микроскопом, как показано на рисунке 1, перед нами открывается ещё более неровная поверхность стекла, состоящая из бугорков и впадин. Органические и неорганические загрязнения заполняют эти впадины, и вступают со стеклом в химическую реакцию, плотно оседая на поверхности. В результате стекло быстро становится грязным и обесцвечивается, ухудшается прозрачность, затрудняется очистка и поддержание в чистоте. Поверхность стекла также обладает гидрофильными свойствами и со временем подвержено процессу коррозии, которая делает поверхность ещё более неровной, принося тем самым ещё больший вред, в некоторых случаях непоправимый. Всё это имеет неприятные последствия для владельцев зданий и других пользователей: увеличение затрат и усилий по уходу, обновлению или замене, и всегда приводит к снижению ожидаемого качества.

## РАЗРУШЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ СТЕКЛА: ПРИЧИНЫ

Подобно тому, как ржавеет металл, стекло подвержено процессу коррозии в результате реакций между поверхностью стекла и

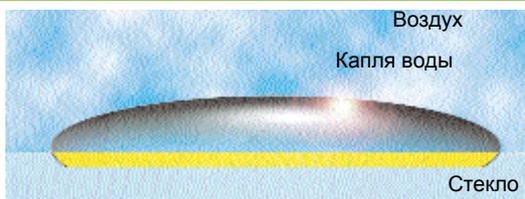
атмосферными газами. Она часто подвергается атакам влаги или испарений в результате конденсации или реакции со щелочным раствором.

Стекло гидрофильно, а это значит, что оно притягивает и удерживает влагу. Стекло всегда имеет на поверхности молекулярный слой влаги. Когда этот слой увеличивается в результате повышенной влажности или осадков, он может затруднять видимость и угрожает безопасности или комфорту. Но самое главное, он принимает самое непосредственное участие в разрушении поверхности стекла.

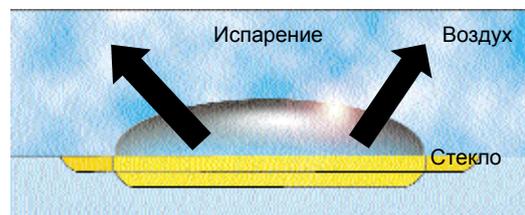
Различают две чётких стадии коррозии, которые происходят вместе или последовательно. Первый этап - водная коррозия, вызванная влажностью. Его называют ионным обменом или щелочным извлечением (выщелачиванием). Ионный обмен происходит между натриевыми ионами стекла и водородными ионами коррозионного раствора. Оставшиеся компоненты стекла не изменились, но увеличилась площадь рабочей поверхности, контактирующей с раствором. Это увеличение площади поверхности приводит к извлечению или выщелачиванию ионов щёлочи с поверхности стекла, оставляя на поверхности кварцевый слой. Когда концентрация кварца ( $\text{SiO}_2$ ) в стекле снижается, площадь поверхности увеличивается в результате разложения поверхности стекла. pH раствора, контактирующего со стеклом оказывает значительное влияние на течение коррозии. Быстрое возрастание pH приводит к быстрому разрушению поверхности стекла.

Существуют два вида водной коррозии - статический и динамический. Статическая водная коррозия вызвана захватыванием влаги поверхностью стекла. При динамической водной коррозии коррозионный раствор пополняется благодаря избытку конденсата. Даже одна капля влаги, попавшая на незащищённое стекло, как показано на рис. 2, может нанести значительные повреждения, которые будут видны при хорошем освещении.

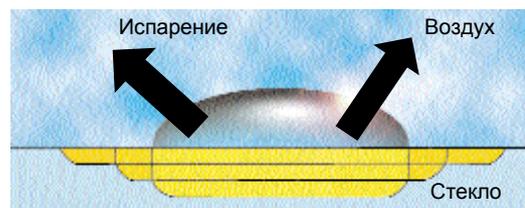
Второй этап коррозии - процесс разрушения выщелоченных слоёв поверхности стекла. Стекло является устойчивым к большинству кислот, но весьма восприимчиво к атакам щелочных материалов, особенно к концентрации ионов ( $\text{OH}^-$ ), которые повышают pH более, чем до 9.0. Результатом является атака соединений кварца и кислорода ( $\text{Si-O}$ ), образующих сеть, что приводит к разложению поверхности стекла. Щелочные очищающие средства всегда доступны и широко используются для ухода за стеклом, иногда без разбора. Повреждения поверхности стекла также могут быть вызваны ненадлежащими и абразивными методами очистки.



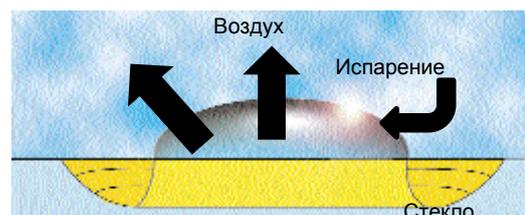
2.0  
Растворение соды на отмеченном участке  
ClearShield



2.1  
Растворение соды на отмеченном участке



2.2  
Сейчас капля насыщена. При продолжении выпаривания  
сода должна выпасть в осадок



2.3  
В результате образуется насыщенная кварцем поверхность с  
участком вещества, обогащённого содой, в центре

### Рис. 2. Испарение капли воды на поверхности нового стекла

Даже одна капля чистой воды на поверхности нового стекла и дальнейшее её испарение может принести значительные повреждения, заметные при хорошем освещении. Как только повреждения появились, они, скорее всего, будут увеличиваться в результате дальнейшей коррозии.

Другие источники щёлочности, представленные в таблице 1, вступают в химическую реакцию со стеклом при наличии влаги. Они прочно оседают на поверхности и вызывают общее снижение качества. Сначала повреждения появляются в виде отметин или пятен, но спустя короткое время могут превратиться в физические повреждения или вытравливание.

### РАЗРУШЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ СТЕКЛА: ПОЛНЫЙ СПЕКТР ИННОВАЦИОННЫХ И ДОЛГОВЕЧНЫХ РЕШЕНИЙ

Система ClearShield - уникальная система, предоставляющая широкий спектр решений для всех типов стекла, будь то на производстве или на месте эксплуатации. Наш опыт включает обновление стекла, чьё качество уже значительно снизилось в результате загрязнений и выцветания, а также защиту и последующий уход для нового или обновлённого стекла в качестве профилактики.

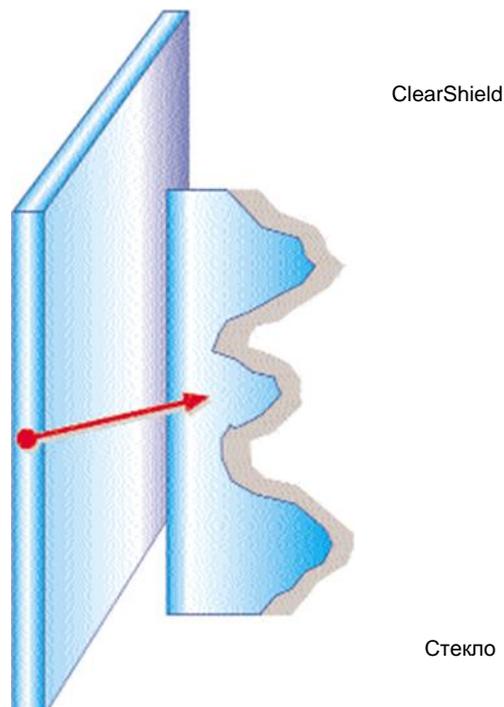


Рисунок 3. Неадгезионная поверхность стекла с системой ClearShield.

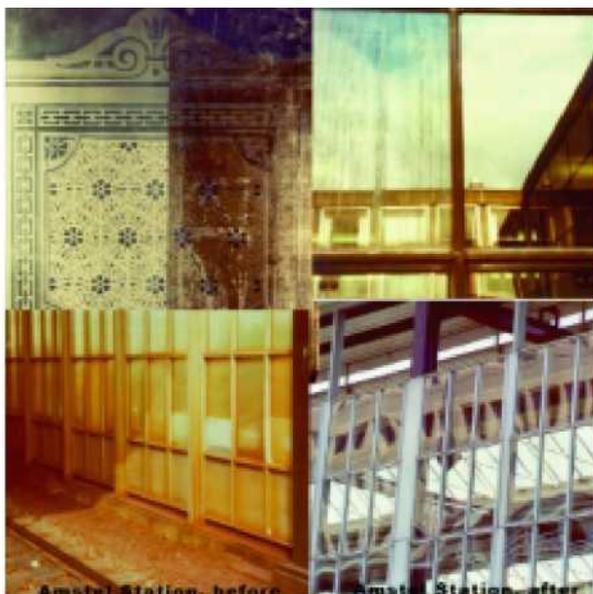
### ОБНОВЛЕНИЕ

Rites International стали первыми в области защиты поверхности листового стекла, представив технологию неадгезионной поверхности, история которой началась ещё в 1982 году. Глубокие исследования и обширный опыт сделали их знатоками и экспертами в области обновления стекла. Система ClearShield удаляет все загрязнения без дальнейшего износа его поверхности, который следует за процессом коррозии, описанным выше.

Органические и неорганические загрязнители, собранные в таблице 1, откладываются на стекле и плотно оседают на его поверхности. Rites разработали полный спектр инновационных решений для эффективного удаления этих загрязнений. Благодаря работе, выполненной на различных поверхностях,.

| Тип загрязнителя |                           | Источник загрязнения                      |  |
|------------------|---------------------------|---|--|
|                  |                           | Морская среда                             | Суша   |
| Неорганические   | Накипь                    | Морская вода                              | Жёсткая вода<br>Строительные материалы<br>Цементная пыль<br>Известь<br>Строительные отходы бетона<br>Кирпичная кладка<br>Каменная кладка |
|                  | Оксиды металлов           | Ржавчина (оксид железа) с каркаса         | Оксиды алюминия, свинца, железа и металлов с каркаса<br>Металлическая пыль от ограждений и тормозных колодок                             |
|                  | Силиконовые герметики     |   | Отходы герметиков  |
| Органические     | Загрязнение углеводородом | Отложения в результате дыма из труб судов | Дорожная плёнка и промышленные загрязнения<br>Выхлопы двигателей самолётов в аэропортах  |

Таблица 1: Типа загрязняющих веществ, химически связанных со стеклом.



Выше: фотографии 1 - 4

от морских судов до зданий в различных климатических условиях, обновление стало возможным благодаря разрушению связи между загрязнителем и стеклом, по возможности, без использования абразивных средств и методов.

Этот процесс оказал благотворное влияние на многие стекловидные поверхности, в результате чего стекло стало выглядеть как новое. Его изначальное качество, видимость, прозрачность и чистота стали прежними, как показано на фотографиях 1- 4.

## ЗАЩИТА

ClearShield, специализированная полимерная смола, обеспечивает защиту. Она вступает в химическую реакцию с поверхностью стекла на молекулярном уровне, изменяя свойства его поверхности, как показано на рис. 3.

ClearShield обладает особыми связующими свойствами, обеспечивающими долговечность её защиты. При нанесении полимер образует очень прочную химическую связь между стеклом и собой, создавая новую молекулярную поверхность, которая становится частью стекла. Молекулярная поверхность была одобрена в результате анализа поверхности, проведённого ISST (Институтом Поверхностей и Технологий) с помощью спектрометра оже-электрона. Эта установка позволяет провести структурный анализ и выполняет измерения веществ с разложением атомного слоя на чрезвычайно малых участках поверхности стекла.

ClearShield распределяется по контуру стекла, и её толщина меньше микрона. Также важно заметить, что система ClearShield не образует связи ни с какими поверхностями, кроме стекловидных. С других поверхностей она смывается обычным способом, например, мылом и тёплой водой.

Незащищённое стекло с высокими эксплуатационными расходами теперь преобразовано в неадгезионное стекло с системой ClearShield. Поверхность стекла с системой ClearShield при обработке становится полностью инертной. Поэтому поверхность с системой ClearShield выполняет роль барьера для оседающих загрязнителей и является более устойчивой к воздействию влаги и щёлочи, чем обычное стекло. В результате стекло легче очищается и дольше сохраняет устойчивость к загрязнениям. Стекло с системой ClearShield также эффективно противостоит оседанию бактерий там, где очень важна гигиена.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ СТЕКЛА

Вот почему разрушение поверхности стекла не является неизбежным.

|                  |                               |  |
|------------------|-------------------------------|--|
| Воспламеняемость | Воспламеняемость              | Тест на воспламеняемость с использованием закрытой колбы Абеля- метод испытания, соответствующий IP (Институту Нефти) 170/95 раздел 9.1 – <b>не удалось получить температуру вспышки</b>   |
| Погода           | Влажность                     | Температурные колебания от 30°C до 70°C в течение 8 дней, затем держалась 14 дней на уровне 70°C, всегда при 100% ОВ – значительно меньшая потеря веса, <b>чем на необработанных образцах сс</b>   |
|                  | Распыление соли               | 100 часовой тест - <b>выполнен</b>   |
|                  | Температурная камера          | До BS 3900:Методы испытаний для красок; 2000 часов - <b>выполнен</b>   |
| Механический     | Коэффициент трения            | Измерен на наклонной поверхности – <b>значительно меньше трения на обработанных образцах; 60-70% трения на необработанных образцах</b>   |
|                  | Механический износ            | Специально разработанное испытательное оборудование с резиновым валиком, вращающимся с помощью контролируемого давления перед образцами стекла, погружёнными в абразивный цементный раствор – <b>демонстрируют исключительную износостойкость</b>  |
| Химический       | Щелочная атака                | ISO 695 - <b>значительно меньшая потеря веса, чем на необработанных образцах</b>   |
|                  | Перемещение                   | <b>Не выявлено перемещения с обработанных на необработанные участки после отверждения</b>  |
| Биологический    | Отложения водорослей и помёта | <b>Лабораторные испытания в пробирке в течение 5 недель</b><br><b>Обработанный образец – водоросли и накипь легко удаляются с помощью мягкой ткани и порошка</b><br><b>Необработанный образец- водоросли удаляются после долгой очистки скребком; для удаления накипи требуется моющий порошок</b> |
| Нагревание       | Автоклав                      | По ISO 4802 - <b>выполнен</b> ; Не выявлено различий между обработанными и необработанными образцами   |
|                  | Циклы заморозки и таяния      | От -15°C до + 20°C; 20 циклов - <b>выполнено</b>   |
|                  | Тепловой удар                 | Инфракрасное излучение в течение 8 часов, затем распыление холодной воды; 20 циклов - <b>выполнено</b>   |
| Свет             | Пропускание света             | <b>Не выявлено заметного снижения на обработанных образцах</b>   |
| Данные           | Оседание краски               | BS 3900: Методы испытаний для красок, испытание перекрёстных насечек: <b>не выявлено различий в оседании краски на камне и металле после очистки тёплой водой с порошком</b>   |

Практическое значение нанесения ClearShield также является очень важным.

Первоочередными и самыми важными факторами являются здоровье и безопасность, а также разнообразие и безопасность в применении, о которых и пойдёт речь. Токсичность и воспламеняемость растворителей, используемых в системе, являются важными для пользователя и окружающей среды.

Некоторые растворители очень вредны при глотании или вдыхании, что подвергает опасности сотрудника по нанесению, а также имеют экологические ограничения.

ClearShield не является токсичной или вредной для здоровья, а может вызывать только раздражения кожи или глаз. Придерживаясь политики ответственности за окружающую среду, Rites постоянно проводит исследования, чтобы применять растворители, которые являются наименее агрессивными для потребителей и окружающей среды.

Применение продуктов с очень низкими температурами воспламенения может представлять значительную опасность, будь то нанесение вручную или с помощью аэрозоля. Статическое электричество, производство энергии и другие потенциальные источники разряда представляют реальную опасность. При определённом содержании испарений в воздухе взрывоопасность очень высока. Окружающее пространство также должно соответствовать требованиям безопасности, таким как искрозащита и антистатичность. Даже мобильные телефоны могут вызывать опасность.

Как показано в таблице 2, система ClearShield не воспламеняется, поэтому её можно безопасно наносить вручную или с помощью аэрозоля и избежать расходов на искрозащитное и очистное оборудование. Существует ряд распылительных установок, от ручных до полностью автоматизированных, которые можно адаптировать к любому уровню производства.

Стекло с системой ClearShield не требует специализированной защиты при обращении с ним. Напротив, если на стекле остались излишки полимера, он обеспечивает дополнительную защиту при строительстве.

ClearShield имеет неограниченный срок хранения, что значительно снижает риск изнашивания или сомнительного качества.

Совместимость с герметиками, используемыми в архитектурных глазурях, для окон, теплиц или душевых кабин, должна быть обеспечена. Некоторые ведущие производители герметиков, например, Dow Corning, Ego, Sika, Wacker Chemie, Otto Chemie и Simson уже одобрили применение некоторых своих герметиков на стекле с системой ClearShield. Пожалуйста, свяжитесь с сотрудниками Rites для получения более подробной информации.

#### **ОДОБРЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ, СООТВЕТСТВУЮЩАЯ СВОЕМУ НАЗНАЧЕНИЮ**

Как указано выше, риск разрушения поверхности стекла, а также загрязнений и затруднения очистки, остро ставят вопрос защиты поверхности стекла. Что же касается всех технологий, предлагаемое решение должно быть пригодным для любых целей и для любых средств. Длительное сохранение качества и долговечность являются основными требованиями, предъявляемыми к любой защитной системе, но их очень трудно создать в условиях ускоренного испытания. В течение последних шестнадцати лет различные независимые лаборатории и компании по производству стекла проводили множество испытаний со стеклом с системой ClearShield.

Один из известных лабораторных тестов - контактный угол капель воды, измеряющий гидрофобность. Британское Стекло (ранее - Британская Ассоциация Исследования Стекла) провела испытания контактного угла на стекле, защищённом системой ClearShield. Полученный контактный угол на образцах варьировался от 95 до 105 и составлял минимум 98. Поэтому результат показывает высокий уровень гидрофобности.

Тем не менее, точное измерение контактного угла представляет трудность и может зависеть от неровностей поверхности химической неоднородности.



(left) Visual Control Tower at Schiphol Airport, Amsterdam



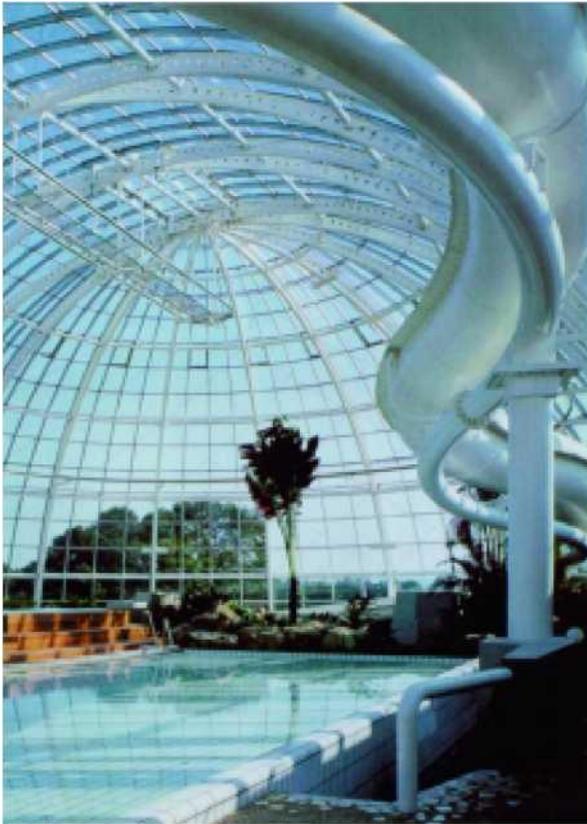
(below) Lloyds of London Building

Если контактный угол может служить основным показателем эффективности первоначального нанесения, отношение к износостойкости и качеству защиты, если таковое имеется, остаётся неясным.

Естественное выветривание, которое во многом определяет долговечность защиты поверхности, является результатом раздельного или совместного действия солнца, дождя, морозов и атмосферных загрязнений. Сюда же входит воздействие коррозии, ультрафиолетового (UV) излучения, нагрев инфракрасным излучением, окисление и загрязнения воздуха.

Вот почему ClearShield также является не покрытием, но продуктом преобразования поверхности стекла, все стандартные лабораторные испытания поверхности покрытия были выполнены для дальнейшей оценки её устойчивости к выветриванию. Как показано в таблице 2, система ClearShield прошла все эти испытания.

Однако, опыт Rites находится в соответствии с мнениями, выраженными многими техническими предприятиями по производству стекла, что главной ценностью этих испытаний является скорее оценка относительных достоинств различных защитных систем, нежели прогнозирование качества в конкретных условиях; Даже тогда результаты при реальной эксплуатации и классификации тестов не всегда согласуются.



Производственное преобразование в стекло с системой ClearShield перед установкой, г. Цзяма.

Например, Музей Стекла в Корнинге, штат Нью-Йорк, США (Прим. 1) сообщает, что на уровень коррозии влияет множество факторов, и на сегодняшний день ни один лабораторный тест не способен предсказать поведение стекла при всех условиях. Точно так же EPMA, Швейцарские Федеральные Лаборатории Материалов (прим. 2) утверждают: «В целом, не ожидается, что имеются соотношения между старением в результате искусственного и естественного выветривания, ввиду большого числа параметров и процессов распада, которые часто являются очень сложными. Однако, тесты годятся для сравнения для сравнения характеристик старения различных продуктов».

Не существует теста на качество, который смог бы заменить опыт эксплуатации. Основанием гарантий Ritec International всегда служил их опыт в данной области, и именно он увеличивает гарантируемую долговечность на годы.

Целый ряд компаний более чем в 30 странах по всему миру, доверяют системе ClearShield в таких областях как архитектурная глазурь, декоративное стекло, душевые двери и кабины, окна и теплицы, морские суда. Ниже представлены два примера, показывающие, какое удовлетворение получают пользователи неадгезионного стекла с системой ClearShield..

#### ПУНКТ НАБЛЮДЕНИЯ В АЭРОПОРТУ SCHIPOL, АМСТЕРДАМ

В 1991 году стеклянные панели с системой ClearShield были установлены в пункте наблюдения в аэропорту Schipol в Амстердаме. Дорогие панели с широкими техническими возможностями, выполненные St Gobain, были обработаны на производстве перед установкой.

Загрязнители, такие как несгоревшие углеводороды, создают очень неблагоприятную среду для стекла в аэропортах. Коррозия стекла, вызванная этими загрязнениями и атмосферным воздействием, приводит к значительному снижению видимости, увеличению опасности и значительно затрудняет очистку.

Выпуск 2 – 2001

Когда первичная обработка была выполнена специалистами Ritec Venelux, ожидалось, что обслуживание понадобится только через 5 лет. Долговечность защиты варьируется в зависимости от условий эксплуатации стекла. С момента установки панели очищались приблизительно раз в месяц.

Через 10 лет руководство аэропорта обратилось с запросом на исследование панелей, чтобы оценить состояние стекла и при необходимости провести новое нанесение системы для предотвращения потери тех преимуществ, которые предоставляет ClearShield, на которую могли повлиять несколько лет износа поверхности стекла. Результаты тестов показали, что в повторном нанесении системы нет необходимости. Результаты показали, что по прошествии 10 лет система всё ещё выполняет свою первоначальную функцию, и в повторном нанесении пока нет необходимости. Многие другие аэропорты мира сегодня используют преимущества той же защитной системы.

#### LLOYDS OF LONDON - ПАМЯТНИК АРХИТЕКТУРЫ В ЛОНДОНЕ

В ходе очередной проверки в начале 1990-х владельцы Lloyds Building заметили, что краска на раме вокруг атриума осыпается и оседает на стекло, оседая на поверхности. Это крайне усложняло очистку стекла. Стекло было успешно преобразовано в стекло с системой ClearShield. Сегодня краска до сих пор сыпется, но благодаря неадгезионной поверхности оно всё ещё легко очищается, длительных загрязнений не наблюдается, и для его обслуживания достаточно обычных методов очистки.

Рой Пэриш, менеджер по эксплуатации Lloyds Building говорит: «Нас очень порадовала система ClearShield, она оказалась очень полезной для эксплуатации нашего здания, и мы намерены продолжать работать с ними в режиме последующего наблюдения».

Поэтому для достижения таких результатов базовыми требованиями для получения необходимой защиты поверхности стекла являются:

- Прочная химическая связь, которая делает защитную систему неотъемлемой частью поверхности стекла;
- Мультимолекулярная защита вместо мономолекулярной, для более высокого качества и большей долговечности;
- Надёжная защита от статической и динамической водной коррозии, воздействия щёлочи и предотвращение оседания как органических, так и неорганических загрязнителей;
- Безопасное применение, т.е., невоспламеняющаяся и нетоксичная;
- Неограниченный срок хранения;
- Простота применения, будь то на производстве или на месте эксплуатации, а также приспособляемость к любым объёмам производства;
- Легко смывается с нестекловидных поверхностей;
- Не требует специализированной защиты при обращении;
- Долговечна и легко наносится повторно при необходимости;
- Достижения при любых рабочих условиях, как в помещении, так и на открытом воздухе. ■

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Музей Стекла в Корнинге, Обучение, Свойства Стекла: Химические  
[www.cmog.org/index.asp?pageId=716](http://www.cmog.org/index.asp?pageId=716)
2. EMPA Abteilung 136 Коррозия и Защита Поверхности, Искусственное Выветривание и Старение.  
[www.empa.ch/englisch/fachber/abt136/index.htm](http://www.empa.ch/englisch/fachber/abt136/index.htm)