

Список цитированных источников

1. Мелентьев, В.А. Учёт анизотропии фильтрационных и прочностных свойств намытых грунтов при проектировании гидротехнических сооружений / В.А. Мелентьев, В.А. Филимонов. – М.: Гидротехническое строительство, 1981. – №4. – С. 23-26.
2. Садовский, С.С. Исследование анизотропии прочностных характеристик намывных песчаных грунтов. – Мн., 1981. – С. 15-16.
3. Винокуров, Е.Ф. Учет анизотропии механических свойств намывных грунтов в Белоруссии / Е.Ф. Винокуров, И.М. Набоков // Современные методы определения механических характеристик слабых грунтов: материалы научно-практической конференции. – Ленинград, 1978. – С. 12-14.
4. Набоков, И.М. Исследование влияния анизотропии на напряженно-деформированное состояние намывных оснований: автореферат диссертации на соискание ученой степени к.т.н. – Баку, 1980. – С. 22.

УДК 66.097:69.1.6

Ланских В.Э.

Начный руководитель: к.т.н., доцент Шалобыта Т.П.

ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ САМООЧИЩАЮЩЕГОСЯ СТЕКЛА НА ОСНОВЕ ПОКРЫТИЯ ИЗ ДИОКСИДА ТИТАНА

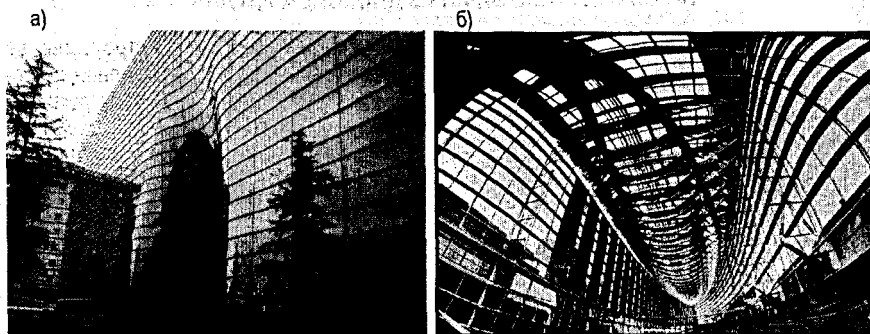
Роль стекла в современном жилищном, промышленном и гражданском строительстве невозможно переоценить. Начав свое победное шествие с простого заполнения светопроемов зданий, стекло в настоящее время превратилось в незаменимый конструкционный материал. Область его применения простирается от светопрозрачных кровельных конструкций и зенитных фонарей до перегородок, полов, лестниц, самонесущих и несущих строительных конструкций, защитных экранов.

В современном проектировании репутация стекла как «высокотехнологичного», функционального, изящного и многоцелевого материала продолжает укрепляться. В третьем тысячелетии мировые тенденции в остеклении диктуют максимальную открытость помещений естественному освещению. И все же, стирая грань между экстерьером и интерьером зданий, современный архитектор, проектируя «воздушные замки» с обилием стекла и вкраплением металла, бетона и других материалов, должен помнить о некоторых особенностях таких сооружений [1], одной из которых является быстрое загрязнение стекла.

Транспорт и промышленность являются основными источниками загрязнения атмосферного воздуха. Плачевное состояние городской атмосферы, насыщенной выхлопными газами и копотью, негативно сказывается на состоянии светопрозрачных элементов зданий и сооружений. Стеклоянная поверхность быстро покрывается не только пылью и грязью, но и трудноудаляемыми загрязнениями сажистого налета. В результате здание приобретает неопрятный и отталкивающий вид. Особенно актуальна эта проблема для небоскребов и зданий сложной архитектуры, где стекло располагается на большой высоте, или к нему трудно обеспечить доступ (рисунок 1, а). Отмыть такие сооружения – дело не простое и не дешевое. К тому же эта работа малоэффективна, так как вымытые фасады очень быстро утрачивают чистоту. Для поддержания чистоты Токийского Международного форума (рис. 1, б), фасад атриума которого отделан 20000 м² многослойного стекла, постоянно должны работать два робота с вращающимися щетками [2]. Площадь поверхности, очищаемой за день – 300 м². Небоскреб «Сирс Тауэр» в Чикаго шесть автоматических моечных машин чистят 8 раз в году.

Во второй половине XX века было разработано множество видов покрытий для стекла, нашедших широкое применение в самых различных отраслях. Но лишь сравнительно недавно появилось стекло, которое позволило решить проблему загрязнения – само-

очищающееся стекло. Основных принципов самоочистки два. Первый из них основан на создании поверхностной пленки, которая, покрывая материал, создает на нем структуру в виде геометрической волнообразной решетки с размерами меньше, чем молекула воды. Такие материалы при невысокой временной устойчивости имеют достаточно высокую стоимость. Поэтому более широкое применение получило самоочищающееся стекло, в котором эффект самоочистки достигается за счет специального пиролитического покрытия двойного действия. Стекло в процессе производства покрывают активной поверхностной пленкой, которая способна очищать стекло снаружи от органических и других загрязнений. Прочность нанесенного покрытия достигается специальным производственным процессом. Микроскопически тонкое покрытие наносится на наружную сторону стекла и становится неотъемлемой частью его поверхности. Покрытие может быть повреждено, только если оцарапать или разбить само стекло. С виду самоочищающееся стекло выглядит совершенно обычно, и грязь оседает на нем точно так же, как на обычном стекле. Но благодаря тому, что на его поверхности есть тонкий слой (толщина – 15 нм) диоксида титана, вступающий в реакцию с грязью при освещении солнечным светом, это стекло обладает способностью к самоочищению.



а) сферический молпированный триплекс в остеклении Пекинского планетария;

б) многослойное стекло Токийского Международного форума

Рисунок 1 – Стекло в фасадах современных зданий

Диоксид титана – один из основных материалов в повседневной жизни. Он широко используется как белый пигмент в красках, косметике и продовольствии. Существует в трех прозрачных модификациях: рутил, анатаз и брукит. В качестве фотокаталитического покрытия используют модификацию анатаза, так как она имеет наименьший коэффициент преломления света, а также является наиболее прозрачной по сравнению с другими модификациями. TiO_2 – полупроводниковое соединение, обладающее фотокаталитическим эффектом [3]. Фотокаталитический эффект – это химическая реакция, которая происходит под воздействием световой энергии в присутствии катализатора. Очень важен тот факт, что катализатор, стимулируя химическую реакцию, сам в ней не участвует, то есть не расходуется. В свою очередь органические частицы грязи, попадающие на поверхность, подвергнутся окислению.

Согласно современным представлениям, в полупроводниковых соединениях электроны могут находиться в двух состояниях – свободном и связанном. В первом состоянии электроны движутся по кристаллической решетке, образованной катионами Ti_4^+ и анионами кислорода O_2^- . Во втором состоянии – основном, электроны связаны с каким-либо ионом кристаллической решетки и участвуют в образовании химической связи. Для

перевода электрона из связанного состояния в свободное состояние, необходимо затратить энергию не менее 3,2 эВ. Эта энергия может быть доставлена квантами света с длиной волны меньше чем 390 нм (ультрафиолетовое излучение). Таким образом, при поглощении света в объеме частицы TiO_2 рождаются свободный электрон и электронная вакансия – в физике полупроводников такая электронная вакансия называется дыркой. Электрон и дырка – достаточно подвижные образования и, двигаясь в частице полупроводника, часть из них рекомбинирует – возвращается в связанное состояние, а часть выходит на поверхность и захватывается ею. Захваченные на поверхности электрон и дырка являются вполне конкретными химическими частицами. Химически они чрезвычайно активны (рисунок 2).

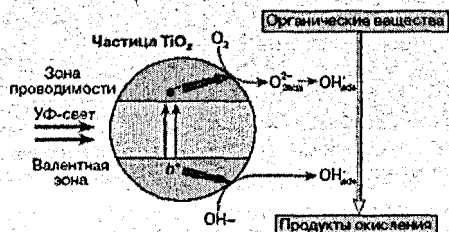


Рисунок 2 – Схема процессов фотокаталитического эффекта

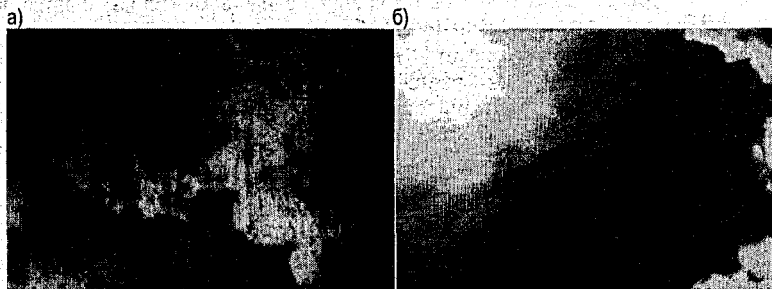
В терминах окислительно-восстановительных потенциалов реакционная способность электрона и дырки на поверхности TiO_2 характеризуется следующими величинами: потенциал электрона $-0,1$ В, потенциал дырки $+3$ В относительно нормального водородного электрода. Иными словами, электрон способен реагировать с кислородом, рождая мощные окислительные радикалы O^- и OH^- . Дырка реагирует либо с водой, либо с любым адсорбированным органическим, в ряде случаев и неорганическим, соединением. OH^- или O^- радикалы также способны окислить любое органическое соединение. И, таким образом, поверхность TiO_2 под светом становится сильнейшим окислителем. Последовательность реакций в пленке TiO_2 проходит несколько стадий [3]:

- поглощение света – рождение электрон – дырочных пар;
- диффузия электронов и дырок к поверхности полупроводника;
- объемная рекомбинация электронов и дырок;
- поверхностная рекомбинация электронов и дырок;
- полезные реакции электронов и дырок с адсорбированными молекулами.

Такое покрытие придает поверхности стекла гидрофильные свойства. Поэтому на следующем этапе очищения продукты распада, а также неорганические загрязнения (дорожная пыль и т.д.) легко смываются дождевой водой [4]. После высыхания на стекле не остается подтеков, разводов и пятен (рисунок 3).

Стекло – постоянно эволюционирующий материал. Стекланные структуры удивительно органично вписываются в любую архитектурную среду: играют ли они роль буферной зоны для защиты памятников архитектуры от атмосферных воздействий (Эфес, Лувр, библиотека в Ульме) или солируют в градостроительном ансамбле (информационно-коммуникативный центр Бранденбургского технического университета в Коттбусе, оперный театр в Копенгагене и т.д.) [2]. Стекло стало привилегированным строительным материалом не только в силу своей эстетической привлекательности, но и потому, что выполняет массу утилитарных функций: контролирует расход тепловой энергии, используемой для отопления помещений; регулирует поступление солнечной энергии и света;

защищает от шума; предоставляет новые творческие возможности и альтернативы для инновационных решений архитекторам и проектировщикам и др. Самоочищающееся стекло к тому же позволяет на долгое время сохранить удивительные эстетические эффекты, приближая человека к окружающей среде.



а) обычное стекло; б) самоочищающееся стекло
Рисунок 3 – Вид стекла после загрязнения и полива

Список цитированных источников

1. Применение стекла в строительстве: справочник / В.А. Дроздов, С.М. Гликин, В.П. Тарасов [и др.] под общ. ред. В.А. Дроздова. – М.: Стройиздат, 1983. – 288 с.
2. 100 чудес современной архитектуры; пер. с англ. – М.: ЗАО «БММ», 2009. – 224 с.: ил.
3. <http://diterglass.com.ua/1102-samoochischayuscheesya-glass-is-made-technologies.html>
4. <http://www.tudor-glass.co.uk>

УДК 533.6:624.012.6.

Ланских В.Э.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Шалобыта Т.П.

ПУТИ СНИЖЕНИЯ ТЕПЛОБМЕНА С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ ВИДОВ ОСТЕКЛЕНИЯ

Вопрос энергоэффективности зданий и сооружений в современном строительстве является предметом постоянных дискуссий. Увеличение доли остекления в фасадных конструкциях неизбежно заставляет задуматься о повышении теплотехнических характеристик оконных систем. Как показывает практика, большинство существующих оконных конструкций являются неэффективными с точки зрения энергосбережения. Например, на выполненной в ходе исследований тепловизионной съемке аудитории нашего университета (рисунок 1) ясно видно, что основные потери идут именно через остекление.

В оконной конструкции именно светопрозрачная часть занимает наибольшую площадь, т.е. сколько бы ни улучшались теплотехнические характеристики коробки и рамы в случае применения традиционного стеклопакета, все эти улучшения не смогут существенно снизить потери тепла. Реального снижения потерь тепла можно достичь путем использования более совершенных материалов во всех элементах остекления. Это позволит уменьшить процесс теплообмена с окружающей средой за счет каждой его составляющей: за счёт теплопроводности, конвекции и теплового излучения.

Снижение теплопроводности можно достичь путем применения стеклопакетов с различным заполнением межстекольного пространства. Для существенного улучшения тепло- и звукоизолирующих свойств стеклопакетов часто используется заполнение инерт-