

## **Новые виды стекол, применяемых в строительстве**

Инж. О.А. Емельянова, к.т.н. А.Г. Чесноков, д.т.н., профессор В.Е. Маневич,  
(АО "ГИС", Москва)

Традиционно стекло в строительстве использовалось только, как светопрозрачный материал, и основными требованиями к нему были: высокий коэффициент пропускания света, малые оптические искажения, высокая стойкость к воздействию окружающей среды. Это определяло небольшую номенклатуру выпускаемых строительных стекол. В настоящее время, в связи с увеличением размеров световых проемов, применением новых методов строительства и новых архитектурных решений, номенклатура требований существенно расширилась.

При эксплуатации стекла в строительных конструкциях на них действует ряд факторов, влияющих на их прочность и возможность использования. К характеристикам стекол, обеспечивающим их стойкость к таким факторам, можно отнести: прочность на удар мягким телом (мешок со свинцовой дробью массой 45 кг, падающий с высоты 30, 45, 120 см в зависимости от класса защиты), термостойкость (способность выдерживать резкий перепад температур без разрушения), химическая стойкость (водостойкость, кислотостойкость, щелочестойкость, то есть стойкость к воздействию агрессивных сред), износостойкость (стойкость к абразивным воздействиям, например, царапанию). Кроме того, при проектировании остекления большое значение имеет масса стекла, его толщина, коэффициент направленного пропускания света, термическое сопротивление, звукоизолирующая способность, стойкость к преступным воздействиям и цена. При проектировании остекления в зданиях должны учитываться все эти характеристики, чтобы обеспечить выполнение всех требований при последующей эксплуатации здания. Многие из этих требований противоречат друг другу, и не могут быть выполнены одновременно в одном стекле, поэтому выпускается широкая гамма строительных стекол различного назначения, комбинация которых в остеклении позволяет удовлетворить все требования.

Во всем мире бурно развивается применение стекла для строительства, появляется много новых видов стекол, увеличиваются площади остекления, создаются новые конструкции из стекла.

В современном строительстве применяется большая гамма стекол, которые обладают определенными свойствами. Это такие как: стекла с покрытием (низкоэмиссионные, пропускающие или отражающие солнечные лучи, пропускающие или отражающие ультрафиолет, инфракрасное излучение, радиоизлучение), стекло безопасное при эксплуатации (строительный триплекс, стекло с защитной пленкой, закаленное).

Особенно быстро развивается применение стекол с низкоэмиссионными покрытиями. В США за последние 10 лет применение стеклопакетов с низкоэмиссионными стеклами возросло с 10 до 40 % от всего объема продаваемых окон, в Западной Европе – с 15 до 90 %, в России – с 0 до 15-20 %. Такие успехи стран Западной Европы объясняются целенаправленной политикой правительств этих государств по энергосбережению в зданиях и сооружениях (очень актуальный для России опыт, но это тема отдельного разговора). Это только один из примеров роста потребления стекол со специальными покрытиями, для каждого региона мира с учетом его климатических и других особенностей необходимы свои покрытия. Применение стекла безопасного при эксплуатации уже стало нормой в странах Западной Европы и США: остекление верхних этажей зданий и балконов ведется только таким стеклом.

Большое разнообразие стекол с покрытием можно классифицировать по различным признакам:

- в зависимости от момента нанесения покрытий покрытия делятся на нанесенные в процессе производства стекла (на линии – on line) и вне процесса производства (вне линии – off line).

- в зависимости от метода нанесения покрытий различают пиролитические покрытия, то есть покрытия полученные путем осаждения из растворов при высоких температурах, и вакуумные (магнетронные), то есть покрытия полученные путем осаждения заряженных ионов материала в вакууме.

- в зависимости от стойкости покрытия к внешним воздействиям различают твердые покрытия, то есть покрытия, у которых стойкость к истиранию и химическая стойкость соответствуют стойкости стекла, и мягкие покрытия, которые не выдерживают агрессивных воздействий окружающей среды.

- в зависимости от назначения различают декоративные покрытия, солнцезащитные, отражающие (зеркальные), низкоэмиссионные (теплосберегающие), электропрово-

дующие, радиозащитные. Декоративные покрытия предназначены для придания большей архитектурной выразительности остеклению и, обычно, имеют серебряный, бронзовый, зеленый, синий цвет (можно получить любой цвет). Солнцезащитные покрытия предназначены для защиты помещений от проникновения избыточных солнечных лучей. Отражающие покрытия предназначены для придания стеклам зеркального эффекта и имеют высокий коэффициент отражения видимого света. Низкоэмиссионные покрытия предназначены для снижения коэффициента эмиссии у стекла, что позволяет снизить потери тепла через остекление. Радиозащитные и электропроводящие покрытия имеют малое электрическое сопротивление и, в случае заземления, позволяют защитить помещение от проникновения электромагнитного излучения или, в случае подключения к источнику электрического тока, подогревать стекло.

В процессе производства стекла можно наносить покрытия любых назначений, но наибольшую популярность получили отражающие покрытия (типа Reflectafloat фирмы Pilkington) и низкоэмиссионные покрытия (типа K-glass фирмы Pilkington). Это пиролитические или твердые покрытия. Основным достоинством этих покрытий является их высокая стойкость к внешним воздействиям, что позволяет транспортировать, хранить, обрабатывать, эксплуатировать стекла с такими покрытиями, как обычное стекло.

Вне процесса производства стекла (вакуумное напыление, мягкие покрытия) наносят покрытия любых назначений. Основным достоинством этого метода является относительно низкая цена оборудования для нанесения покрытий и независимость от процесса производства исходного стекла. Основным недостатком является низкая стойкость покрытия к внешним воздействиям, поэтому стекла с такими покрытиями требуют специальных мер защиты при транспортировании, хранении, обработке и эксплуатации. В частности, их рекомендуется использовать в стеклопакетах, заполненных инертным газом, покрытием внутрь стеклопакета и в то же время мягкие покрытия имеют лучшие показатели по энергосбережению (более низкий коэффициент эмиссии).

Низкоэмиссионное стекло (также стекло с низким E или LE) - это общее название для стекол, которые имеют покрытие, обладающее низкой излучательной способностью (низкоэмиссионное покрытие). Теплоизолирующая способность низкоэмиссионного стекла намного лучше, чем обычного, солнечное коротковолновое тепловое излучение проникает через стекло хорошо, а стремящееся выйти изнутри наружу длинноволновое

излучение эффективно отражается от поверхности обратно. Особо рекомендуется использование низкоэмиссионного стекла в качестве одного из стекол в изолирующих стеклопакетах, поскольку, таким образом, можно в значительной степени повысить теплоизолирующие свойства части строительной конструкции, приходящейся на окно.

В качестве стекол безопасных при эксплуатации в настоящее время в России применяются три вида стекол: строительный триплекс; стекло с защитной полимерной пленкой; закаленное стекло. Каждый из этих видов продукции имеет свои достоинства и свои недостатки. Все эти виды стекла имеют свои технические характеристики, свойства, особенности применения.

Строительный триплекс представляет собой два листовых стекла, скрепленных полимерной композицией. Существует две основных технологии изготовления триплекса: пленочная и заливная. При использовании пленочной технологии между листами стекла располагается поливинилбутиральная пленка (ПВБ), затем в автоклаве происходит склеивание этой композиции. При использовании заливной технологии между листами стекла заливается жидкий полимер, затем происходит его полимеризация под действием ультрафиолетового облучения, протекания химических реакций или под воздействием температуры (в зависимости от вида используемого полимера, чаще всего на практике – под воздействием ультрафиолетового облучения). При прочих равных условиях (в смысле качества изготовления и исходных материалов) триплекс, изготовленный по пленочной технологии, обладает лучшими оптическими характеристиками, а триплекс, изготовленный по заливной технологии, обладает лучшими прочностными характеристиками (за счет толщины полимера). При изготовлении триплекса свойства листового стекла не меняются, а полимер исполняет роль только клея, скрепляющего стекла. Поэтому разрушение каждого из листовых стекол происходит так же, как у одинарных стекол в зависимости от силы удара или термических напряжений, и смысл использования триплекса состоит в том, что осколки стекла при его разрушении не падают, а удерживаются полимером. Поскольку снаружи у триплекса листовые стекла, то его стойкость к внешним воздействиям (химическая стойкость, стойкость к истиранию, термостойкость) такая же, как у листовых стекол. Испытания на удар мягким телом выдерживает триплекс, изготовленный из двух листов стекла толщиной по 4 мм, скрепленных полимером толщиной 0,76 мм. При превышении предела прочности триплекса при уда-

ре стекло может выпадать из рамы в виде единого куска, который падает или как твердое тело или как мягкий, гибкий лист в зависимости от того, как произошло разрушение листов стекла в триплексе. За счет большой толщины триплекс обладает самым большим термическим сопротивлением, самой большой звукоизолирующей способностью, самым низким коэффициентом пропускания света среди рассматриваемых вариантов стекол безопасных при эксплуатации (при использовании одинаковых исходных листовых стекол).

Стекла с защитной пленкой представляют собой листовое стекло, на которое наклеена специальная особо прочная полимерная пленка. Поскольку пленка обладает высокой механической прочностью и создает небольшое напряжение сжатия в стекле после высыхания, стекло с пленкой немного менее хрупкое, чем просто листовое стекло, но основной смысл применения пленки все равно состоит в том, что она удерживает осколки стекла при его механическом или термическом разрушении. Химическая стойкость защитной пленки существенно ниже, чем листового стекла. Стойкость к истиранию также ниже, чем у листовых стекол, поэтому поверхность стекла с пленкой желательно располагать так, чтобы на нее не было химических и абразивных воздействий. Испытания на удар мягким телом выдерживает стекло с защитной пленкой, изготовленное из листового стекла толщиной 4 мм и защитной пленки толщиной 0,3 мм. При превышении предела прочности стекло может при ударе выпадать из рамы в виде мягкого листа пленки, на котором закреплены стеклянные осколки. С точки зрения оптических, акустических и тепловых характеристик это промежуточный вариант между триплексом и закаленным стеклом.

Закаленное стекло представляет собой листовое стекло, подвергнутое специальной термической обработке с целью создания заданного распределения напряжений по объему стекла. Это приводит к тому, что значительно (в 5-10 раз) возрастает прочность стекла на удар, возрастает в 2-3 раза прочность стекла на изгиб, возрастает в 3-4 раза термостойкость стекла (с 40 до 160 °С). Испытания на удар мягким телом выдерживает закаленное стекло толщиной 4 мм. При превышении предела прочности все стекло распадается на мелкие осколки (размеры осколков от 1 до 10 мм), которые выпадают из рамы. Для закаленного стекла опаснее, чем для других стекол, процессы коррозии под воздействием влаги (так называемое выщелачивание стекла), поскольку для обычных

листовых стекол они могут привести только к появлению белесых пятен на стекле, а для закаленного стекла возможно разрушение стекла в результате длительной коррозии поверхностного слоя (нарушается баланс напряжений в стекле). Также большую опасность представляет абразивное воздействие на стекло. Закаленное стекло обладает самым высоким коэффициентом пропускания света, самым низким сопротивлением теплопередаче, самой низкой звукоизолирующей способностью среди рассматриваемых вариантов безопасных стекол.

Анализ причин разрушения стекол в зданиях и сооружениях показывает, что наиболее часто оно происходит из-за неправильного выбора варианта остекления, недостаточного учета факторов, действующих на остекление в процессе эксплуатации. Эта причина встречается даже чаще, чем некачественное изготовление стекол. Поэтому необходимо профессиональное проектирование остекления с учетом всех действующих на него на данном объекте факторов.

Таким образом, подводя итог, можно сказать, что нельзя назвать один, самый лучший вариант применения стекол для фасадного и внутреннего остекления зданий. Для строительства необходимы все виды стекол и выбор варианта остекления должен осуществляться в зависимости от условий эксплуатации на конкретном объекте с учетом всех влияющих факторов.