

Стекло безопасное при эксплуатации: какое лучше?

к.т.н. А.Г. Чесноков, АО "ГИС", Москва

В настоящее время в России в качестве стекол безопасных при эксплуатации применяются три вида стекол: строительный триплекс; стекло с защитной полимерной пленкой; закаленное стекло. Каждый из этих видов продукции имеет своих сторонников и противников, существуют мнения о достоинствах и недостатках каждого из них. Все эти виды стекла имеют свои технические характеристики, свойства, особенности применения, поэтому представляется целесообразным сравнить их и указать области применения каждого, в которых оно имеет максимум преимуществ перед другими и минимум недостатков. Естественно при этом сравнивать стекла изготовленные качественно, отвечающие всем требованиям, предъявляемым к данному виду продукции. Данная статья не претендует на полный охват темы, это лишь небольшое вступление к серьезной дискуссии о правилах и возможностях применения различных стекол и композиций из них в строительстве.

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, далее сравнение ведется по минимальной высоте падения), 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 и цена. При проектировании остекления в зданиях должны учитываться все эти характеристики, чтобы обеспечить выполнение всех требований при последующей эксплуатации здания. Поэтому мы будем сравнивать различные варианты стекол безопасных при эксплуатации по этим показателям на основании усредненных результатов многократных испытаний, проведенных в Испытательном центре "Стекло" за последние годы, а

также результатов экспертиз причин разрушения стекол в зданиях, проведенных в АО "ГИС", и литературным данным.

Рассмотрим подробнее эти виды продукции. 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 ударе 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. Таким образом, толщина триплекса не менее 9 мм, масса квадратного метра – 20 кг, цена квадратного метра – от 30 \$ в зависимости от используемых материалов и фирмы - изготовителя. За счет большой толщины триплекс обладает самым большим термическим сопротивлением, самой большой звукоизолирующей способностью, самым низким коэффициентом пропуска-

ния света среди рассматриваемых вариантов остекления (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. Таким образом, толщина стекла с защитной пленкой 4,3 мм, масса квадратного метра - 10 кг, цена квадратного метра – от 60 \$ в зависимости от используемых материалов и фирмы - изготовителя. 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 180 °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. Таким образом, толщина закаленного стекла 4 мм, масса квадратного метра – 10 кг, цена квадратного метра - от 30 \$ в зависимости от используемого стекла и фирмы - изготовителя. Закаленное стекло обладает самым высоким коэффициентом пропускания света, самым низким сопротивлением теплопередаче, самой низкой звукоизолирующей способностью среди рассматриваемых вариантов.

Ориентируясь на приведенные характеристики вариантов стекол безопасных при эксплуатации можно привести примеры их применения в зависимости от условий эксплуатации. Если стекла используются в витринах, где их часто приходится мыть, то есть требуется высокая химическая и абразивная стойкость, то лучше использовать триплекс. Если есть ограничения по массе или толщине стекла, то лучше использовать стекло с защитной пленкой (особенно хорошо пленкой внутрь стеклопакета). При использовании стекол с высоким коэффициентом поглощения солнечной энергии (окрашенных в массу или с поглощающими покрытиями) практически единственный выход – использовать закаленное стекло, чтобы не было его растрескивания при неравномерном нагреве по толщине или плоскости листов стекла (за счет более высокой термостойкости закаленного стекла). При остеклении верхних этажей зданий так же лучше использовать закаленное стекло, чтобы не было жертв при выпадении осколков стекла из рамы на тротуар.

Несомненно, большое значение имеет также ценовой фактор при выборе стекла безопасного при эксплуатации, но на него надо ориентироваться только при прочих равных условиях, так как при неправильном выборе вариантов остекления придется платить дважды: сначала за "дешевый" вариант, а потом за тот, который наиболее подходит по условиям эксплуатации. В некоторых случаях, при наличии большого числа требований к остеклению, сложных условий эксплуатации приходится использовать комбинированные варианты (например, триплекс из закаленных стекол, триплекс с защитной пленкой, закаленное стекло с защитной пленкой), которые существенно превышают необходимый уровень защиты, но необходимы для удовлетворения других требований к остеклению.

Анализ причин разрушения стекол в зданиях и сооружениях показывает, что наиболее часто оно происходит из-за неправильного выбора варианта остекления, недоста-

точного 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 (должен оговориться, что в данной статье перечислены далеко не все факторы, которые надо учитывать).

Таким образом, подводя итог, можно сказать, что нельзя назвать один, самый лучший вариант изготовления стекол безопасных при эксплуатации. Для строительства необходимы все варианты, каждый имеет свои достоинства и недостатки. Поэтому выбор варианта остекления должен осуществляться в зависимости от условий эксплуатации на конкретном объекте с учетом всех влияющих факторов.