

## **СТЕКЛО: ВЗАИМОСВЯЗЬ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ И СВОЙСТВ**

О.А. Гладушко, О.А. Емельянова, А.Г. Чесноков (АО "ГИС", Москва)

Стекло – уникальный строительный материал, созданный человеком, позволяющий обеспечить изоляцию помещений от неблагоприятного воздействия окружающей среды (холода, осадков, ветра, шума) при сохранении визуальной связи с ней и естественной освещенности. В зависимости от назначения помещения остекление должно обладать определенными свойствами и выполнять определенные эксплуатационные функции. Качество остекления определяется его соответствием функциональным требованиям.

Все свойства стекол и конструкций из них взаимосвязаны и изменение одних свойств неминуемо влечет за собой изменение других и далеко не всегда в лучшую с точки зрения эксплуатации сторону. Поэтому для того, чтобы добиться оптимального сочетания эксплуатационных характеристик, необходимо тщательнее подходить к выбору применяемого стекла и учитывать весь комплекс его свойств.

Главными (но не единственными) свойствами стекла и остекления в целом являются уровень пропускания света и тепла, а также прочность и долговечность.

Источником света и тепла на Земле является Солнце – раскаленное до 6000 К небесное тело, от которого исходят электромагнитные волны – солнечное излучение. Диапазон длин волн солнечного излучения, проходящего через атмосферу и оказывающего воздействие на земную поверхность, составляет 300-2500 нм, при этом интервал 300-380 нм соответствует ультрафиолетовому излучению (УФ), интервал 380-760 нм – видимому свету и интервал 760-2500 нм – инфракрасному, или тепловому, излучению (ИК). От каждого тела так же, как и от солнца, исходят электромагнитные волны. Предметы, находящиеся в помещении, имеющие комнатную температуру (20 °С или 293 К), излучают инфракрасные электромагнитные волны, длина которых больше 16000 нм.

Излучение, попадающее на стекло, частично проходит сквозь него, частично отражается от его поверхности и частично поглощается. Поглощенное излучение возвращается стеклом во внешнее и внутреннее окружающее пространство путем конвекции и в виде вторичного теплового излучения.

Прозрачное листовое стекло толщиной 4 мм (в зависимости от марки стекла) пропускает 85-90 % видимого света, отражает около 8 % и лишь 2-7 % видимого излучения поглощается стеклом. УФ и ИК излучение до 2500 нм проходит сквозь стекло лишь частично (примерно 75 и 80 % соответственно), а при длинах волн больше 2500 нм поглощается практически полностью [1]. Уровень поглощения определяет способность стекла к теплопередаче: чем больше стекло поглощает, тем больше оно передает (возвращает) в пространство и тем хуже его теплоизоляционные свойства. Теплоизоляционные способности прозрачного листового стекла весьма невелики.

Для улучшения теплоизоляционных свойств остекления прибегают к различным способам: двойному и более остеклению, использованию стеклопакетов, применению стекол с улучшенными теплоизоляционными свойствами (использование различных видов пленок и покрытий).

Стекла, свойства которых отличаются от свойств листового прозрачного стекла, называются модифицированными стеклами. В последние годы появилось множество видов модифицированных стекол, предназначенных для различных эксплуатационных, а также эстетических целей. К таким стеклам относятся, например, солнцезащитные стекла с более высоким уровнем поглощения видимого и теплового излучения, «осветленные» стекла, обладающие повышенным пропусканием, свето- и теплоотражающие, обладающие повышенной способностью отражать излучение соответствующего диапазона и т.д. Для придания стеклу новых качеств в него могут вводить дополнительные компоненты при варке или использовать более чистые сырьевые материалы, наносить на его поверхность тонкие металлизированные или полимерные пленки, подвергать специальной термической, химической, механической обработкам.

Чтобы продемонстрировать взаимную связь свойств стекла и необходимость их учета в комплексе, остановимся на некоторых примерах.

В качестве одного из них можно привести использование для наружного остекления солнцезащитного стекла (например, окрашенного в массу в серый, бронзовый или зеленый цвет). Такое стекло поглощает больше видимого и теплового солнечного излучения, что придает ему улучшенные декоративные качества и защищает помещение от избыточного солнечного света, но не спасает от жары в летнее время. Нагреваясь от солнца, оно отдает тепло в помещение, которое необходимо оборудовать кондиционе-

ром. В солнечные дни зимой и ранней весной оно сильно нагревается ярким солнцем снаружи и тепловым излучением помещения изнутри. При этом снаружи верхний его слой одновременно охлаждается холодными воздушными массами. Если разница температур внешней и внутренней поверхностей стекла составляет больше 40 °С, что часто имеет место в условиях российского климата, то возникает риск разрушения стекла из-за появляющихся термических напряжений, обусловленных неоднородным тепловым расширением стекла. Неравномерный нагрев стекла – открытой центральной его части и защищенных от излучения краев, находящихся в пазу рамы, или участков, закрытых разного рода наклейками, вывесками, также вызывает неравномерное тепловое расширение, появление термических напряжений и может привести к разрушению стекла. Риск разрушения из-за неравномерного нагрева особенно велик для стекол, имеющих большой термический коэффициент расширения, и стекол, имеющих внутренние напряжения, невидимые невооруженным глазом, но хорошо различимые с помощью специальной техники (полярископов-поляриметров). В случае, если стекло достаточно тонкое, тепловое расширение (сжатие) центральной части при нагреве (охлаждении) может привести к появлению эффекта «выпуклости-вогнутости», что отрицательно скажется на эстетике остекления. Таким образом, предпочтительность выбора стекол с более низким КТР и без внутренних напряжений очевидна.

Другой пример. Если для улучшения теплоизоляционных свойств используется двойное и более остекление, следует учесть, что это приведет к значительному снижению светопропускания и остекление может не соответствовать требованиям СНиП по освещенности помещения [2]. Снизить потери светопропускания можно за счет более тщательного отбора используемых стекол. Известно, что в нормативной документации на различные виды стекол указывают нижний предел светопропускания. Светопропускание стекол различных заводов может варьироваться в сторону более высоких значений. Выбирая стекла с наиболее высоким светопропусканием, можно свести к минимуму потери в этой части при существенном улучшении теплоизоляционных характеристик. Так для 4-х мм стекла марок М<sub>3</sub> - М<sub>6</sub> по ГОСТ 111-90 [3] коэффициент пропускания света должен быть не менее 85%. Это означает, что через тройное остекление будет проходить около 62 % света, а через четверное – не более 54 %. Стекло листовое марки М<sub>1</sub> должно иметь коэффициент пропускания света не менее 88 %. Как правило, при ка-

качественном изготовлении листового стекла коэффициент пропускания света достигает 91 %. Используя стекла с максимальным показателем, можно увеличить светопропускание в тройном остеклении до 76 %, а в четверном – до 70 %. Добиться более высокого светопропускания можно также варьируя толщину стекол.

Сказанное можно отнести и к пропусканию ультрафиолета. Известно, что ультрафиолетовая часть солнечного излучения в оптимальных дозах благотворно влияет на организм человека, вызывая повышение сопротивляемости к инфекциям, нормализацию обменных процессов, снижение вероятности аллергических реакций [4]. Если страны, расположенные в южных широтах, где много солнечных дней в году, получают достаточное количество ультрафиолета и могут не беспокоиться о его доступе в помещение, то в большинстве российских регионов имеет место дефицит ультрафиолета. Учитывая это, задача сведения к минимуму потерь этого излучения при прохождении через окна для многих городов и населенных пунктов в России является весьма актуальной. Особенно это касается школ, детских садов, больниц и других учреждений, где проводят основную часть дневного времени дети и люди с ослабленным здоровьем. И в этом случае поможет более тщательный выбор материала, поскольку разброс по коэффициенту УФ пропускания продукции разных производителей достаточно широк и составляет 70-80 %.

Если при остеклении здания использовались листы стекла с отражающим покрытием, имеющим «незначительную» разницу в коэффициенте отражения в видимой области в 1-2 %, что часто бывает при использовании различных партий стекла, то на плоскости остекления визуально это может проявиться как появление белесых или затемненных участков, что ухудшает внешний вид здания.

При остеклении цветными стеклами цвет используемых стекол необходимо определять не «на глаз», а путем анализа их спектральных характеристик и расчета координат цветности и цветового тона. В противном случае готовые элементы остекления могут иметь разные оттенки, цветовая гамма может быть нарушена и не будет соответствовать декоративному оформлению здания.

Список примеров можно продолжать, но все они лишь будут подтверждать тот факт, что непременным условием создания качественных и конкурентоспособных конструкций из стекла является предварительная оценка качества стекла, применяемого для

остекления. Для оценки возможности применения необходимо знать следующий комплекс свойств стекла (полностью или частично в зависимости от предполагаемого функционального назначения):

1. Спектральное пропускание и отражение в УФ, видимой и ИК областях спектра.
2. Общее светопропускание, прямое солнечное пропускание, общее пропускание солнечной энергии и ультрафиолетовое пропускание.
3. Координаты цветности и цветовой тон (для цветных стекол).
4. Показатель преломления (для специальных случаев).
5. Коэффициент линейного термического расширения.
6. Внутренние напряжения в стекле.
7. Термическая и химическая устойчивость стекла.
8. Химическая устойчивость покрытий, наносимых на стекло.
9. Оптические искажения.

В заключение отметим, что АО «Институт стекла» располагает необходимой научно-технической базой и имеет право контроля свойств стекла, а специалисты института при необходимости готовы провести консультации по различным аспектам использования различных видов стекол или проектирование вариантов остекления.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник по производству стекла, т.1 под ред. И.И. Китайгородского, С.И. Сильвестровича. М.: Гос. Изд-во литературы по строительству, архитектуре и строит. Материалам., 1963 г., 1026 с.
2. СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение». Минстрой России, 1995г.
3. ГОСТ 111-90 «Стекло листовое. Технические условия».
4. Популярная медицинская энциклопедия.