

Проблемы применения крупноформатных стеклопакетов

К.т.н. А.Г. Чесноков, ОАО "Институт Стекла", Москва

В настоящее время во всем мире растут площади остекления фасадов во вновь строящихся и реконструируемых зданиях и сооружениях, что положительным образом сказывается на их внешнем облике, повышает комфорт в помещениях, позволяет архитекторам реализовать их творческие замыслы. При этом растут и габаритные размеры используемых стеклопакетов. Уже обычными стали (особенно в офисных зданиях, торговых центрах и спортивных сооружениях) размеры стеклопакетов порядка (3-4) x (2-2,5) м, что позволяет одним стеклопакетом закрыть целый этаж здания по высоте и, соответственно, сократить количество непрозрачных элементов остекления (фото 1). Есть опыт применения и больших размеров стеклопакетов. Естественно, все достоинства крупногабаритных стеклопакетов проявляются только при их качественном проектировании, изготовлении и монтаже. При всех плюсах такого решения, оно, как все новое, порождает ряд проблем, с которыми нам приходится сталкиваться в своей работе (проектирование остекления, проведение экспертиз качества остекления или причин его разрушения). Наверное, основной проблемой в нашей стране является желание заказчиков получить высококачественное остекление за минимальную цену. Но это из области психологии, а не техники, поэтому мы это обсуждать не будем. В Европейских странах, судя по выступлениям на GPD-2005, главной проблемой является квалификация персонала (проектировщиков, изготовителей, монтажников, эксплуатационщиков и т.д.). Поэтому мы сосредоточимся на технических проблемах.



Фото 1. Современное офисное здание

Условно технические проблемы применения крупноформатных стеклопакетов можно разделить на несколько групп:

- проблемы прочности и безопасности;
- проблемы внешнего вида;
- проблемы веса;
- проблемы реализуемости замысла;
- проблемы эксплуатации.

Рассмотрим кратко эти проблемы.

При проектировании крупноформатных стеклопакетов часто забывают о том, что это уже не просто "окошко", а строительная конструкция, принимающая на себя все эксплуатационные нагрузки, характерные для близких ей по назначению строительных конструкций из других материалов. Например, если это стеклянная стена, то к ней могут прислониться люди, создав дополнительную нагрузку. Часто приходится сталкиваться с тем, что толщину стекол в стеклопакете выбирают из соображений "чтобы само себя держало", забывая о том, что на стеклянную стену, как и любую другую, действуют

климатические факторы (в первую очередь, перепады температуры и давления окружающей среды), ветровая нагрузка, эксплуатационные нагрузки и т.д. Такое отношение к остеклению приводит к тому, что на одной из строек довелось видеть, как стеклопакеты размером примерно 3 x 2,5 м, изготовленные из 4 мм стекла разбивались при переноске (естественно, горизонтально на руках) или при установке в строительную конструкцию. По нашему опыту при проектировании наружного остекления необходимо принимать во внимание:

- установленную в задании на проектирование или в нормативных документах эксплуатационную нагрузку;
- вес остекления;
- минимальную возможную температуру и максимальное атмосферное давление региона применения остекления;
- максимальное ветровое давление на остекление региона и высоты применения;
- максимальную снеговую нагрузку (с учетом возможности образования снеговых мешков) для региона применения;
- максимальную температуру и минимальное атмосферное давление региона применения остекления;
- интенсивность солнечного излучения, поглощаемого остеклением.

Следует отметить, что многие программы расчета прочности остекления (особенно, разработанные для Европейских стран и США) не учитывают диапазон изменения температуры окружающей среды так, как для них это не очень актуально: его влияние на прочность стеклопакетов в этих странах невелико. В нашей стране это один из основных факторов, определяющих нагрузки на стеклопакеты. Причем он действует на остекление как бы тремя путями: из-за колебаний температур листы стекла деформируются, что, во-первых, создает в них дополнительные напряжения, во-вторых, они могут сомкнуться (при низких температурах), что может привести к разрушению стекла. В третьих, из-за большой разницы коэффициентов термического расширения стекла и материалов ограждающих конструкций, особенно, алюминия, возможно либо ослабление крепления стекол, либо чрезмерное обжатие стекла. Например, при размерах стеклопакета 3 x 2 м, изготовленного при температуре + 20 °С, закрепленного вертикально по четырем сторонам с помощью алюминиевых профилей и прокладок, и находящегося при

минимальной для Москвы температуре – 44 °С, прогиб листов стекла в центральной части составит по 3,5 мм, а уменьшение зазоров между алюминиевой конструкцией и стеклом – 3 мм. Аналогичные примеры можно привести по колебаниям атмосферного давления, влиянию силы ветра и т.д. Следует заметить, что величины деформаций и напряжений в стекле сильно зависят от его формы, способа его закрепления (например, при закреплении стеклопакета по двум сторонам прогибы стекол могут увеличиваться в 2-3 раза по сравнению с закреплением по четырем сторонам), а также наличия и вида внутренних и накладных раскладок, что так же часто не учитывается.

Следующая проблема, связанная с крупноформатным остеклением, состоит в том, что при его разрушении (из-за неправильного проектирования, преднамеренном или случайном) осколки стекла могут поранить находящихся рядом людей или повредить материальные ценности. Поэтому в так называемых развитых странах крупноформатное остекление разрешается делать только из безопасного (многослойного или закаленного) стекла. У нас это требование еще не вошло в государственные нормативные документы, поэтому часто приходится видеть огромные витрины, выполненные из листового стекла. В ряде регионов уже осознали эту опасность и в своих территориальных строительных нормах (или их проектах) ввели это требование.

Учитывая, что крупноформатное остекление в основном применяется на престижных объектах, заказчики часто предъявляют к его внешнему виду высокие требования. Эти требования могут быть как обычные для всего остекления (отсутствие дефектов внешнего вида, соответствие цвета заданному), так и специфические. Наиболее часто из специфических требований приходится сталкиваться с требованием отсутствия оптических искажений в отраженном свете (см. фото 2, 3). Эти искажения могут возникать по целому ряду причин: низкое качество использованного стекла (например, использование марок М4-М7 по ГОСТ 111-2001); низкое качество изготовления многослойных или закаленных стекол, стеклопакетов (например, большие отклонения от плоскостности их поверхности); низкое качество монтажа остекления (например, неравномерное зажатие стекол прижимными элементами или невертикальная установка стеклопакетов), деформация стекол под действием климатических факторов (о чем уже написано выше). Если с первыми тремя группами причин все более – менее ясно: надо соблюдать требования стандартов и технологии производства, чтобы их не было видно, то

о последней группе стоит поговорить. Дело в том, что оптические характеристики стеклопакетов по ГОСТ 24866-99 контролируются при нормальной температуре и давлении. При других их значениях оптические искажения допускаются. Причем они допускаются в определенных пределах и при прочностных расчетах (не более $1/250$ наименьшей стороны стеклопакета). Расчеты показывают, что для условий Москвы, чтобы получить картинку фото 3 в достаточно широком диапазоне температур и давлений, необходимо толщину применяемых стекол увеличить примерно в 2 раза по сравнению с прочностным расчетом. То есть это требование (с указанием диапазона температур и давлений) должно обязательно оговариваться при заказе остекления и быть указано в Задании на его проектирование.



Фото 2. Оптические искажения в отраженном свете

Стекло, в силу своей прозрачности, создает ощущение воздушности, "невесомости" конструкций. Наверное, поэтому часто забывают о том, что это довольно тяжелый материал. А ведь по своей плотности стекло ($2,5 \text{ т/м}^3$) мало уступает алюминию, про вес которого обычно не забывают. При выполнении вышеперечисленных требований к остеклению стекла получаются довольно толстые, и при указанных размерах стеклопакетов их вес доходит до 1,5 т, что создает большие проблемы при их изготовлении, транспортировании и монтаже. Кроме того, иногда приходится сталкиваться с тем, что строительные конструкции и крепежные элементы просто не рассчитаны на такой вес и начинается их деформация, что приводит к разрушению всей конструкции.

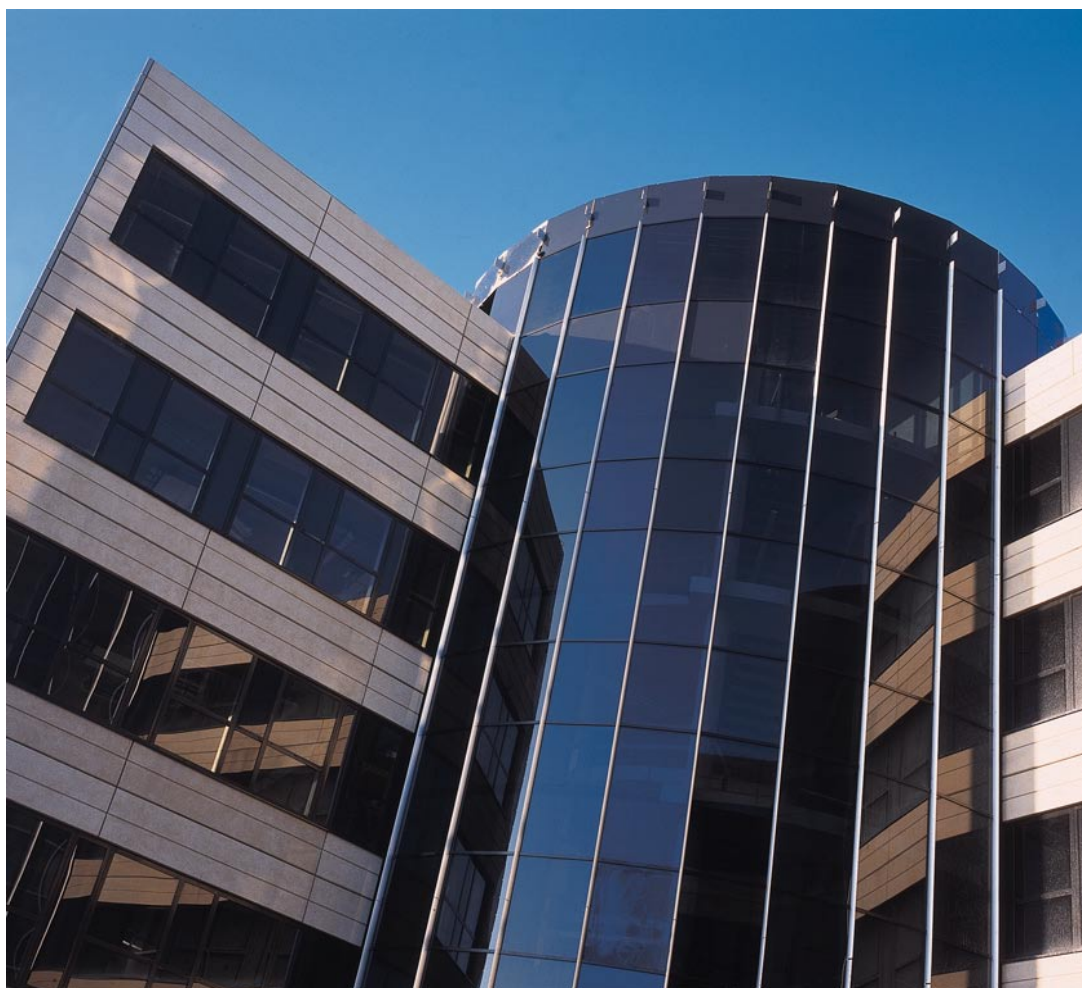


Фото 3. Отсутствие оптических искажений в отраженном свете

Фантазия архитекторов не знает границ, поэтому приходится сталкиваться с их желанием сделать остекление все больших и больших размеров. Уже довелось столкнуться с проектом, где предусматривались размеры листов стекла 10 x 20 м. Пришлось

долго убеждать архитектора, что такие листы стекла сегодняшняя технология производства не позволяет сделать. Поэтому необходимо помнить о том, что не любые проекты могут быть реализованы. Существуют ограничения различного вида, которые надо учитывать при проектировании остекления:

- номенклатура выпускаемой продукции, например, максимальные размеры и толщина выпускаемых листовых стекол на сегодняшний день 6000 x 3210 мм и 25 мм;
- возможности технологического оборудования, имеющегося в стране, по обработке листового стекла, изготовлению закаленных и многослойных стекол и стеклопакетов;
- возможности транспортирования и монтажа стеклопакетов, например, вручную смонтировать с соблюдением всех правил стеклопакеты весом более 300 кг практически невозможно, а специальной техникой для этого в стране практически никто не обладает;
- возможности финансирования таких проектов, учитывая, что цена стеклопакетов растет значительно быстрее, чем их размеры из-за необходимости применять все более толстые и сложные их конструкции.

Очень часто при проектировании зданий забывают о проблемах эксплуатации крупноформатных стеклопакетов, например:

- как мыть стеклопакеты, особенно, если они расположены на большой высоте;
- как заменить случайно разбитый стеклопакет, установленный в здании;
- из-за прогиба стекол в стеклопакетах их сопротивление теплопередаче может сильно меняться в зависимости от наружной температуры и давления воздуха.

Конечно, в данной статье подняты далеко не все проблемы, связанные с крупноформатными стеклопакетами. Тем более в ней нет путей их решения, они только намечены. Это скорее "введение в тему", приглашение к разговору. Основной целью данной статьи было показать, что применение крупноформатных стеклопакетов требует специальных знаний и внимательного отношения. Если заказчики, проектировщики и изготовители таких стеклопакетов по прочтении задумаются об этом, то наша цель будет достигнута.