

Особенности проектирования остекления высотных зданий

Солинов В.Ф., Успенский А.А., ОАО «Научно–исследовательский институт технического стекла»

Чесноков А.Г., Черемхина Е.А., ОАО «Институт стекла»

Современное остекление стремительно меняет облик городов и среду обитания человека. Если сравнительно недавно остекление зданий было представлено исключительно стандартными окнами и витринами (магазинов, кафе, ресторанов, некоторых общественных зданий), то сейчас в современной архитектуре отчетливо просматриваются следующие тенденции:

- возрастание площадей наружного остекления (в современных зданиях площадь остекления занимает до 80 % и более площади фасада);
- увеличение этажности зданий;
- широкое применение стеклянных конструкций внутри зданий;
- увеличение размеров применяемых элементов остекления;
- расширение функций остекления, значительно ослабляющих последствия негативных факторов внешней среды (воздействие солнечного света, теплопотерь в окружающую среду, загрязнение помещений и ряд других факторов).

В этих условиях проектирование многофункционального остекления становится важнейшей составной частью работ по проектированию зданий и сооружений и требует значительно более высокой квалификации. Сегодня от проектировщика, воплощающего замысел архитектора, который, как правило, ограничивается пространственным и цветовым решением остекления фасада здания, требуются обширные знания в различных областях, в том числе по видам остекления, профильным системам, способам крепления, применяемым герметикам и материалам, прочности и методам упрочнения, действующим нагрузкам и воздействиям, методам расчета безопасности, программному обеспечению для проектирования конструкций остекления.

Проектирование остекления следует производить с учетом архитектурно–планировочных решений здания или сооружения, климатических и геологических особенностей района, в котором предполагается строительство, назначения, расположения,

функциональных особенностей и предполагаемых условий эксплуатации здания, сооружения или помещения.

Что касается наружного остекления зданий, то его основной функцией было и остается обеспечение воздушного раздела с обеспечением естественного освещения помещений и визуального контакта с окружающей средой. Правда в последнее время стекло в наружном остеклении все чаще применяют как декоративный облицовочный материал, поэтому в тех местах, где не требуется светопрозрачность, основной функцией остекления можно считать его декоративность. Однако для того, чтобы стекло могло с успехом применяться в современном строительстве, помимо выполнения своих основных функций оно должно удовлетворять установленным требованиям по целому ряду показателей, таких как:

- безопасность;
- прочность (стойкость к нагрузкам и воздействиям);
- оптические характеристики (коэффициенты пропускания, отражения и поглощения света, солнечной энергии, ультрафиолетового излучения, оптические искажения, цвет);
- тепловые характеристики (сопротивление теплопередаче, температура внутренней поверхности остекления, воздухо– и водопроницаемость);
- звукоизоляция;
- долговечность;
- специальные характеристики (в том числе огнестойкость, стойкость к ударам, взрывобезопасность, пулестойкость, стойкость к пробиванию отверстий и др.).

Требования по этим показателям устанавливаются вне зависимости от количества этажей в здании, однако с увеличением высоты здания меняются воздействующие на него внешние климатические факторы и условия эксплуатации и, соответственно, применяемые конструктивные решения остекления, что необходимо учитывать при проектировании остекления.

В общем случае можно выделить три основные особенности проектирования остекления высотных зданий. Во–первых, это возрастание рисков, возникающих при монтаже, эксплуатации и техническом обслуживании остекления, что вызывает необходимость повышения требований безопасности. Во–вторых, это усложнение условий экс-

плуатации остекления в связи с возрастанием действующих на него нагрузок и воздействий. В–третьих, это возрастание эстетических требований к остеклению из–за увеличения его общей площади. Рассмотрим эти особенности более подробно.

Под безопасностью остекления обычно подразумевается, что в нормальных условиях эксплуатации, а также при монтаже и техническом обслуживании остекление не должно представлять угрозы жизни и здоровью людей как внутри помещения, так и снаружи. В качестве примера опасных ситуаций, связанных с остеклением, которые могут возникнуть в процессе эксплуатации здания, можно назвать ранение осколками и другими фрагментами разрушившегося остекления, падение через разрушившееся остекление. С увеличением высоты здания повышается и степень риска (например, увеличивается зона разлета осколков и высота падения). Поэтому в высотных зданиях необходимо применять только безопасное стекло (закаленное, многослойное, армированное) или устанавливать защитные ограждения.

Кроме того, в высотных зданиях повышаются требования к огнестойкости остекления, связанные с тем, что в этом случае усиливается тяга воздуха, и удлиняются пути эвакуации. Это приводит к тому, что при разрушении стекла резко возрастает приток воздуха в помещение, ставшее очагом пожара. В этом случае процесс горения резко интенсифицируется, и пожар начинает быстро распространяться по зданию. Огнестойкость остекления должна быть достаточной, чтобы обеспечить время безопасного выхода людей из зоны пожара.

При проектировании остекления необходимо четко определить нагрузки и воздействия, которые будут на него действовать с учетом того, что они могут существенно изменяться в зависимости от высоты над поверхностью земли.

Для наружного остекления при расчете или испытаниях обязательно принимают во внимание:

- установленную эксплуатационную нагрузку;
- вес остекления;
- минимальную возможную температуру и максимальное атмосферное давление региона применения остекления;
- максимальное ветровое, как ударное, так и стационарное давление на остекление для региона применения и его расположения;

- 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, и его распределение по площади.

При проектировании остекления высотных зданий необходимо учитывать, что с увеличением высоты возрастает ветровая нагрузка, снижаются минимальная температура окружающего воздуха и атмосферное давление, а также увеличивается интенсивность солнечного излучения.

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 остекления в этих странах невелико. В нашей стране с более холодным и резко континентальным климатом – это один из основных нагрузочных факторов, определяющих надежную работу остекления. При этом для высотных домов, сооружаемых в России, прозрачные окна из стекла должны быть специального изготовления, а западная продукция, поставляемая из стран с более теплым климатом, подлежит существенной доработке (или хотя бы проверке) применительно к российским климатическим условиям и зимам с более низкими температурами. Например, многие герметики и полимерные материалы, используемые в Европейских странах при изготовлении стеклопакетов и многослойных стекол, просто разрушаются при температурах ниже – 30 °С. При этом фактор температуры действует на остекление тремя путями: из-за комбинации 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 окружающей конструкции, особенно алюминия, возможно либо ослабление крепления стекол в раме, либо чрезмерное его обжатие рамой. Так, например, при размерах герметичного стеклопакета 3x2 м, изготовленного при температуре +20 °С, закрепленного по четырем сторонам с помощью алюминиевых профилей и прокладок и находящегося при минимальной температуре, характерной для

северных районов России – 44 °С, изменение зазоров между алюминиевой конструкцией и стеклом может достигать 5 мм. Установлено также, что снижение температуры с 20 °С, при которой собирается стеклопакет, до температуры минус 25 °С в условиях эксплуатации, приводит к снижению давления в межстекольном пространстве стеклопакета на 0,0153МПа, что соответствует по величине нагрузки ветру ураганной силы.

При таком давлении в рассматриваемом стеклопакете со стеклами толщиной 6 мм, максимальные прогибы будут составлять около 3 см, а нормальные напряжения, равны 60 МПа. Это приводит к «схлопыванию» и разрушению стеклопакета на морозе при наличии воздушной камеры между стеклами небольших размеров. При установке такого стеклопакета в отапливаемое помещение нагрузки на стекла будут меньше за счет перетока части тепла из помещения в межстекольное пространство. Отметим также, что на практике имели место случаи разрушения на морозе стеклопакетов и меньших размеров.

Аналогичные примеры можно привести по колебаниям атмосферного давления, влиянию силы ветра и т.д. Так для рассматриваемого стеклопакета при скорости ветра 20 м/с (72 км/ч) и давлении на стекло 25 кгс/м величина прогиба будет составлять 7,3 мм, а нормальные напряжения 6,6 МПа. Следует отметить, что сильные ветры в Москве наблюдались в 1960, 1965, 1966, 1973, 1983 годах, где порывы достигали скорости 24 м/сек, что составляло около 90 км/час при давлении на стекло 40 кгс/м. Известно также, что скорость ветра значительно меняется по высоте. Так в Москве реальная скорость ветра для холодного периода года (зимнее время) составляет 4,9 м/с на отметке 200 м от поверхности земли. При устойчивом состоянии атмосферы она может вырасти до 8 м/с, а при порывах ветра 15÷20 м/с давление возрастает от 4 кгс/м до 26÷45 кг/м, что необходимо принимать во внимание при проектировании фасадного остекления в зданиях повышенной этажности.

Таким образом, к остеклению высотных зданий следует предъявлять повышенные требования:

– по сопротивлению ветровым нагрузкам, значения которых значительно превышают нагрузки, предусмотренные ГОСТ 23166–99 для изделий класса А (сопротивление ветровой нагрузке 1000 Па и более);

– по сопротивлению теплопередаче в связи с увеличением потерь тепла через ос-

тепление, снижением температуры на поверхности внутреннего стекла и ощущением дискомфорта у людей, находящихся в помещении (ощущение холода вблизи окон в зимнее время);

– по защите от проникновения избыточного солнечного излучения.

Однако следует иметь в виду, что зонирование зданий по высоте носит достаточно условный характер в связи с тем, что климатические воздействия привязаны к конкретной местности, поэтому при проектировании остекления высотных зданий требуется проводить расчеты прочностных и теплофизических характеристик для каждого объекта индивидуально.

Важным моментом является то, что остекление высотных зданий, удовлетворяющее повышенным требованиям по безопасности, прочности, тепловым характеристикам, представляет собой сложную конструкцию, в которой в различных сочетаниях применяются многослойные, закаленные, огнестойкие стекла и которая имеет существенно больший вес по сравнению с остеклением многоэтажных зданий высотой до 75 м, поэтому строительные конструкции и крепежные элементы должны соответствовать этим нагрузкам.

Что касается оптических характеристик, то при остеклении высотных зданий особое внимание следует уделять оптическим искажениям, видимым в отраженном свете, и цвету применяемого стекла. С повышением этажности здания особенно при сплошном остеклении фасадов значительно увеличивается площадь остекления и в этом случае оптические искажения и цветовая неоднородность остекления существенно ухудшат внешний вид здания.

Оптические искажения стеклопакетов по ГОСТ 24866–99 контролируются при нормальной температуре и давлении. Причем они допускаются в определенных пределах и при прочностных расчетах (не более $1/250$ наименьшей стороны стеклопакета). Как показывают расчеты, чтобы оптические искажения в отраженном свете в условиях Москвы с достаточно широким диапазоном температур и давлений отсутствовали, необходимо толщину применяемых стекол увеличить примерно в 2 раза по сравнению с прочностным расчетом.

Что касается цветового решения остекления, то здесь сложность заключается в том, чтобы выбрать из реальных стекол те, которые наиболее точно воплощают замысел

архитектора, учитывая при этом, что цвет остекления в естественных условиях может изменяться в зависимости от вида применяемых стекол, условий освещения, точки восприятия объекта.

Остекление должно сохранять свои эксплуатационные свойства при соблюдении правил эксплуатации и технического обслуживания в течение срока службы, здания. Остекление с меньшим сроком службы, чем предполагаемый срок службы здания, должно быть заменяемым или ремонтпригодным. В высотных зданиях этот вопрос особенно актуален, поскольку техническое обслуживание, ремонт и замена наружного остекления, расположенного на большой высоте (особенно с учетом того, что по действующим нормам окна, расположенные выше 75 м, должны быть в глухих неоткрываемых переплетах), является сложной инженерной задачей, поэтому при проектировании остекления необходимо предусматривать технические средства для ее решения.

Для увеличения срока службы остекления и сокращения частоты технического обслуживания (мытья) стекол можно порекомендовать применение в наружном остеклении стекла с самоочищающимся покрытием.

Использованные источники

Нормативные документы

МГСН 4.19–05 Временные нормы и правила проектирования многофункциональных высотных зданий и зданий–комплексов в городе Москве

ГОСТ 23166–99 Блоки оконные. Общие технические условия

ГОСТ 24866–99 Стеклопакеты клееные строительного назначения. Технические условия

ГОСТ 111–2001 Стекло листовое. Технические условия

ГОСТ 30698–2000 Стекло закаленное строительное. Технические условия

СНиП 2.01.07–85 Нагрузки и воздействия

СНиП 23–01–99 Строительная климатология

СНиП 23–02–2003 Тепловая защита зданий

ПБ 10–518–02 Правила устройства и безопасной эксплуатации строительных подъемников

Проект prEN 13474–1 Стекло в строительстве. Расчет оконных стекол. Часть 1:

Общее обоснование расчета

Проект prEN 13474–2 Стекло в строительстве. Расчет оконных стекол. Часть 2: Расчет однородно распределенных нагрузок

Британские строительные нормы и правила BS 6180:1982 Защитные преграды внутри и вокруг зданий

Публикации

Чесноков А.Г. Проблемы фасадного остекления // Стройпрофиль. – 2005. – № 5 (43). – С. 76–77

Краснопольский Б.И., Чесноков А.Г., Чесноков С.А. Численное моделирование и расчет прочностных свойств стекла // Стекло и керамика. – 2005. – № 12. – С. 14–17

Солинов В.Ф., Успенский А.А. Особенности проектирования силикатных стеклопакетов для жилых и промышленных зданий повышенной этажности // Окна. Двери. Фасады. – 2006. – № 17

Мильков В.Г., Успенский А.А. Создание стеклопакетов для зданий повышенной этажности. // СтройПРОФИЛЬ. – 2006. – № 3 (49)

Рымаров А.Г., Смирнов В.В., Шевченко А.А. Особенности влияния ветрового гравитационного давления на воздушный режим высотного здания в холодный период года. – МГСУ, 2005

Чесноков А.Г. Проблемы применения крупноформатных стеклопакетов // Окна. Двери. Фасады. – 2006. – № 17

Концепция обеспечения пожарной безопасности многофункциональных высотных зданий (одобрена на совещании научно–технического совета Москомархитектуры 24 июня 2005 г.)

Казиев М.М. Огнестойкие оконные конструкции // Противопожарные и аварийно–спасательные средства. – 2004. – № 3

Хасанов И.Р. Пожарная безопасность высотных зданий // Строительная инженерия. – 2005. – № 7

Концерн Glaverbel: взгляд на современные системы остекления фасадов // Окна. Двери. Витражи. – Архитектор 2005

Пестрицкий А.В., Гусев А.А., Зигерн–Корн В.Н. Пожарная опасность систем наружного утепления фасадов зданий

Мешалкин Е.А., Баралейчук В.Г. Пожарная безопасность фасадных систем // СтройПРОФИль. – 2006. – № 5 (51)

Чесноков А.Г. Влияние способа закрепления стеклопакетов на прочность стекол // СтройПРОФИль. – 2006. – № 5 (51)

Стекло в архитектуре: традиции и новые тенденции (по материалам Круглого стола журнала «Технологии строительства», 4 (38) / 2005)

Матросов Ю.А. Рекомендации по проектированию тепловой защиты и энергоэффективности высотных зданий // Технологии строительства. – 2005. – № 6 (40)

2006