Ю.К. Осипов, О.В. Матехина

Сибирский государственный индустриальный университет

СТЕКЛО В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И АРХИТЕКТУРЕ

Стекло имеет богатейшую историю использования. И в настоящее время стекло широко применяется в современном строительстве. Специалист, участвующий в проектировании и строительстве, должен иметь в виду, что светопрозрачные ограждения (в просторечии – окна) позволяют с успехом использовать лучистую энергию солнца для естественного освещения зданий. Вместе с тем чрезмерное увлечение применением остекления (больших площадей) неизбежно приводит к ухудшению внутренней среды зданий. Разумное сочетание противоречий и условий применения остекления в современных зданиях наряду с использованием специфических свойств специальных строительных стекол и средств искусственного регулирования внутренней среды – единственный путь к созданию зданий, полноценных в функциональном отношении и выразительных по архитектурному облику.

В арсенале современного архитектора стекло находится в ряду основных строительных материалов. Трудно переоценить роль новых строительных материалов и конструкций в рождении современной архитектуры, однако их настоящее значение становится понятным только при рассмотрении всей истории архитектуры, ее философских аспектов. И дело не в том, что на смену известных архитектурных стилей пришли другие. Новые конструкции явились материально-технической основой новой пространственной концепции архитектуры XXI века. Речь идет о принципиальных изменениях, творческом, функционально-художественном освоении реальности пространства и его выразительных возможностей.

На смену изобразительно-ордерной архитектуре, основной задачей которой были организация и художественное оформление громоздких объемов зданий, пришла архитектура, существенными признаками которой стал подавляющий перевес элементов свободного пространства и его форм над ограждающими массами. Применение стекла в качестве полноценного стенового материала в современных сооружениях разрушило жесткую зависимость между ар-

хитектурными элементами зданий: высотой помещения, пролетом, размером окон, толщиной стен и т.д. Это дало архитекторам новые возможности для выражения своих творческих замыслов.

К современным зданиям предъявляются трудносовместимые требования, среди которых архитектурная выразительность, комфорт внутренней среды, экономичность, низкий уровень энергозатрат при эксплуатации, надежность и в то же время малая материалоемкость и т.д. Воплотить эти требования в реальном объекте без научных знаний материальной базы архитектуры (конструкций и материалов) – задача трудно-выполнимая.

Для архитектурной теории проблемы взаимоотношений конструкций и архитектурных форм всегда были основными.

У стекла счастливая судьба в строительстве. Более 2 тыс. лет зодчие применяют стекло при возведении зданий различных архитектурных стилей [1]. Сейчас оно заняло исключительное положение среди материалов для ограждающих конструкций. Стекланные поверхности стали одним из основных средств выразительности в современной архитектуре, при этом речь идет не столько о форме, размерах, количестве и расположении окон, сколько о соотношении глухих и остекленных участков зданий.

Наблюдается рост объемов применения строительного стекла. Светопрозрачные ограждения в современных зданиях достигают порой 70 – 80 % и более от площади фасада. В настоящее время для стекла наступил новый этап развития, главной особенностью которого является использование строительных стекол с заданными свойствами.

Современное стекло – это продукт, основанный на достижениях в области физики, химии, материаловедения и высоком уровне развития технологий. С тех пор, как площади остекления одних зданий начали соперничать по величине с площадью стен, а стены других стали выполнять сплошь из стекла, требования к свойствам стекла расширились и изменились. Как известно, большая часть функций, которые выполняет со-

временное остекление (формирование микроклимата и гигиенической обстановки помещений), раньше приходилась на долю каменных стен [2].

Г.А. Градов в книге «Город и быт» значение вопросов, связанных с созданием микроклимата помещений, определил следующим образом: «Микроклимат в общественных и жилых зданиях является решающим показателем комфортности и одним из важнейших факторов увеличения продолжительности жизни человека» [3]. Нет сомнений, что вопросам создания комфортной внутренней среды помещений следует уделять большое внимание, а ее характеристики следует приближать к оптимальным. Это и исключение температурных колебаний (перепадов) на внутренней поверхности остекления, и улучшение светового режима помещений, и повышение звукоизоляционных качеств остекления, и уменьшение теплопотерь через остекление.

Каждый вид стекла обладает присущим ему комплексом свойств и имеет свои области применения. Знание свойств различных видов стекла – одно из главных условий при выборе стекла для остекления конкретного здания.

Рассмотрим основные виды строительного стекла, используемого в гражданском строительстве.

Обычное листовое строительное стекло – наиболее широко используемый вид стекла для заполнения светопроемов, изготовления стеклопакетов и создания различных светопрозрачных ограждений. Оконное стекло применяется для заполнения светопроемов в сочетании с оконными переплетами самых разнообразных конструкций. Вопрос о выборе одинарного, спаренного, двойного или тройного остекления должен решаться в соответствии с климатическими условиями района строительства. Обычное листовое стекло находит применение и во внутренних перегородках, для устройства систем второго света, зрительной связи отдельных помещений.

В тех случаях, когда требуется исключить видимость через светопроемы или остекленные перегородки, используют **узорчатое стекло**. Светопропускание бесцветного узорчатого стекла колеблется от 40 до 60 %, а светопропускание цветного узорчатого стекла не нормируется.

В тех случаях, когда важно предотвратить выпадение осколков при разрушении остекления, применяют **армированное стекло**. Стекло армируется термически обработанной проволокой диаметром 0,45 – 0,5 мм. Армированное стекло выпускается как бесцветным, так и цветным. Светопропускание такого стекла не менее 60 %. Бесцветное армированное стекло в основном применяется в остеклении проемов верхне-

го света, цветное – в ограждении балконов, для устройства внутренних перегородок. При использовании цветного армированного стекла в ограждении балконов жилых домов оно устанавливается в виде экранов, обрамленных металлической рамой, или в виде сплошной ленты.

К разновидностям листового стекла относится **строительное стекло со специальными свойствами**. Такое стекло позволяет ультрафиолетовой радиации: проникнуть в помещение; снизить перегрев помещений лучистым теплом; устранить дискомфортные явления, возникающие в непосредственной близости от остекления в холодное время года; снизить теплопотери через светопрозрачные ограждения. Для получения стекол со специальными свойствами изменяют химический состав стекломассы по всей толщине листа или в тонком слое у его поверхности, а также наносят на поверхность обычного стекла пленки металлов и их оксидов.

Стекло, пропускающее ультрафиолетовые лучи. При строительстве жилья особое значение приобретает использование природного ультрафиолетового излучения. Так, в некоторых промышленных районах потери ультрафиолетовой радиации достигают 40 %, а в районах жилой застройки – 26 %. Кроме того, в I климатическом районе России наблюдается значительная неравномерность распределения ультрафиолетовой радиации в течение года. Особенно велика неравномерность в северных районах, где в течение нескольких месяцев ультрафиолетовая радиация отсутствует. Ультрафиолетовое голодание может привести к нарушению или ослаблению некоторых функций организма. Применение в окнах в качестве светопрозрачного остекления обычного силикатного стекла является непреодолимой преградой для биологически активной части ультрафиолетового излучения солнца. Устранить этот недостаток может остекление, пропускающее ультрафиолетовые лучи.

Способность данного вида стекол пропускать лучи ультрафиолетовой области спектра определяется химическим составом стекла. По химическому составу стекла разделяются на силикатные, боросиликатные и фосфатные. Фосфатные стекла по пропусканию ультрафиолетовых лучей имеют преимущества перед силикатными. При проектировании оконных проемов для такого остекления следует стремиться к тому, чтобы они имели минимальное количество затеняющих элементов, а стекло было бы доступным для тщательной очистки.

Стекло, поглощающее ультрафиолетовые лучи. Это специальный вид стекла, который используется для устройства светопроемов в об-

ществленных зданиях. Это стекло ограничено применяется и в жилых зданиях (особняки, частные городские дома и т.п.) для защиты помещений, где хранятся произведения искусства, библиотеки. По всем основным показателям стекла, поглощающие ультрафиолетовые лучи, должны соответствовать стандарту на обычное оконное стекло.

Стекло с полупрозрачным зеркальным покрытием. Стекло, обладающее высоким отражением в видимой части спектра, является современным видом стекла для строительства. Этот вид стекла получают нанесением металлических полупрозрачных пленок на стекло, которое может быть обычным оконным, витринным полированным и неполированным, цветным, узорчатым, армированным. Бесцветные стекла с высокоотражающим покрытием получают путем нанесения пленки оксида титана, цветные – нанесения пленки оксидов железа, кобальта, меди.

Стекла с бесцветными полупрозрачными покрытиями из оксида титана хорошо отражают не только видимую, но и инфракрасную часть солнечного спектра, а это значит, что они обладают солнцезащитными свойствами и могут быть использованы с этой целью в наружном остеклении. Стекла с полупрозрачными зеркальными покрытиями могут использоваться во внутренних перегородках, а в тех случаях, когда нежелателен просмотр помещений со стороны улицы, их применяют в наружном остеклении жилых зданий.

Стекло для солнцезащитного остекления. При неблагоприятной организации светопроемов и неудачно выбранной ориентации жилого здания в летние месяцы наблюдается значительный перегрев помещений. Для устранения этого отрицательного явления применяется солнцезащитное остекление, в котором используются теплопоглощающие, теплоотражающие и нейтрально окрашенные стекла. Как видно из самих названий этих стекол, одни из них поглощают, а другие отражают значительную часть инфракрасных солнечных лучей. Нейтральные же стекла имеют пониженное пропускание по всему оптическому диапазону солнечного спектра.

Выбор вида стекла для солнцезащитного остекления является важным моментом в проектировании здания и должен осуществляться с учетом всех определяющих факторов: назначения здания, географической широты местности, климата, ориентации светопроемов по румбам горизонта, конструктивного решения остекления, реальных свойств стекол. При выборе вида стекла для солнцезащитного остекления следует

учитывать границы допустимого снижения светопропускания в зависимости от климатического района строительства: для районов севернее 60° с.ш. – 60 %, для районов южнее 60° с.ш. – 45 %.

Теплопоглощающие стекла рационально применять в I – II климатических районах, при этом они устанавливаются только в наружном ряду остекления. Для защиты помещений от слепящего действия низко стоящего солнца и уменьшения яркостных контрастов целесообразно применять теплопоглощающее стекло в светопроемах зданий, располагаемых на высоких широтах.

Применение теплоотражающих стекол, как правило, не вызывает конструктивных изменений в остеклении. Проектирование же солнцезащитного остекления из теплопоглощающего и нейтрального стекла требует выполнения ряда правил и условий, связанных с особенностями их применения:

- теплопоглощающее стекло следует всегда устанавливать в наружном ряду двойного остекления. Это вызвано тем, что во время инсоляции такое стекло сильно нагревается;

- для интенсивного теплосъема со стекол устраивают вентилируемое межстекольное пространство. Количество воздуха, поступающего в межстекольное пространство, регулируется с помощью фрагм или дроссельных заслонок. Избежать устройства вентиляции межстекольного пространства можно путем применения во внутреннем слое солнцезащитного стекла, хорошо отражающего тепловой поток от нагретого теплопоглощающего стекла. Такое остекление является универсальным, так как в зимнее время снижает теплопотери из помещения.

Стекло для теплоизоляционного остекления. В зимний период в зоне, расположенной вблизи светопроемов, могут возникнуть дискомфортные явления, связанные с отрицательным воздействием от холодных поверхностей остекления и усилением конвективных потоков холодного воздуха. Эти явления часто служат причиной простудных заболеваний. Низкая температура внутренней поверхности остекления является причиной возникновения конденсата и наледи на стекле в холодные периоды года, а это нежелательно не только по санитарно-гигиеническим условиям, но и с точки зрения светового комфорта в помещении. И, наконец, низкое сопротивление теплопередаче у обычных конструкций остекления приводит к значительным теплопотерям. С целью сокращения энергетических затрат при эксплуатации жилых зданий СНиП 23-02 – 2003 «Тепловая защита зданий» введено ограничение суммарной площади светопроемов жилых зданий. Так, в жилых зда-

ниях площадь окон с приведенным сопротивлением теплопередаче меньше $0,56 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ по отношению к суммарной площади светопрозрачных и непрозрачных ограждающих конструкций стен должна быть не более 18 %.

Среди методов улучшения теплозащиты светопрозрачных конструкций в мировой строительной практике, помимо совершенствования конструкции переплетов, используют увеличение числа слоев стекла в остеклении, устройство кондиционированных окон, стекла с селективными оптическими свойствами, которые в значительной степени отражают энергию длинноволнового инфракрасного диапазона. Такими свойствами обладают некоторые полупрозрачные покрытия из металлов и оксидов. Например, золотое покрытие толщиной $0,1 - 0,2 \text{ мкм}$ на одном из листов стеклопакета позволяет повысить его сопротивление теплопередаче на 35 – 40 %.

Для строительства наибольший интерес представляют менее дорогие стекла, например, стекла с покрытием из оксида олова. Стекла с таким покрытием при высоком (75 – 79 %) коэффициенте светопропускания весьма хорошо отражают длинноволновую часть инфракрасной радиации, излучаемой приборами отопления и предметами, находящимися в помещении. Соответственно, такое стекло обладает очень низкой (0,25) степенью черноты поверхности по сравнению с обычным стеклом в диапазоне температур $0 - 100 \text{ °C}$, то есть в условиях теплообмена при комнатных температурах. Такое теплозащитное стекло устанавливается во внутреннем ряду остекления и обращено покрытием в межстекольное пространство; наружным стеклом может быть обычное или солнцезащитное. При

применении теплозащитного стекла сопротивление теплопередаче конструкции остекления возрастает приблизительно на 40 %.

Выводы. Необходимо более полно использовать возможности, которые предоставляет ассортимент строительных стекол, с учетом их влияния на архитектуру и внутреннюю среду здания. Несомненно, что современное строительное стекло является материалом, разнообразие свойств которого позволяет создать эффективные ограждающие конструкции, наполняющие здания естественным светом и одновременно защищающие их от чрезмерной инсоляции в летнее время и от теплопотерь в зимнее время.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Соловьев С.П., Динева Ю.М. Стекло в архитектуре. – М.: Стройиздат, 1981. – 191 с.
2. Осипов Ю.К., Матехина О.В. Архитектурно-типологические основы проектирования жилых зданий: учеб. пособие. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2013. – 253 с.
3. Градов Г.А. Город и быт – М.: Стройиздат, 1968. – 252 с.
4. Осипов Ю.К., Матехина О.В. Комфорт и безопасность жилой среды // Вестник СибГИУ. 2014. № 4 (10). С. 43 – 47.
5. Осипов Ю.К., Матехина О.В. Обобщенная теоретическая модель тепловой защиты жилых зданий с помощью наружных ограждающих конструкций // Вестник СибГИУ. 2015. № 1 (11). С. 50 – 55.

© 2019 г. Ю.К. Осипов, О.В. Матехина
Поступила 23 января 2019 г.