



Канд. техн. наук, доцент кафедры  
“Пожарная безопасность в строительстве”  
Академии ГПС МЧС РФ  
**М. М. Казиев**



Адъюнкт Академии ГПС МЧС РФ  
**А. В. Дудунов**

УДК 614.841.334

## ОГНЕСТОЙКИЕ СВЕТОПРОЗРАЧНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Приводятся результаты исследования поведения при пожаре различных видов строительного листового стекла с огнезащитным гелевым покрытием разной толщины. Представлены данные испытаний на установке “малая огневая печь” в условиях стандартного огневого воздействия. Предложены перспективные варианты конструктивного исполнения огнестойкой стеклоконструкции.

В последние годы наблюдается устойчивая тенденция расширения области применения стекла в строительстве. Увеличивается площадь оконных проемов, витрин, витражей. Стекло широко используется для изготовления внутренних перегородок, дверей и оформления наружных фасадов зданий и сооружений. Это связано с уникальными достоинствами данного строительного материала. К ним, несомненно, можно отнести негорючесть, прозрачность, дешевизну, неограниченную сырьевую базу, хорошие эксплуатационные свойства, долговечность, атмосфероустойчивость и устойчивость к температурным перепадам.

Основным недостатком и препятствием применения стеклоконструкций в строительстве в качестве противопожарных преград являются их низкий предел огнестойкости и способность к разрушению от динамических воздействий и попадания на нагретую поверхность воды при тушении пожара. Многочисленные пожары свидетельствуют также, что стеклоконструкции из-за их способности к осколочному разрушению представляют большую угрозу для людей и затрудняют работу пожарных и спасателей.

Актуальность вопроса обеспечения огнестойкости светопрозрачных конструкций обусловлена тем, что в настоящее время наблюдается бурный рост применения в строительстве огнестойких стеклоконструкций. В крупных городах проектируются и строятся высотные здания, для которых на верхних этажах необходимо предусматривать огнестойкие оконные конструкции. Вызвано это тем, что при разрушении остеклений пожар из-за притока воздуха в зону горения начинает бурно развиваться и распространяться по всему зданию, что не-

редко становится причиной гибели людей и уничтожения значительных материальных ценностей. Безопасность людей зависит главным образом от того, насколько быстро разрастается пожар с момента его возникновения. Таким образом, время полного охвата помещения пламенем является важным фактором пожароопасности данного помещения. Чем больше это время, тем больше шансов для своевременного обнаружения пожара и принятия мер по его тушению (как вручную, так и с помощью автоматических средств), а также для эвакуации людей в безопасное место.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что устойчивость остекления оказывает существенное влияние на развитие пожара в помещении и возникновение в нем объемной вспышки, приводящей к обрушению конструкций и распространению пожара. Быстрое обрушение остекления может также привести к распространению пожара на вышележащие этажи по фасаду здания.

В настоящее время существует большое количество систем огнестойкого остекления, для создания которых применяют различные типы огнестойких стекол, изготовленных по разным технологиям, обладающих несхожими физическими свойствами и по-разному ведущих себя при воздействии огня. К огнестойким типам стекла можно отнести [1]:

- *армированное* — под термическим воздействием стекло разрушается в начальной стадии пожара, но прочно удерживается на месте встроеной металлической сеткой;
- *стеклокерамику* — благодаря своему составу и микрокристаллической структуре этот тип стекла имеет коэффициент термического рас-

ширения, близкий к нулю, и под действием огня обычно не разрушается;

- *закаленное натрийкальцийсиликатное* — относительно высокие закалочные напряжения в стекле обеспечивают сохранение целостности при воздействии огня;
- *многослойное со смолой* — огнестойкость достигается за счет использования в качестве внутреннего склеивающего слоя смолы, стойкой к огню и воспламенению;
- *многослойное вспенивающееся* — имеет основанный на жидком стекле внутренний слой, который под воздействием огня вспенивается (расширяется) и становится непрозрачным, обеспечивая известную степень теплоизоляции;
- *многослойное с гелем* — представляет собой заполненное гелем двух- или многослойное изделие из закаленного стекла; под воздействием огня из геля высвобождается вода, что обеспечивает необходимую степень теплоизоляции;
- *закаленное боросиликатное* — благодаря своему составу и низкому коэффициенту термического расширения этот тип стекла под воздействием огня обычно не разрушается.

При пожаре для многослойных стеклопакетов характерно последовательное послойное их разрушение, связанное с теплофизическими и механическими свойствами стекла. Устойчивость стекла в значительной степени определяется суммарными внутренними и механическими напряжениями, которые обусловлены технологией производства, теплофизическими свойствами и механической нагруженностью. Поэтому рама стеклопакета помимо жесткости, необходимой для транспортировки, монтажа и закрепления по месту, должна обладать и достаточной компенсирующей способностью для предотвращения развития при нагреве напряжений внутри конструкции. Для этого могут использоваться как конструктивные особенности самой рамы, так и различные термомосты или специальные компенсирующие прокладки и герметики.

В настоящее время производством огнестойких светопрозрачных конструкций занимаются как российские, так и зарубежные фирмы, например ООО “Фототех”, “Пинкилтон”, “Соларекс” и др. Но стоимость этих конструкций очень высока.

Академией Государственной противопожарной службы совместно с Институтом элементоорганических соединений Академии наук РФ была поставлена задача разработать огнезащиту светопрозрачных конструкций и конструктивное исполнение огнестойкого модуля.

Основной целью данного исследования является изучение поведения при пожаре различных модификаций защищенного от теплового воздействия

листового стекла с гелиевым покрытием разной толщины, что позволит определить эффективность огнезащитного гелевого состава. При этом результаты экспериментов могут рассматриваться как обоснование наиболее эффективного конструктивного исполнения огнестойких светопрозрачных конструкций.

При испытании строительных конструкций выбирается тепловой режим, который с точки зрения пожарной безопасности максимально моделировал бы условия теплового воздействия, которому материал может подвергаться при пожаре. В этом случае полученные результаты позволяли бы прогнозировать поведение конструкций при крупномасштабных испытаниях.

Были проведены ряд экспериментов на таких установках, как “радиационная панель” с температурным режимом, приближенным к стандартному, и “малая огневая печь” с температурным режимом, соответствующим стандартному. Общий вид и схема установки “малая огневая печь” показаны на рис. 1 и 2 соответственно.



Рис. 1. Общий вид установки “малая огневая печь”

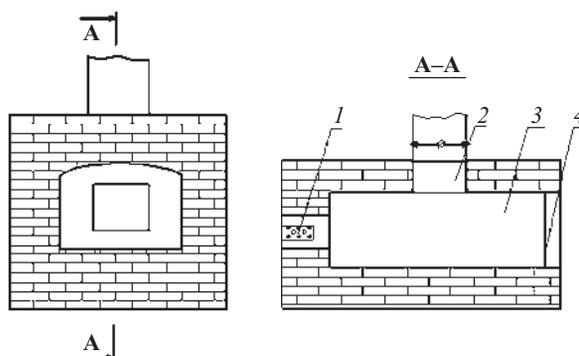
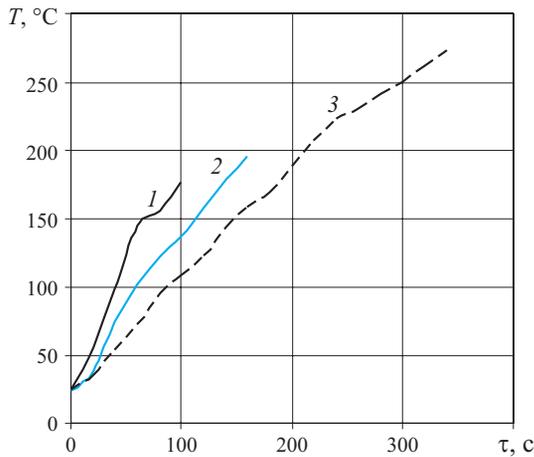


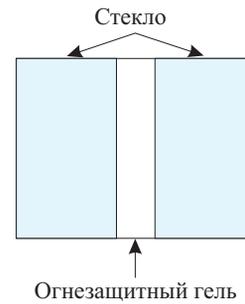
Рис. 2. Схема установки “малая огневая печь”: 1 — газовая горелка; 2 — вытяжной трубопровод; 3 — огневая камера; 4 — держатель образца



**Рис. 3.** Зависимость температуры необогреваемой стороны  $T$  от времени  $\tau$  для сырого стекла толщиной: 1 — 3 мм; 2 — 4 мм; 3 — 5 мм

Сначала испытаниям подвергались обычные стекла разной толщины (3, 4 и 5 мм) без обработки гелем. Эксперименты проводились до разрушения образца (рис. 3). Из результатов видно, что при увеличении толщины стекла температура на необогреваемой поверхности растет медленнее и время растрескивания увеличивается.

Закаленные стекла заданного размера (270×370 мм) при испытании в течение 30 мин не разрушались и прогревались до температуры на необогреваемой стороне стекла толщиной 3 мм — 520°C, 4 мм — 430°C, 5 мм — 410°C. Но эти результаты не будут точны для реальных конструкций, так как внутренние напряжения в стекле возрастают при увеличении масштаба конструкции.



**Рис. 4.** Конструктивное исполнение модуля

Далее испытывались стеклоконструкции с гелевым заполнением. Модули компоновались как из закаленного, так и из сырого стекла различной толщины (3, 4 и 5 мм) с разной гелевой прослойкой (1, 2 и 3 мм), размер модулей — 270 × 370 мм. Схема образца представлена на рис. 4.

В результате проделанной работы авторами предложены рецептура эффективного и недорогого огнезащитного состава и предложено конструктивное исполнение огнестойкой стеклоконструкции размерами, указанными при испытании. Огнестойкость данной конструкции по теплоизолирующей способности — около 15 мин, по целостности — не менее 30 мин. Для того чтобы оценить фактор масштабности и насколько результаты испытаний на малой огневой печи позволяют прогнозировать поведение стеклоконструкций в реальных условиях пожара, необходимо проведение крупномасштабных сертификационных испытаний стеклоконструкций.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Черемхина Е. А., Чесноков А. Г. Краткий обзор огнестойких стекол европейских производителей. — М.: ОАО "Институт Стекла", 2006.

Поступила в редакцию 28.02.07.