

М. М. КАЗИЕВ, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры пожарной безопасности в строительстве, Академия ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; e-mail: kaziev01@bk.ru)

Е. В. ЗУБКОВА, адъюнкт Академии ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; e-mail: zubkova.agps@yandex.ru)

В. И. БЕЗБОРОДОВ, научный сотрудник отдела обеспечения пожарной безопасности технологических установок, Оренбургский филиал ВНИИПО МЧС России (Россия, 460507, Оренбургская обл., пос. Пригородный, ул. Луговая, 6; e-mail: vladimirvniipo@mail.ru)

УДК 614.841.343

ЗАЩИТА ТРИПЛЕКСА ПРИ ПОЖАРЕ С ПОМОЩЬЮ ВОДЯНОГО ОРОШЕНИЯ

Дан анализ пожарной опасности триплекса и его поведения при пожаре. Отмечено преимущество использования водяного орошения в качестве защиты триплекса от разрушения в условиях пожара. Рассмотрено влияние водяного орошения на пожароустойчивость светопрозрачных конструкций с триплексом. Представлен обзор результатов испытаний триплекса в “малой огневой печи” и на крупномасштабной установке. Показана эффективность водяного орошения для повышения пожароустойчивости триплекса.

Ключевые слова: пожароустойчивость; стекло; пожар; взрыв; триплекс; крупномасштабные испытания; водяное орошение; распространение пожара; ламинированное стекло.

Одной из причин увеличения объемов использования стекла в строительстве является экономичность и возможность реализации оригинальных архитектурных решений. В особенности это касается высотных зданий и зданий с массовым пребыванием людей. При этом главным недостатком светопрозрачных конструкций является их низкая пожароустойчивость, обусловленная способностью стекла к быстрому разрушению при воздействии огня и высокой температуры на начальной стадии пожара. Разрушение сопровождается образованием крупных и мелких осколков, которые при падении с большой высоты представляют большую угрозу для людей. Кроме того, разрушение оконного остекления способствует быстрому развитию и распространению пожара по зданию.

Триплексы, состоящие из двух листов стекла, склеенных между собой с помощью высокопрочной полимерной пленки, обладают повышенной механической прочностью и защитой от УФ-излучения. Пленка как связующий элемент сдерживает конструкцию от разрушения, защищает от ультрафиолета и существенно предотвращает потери тепла из помещения.

Предположение о том, что наклеенная на стекло пленка повышает предел огнестойкости, не нашло подтверждения при исследованиях, которые были проведены во ВНИИПО и Академии ГПС МЧС России (рис. 1). Испытания показали, что полимерные пленки (независимо от их толщины), наклеенные на поверхность стекла, не только не увеличивают огне-

стойкость листового стекла, а напротив, повышают пожарную опасность композиций (пламенное горение на поверхности стекла, образование расплава пленок, выделение значительного количества дыма и токсичных продуктов при термическом разложении). Подобные явления наблюдаются и при сравнительных испытаниях опытных образцов многослойного стекла с различными клеевыми композициями (триплекс, стеклопакеты и т. п.) [1].

В связи с этим появилась острая необходимость защиты остекления от теплового воздействия. Учитывая, что практически все крупные здания оснащаются автоматическими системами водяного пожаротушения, предположили, что без значительных финансовых затрат можно обеспечить защиту светопрозрачных конструкций путем орошения их водой. Для подтверждения этого предположения нами проведены исследования по изучению эффективности данного способа огнезащиты [2–4]. С этой целью был выполнен ряд экспериментов на образцах триплекса 6-1-6 размером 370×270 мм в малой огневой печи (рис. 2). При этом рассмотрены несколько вариантов испытаний:

- без орошения;
- с орошением обогреваемой стороны;
- с орошением необогреваемой стороны;
- с водяным орошением (определение устойчивости триплекса к температурному “шоку”).

Испытания без орошения проводились при стандартном температурном режиме пожара [5]. Во вре-



Рис. 1. Образец листового стекла (4 мм) с полимерной пленкой, наклеенной с обогреваемой стороны, в начале испытания (а) и после выключения форсунок (б)

мя испытания на 5-й минуте пленка загоралась и выгорала в среднем за 6 мин. При этом горение происходило с выделением большого количества едкого дыма. Температура на поверхности на 20-й минуте превышала 350 °С (рис. 3,а). Стоит отметить, что данная температура может спровоцировать распро-

странение пожара из-за лучистого излучения, от которого данное стекло не защищает.

При испытаниях с водяным орошением подача воды осуществлялась при помощи медной перфорированной трубки с расходом 0,05 л/с. Данный расход подбирался из условия равномерного орошения образца. Испытания показали, что предельные значения показателей Е, I и W не достигаются на протяжении 45 мин, независимо от того, на какую сторону подается вода для орошения (обогреваемую или необогреваемую). Данный результат достигается за счет того, что вода препятствует выгоранию пленки (рис. 4), и образец сохраняет свою целостность. На 16-й минуте испытания при орошении со стороны нагрева температура на необогреваемой поверхности образца не превышает 200 °С, а при орошении необогреваемой стороны — 70 °С.

Наиболее эффективный способ орошения — это использование сплинклерных оросителей, так как они расходуют меньший объем воды по сравнению с другими системами пожаротушения, что актуально для высотных зданий. Сплинклерная система запускается после того, как происходит разрушение термического замка при достижении критической температуры, на которую рассчитан ороситель. Однако следует отметить, что возможно срабатывание оросителей после того, как стекло нагрелось свыше критических значений, поэтому были проведены испытания на определение устойчивости триплекса к температурному “шоку” (резкому перепаду температур). При проведении испытаний образец нагревали до температуры 300 °С (на необогреваемой поверхности), а затем подавали воду на обогреваемую сторону. После орошения поверхности водой температура на ней снизилась до 45 °С, образец сохранил свою целостность, термическое разложение пленки прекратилось. Критические значения пока-

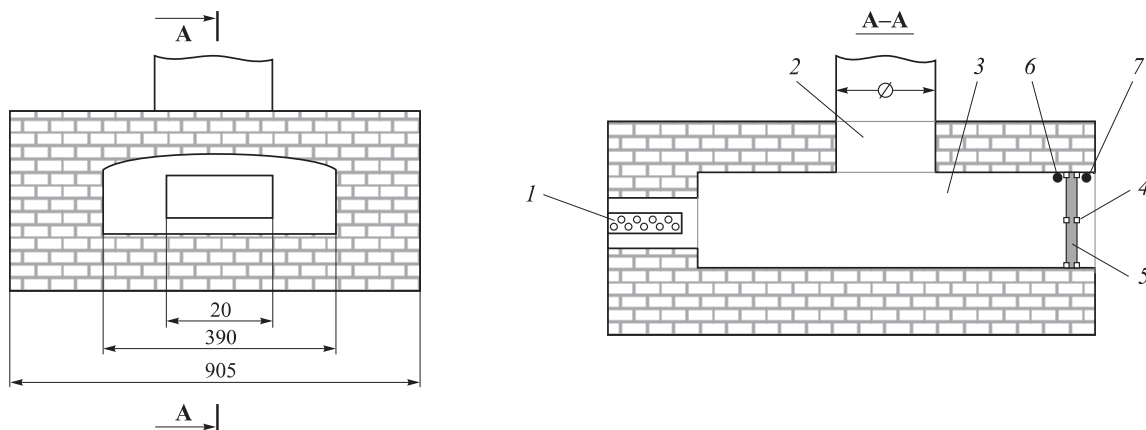


Рис. 2. Схема маломасштабной установки лаборатории УНЦ ППБС Академии ГПС МЧС России: 1 — газовая горелка; 2 — вытяжной трубопровод; 3 — огневая камера; 4 — проем для установки испытуемых образцов; 5 — образец; 6 — расположение перфорированной трубки при орошении обогреваемой стороны; 7 — расположение трубки при орошении необогреваемой стороны



Рис. 3. Образец триплекса 6-1-6 через 45 мин после испытания без водяного орошения (а) и с орошением (б)

зателей после подачи воды не наступали в течение 45 мин. Отсюда можно сделать вывод, что если по каким-либо причинам происходит поздний запуск системы, то это не может спровоцировать разрушение триплекса. Таким образом, водяное орошение является безопасным техническим решением для защиты триплекса, повышающим его пожароустойчивость.

Это подтверждают крупномасштабные испытания, проведенные в филиале ВНИИПО (г. Оренбург) [6], с водяным орошением и без него. В качестве образцов был взят триплекс 5-1-5 размером 1305×1605 мм. Орошение осуществлялось при помощи перфорированной трубки диаметром 25 мм.

При испытаниях были получены следующие результаты.

Испытания без водяного орошения показали, что предельные показатели потери теплоизолирующей способности (I) и величины теплового потока (W) наступали на 3-й минуте. При достижении предельных значений I и W испытания останавливались. Потери целостности (E) при этом не наступало (рис. 4). На 4-й минуте испытания температура на необогреваемой поверхности превышала $350\text{ }^{\circ}\text{C}$, величина теплового потока составляла $4,6\text{ кВт/м}^2$.



Рис. 4. Образец триплекса 5-1-5 после испытания без орошения

Испытания с водяным орошением показали, что при орошении обогреваемой стороны с расходом $0,38\text{ л/(м}^2\cdot\text{с)}$ предельные состояния не наступают в течение 61 мин, величина теплового потока не превышает 1 кВт/м^2 , а температура на поверхности — $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис. 5,а). При испытании с водяным орошением необогреваемой стороны потеря целостности (появление щелей, в которые мог свободно проникать щуп диаметром 25 мм) наступала на 22-й минуте с начала огневого воздействия. Тепловой поток не превышал 1 кВт/м^2 (рис. 5,б). По характеру повреждений стекла видно, что первый слой сначала растрескался, а через некоторое время стали выпадать осколки большими фрагментами. При этом пленка в этом месте быстро выгорела, после чего второй слой стекла подвергся прямому воздействию теплового потока.

Различие полученных результатов можно объяснить тем, что при испытаниях вода подавалась на обогреваемую поверхность, при этом стандартный температурный режим пожара в огневой печи на протяжении всего времени испытаний снижался в среднем на $265\text{--}300\text{ }^{\circ}\text{C}$. Следует также отметить тот факт, что при орошении водой необогреваемой стороны увеличилась разность температур на обогреваемой и необогреваемой поверхностях стекла. Это также способствовало преждевременному разрушению и выгоранию пленки, так как она подвергалась непосредственно температурному воздействию. Следовательно, орошение необогреваемой стороны не может в полной мере снизить температуру на поверхности пленки и препятствовать ее выгоранию.

Таким образом, проведенные исследования показали, что водяное орошение триплекса повышает его пожароустойчивость с 3 до 45 мин и более при равномерном орошении поверхности. Наибольшая эффективность достигается при орошении обогреваемой стороны за счет более эффективной огнеза-



Рис. 5. Образец триплекса 5-1-5 после испытания с орошением обогреваемой стороны (начало испытания) (а) и необогреваемой стороны (б)

щиты пленки. Основной причиной повышения пожароустойчивости триплекса является то, что орошение препятствует термическому разложению пленки, обеспечивающей сохранение целостности. Водяное орошение снижает температуру на необо-

греваемой поверхности стекла с 350 до 70 °С и уменьшает величину теплового потока более чем в 2 раза. За счет многослойности конструкции и наличия полимерной пленки триплекс в результате термического “шока” не разрушается.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шевчук А. П., Харитонов В. С., Сочевец О. Н. Мнение специалистов ВНИИПО по вопросу огнестойкости светопрозрачных конструкций с полимерными пленками. URL : <http://www.brand-glass.ru/film.html> (дата обращения: 02.02.2015).
2. Казиев М. М., Зубкова Е. В. Поведение при пожаре и огнезащита светопрозрачных строительных конструкций // Вестник ВНИИИМАШ. — 2014. — Т. 16, № 1. — С. 54–55.
3. Richardson J. K., Oleszkiewicz I. Fire tests on window assemblies protected by automatic sprinklers // Fire Technology. — 1987. — Vol. 23, No. 2. — P. 115–132. doi: 10.1007/BF01040427.
4. Kim A. K., Loughheed G. D. The protection of glazing systems with dedicated sprinklers // Journal of Fire Protection Engineering. — 1990. — Vol. 2. — P. 49–59. doi: 10.1177/104239159000200202.
5. ГОСТ Р 53308–2009. Конструкции строительные. Светопрозрачные ограждающие конструкции и заполнения проемов. Методы испытаний на огнестойкость. — Введ. 01.01.2010. — М.: Изд-во стандартов, 2009.
6. Казиев М. М., Зубкова Е. В., Безбородов В. И. Эффективность водяного орошения для защиты листового и закаленного стекла // Технологии техносферной безопасности. — 2014. — Т. 58, № 6. URL : <http://ipb.mos.ru/ttb/2014-6/2014-6.html> (дата обращения: 02.02.2015).

Материал поступил в редакцию 17 февраля 2015 г.

English

WATER IRRIGATION FOR PROTECTION OF TRIPLEX AT FIRE

KAZIEV M. M., Candidate of Technical Sciences, Docent, Associate Professor of Safety in Building Construction Department, State Fire Academy of Emercom of Russian (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation; e-mail address: kaziev01@bk.ru)

ZUBKOVA Ye. V., Postgraduate Student, State Fire Academy of Emercom of Russian (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation; e-mail address: zubkova.agps@yandex.ru)

BEZBORODOV V. I., Researcher of Fire Safety of Technological Installations Department, Orenburg branch of All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia (Lugovaya St., 6, Prigorodnyy, Orenburg Region, 460507, Russian Federation; e-mail address: vladimirvniipo@mail.ru)

ABSTRACT

The efficiency and the possibility of the realization of the original architectural solutions are the reasons for the increased use of the glass in the construction area in nowadays. This particularly applies to the high-rise buildings and the buildings crowded with people. The low fire resistance is the main disadvantage of the translucent structures. In initial stage of fire it could lead to rapid destruction. The glass destruction forms large and small fragments that represents the great threat for people and the firefighters falling from high places. Besides the glass destruction assists in the rapid-fire spread. One way of improving the fire resistance of the translucent structures is to use the triplex. The triplex consists of two glasses, which are glued by the solid polymer films, but it was not proved experimentally. The result of the studies showed that the polymer films assist in the rapid-fire spread in building and along the facade systems particularly. Thermal decomposition of the films with the flame burning and the release of toxic products occurred under heating of the triplex. The surface temperature is higher than 350 °C. As a result the fire resistance (the structure collapse) of such structures is equal to 30 minutes (E30). Therefore, it is necessary to protect triplex from influence of high temperatures in case of increasing the fire resistance. An effective way of increasing the fire resistance of the triplex is water spray systems. As a results of the small and large scale fire tests it has been established that the fire resistance increased twice and the temperature decreased to 100–150 °C during water spray usage. The film saves the integrity during the time of fire tests (45 minutes). Thus the carried experiments showed that the water spray of the triplex lead to the increasing of the fire resistance from 3 to 45 minutes (EI45). The maximum effect could be achieved in case of steady water spray usage from the fire side.

Keywords: fire resistance; glass; fire; explosion; triplex; large-scale installation; spread of fire; laminated glass.

REFERENCES

1. Shevchuk A. P., Kharitonov V. S., Sochevets O. N. *Mneniye spetsialistov VNIPO po voprosu ognestoykosti svetoprozrachnykh konstruktsey s polimernymi plenkami* [Expert opinion on fire VNIPO translucent designs with polymer films]. Available at: <http://www.brandglass.ru/film.html> (Accessed 2 February 2015).
2. Kaziev M. M., Zubkova E. V. *Povedeniye pri pozhare i ognezashchita svetoprozrachnykh stroitelnykh konstruktsey* [Behavior in case of fire and fire protection translucent building structures]. *Vestnik VNIINMASH — Herald VNIINMASH*, 2014, vol. 16, no. 1, pp. 54–55.
3. Richardson J. K., Oleszkiewicz I. Fire tests on window assemblies protected by automatic sprinklers. *Fire Technology*, 1987, vol. 23, no. 2, pp. 115–132. doi: 10.1007/BF01040427.
4. Kim A. K., Loughheed G. D. The protection of glazing systems with dedicated sprinklers. *Journal of Fire Protection Engineering*, 1990, vol. 2, pp. 49–59. doi: 10.1177/104239159000200202.
5. *State standard 53308–2009. Building constructions. Translucent walling and fill openings. Methods of test for fire resistance*. Moscow, Izdatelstvo standartov, 2009 (in Russian).
6. Kaziev M. M., Zubkova E. V., Bezborodov V. I. *Effektivnost vodyanogo orosheniya dlya zashchity listovogo i zakalennogo stekla* [Effectiveness of water irrigation for protection sheet and tempered glass]. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti — Technologies of Technosphere Safety*, 2014, vol. 58, no. 6. Available at: <http://ipb.mos.ru/ttb/2014-6/2014-6.html> (Accessed 2 February 2015).