

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОНСТРУКТИВНОЙ ОГНЕЗАЩИТЫ СТАЛЬНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

MATERIALS FOR CONSTRUCTIONAL FIRE PROTECTION OF STRUCTURAL STEEL MEMBERS

Ю. В. КРИВЦОВ, д-р техн. наук, проф.

И. Р. ЛАДЫГИНА, канд. техн. наук

Проанализированы особенности развития и последствий пожаров в высотных зданиях и на объектах специального назначения. Изложены результаты теоретических и экспериментальных исследований по обоснованию оптимальных рецептур составов для конструктивных огнезащитных покрытий стальных строительных конструкций при «целлюлозном» и «углеводородном» типах развития пожара. Представлены разработанные огнезащитные составы серии «Монокот» на гипсовом и цементном вяжущих для обеспечения требуемых пределов огнестойкости несущих стальных строительных конструкций с учетом условий эксплуатации покрытий на их основе.

Ключевые слова:

Конструктивные огнезащитные покрытия, основа рецептуры, стальные строительные конструкции, условия эксплуатации

Features of development and consequences of fires in high-rise buildings and on objects of special purpose are analyzed. The results of theoretical and experimental investigations to substantiate the optimal compound for structural fire-retardant coatings of steel structures in the "cellulose" and "hydrocarbon" types of fire are outlined. The developed flame retardants series 'Monokote' on gypsum and cement binders are presented to provide the required fire resistance rating of bearing steel structures, taking into consideration the operating conditions of coatings based on them.

Keywords:

Basis of the formulation, operating conditions, steel building structures, structural fire-retardant coatings

Наиболее распространённой чрезвычайной ситуацией является пожар [1, 2]. При установлении необходимых требований по противопожарной защите зданий и сооружений важным показателем сопротивляемости воздействию пожара и распространению его опасных факторов является огнестойкость несущих элементов этих объектов.

Применение сборных несущих металлических конструкций в мировом промышленном и гражданском строительстве постоянно расширяется. В России ежегодная потребность достигает 2 млн т. Это стало возможным в результате широкого внедрения огнезащитных составов [3-5]. В ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко разработана и внедрена их широкая номенклатура для обеспечения различных пределов огнестойкости стальных строительных конструкций [6, 7]. Составы по отдельным показателям огнестойкости не имеют отечественных и зарубежных аналогов.

Согласно требованиям существующих нормативных документов (Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», СП 2.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты»), несущие металлоконструкции зданий и сооружений должны быть защищены от воздействия огня при пожаре. При пожаре металлоконструкции теряют несущую способность в течение 7-15 мин. Применение огнезащитных составов позволяет увеличить их огнестойкость до 4 ч [3-5].

Наносимые огнезащитные покрытия подразделяются на:

- тонкослойные (краски);
- толстослойные (напыляемые облегченные составы и штукатурки).

Каждый вид покрытия имеет свой принцип работы в условиях воздействия пожара.

Высокая огнезащитная эффективность покрытий на основе толстослойных облегченных составов обеспечивается их низким коэффициентом теплопроводности и неизменной структурой таких покрытий в процессе огневого воздействия, вследствие чего прогрев защищаемой конструкции до критических температур происходит в течение длительного времени, характеризующегося пределом огнестойкости строительной конструкции, обозначаемым символом R.

Целью разработок было создание огнезащитных составов для конструктивной защиты стальных несущих элементов, в том числе для высотных зданий и специальных объектов.

Число небоскрёбов в мире на 2018 г. превысило 110 000. По данным зарубежной статистики, пожары в высотных зданиях наиболее травмоопасны и приводят к большему ущербу, чем пожары в обычных зданиях. Один пожар в здании выше 25 этажей вызывает в 3-4 раза больше жертв, чем в 9-16-этажном доме. При этом пожары, которые происходят на нижних этажах высотных зданий, приводят к большему материальному ущербу, а пожары на верхних этажах – к большему числу пострадавших и погибших [8-12].

Необходимые условия обеспечения пожарной безопасности высотных и многофункциональных зданий состоят в следующем:

- повышение надежности противопожарных инженерных систем;
- расчет пределов огнестойкости основных строительных конструкций исходя из

условий реального развития пожара;

- разработка нормативных требований к размерам пожарных отсеков;
- поиск компромиссов между необходимостью обеспечения безопасности для разного типа угроз, например, между требованиями контроля доступа и требованиями беспрепятственной эвакуации;
- снижение пожарной опасности светопрозрачных и комбинированных конструкций.

Результатом выполненного исследования явилось создание материала «Монокот» на основе гипсового ангидритового вяжущего. Этот состав обеспечивает защиту металлоконструкций от теплового воздействия пожара до R240 (т.е. конструкция сохраняет несущую способность в течение 240 мин) при толщине слоя не более 60 мм.

Покрытие устойчиво к воздействию вибрационных нагрузок и обладает высокими теплофизическими и эксплуатационными параметрами. Характеристики покрытия приведены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики огнезащитного покрытия «Монокот» на основе гипсового ангидритового вяжущего

<i>Наименование показателя</i>	<i>Значение</i>
Объемная масса покрытия, кг/м ³	260±20
Прочность на сжатие МПа, не менее	0,68
Прочность сцепления с основанием, МПа, не менее	0,16
Теплопроводность при 30 °С, Вт/м К, не более	0,04
Морозостойкость-по ГОСТ 28013	F50

Состав высокотехнологичен, может наноситься на защищаемую конструкцию слоем толщиной 15-20 мм за один проход. Использование гипсового вяжущего со специальными добавками позволяет оставлять затворенный водой состав в транспортных рукавах агрегатов для нанесения на время до 24 ч.

Низкая объемная масса покрытия обеспечивается введением в состав компонентов, способствующих его набуханию, а также технологией, предусматривающей распыление с частичным отверждением в процессе нанесения.

Огнезащитный состав «Монокот» на гипсовом вяжущем применяется в качестве конструктивной огнезащиты металлоконструкций для обеспечения высоких пределов огнестойкости, в том числе для металлоконструкций с малой приведенной толщиной металла, участвующих в общей геометрической неизменяемости высотных зданий и сооружений. В сочетании с покрывными защитно-декоративными красками состав может быть использован в условиях повышенной влажности.

Преимущество разработанного огнезащитного состава в сравнении с аналогичными напыляемыми составами заключается в его низкой объемной массе (260 кг/м³), что обеспечивает снижение нагрузки на несущие конструкции на 30-40% по сравнению с

применением аналогов. Помимо этого, первичное отверждение в течение 15 мин после нанесения позволяет при необходимости наносить состав для формирования второго слоя без промежуточной выдержки. Нанесение состава на конструкцию без применения специальной армирующей сетки, что обязательно при работе с составами повышенной объемной массы, обеспечивает технологичность процесса нанесения и снижение стоимости покрытия.

Уникальные свойства состава «Монокот» на гипсовом вяжущем позволяют применять его при строительстве высотных зданий, возводимых в сейсмически опасных районах. Испытания, проведенные по методике, изложенной в Стандарте организации ОАО «НИЦ «Строительство» СТО 36554501-031-2013 «Методика испытаний на соответствие требованиям пожарной безопасности строительных конструкций со средствами огнезащиты и систем противопожарной защиты, применяемых в районах с сейсмичностью более 6 баллов», подтвердили сохранение огнезащитных свойств состава после сейсмического воздействия 10 баллов по шкале MSK-64. Испытания проводились на полноразмерных образцах строительных металлоконструкций.

Оценочные испытания образцов с покрытиями на основе состава «Монокот» на гипсовом вяжущем, проведенные по методике, разработанной ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, подтвердили способность покрытия демпфировать колебания, возникающие в металлических каркасных несущих конструкциях. Применительно к высотному домостроению это имеет перспективу снижения затрат на создание соответствующих инженерных систем для подавления колебаний.

Составом «Монокот» на гипсовом вяжущем защищены несущие металлические конструкции высотного 74-этажного здания «Евразия» в комплексе «Москва-Сити», многофункционального 83-этажного здания «Лахта Центр» в комплексе зданий РАО «Газпром» в г. Санкт-Петербурге, олимпийских стадионов в г. Сочи и др. объектов.

Состав «Монокот» на гипсовом вяжущем разработан для условий «целлюлозного» пожара, который можно назвать стандартным.

Пожары по своему типу бывают двух видов: «целлюлозные» и «углеводородные». «Углеводородный» пожар реализуется при воспламенении горючих жидкостей, газов и твердых веществ, таких как бензин, керосин, нефть, природный газ и др. Этот тип пожара характеризуется большей интенсивностью нарастания среднеобъемной температуры, при этом тепловой поток составляет более 400 кВт/м², а температура повышается до 2000 °С в течение 6-8 мин.

С учетом особенностей «углеводородного» пожара разработан огнезащитный состав «Монокот» на цементном вяжущем, предназначенный для защиты металлоконструкций на нефтедобывающих, нефтеперерабатывающих производствах и других объектах специального назначения. Покрытие на основе данного состава обеспечивает предел огнестойкости конструкции не менее R240.

Состав представляет собой смесь минерального вяжущего на основе портландцемента с целевыми добавками и наполнителями. Покрытие обеспечивает сохранность эксплуатационных параметров в условиях открытой атмосферы. Срок службы покрытия — не менее 50 лет. Характеристики покрытия приведены в табл. 2.

Таблица 2

Характеристики огнезащитного покрытия «Монокот» на основе портланд-цемента с целевыми добавками и наполнителями

Наименование показателя	Значение
Объемная масса покрытия, кг/м ³	500±20
Прочность на сжатие МПа, не менее	1,3
Прочность сцепления с основанием, МПа, не менее	0,18
Теплопроводность при 30 °С, Вт/м К, не более	0,05
Морозостойкость по ГОСТ 28013	F50

Приготовление и нанесение состава осуществляется при помощи стандартных штукатурных агрегатов.

Таким образом, разработана серия огнезащитных составов «Монокот» для обеспечения предела огнестойкости до R240 для несущих металлических конструкций высотных зданий и объектов специального назначения, в том числе для условий «углеводородного» пожара и с учетом комплекса эксплуатационных требований.

Библиографический список

1. XXI век – вызовы и угрозы / Под общ. ред. В.А. Владимирова / ЦСИ ГЗ МЧС России. – М.: Ин-Октаво, 2005.
2. Россия в борьбе с катастрофами. Книга 2. XX век – начало XXI века / Под общ. ред. С.К. Шойгу. — М.: Деловой экспресс, 2007. .
3. *Рязанова Г.Н., Горелов С.А.* Анализ перспективных огнезащитных покрытий металлических конструкций / В сб. «Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство». – Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, 2016.– С. 284-286..
4. *Барышников А.А., Горелов С.А., Мустафин Н.Ш.* Анализ перспективных огнезащитных покрытий металлических конструкций // Региональное развитие. – 2016. –№ 2. – С. 6.
5. *Бод К., Сэше М., Фонтэно С., Фрим А., Жуков Р.* Огнезащитные покрытия: последние разработки в функциональных покрытиях, которые спасают жизнь // Лакокрасочные материалы и их применение.–2017.– № 6.– С. 20-27..
6. *Кривцов Ю.В., Ладыгина И.Р., Колесников П.П.* Современные методы обеспечения огнестойкости стальных и железобетонных конструкций // Вестник НИЦ Строительство. — 2017. — №3(14). С. 134-143. 7. *Кривцов Ю.В.* Современные средства противопожарной защиты // Промышленное и гражданское строительство. — 2014. — №9. — С. 5-7.
7. *Кривцов Ю.В., Ламкин О.Б.* Пожарная безопасность уникальных высотных со-

оружений. / Сб. трудов 6-й Международной специализированной выставки «Пожарная безопасность XXI века» и 5-й Международной специализированной выставки «Охранная и пожарная автоматика» (Комплексные системы безопасности). – М.: Эксподизайн, ПожКнига, 2007. – С.195-202.

8. *Теребнёв В.В., Артемьев Н.С., Подгруппинский А.В.* Противопожарная защита и тушение пожаров. Книга 3: Здания повышенной этажности. – М.: Пожнаука, 2006.

9. *Мешалкин Е.А.* О противопожарной защите уникальных объектов // Пожарная безопасность в строительстве, Июнь 2007. — С.11-17.

10. *Хасанов И.Р.* Обеспечение пожарной безопасности высотных многофункциональных комплексов. // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. — 2006. — №8. — С.12-14.

11. Концептуальный подход к обеспечению пожарной безопасности высотных зданий. Современное высотное строительство: монография. — М.: ГУП «ИТЦ Москомархитектуры», 2007. – С. 361-373.

Авторы:

Юрий Владимирович КРИВЦОВ, д-р техн. наук, проф., руководитель Научного экспертного бюро пожарной, экологической безопасности в строительстве ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва

Yuri KRIVTSOV, D. Sci. (Engineering), Full Professor, Head of Scientific expert bureau of fire and ecological safety in construction of TSNIISK named after V.A. Koucherenko JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: krivtsov.cniisk@mail.ru

тел.: +7 (499) 174-74-31

Ирина Романовна ЛАДЫГИНА, канд. техн. наук, старший научный сотрудник, заместитель руководителя Научного экспертного бюро пожарной, экологической безопасности в строительстве ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва

Irina LADYGINA, Ph.D. (Engineering), Chief researcher, Deputy head of Scientific expert bureau of fire and ecological safety in construction TSNIISK named after V.A. Koucherenko JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: ladigina.cniisk@yandex.ru

тел.: +7 (499) 174-74-31