

УДК 699.81:614.84:536.21

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ ЗА СЧЕТ СНИЖЕНИЯ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И МАТЕРИАЛОВ

д.т.н., проф. А.С. Белников^{*}, к.т.н., доц. В.А. Шаломов^{*},
соиск. Е.А. Широкова^{*}, к.т.н. С.Ю. Рагимов^{**},
ст. преп. А.М. Кравчук^{***}, Ю.А. Фурнье^{****}

^{}Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры,*

*^{**}Национальный университет гражданской защиты Украины,*

*^{***}Днепропетровский государственный аграрный университет,*

*^{****}Конструкторско-проектное бюро "Thermibel" г. Гренобль, Франция*

Актуальность. К сожалению, согласно статистических данных, жизнь человечества не стала безопаснее за последние десятилетия. Научный прогресс вместе с решением актуальных задач жизнедеятельности человека привнес и отрицательную тенденцию возрастания риска опасностей. В том числе, одной из основных причин гибели и травмирования людей в мире, нанесения ощутимого урона мировой экономике являются пожары.

Основная часть. Исходя из теории надежности строительных конструкций, нормальная эксплуатация их определяется временем работы до отказа. Время отказа характеризуется наступлением предельных состояний: наступление полной утраты конструкцией несущей способности (первое предельное состояние) и достижение конструкцией статических или динамических перемещений (второе предельное состояние).

В условиях высоких температур потеря несущей способности может происходить скачкообразно или вследствие накопления опасных факторов. Так, для металлических несущих конструкций прогрев металла до критической температуры протекает без видимых изменений, но по достижении ее, происходит мгновенное обрушение. В то же время распространение пламени по деревянной конструкции ведет к изменению видимых геометрических размеров в конструкции (выгорание и обугливание), однако конструкция длительное время еще сохраняет несущую способность и только по достижении критического сечения происходит ее деформирование, а затем обрушение [1-3].

Одновременно с увеличением температуры в очаге пожара и повышением концентрации токсичных продуктов сгорания возможно травмирование или гибель людей. Согласно статистических данных до 15% гибели и травмирования людей связано с отравлениями токсичными продуктами. Практически, два различных явления при развитии пожара (обрушение конструкций и пожарная опасность среды) определяют опасность объекта в целом.

При анализе риска опасности на объектах различают параметры, определяющие ускорение развития опасности и параметры, препятствующие его развитию. К параметрам препятствующим развитию опасности относятся снижение горючести материалов и повышение огнестойкости конструкций. Повышение огнестойкости и снижение горючести конструкций и материалов снижает риск травмирования и гибели людей во время пожара, повышает безопасность и охрану труда, уменьшает материальные потери. Эффективность

огнезащиты является критерием безопасности зданий и сооружений, уровня безопасности людей находящихся в них.

В настоящее время наибольшее применение на практике нашли следующие способы огнезащиты конструкций:

- повышение огнестойкости в результате применения различных теплоизолирующих экранов;
- конструктивные методы, технологические приемы;
- применение различного рода обмазок и штукатурок;
- облицовка конструкций кирпичом и плитам;
- повышение огнестойкости обработкой конструкций антипиренами;
- нанесение покрытий и красок на поверхность конструкций.

Вид огнезащиты строительных конструкций определяется с учетом пожарной опасности объектов и конструкций, требований охраны труда, санитарии и безопасности, типа защищаемой конструкции (колонны, ригели, балка, связи и т.д.), их сечения, эстетических требований, температурно-влажностных условий эксплуатации, технологии выполнения огнезащиты. При проектировании строительных объектов огнестойкость и пожарную безопасность обеспечивают с учетом особенностей физической природы материала (дерево, металл, бетон, пластмасса) и физических особенностей поведения при изменении условий эксплуатации, возможных негативных проявлений.

Конструктивные способы огнезащиты конструкций объектов позволяют значительно повысить безопасность, но они весьма трудоемки. К ним относятся: обетонирование; обкладка кирпичом; оштукатуривание; увеличение сечения несущих элементов; конструктивные решения узлов и перепланировка помещений; облицовка крупноразмерными элементами; применение огнезащитных элементов.

Выбор того или иного способа конструктивной защиты производится на основе технико-экономического расчета. При этом при обетонировании необходимо учитывать конструктивные свойства бетона и конструкции в целом. При нанесении штукатурок следует применять механизированные способы производства, исключив токсичные и вредные вещества. Облицовка сплошным или пустотным керамическим или силикатным кирпичом значительно влияет на архитектурно-планировочные решения, уменьшая полезный объем и т.д. Для обеспечения безопасности и снижения времени эвакуации, огнезащиту деревянных конструкций производят в основном конструктивными и химическими способами, а также нанесением облегченных штукатурных составов.

Огнезащитная пропитка древесины производится растворами антипиренов или полимеров в зависимости от их количества и глубины проникновения. Пропитка позволяет повысить сопротивляемость древесины воздействию огня не только на стадии возгорания, но и в условиях развивающегося пожара. Пропитка в настоящее время проводится следующими способами: пропитка под давлением; автоклавно-диффузионная пропитка; пропитка в ванне; поверхностная пропитка; пропитка с помощью суперобмазок.

Представляет особый интерес метод двойной пропитки деревянных конструкций, предложенный Сенежской лабораторией ЦНИИ облагораживания древесины, который заключается в последовательной пропитке поверхности

предохраняемого материала растворами солей хорошо взаимодействующими друг с другом. В результате взаимодействия образуются труднорастворимые антипирены. Нашли широкое применение и составы ВНИИПО.

1. Для поверхностной огнезащитной пропитки деревянных конструкций вне атмосферных осадков и контактов с водой ИС, % по массе: фосфорнокислый аммоний - 20,0; сернокислый аммоний - 5,0; фтористый натрий - 3,0; поверхностно-активное вещество - 1,0-1,5; вода - 71,0-70,5.

2. Для поверхностной пропитки конструкций из дерева, эксплуатируемых в условиях закрытых сухих помещений, при влажности до 70%, состав ПП представляет собой водный раствор углекислого калия и поверхностно-активных веществ. Состав пропитки ПП, % по массе: калий углекислый (ГОСТ 16690-70) - 25,0; поверхностно-активное вещество - 1,0-1,5; вода - 73,5-74,0.

К недостаткам применения пропитки антипиренам относятся: высокая трудоемкость, необходимость при автоклавной, глубокой пропитке специального оборудования, высокая токсичность применяемых компонентов, высокая стоимость и т.д.

Как показала практика, наибольшее применение в настоящее время, как в нашей стране, так и зарубежом все больше получают различные огнезащитные покрытия и краски.

Условно по механизму действия и назначению их можно разделить на: огнезащитные краски и лаки; огнезащитные обмазки; вспучивающиеся покрытия и комбинированные покрытия.

Основное назначение огнезащитных лакокрасочных материалов сводится к повышению безопасности объектов за счет локализации распространения пламени (для органических материалов) и экранирование теплопередачи на ранней стадии развития пожара. При разработке огнезащитных лаков и красок используют различные связующие, отвердители, пластификаторы, активные добавки, красители, которые играют роль улучшения определенных свойств. При использовании органических компонентов они не обладают высокой сопротивляемостью к действию огня и не могут длительно играть роль теплоизоляции. Для сгораемых материалов (дерево, пластик) их роль сводится к защите сгораемого материала от воспламенения и перевода его в группу трудносгораемых. В их состав входят хлорированные алкиды, гидроксиды алюминия, смеси хлорированных парафинов, оксиды сульмы и т.д. Огнезащитная способность таких составов отличается от антипиренов тем, что при нанесении на поверхность материала они незначительно проникают вглубь его структуры. Такие лакокрасочные материалы используют в основном для огнезащиты деревянных и металлических конструкций и элементов легких конструкций из алюминиевых сплавов.

В огнезащитных составах на основе термопластов часто используют поливинилхлорид и его сополимеры, акрилаты в сочетании с различными растворителями (дибутилфталатом, трикремнефосфатом и др.), хлоркаучук. В составах на основе пенопластов входят фурановые, эпоксидные, карбамидные, полиэфирные, алкидные и другие смолы у которых отверждение протекает без нагрева.

Для защиты деревянных конструкций в условиях повышенной влажности предложены краски ФАН, представляющие смеси мочевино-формальдегидной смолы и фурфуролацетонового мономера при следующем соотношении компонентов, % по массе: мономер ФА - 54,2; бензолсульфокислота - 8,7; ацетон - 8,7; мочевиноформальдегидная смола - 28,4.

Введение силиконов значительно повышает водостойкость красок. В качестве минеральных добавок в них используют: диоксид титана, фосфат аммония и др.

Для защиты металла и древесины нашли применение краски на основе сополимера винилхлорида с винилиденхлоридом, используемого в виде водных дисперсий (латексов), а также на основе поливинилацетата, кремнийорганических, алкидных и др. полимеров. Снижение горючести поливинилацетатных дисперсий достигается добавлением к ним хлорпарафина и минеральных наполнителей.

Масляные краски обладают достаточной атмосферостойчивостью, они пригодны для защиты металлических и деревянных конструкций при не длительном воздействии огня. Основой в масляных красках являются натуральные или синтетические олифы, а в качестве наполнителей используют минеральные наполнители, вводят также антипирены (бура, смеси хлорпарафина и триоксид, сурьма и т.д.), а пигментами регулируется цвет краски.

В Западной Европе (Германия, Франция, Великобритания) повышение безопасности объектов достигается применением различных масляных красок с использованием льняного масла, модифицированных алкидных полимеров с добавками хлорпарафина, полиамида №93, масла "Изано". В качестве минеральных наполнителей в них применяют: диоксид титана, борит цинка, сульфат и карбонат свинца, оксид цинка и др.

В Украине лакокрасочная промышленность выпускает огнестойкие эмали ХВ-5169 и ПФ-218. В основном указанные краски не повышают огнезащитную функцию, а служат лишь мерой понижения горючести. Огнезащитная эмаль ПСХСЛ 119 на основе хлорированной смолы и ПФ-077 на основе алкидной смолы рекомендованы для защиты деревянных строительных конструкций.

Для огнезащиты строительных металлических конструкций широко применяют в нашей стране составы на основе поливинилацетатных эмульсий. Огнезащитный состав включает следующие компоненты, % по массе: растворимое жидкое стекло - 8,0-14,0; полуводный гипс - 30,0-40,0; поливинилацетатная эмульсия - 18,0-20,0; кремнийфтористый натрий - 2,0-5,0; минеральное волокно - 12,0-20,0; ортокремниевая кислота - 2,0-4,0; гидросульфосиликат кальция - 10,0-20,0; мочевины - 10,0-20,0; вода - 1,0-5,0.

Состав наносят набрызгом, сушка каждого слоя ультразвуком в течение 5 мин.

В огнезащитный состав для металла входят следующие компоненты, % по массе: цемент - 15,0-30,0; полиоктановинил (в виде водной дисперсии) - 10,0-30,0; асбестовое волокно - 10,0-30,0; хлороксид сурьмы - 2,0-6,0; вода - 40,0-65,0.

Приведенные составы, краски и лаки не находят широкого применения из-за многокомпонентности, сложности в изготовлении и дороговизны. Не высока их и эффективность, как огнезащиты. Наиболее перспективными являются вспучивающиеся покрытия для огнезащиты как металлических, деревянных, так и полимерных строительных материалов и конструкций. Они наносятся на конструкции тонким слоем, но в результате теплопроводного действия вспучиваются с образованием высокопористого слоя со значительным увеличением в объеме. Основными компонентами, обуславливающими вспучивание покрытий являются: вещества, разлагающиеся с выделением значительного количества паров или негорючих газов (жидкое стекло, денетрин, крахмал, манит, сорбит и т.д.); вещества, разлагающиеся в интервале 100-250 °С с образованием кислот (соли фосфорной и борной кислот, фосфаты мочевины, меламин, фосфоакрилат, полифосфоамид и др.); вещества - синергиты (обладающие синергией в результате взаимодействия друг с другом); вещества - источники галоизоводородов (хлорпарафин, совол, трихлорэтилфосфат и т.д.)

По эффективности огнезащиты покрытия подразделяют на огнезадерживающие (fire-retardant) и огнезащитные (fire-protective). Первые относятся к способным для снижения пожарной опасности горючих материалов (древесина, пластик), а вторые для защиты негорючих конструкций (стальные и алюминиевые сплавы).

Для защиты металлических элементов строительная фирма Mullifire выпускает вспучивающееся покрытие с торговой маркой P-60. Для сохранения внешнего вида конструкций, поверх вспучивающегося покрытия наносится отделочный слой материала Top Scaler с толщиной до 1,5 мм; предел огнестойкости до 1 ч. Материалы System-S60, разработанные фирмой Mullifire Ltd представляют вспучивающееся покрытие на водной основе. При толщине покрытия до 10 мм покрытие обеспечивает предел огнестойкости до 90 мин.

Пористое покрытие для огнезащиты металлических конструкций разработаны в США - Elbe-Clod, содержащие волокнистые наполнители (асбест, стекловолокно и др.).

В Финляндии широко применяется состав Degadur на основе акрила, он рекомендован для защиты металлических, деревянных и бетонных конструкций.

Покрытие Albisteel фирмы Rentokil Ltd при толщине покрытия 5 мм позволяет повысить предел огнестойкости стальных балок и колонн до 1ч. Образованный при вспучивании покрытия вспученный слой обладает низкой теплопроводностью.

В последние годы в Украине апробированы ряд огнезащитных вспучивающихся покрытий как для защиты металлических, так и деревянных конструкций. Огнезащитное покрытие "UNITHERM A-C-NIT D 38302" с лаком покрытия "UNITHERM 38202" производства фирмы "Herberts GmbH" Германия, относится к 1-й группе огнезащитной эффективности при расходе покрытия 600 г/м². Огнезащитное покрытие "UNITHERM 19010" с лаком покрытия "UNITHERM 38423" производства фирмы "Herberts GmbH" Германия, при

среднем расходе покрытия 400 г/м² и лака 70 г/м² относится к I группе огнезащитной эффективности.

Покрытие “PYRO-SAFE FLAMMOPLAST WP-2” с защитным лаком “PV-2” предназначено для защиты древесины (производство фирмы BRANDSCHUTZ, Германия). Материал огнезащитный “PYRO-SAFE FLAMMOPLAST KS-1”, фирмы “SVT BRANDSCHUTZ” /56, 58/ относится к I группе огнезащитной эффективности.

Среди отечественных вспучивающихся покрытий наибольшее применение получили разработки ВНИИПО типа ВПМ-ВПД. Для получения покрытий типа ВПМ применяются меламино-формальдегидные и метилополимерные смолы с введением ортофосфатов, мочевины, диациандиамида, аминоксолол, диаммонийфосфата.

Заключение. Как показывает проведенный анализ до настоящего времени в Украине и зарубежом в полной мере не проведены исследования, направленные на снижение пожарной опасности строительных материалов и конструкций за счет нанесения огнезащитных покрытий. Анализ показал, что огнезащитные покрытия на неорганической основе, как правило, при сохранении не горючести в условиях пожара обеспечивают достаточную огнезащиту строительных конструкций в очаге пожара при значительной толщине их нанесения, что в значительной мере усложняет работу строительных конструкций (за счет увеличения массы конструкций). Органические покрытия при небольшой толщине нанесения и с высокой степенью вспучиваемости позволяют повысить эксплуатационные свойства в очаге действия высоких температур. В то же время анализ показывает, что при температурах воздействия 300 °С и выше происходит снижение их огнезащитных свойств и наступает их деструкция (размягчение, оплавление и горение), что недопустимо. Поэтому постановка задачи по повышению безопасности эксплуатации строительных конструкций в экстремальных условиях должна исходить с учетом материала, из которого изготавливается строительная конструкция и поведения их в экстремальных ситуациях.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Шаломов В. А. Повышение безопасности строительных объектов за счет обеспечения нормального функционирования строительных материалов и конструкций в экстремальных условиях: Дис... канд. техн. наук / ПГАСиА. - Днепропетровск, 2002. – 205 с.
2. Баратов А.Н., Корольченко А.Я. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов: Справочник.- М.: Стройиздат, 1990.- 361 с.
3. Беликов А.С. Теоретическое и практическое обоснование снижения горючести и повышения огнестойкости строительных конструкций за счет применения огнезащитных покрытий.- Днепропетровск: Gaudeamus, 2000.- 196 с.