

УДК 699.81:614.84:536.21

## ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТА ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ОГНЕЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

БЕЛИКОВ А. С.<sup>1</sup>, *д.т.н, проф.*,  
КАПЛЕНКО Г. Г.<sup>2\*</sup>, *к.т.н., доц.*  
КОРЖ Е. Н.<sup>3</sup>, *инж.*  
ВАРАДИНОВА Ю.Е.<sup>4</sup>, *главный ассистент*

<sup>1</sup> Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел.(056) 756-34-57, e-mail: [bgd@mail.pgasa.dp.ua](mailto:bgd@mail.pgasa.dp.ua),

<sup>2\*</sup> Кафедра безопасности жизнедеятельности, ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24 а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел.(056) 756-34-57, e-mail: [bgd@mail.pgasa.dp.ua](mailto:bgd@mail.pgasa.dp.ua), ORCID iD is 0000-0002-9545-8414

<sup>3</sup> кафедра безопасности жизнедеятельности, ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24 а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел.(056) 756-34-57, e-mail: [bgd@mail.pgasa.dp.ua](mailto:bgd@mail.pgasa.dp.ua),

<sup>4</sup> Высшее транспортное училище имени Тодора Каблешкова, г. София, Болгария, e-mail: [jvaradinova@abv.bg](mailto:jvaradinova@abv.bg)

**Аннотация.** Целью работы является повышение безопасности строительных объектов за счет снижения пожарной опасности строительных материалов и конструкций. **Методика.** На основе анализа существующих способов огнезащиты строительных конструкций выявить наиболее перспективное направление повышения безопасности объектов и разработать эффективные покрытия, позволяющие повысить безопасность эксплуатации зданий и сооружений, безопасность эвакуации людей в случае пожарной опасности за счет повышения огнестойкости конструкций и снижения горючести применяемых материалов. **Результаты.** Проведенный анализ показал, что в Западной Европе в таких странах как: Великобритания, Германия, Австрия, Венгрия, Болгария, Югославия, США и др., значительное внимание уделяется научным работам в области повышения безопасности зданий и сооружений за счет снижения горючести материалов и повышения огнестойкости строительных конструкций в результате применения эффективных огнезащитных композиций. При этом работы ведутся по двум направлениям: разработка огнезащитных композиций на минеральной основе и разработка огнезащитных композиций на органической основе. **Научная новизна и практическая значимость.** Проведен анализ состояния пожарной опасности объектов и повышения их безопасности за счет снижения горючести и повышения огнестойкости конструкций. На основании анализа и экспериментальных исследований проведен выбор и обоснование компонентов, разработано эффективное покрытие, позволяющее повысить безопасность эксплуатации зданий и сооружений, безопасность эвакуации людей в случае пожарной опасности за счет повышения огнестойкости конструкций и снижения горючести применяемых материалов.

**Ключевые слова:** безопасность строительных объектов, огнезащита, горючесть материалов, огнестойкость конструкций, пожарная опасность.

## ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОБ'ЄКТА ЗА РАХУНОК ЗАСТОСУВАННЯ ВОГНЕЗАХИСНОГО ПОКРИТТЯ

БЕЛКОВ А. С.<sup>1</sup>, *д.т.н, проф.*,  
КАПЛЕНКО Г. Г.<sup>2\*</sup>, *к.т.н., доц.*  
КОРЖ Є. Н.<sup>3</sup>, *інж.*  
ВАРАДІНОВА Ю.Є.<sup>4</sup> *головний асистент*

<sup>1</sup> Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: [bgd@mail.pgasa.dp.ua](mailto:bgd@mail.pgasa.dp.ua),

<sup>2\*</sup> Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: [bgd@mail.pgasa.dp.ua](mailto:bgd@mail.pgasa.dp.ua), ORCID iD is 0000-0002-9545-8414

<sup>3\*</sup> кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: [bgd@mail.pgasa.dp.ua](mailto:bgd@mail.pgasa.dp.ua),

<sup>4</sup> Вище транспортне училище імені Тодора Каблешкова, м. Софія, Болгарія, e-mail: [jvaradinova@abv.bg](mailto:jvaradinova@abv.bg)

**Анотація.** Метою роботи є підвищення безпеки будівельних об'єктів за рахунок зниження пожежної небезпеки будівельних матеріалів і конструкцій. **Методика.** На основі аналізу існуючих способів вогнезахисту будівельних



конструкцій виявити найбільш перспективний напрямок підвищення безпеки об'єктів і розробити ефективні покриття, що дозволяють підвищити безпеку експлуатації будівель і споруд, безпеку евакуації людей у разі пожежної небезпеки за рахунок підвищення вогнестійкості конструкцій і зниження горючості застосовуваних матеріалів. **Результати.** Проведений аналіз показав, що в Західній Європі в таких країнах як: Великобританія, Німеччина, Австрія, Угорщина, Болгарія, Югославія, США та ін., значна увага приділяється науковим роботам в області підвищення безпеки будівель і споруд за рахунок зниження горючості матеріалів і підвищення вогнестійкості будівельних конструкцій в результаті застосування ефективних вогнезахисних композицій. При цьому роботи ведуться за двома напрямками: розробка вогнезахисних композицій на мінеральній основі та розробка вогнезахисних композицій на органічній основі. **Наукова новизна і практична значимість.** Проведено аналіз стану пожежної небезпеки об'єктів і підвищення їх безпеки за рахунок зниження горючості і підвищення вогнестійкості конструкцій. На підставі аналізу та експериментальних досліджень проведено вибір і обґрунтування компонентів, розроблено ефективне покриття, що дозволяє підвищити безпеку експлуатації будівель і споруд, безпеку евакуації людей у разі пожежної небезпеки за рахунок підвищення вогнестійкості конструкцій і зниження горючості застосовуваних матеріалів.

**Ключові слова:** безпека будівельних об'єктів, вогнезахист, горючість матеріалів, вогнестійкість конструкцій, пожежна небезпека.

## INCREASED SAFETY OPERATION OF THE FACILITY THROUGH THE USE OF FIRE-RETARDANT COATING

BELIKOV A. S.<sup>1</sup>, *Dr. Sc(Tech)., Prof.*,  
KAPLENKO G. G.<sup>2\*</sup>, *Cand. Sc.(Tech), Assoc.*  
KORZH E. N.<sup>3</sup>, *ing.*  
VARADINOVA J.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Department of Health and safety, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: [bgd@mail.pgasa.dp.ua](mailto:bgd@mail.pgasa.dp.ua).

<sup>2\*</sup> Department of Health and safety, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: [bgd@mail.pgasa.dp.ua](mailto:bgd@mail.pgasa.dp.ua), ORCID iD is [0000-0002-9545-8414](https://orcid.org/0000-0002-9545-8414)

<sup>3</sup> Department of Health and safety, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: [bgd@mail.pgasa.dp.ua](mailto:bgd@mail.pgasa.dp.ua).

<sup>4</sup> Higher School of Transport "Todor Kableskov", Sofia, Bulgaria, e-mail: [jvaradinova@abv.bg](mailto:jvaradinova@abv.bg)

**Annotation. Purpose.** The aim of this work is to improve the safety of construction sites by reducing fire hazard of building materials and structures. **Methodology.** Based on the analysis of existing methods of fire protection of building structures to identify the most promising direction to improve the security of the facilities and to develop effective coverage, which ensures the safe operation of buildings and structures, safety evacuation in case of fire hazard by increasing the fire resistance of structures and reduce the Flammability of the materials used. **Findings.** Our analysis showed that in Western Europe in countries such as: UK, Germany, Austria, Hungary, Bulgaria, Yugoslavia, USA, etc., considerable attention is paid to scientific work in the field of safety of buildings and structures by reducing the combustibility of materials, and improving fire resistance of building structures as a result of the application of effective fire retardant compositions. When this work is carried out in two directions: the development of flame retardant compositions based on mineral oil and the development of flame retardant compositions based on organic basis. **Scientific novelty and practical significance.** The analysis of fire risk sites and improve safety by reducing the combustibility and increase the fire resistance of structures. Based on the analysis and experimental studies conducted selection and justification of components, developed effective coating, which ensures the safe operation of buildings and structures, safety evacuation in case of fire hazard by increasing the fire resistance of structures and reduce the Flammability of the materials used.

**Keywords:** safety construction, fire protection, combustible materials, fire resistance of structures fire hazard.

### Введение

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) [1, 2].

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.

Одновременно с увеличением температуры в очаге пожара и повышением концентрации токсичных продуктов сгорания возможно травмирование или гибель людей. Согласно статистическим данным 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.

**Цель работы** – повышение безопасности строительных объектов за счет снижения пожарной опасности строительных материалов и конструкций.

### **Методика**

На основе анализа существующих способов огнезащиты строительных конструкций выявить наиболее перспективное направление повышения безопасности объектов и разработать эффективные покрытия, позволяющие повысить безопасность эксплуатации зданий и сооружений, безопасность эвакуации людей в случае пожарной опасности за счет повышения огнестойкости конструкций и снижения горючести применяемых материалов.

### **Результаты**

В настоящее время наибольшее применение на практике нашли следующие способы огнезащиты конструкций [3]:

- повышение огнестойкости в результате применения различных теплоизолирующих экранов;
- конструктивные методы, технологические приемы;
- применение различного рода обмазок и штукатурок;
- облицовка конструкций кирпичом и плитами;
- 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, промсанитарии 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.

Значительно повысить безопасность огнезащиты конструкций объектов позволяют конструктивные способы, 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 другого способа конструктивной защиты производится на основе технико-экономического расчета.

Огнезащиту деревянных конструкций, для обеспечения безопасности и снижения времени эвакуации, производят в основном конструктивными и химическими способами, а также нанесением облегченных штукатурных составов [4, 5, 6].

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 [4, 6]. Пропитка в настоящее время проводится следующими способами:

- пропитка под давлением;
- автоклавно-диффузионная пропитка;
- пропитка в ванне;
- поверхностная пропитка;
- пропитка с помощью суперобмазок.

Наиболее часто применяются для глубокой пропитки следующие составы [3, 4]

В качестве поверхностной пропитки нашел применение состав ДСК-П [5].

Представляет особый интерес метод двойной пропитки деревянных конструкций, предложенный Сенежской лабораторией ЦНИИ облагораживания древесины [3, 5, 6], 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: ВПМ-2, ОПВ-1, ВИМ-1; NLA-8; ВАНН-1 [4].

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 за рубежом 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;
- 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 служат для улучшения определенных свойств. При использовании органических компонентов они не обладают высокой сопротивляемостью к действию огня и не могут длительно выполнять 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, гидрооксиды алюминия, смеси хлорированных парафинов, оксиды сурьмы 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 термoplastов часто используют поливинилхлорид и его сополимеры, акрилаты в сочетании с различными растворителями (дибутилфталатом, трикремнефосфатом и др.), хлоркаучук [7, 8, 10]. В составах на основе пенопластов входят фурановые, эпоксидные, карбамидные, полиэфирные, алкидные и другие смолы у которых отверждение протекает без нагрева.

Интерес представляют как в нашей стране, так и за рубежом составы на основе карбамидных смол с введением аммонийфосфата и дициандиамида, полифосфата аммония и хлористого аммония. В такие составы вводят красители: сурьму, окислы железа, титана и аммония.

Для повышения безопасности деревянных конструкций внутри помещений применяют огнезащитные фосфатные покрытия ОФП-9, а также составы ФАМ, “Экран-Д” и др. [5].

Состав ОФП-9 позволяет за счет вспучивания образовывать теплоизоляционный слой, что позволяет повысить безопасность за счет перевода древесины в группу трудносгораемой. Для влагозащиты покрытия используют эмали ПФ-115; ХВ-785.

Фосфатное покрытие марки ОБФП-1 обладает комплексным защитным действием.

Приведенные составы имеют не высокую жизнеспособность и многокомпонентность, что затрудняет их применение.

Для защиты деревянных конструкций в условиях повышенной влажности предложены краски ФАН, представляющие смеси мочевино-формальдегидной смолы и фурфуролацетонного мономера. Срок пригодности состава до 24 ч.

Безопасность деревянных конструкций внутри помещений может быть повышена в результате нанесения краски на основе алкидных полимеров, модифицированных хлор каучуком и силиконовой смолой [5, 7, 8].

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 [3, 5, 7]. Снижение горючести поливинилацетатных дисперсий достигается добавлением к ним хлорпарафина и минеральных наполнителей.

На основе поливинилхлорида и перхлорвинила известна краска с содержанием до 60-80% хлора. На такой основе применяется краска марок ПХВО [3, 7, 8] и перхлорвиниловая эмаль ХВ-5169 [4].

Различные цветовые гаммы краске придают пигменты: оксид цинка, диоксид титана, асбест и др.

Масляные краски обладают достаточной атмосферостойкостью, 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 [3, 5, 11].

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” [5, 7, 8].

В качестве минеральных наполнителей в них применяют: диоксид титана, борит цинка, сульфат и карбонат свинца, оксид цинка и др.

Магнезиальные краски (хлоридная) марки ХЛ-К нашла применение для огнезащиты деревянных конструкций внутри помещений.

Такие краски сложны в приготовлении и нанесении, что сдерживает их применение.

Широкое применение получили силикатные краски, содержащие такие компоненты, как жидкое стекло, мел, глицерин, цинковые белила, вода, железный сурик, хлорпарафин, каолин, литонон, вермикулит или слюдная пыль. Однако многие силикатные краски не обладают устойчивостью при колебании температурно-влажностного режима, требуют специальных условий для приготовления.

Основой при разработке огнезащитных эмалей применяют хлорированные хлорсодержащие смолы, а также их сочетание с алкидными смолами [6, 12]. Разбавление органической части пигментами не повышает огнезащитных свойств эмалей. Наибольшее применение получили хлорсодержащие полимеры с триоксидом сурьмы.

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 [3, 5]. Для огнезащиты строительных металлических конструкций широко применяют в нашей стране составы на основе поливинилацетатных эмульсий.

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

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.

Согласно ряду работ [3, 5, 8, 11] 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°C с образованием кислот (соли фосфорной и борной

кислот, фосфаты мочевины, меламина, фосфоакрилат, полифосфоамид и др.);

- вещества - синергиты (обладающие синергацией 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 (деревесина, пластик), а вторые для защиты негорючих конструкций (стальные и алюминиевые сплавы).

Для защиты металлических элементов строительная фирма Nullifire 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 Nullifire Ltd [5, 15] 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 [5, 8], содержащие волокнистые наполнители (асбест, стекловолокно и др.).

В Финляндии широко применяется состав Degadur [5, 8] на основе акрила, он рекомендован для защиты металлических, деревянных и бетонных конструкций.

Покрытие Albisteel фирмы Rentokil Ltd [8] при толщине покрытия 5 мм позволяет повысить предел огнестойкости стальных балок и колонн до 1 ч. Образованный при горении покрытия вспученный слой обладает низкой теплопроводностью.

Значительное количество огнезащитных вспучивающихся покрытий разработано в Великобритании для стальных конструкций [4, 5, 8].

Так, алкидное огнезащитное покрытие фирмы Berger Industrial Coatings - Uinterhm [4, 5, 8] обеспечивает повышение огнестойкости металлических конструкций от 0,5 до 1 ч. Эффективные огнезащитные вспучивающиеся покрытия на основе аминокформальдегидных сополимеров с использованием фосфогипсов и полифосфатов в качестве газообразователей и антипиренов. Промышленный выпуск таких покрытий ведется в Германии (составы марки DS-324 и “Пироморс”), в Финляндии (состав “Винтер”), в Югославии (состав “Пироморс” и т.д.) [4, 5, 8].

Атмосфероустойчивое покрытие фирмы Firegnard Therm-O-FG3 [5, 8, 12, 15] при толщине слоя до 5 мм при Т-образном сечении стальных балок обеспечивает предел огнестойкости до 1,5 ч. Для повышения огнестойкости деревянных, металлических и бетонных конструкций применяется вспучивающееся покрытие фирмы J. W. Bollom [5, 7,

8, 12, 15], а также покрытие Fireshield фирмы Bollom Fire Protection [4, 15]. Такие покрытия повышают предел огнестойкости металлических конструкций до 1,5 ч.

Высокой адгезионной прочностью обладают вспучивающиеся покрытия Interbond FP фирмы International Paint [5, 8, 15]. Покрытие применяется в Великобритании и позволяет повысить предел огнестойкости до 1,5 ч.

В состав покрытия фирмы Albright and Wilson Ltd [7, 12, 15] (выпускается под названием Amgard) входят: связующее вещество, металлизатор, карбонизирующий компонент и пенообразователь.

Для защиты металла, дерева разработано огнезащитное покрытие Firex RX-2390 фирмой New Metals [5, 7, 12, 15]. Покрытие состоит из эпоксидной смолы, отвердителя и наполнителей и сохраняет высокие огнезащитные свойства во времени. Однако, в результате наличия органических веществ (эпоксидной смолы) не исключено влияние токсичных веществ при высокотемпературном воздействии.

Для защиты металлических оболочек в условиях пожара может производиться нанесение вспучивающегося покрытия фирмы Sealmaster Ltd [5, 12].

Вспучивающиеся покрытия на основе органических составляющих для защиты деревянных и металлических конструкций разработаны в Болгарии [9, 11]. Защита конструкций проводится в 3 слоя: хлоркаучуковый грунт, огнезащитный вспучивающийся слой, бесцветный перхлорвиниловый лак. Так, огнезащитный состав, содержащий термопластический сополимер с поливинилхлоридом и алюмосиликатом “Новотерм” при толщине слоя 6,5 мм обеспечивает огнестойкость стали до 86-94 мин.

В Австрии нашли применение огнезащитные материалы для металлических и деревянных конструкций Uniterm и Jntumex [15] с применением связующих и поризованных наполнителей (вермикулит, перлит и т.д.)

В последние годы в Украине апробирован 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 I-й группе огнезащитной эффективности при расходе покрытия 600 г/м<sup>2</sup>. Огнезащитное покрытие “UNITHERM 19010” с лаком покрытия “UNITHERM 38423” производства фирмы “Herberts GmbH” Германия, при среднем расходе покрытия 400 г/м<sup>2</sup> и лака 70 г/м<sup>2</sup> 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) [7, 8].

Материал огнезащитный “PYRO-SAFE FLAMMOPLAST KS-1”, фирмы “SVT BRANDSCHUTZ” [7, 8] относится к I группе огнезащитной эффективности.

Среди отечественных вспучивающихся покрытий наибольшее применение получили разработки ВНИИПО типа ВПМ-ВПД [4, 10].

Для получения покрытий типа ВПМ применяются меламино-формальдегидные и метилополимерные смолы с введением ортофосфатов, мочевины, диациандиамида, аминосмол, диаммонийфосфата.

Применение ВПМ-1 позволяет повысить предел огнестойкости стальных колонн до 59-62 мин. Однако, из-за сложности в приготовлении, он не находит широкого применения.

С целью придания большей эластичности покрытию ВПМ-2 в нем рубленое стекло применяется в сочетании с асбестным волокном.

ВПМ-2 нашел применение для защиты металлических и деревянных конструкций, однако, ВПМ-2 не применяется в помещениях с переменным колебанием температур и не допускает осаждения конденсата. Для таких условий применяется усовершенствованный состав ВПМ-3.

Состав ВПД применяется для огнезащиты древесины при влажности воздуха до 60% и температуре до 35°C.

Покрытие ВПД не влагоустойчивое и требует специальной защиты эмалью.

Ассоциацией “Крилак” создано ряд огнезащитных вспучивающихся покрытий: “Файрекс-100”, “Файрекс-200”, “Файрекс-300”, “Файрекс-400” для защиты металлических и деревянных конструкций. Они позволяют перевести древесину в группу трудногорюемых материалов и повысить предел огнестойкости стальных конструкций от 0,5 до 1 ч [3, 12].

Для огнезащиты металлических конструкций применяются огнезащитные составы типа “ОФП-ММ/МВ” на основе гранулированных минеральных волокон (мульти-кремнеземистого, базальтового, шлакового и т.д.). Такие покрытия требуют нанесения защитных эмалей [4, 10, 12].

В Украине предложены в последнее время ряд огнезащитных составов типа “Эндотерм”, “Эндотерм ХТ-150”, “Эндотерм ЖК”, “Эндотерм КФ”, “Эндотерм Л”, “Эндотерм ДМД-551” [4, 16]. Они представляют собой многокомпонентные композиции и предназначены для защиты как металла, так и древесины.

Огнезащитное вспучивающееся покрытие ОВК-2 при толщине покрытия 5 мм позволяет повысить предел огнестойкости стальных конструкций до 55 мин [12, 13]. Представляет собой многокомпонентную композицию с содержанием: формальдегида, карбамидоформальдегидной смолы, метинола, ортофосфорной кислоты, фосфорнокислого аммония, аммиака, меламина, мочевины, глицерина, борного ангидрида, стекловолокна, перлитового песка.

Проведенный нами анализ показал, что в Западной Европе в таких странах как: Великобритания, Германия, Австрия, Венгрия, Болгария, Югославия, США и др., значительное внимание уделяется научным работам в области повышения безопасности зданий и сооружений за счет снижения горючести материалов и повышения огнестойкости строительных конструкций в результате применения эффективных огнезащитных композиций. При этом работы ведутся по двум направлениям: разработке огнезащитных композиций на минеральной основе и разработке огнезащитных композиций на органической основе.

#### Научная новизна и практическая значимость

Проведен анализ состояния пожарной опасности объектов и повышения их безопасности за счет снижения горючести и повышения огнестойкости конструкций.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ / REFERENCERS

1. ДБН В.1.2-14-2009 Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ

DBN B.1.2-14-2009 *Zagalni principy zabezpechennya nadiynosti ta konstruktivnoi bezpeky budivel, sporud, budivelnih konstrukciy ta osnov* [General principles of reliability and constructive safety of buildings, construction of structures and foundations].

2. ДБН В.2.6-161:2010 Конструкції будинків і споруд. Дерев'яні конструкції. Основні положення

DBN B.2.6-161:2010 *Konstrukcii budynkiv i sporud. Derevyani konstrukcii. Osnovni polozhennya* [Design of buildings and structures. A wooden structure. The main provisions].

3. Собурь, С. В. Огнезащита материалов и конструкций: Учебно-справочное пособие. – 5 изд., перераб. – М.: ПожКнига. – 2014. – 256 с., ил.

Sobur S.V. *Ognezashita materialov i konstrukciy: Uchebno-spravochnoe posobie* [Fire protection of materials and structures: Training manual]. – 5 izd., pererab. – M.: PozhKniga. – 2014. – 256 p.

4. Способы и средства огнезащиты. – М.: ВНИИПО, 1995. – 57 с.

Sposoby i sredstva ognezashity [The ways and means of fire protection]. – M.: VNIPO, 1995. – 57 p.

5. Баратов А.Н., Корольченко А.Я. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов: Справочник. – М.: Стройиздат, 1990. – 361 с.

Baratov A.N., korolchenko A.YA. *Pozharovzryvoopasnost veshestv i materialov* [fire and explosion hazard substances and materials]. – M.: Stroyizdat, 1990. – 361 p.

6. Проектирование и расчет деревянных конструкций / И. М. Гринь, В. В. Фурсов, Д. И. Бабушкин и др. / Под ред. И. М. Гринь: Справочник. – К.: Будівельник, 1988. – 240 с.

Grin I. M., Fursov V. V., Babushkin D. I. *Proektirovanie i raschet derevyannyh konstrukciy* [Design and calculation of wooden structures]. Guide. – K.: Budivelnik, 1988. – 240 p.

7. Daniliuc A. New trends in wood coatings and fire retardants / Andreea Daniliuc, Barbora Deppe, Olaf Deppe,

На основании анализа и экспериментальных исследований проведен выбор и обоснование компонентов, разработано эффективное покрытие, позволяющее повысить безопасность эксплуатации зданий и сооружений, безопасность эвакуации людей в случае пожарной опасности за счет повышения огнестойкости конструкций и снижения горючести применяемых материалов.

#### Вывод

Анализ показал, что в Украине данному вопросу уделяется недостаточно внимания, а существующие способы огнезащиты не отвечают в полной мере требованиям безопасности, покрытия сложны в изготовлении, недостаточно изучены их пожарнотехнические и эксплуатационные свойства.

Поэтому научно-практическая работа в области повышения безопасности объектов за счет снижения пожарной опасности материалов и конструкций является важной и актуальной.

Stefan Friebe, Dirk Kruse, Claudia Philipp [Virtual Resource] // European Coatings JOURNAL – 2012. – 7 August – p. 20-25. – Access Mode: URL:

<http://www.european-coatings.com>

Daniliuc A. New trends in wood coatings and fire retardants. European Coatings JOURNAL – Available at: <http://www.european-coatings.com> (Accessed 7 August 2012)

8. Lowden L. A. Flammability behavior of wood and a review of the methods for its reduction [Virtual Resource] / Laura Anne Lowden, Terence Richard Hull// Fire Science Reviews - a Springer Open Journal. – 2013, 2:4. – 19 p. – Access Mode: URL: <http://www.firesciencereviews.com/content/2/1/4>

Lowden L.A. Flammability behaviour of wood and a review of the methods for its reduction. Fire Science Reviews – a Springer Open Journal. – Available at: <http://www.firesciencereviews.com/content/2/1/4> (Accessed 5 August 2013)

9. Dedeo M. / Healthy Environments: Strategies for Avoiding Flame Retardants in the Built Environment [Virtual Resource] / Dedeo Michel, Suzanne Drake// A PERKINS+WILL WHITE PAPER. – 2014. – OCTOBER 15. – 60 p. – Access Mode: URL: [http://transparency.perkinswill.com/Content/Whitepapers/PerkinsWill\\_FlameRetardantAlternatives.pdf](http://transparency.perkinswill.com/Content/Whitepapers/PerkinsWill_FlameRetardantAlternatives.pdf)

Dedeo M. / Healthy Environments: Strategies for Avoiding Flame Retardants in the Built Environment. A PERKINS+WILL WHITE PAPER. Available at: [http://transparency.perkinswill.com/Content/Whitepapers/PerkinsWill\\_FlameRetardantAlternative.s.pdf](http://transparency.perkinswill.com/Content/Whitepapers/PerkinsWill_FlameRetardantAlternative.s.pdf) (Accessed 15 OCTOBER 2014)

10. Бартелеми Б. Огнестойкость строительных конструкций / Б. Бартелеми, К. Крюппа. – М.: Стройиздат. 1985. – 216 с.

Bartelemy B., Kruppa K. *Ognestoykost stroitelnyh konstrukciy* [Fire resistance of building structures]. – M.: Stroyizdat. 1985. – 216 p.

11. Огнезащитные вспучивающиеся покрытия.

А. В. Павлович, В. В. Владенков, В. Н. Изюмский, С. Л. Кильчипкая/ ЛакоКрасочная Промышленность. – ООО "Издательство "ЛКМ-пресс" 5/2012 – С. 22-27

[http://www.slkz.ru/files/5\\_2012.pdf](http://www.slkz.ru/files/5_2012.pdf)



Pavlovich A.V., Vladenkov V.N., Izumskiy V.N., Kilchitskaya S.L. *Ognezashitnye vspuchivaushiesya pokrytiya* [Fire resistant intumescent coating] / Lakokrasochnaya promyshlennost. - ООО "LKM-press" 5/2012 – P. 22-27

[http://www.slkz.ru/files/5\\_2012.pdf](http://www.slkz.ru/files/5_2012.pdf)

12. Л. Вахитова, К. Калафат. Огнезащита стальных конструкций. – Украинский Центр Стального Строительства. – 2013 – 150 с.

<http://dtest.com.ua/article.php>

Vahitova L., Kalafat K. *Ognezashita stalnykh konstrukciy* [Fire protection of steel structures] .- Ukrainskiy Centr Stalnogo Stroitelstva. – 2013 – 150 p.

13. К. Калафат, А. Билык, Н. Беляев, Э. Ковалевская. Расчет огнестойкости стальных конструкций и проектирование огнезащиты в соответствии с Еврокодом 3 и национальными приложениями Украины. – Украинский Центр Стального Строительства. – 2014 – 83 с.

Kalafat K., Bilyk A., Belyaev E., kovalevskaya E. *Raschet ognestoykosti stalnykh konstrukciy i projektirovaniye ognezashity v sootvetstvii s Evrokodom 3 i nacionalnymi prilozheniyami*

*Ukrainy* [Calculation of fire resistance of steel structures and design of fire protection in accordance with Eurocode 3 national annexes of Ukraine]. – Ukrainskiy Centr Stalnogo Stroitelstva. – 2014 – 83 p.

14. Тотубиев В.Д. Строительные материалы на основе силикат-натриевых композиций. – М.: Стройиздат, 1988. – 206 с.

Totubiev V.D. *Stroitelnye materialy na osnove silikat-natrievykh kompozitsiy* [Construction materials based on silicate-sodium compositions]. – М.: Stroyizdat, 1988. – 206 p.

15. Fire Protection Handbook, 20th ed., NFPA, 2008 – 1700 p.

16. Состав для покрытия огнезащитного вспучивающегося "Эндотерм ХТ-150": ТУ У 13481691.01-97. – К., 1997. – 9 с.

*Sostav dlya pokrytiya ognezashitnogo vspuchivaushegosya "Endoterm XT-150"* [Composition for fire-retardant intumescent coating "Endoterm XT -150"]: ТУ У 13481691.01-97. – К., 1997. – 9 p.

Поступила в редколлегию 23.08.2015

УДК 699.842+691.175

## ПОЛІМЕРНА КОМПОЗИЦІЯ З КОМПЛЕКСНИМ НАПОВНЮВАЧЕМ ДЛЯ ВІБРОЗАХИСТУ ПНЕВМАТИЧНОГО РУЧНОГО ІНСТРУМЕНТУ

АНДРОНОВ В. А.<sup>1\*</sup>, *д.т.н., професор,*  
ДАНЧЕНКО Ю. М.<sup>2\*</sup>, *к.т.н., доцент,*  
СКРИПИНЕЦЬ А. В.<sup>3</sup>, *к.т.н., асистент,*  
БУХМАН О. М.<sup>4</sup>, *викладач*

<sup>1</sup> Науково-дослідний центр, Національний університет цивільного захисту України, вул. Чернишевська, 94, 61023, Харків, Україна, тел. +38 (057) 704-18-02, e-mail: [va\\_andronov@ukr.net](mailto:va_andronov@ukr.net), ORCID ID: 0000-0001-7486-482X

<sup>2</sup> Кафедра загальної хімії, Харківський національний університет будівництва та архітектури, вул. Сумська, 40, 61002, Харків, Україна, тел. +38 (057) 706-20-81, e-mail: [u\\_danchenko@ukr.net](mailto:u_danchenko@ukr.net), ORCID ID: 0000-0003-3865-2496

<sup>3</sup> Кафедра загальної хімії, Харківський національний університет будівництва та архітектури, вул. Сумська, 40, 61002, Харків, Україна, e-mail: [anna-kondratenko26@rambler.ru](mailto:anna-kondratenko26@rambler.ru), ORCID ID: 0000-0002-2340-023X

<sup>4</sup> Кафедра охорони праці та техногенно-екологічної безпеки, Національний університет цивільного захисту України, вул. Чернишевська, 94, 61023, Харків, Україна, e-mail: [bukhman\\_o@mail.ru](mailto:bukhman_o@mail.ru), ORCID ID: 0000-0002-4166-2495

**Анотація. Мета.** Аналізом встановлено, що негативний вплив виробничої локальної вібрації пневматичного ручного інструменту ударної дії (ПРІУД) викликає вібраційну хворобу, яка у структурі професійних захворювань в Україні займає третє місце. Дотепер не розроблено ефективних віброзахисних засобів для руків'я ПРІУД. Метою даного дослідження є створення полімерної композиції для використання у якості віброзахисного покриття або мастики для руків'я пневматичного ручного інструменту ударної дії. Окрім високих вібропоглинальних властивостей покриття повинно мати низку технологічних та експлуатаційних властивостей: високі адгезійні властивості, зносостійкість, міцність, довговічність, стійкість до агресивних рідких середовищ та гігієнічні показники. **Методика.** Для досліджень використовувались вібропоглинальні полімерні композиції на основі епоксиданового олігомери (ЕД) марки ЕД-20 та олігоєфітрициклокарбонатного олігомеру (ОЦК) марки Лапролат-803 у співвідношенні ЕД : ОЦК = 20 : 80. Для твердіння композицій використовувався аліфатичний аміний твердник диетилентриамін марки ДЕТА. Для надання необхідних технологічних, фізико-механічних та демпфіруючих властивостей в епоксигідроксиуретанові композиції додавалися дисперсні мінеральні наповнювачі з різною поверхневою активністю – гідрофільного кремнезему білої сажі марки БС-50 та гідрофобного технічного вуглецю марки ПМ-234. Фізико-механічні показники полімерних матеріалів визначались за стандартними методами. Дослідження в'язкопружних властивостей полімерів проводились методом динамічної механічної спектроскопії, який був реалізований на крутильному маятнику – динамічному релаксометрі. Динамічна в'язкість композицій визначалась за допомогою реовіскозіметра Хеплера при температурі 20 °С та напрузі зсуву 200 – 1300 Па.