

УДК 624.01:699.81

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.261218.37.445

ДО ПИТАННЯ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ ДІЇ ВИСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

БЕЛІКОВ А. С.¹, *д-р техн. наук, проф.*,

ШАЛОМОВ В. А.², *канд. техн. наук, доц.*,

РАГИМОВ С. Ю.³, *канд. техн. наук, доц.*

¹Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, м. Дніпро, Україна, 49005, тел. +38 (056) 756-34-73, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

²Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, м. Дніпро, Україна, 49005, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: shalomov1709@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-6890-932X

³Кафедра організації і технічного забезпечення аварійно-рятувальних робіт, Національний університет цивільного захисту України, вул. Чернишевська, 94, м. Харків, Україна, 61023, тел. +38 (057) 370-50-52, e-mail: sergragimov@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0572-4465

Анотація. *Ціль.* Теоретичне і практичне обґрунтування зниження горючості і підвищення захисту будівельних конструкцій при дії високих температур за рахунок застосування захисних покриттів. *Методи.* При виконанні досліджень проводився аналітичний огляд основних груп захисних засобів, які знижують горючість дерев'яних будівельних конструкцій, дана оцінка їх технічних характеристик. *Результати.* Захист будівельних конструкцій став складовою частиною проведених спеціальних заходів, спрямованих на зниження горючості і підвищення захисту конструкцій. Завдання захисту зводиться до створення «пасивної» системи локалізації дії високих температур, ліквідації або зниження небезпечних факторів високої температури. Практика застосування дерев'яних і металевих конструкцій показує, що вони не завжди відповідають вимогам безпеки і вимагають спеціальних заходів захисту від дії високих температур. В даний час застосовуються різні способи захисту: оштукатурювання і обмазка конструкцій; облицювання оздоблювальними матеріалами, плиткою, цеглою тощо; застосування різних екранів з негорючих матеріалів; просочення конструкцій антипіренами з негорючих антисептичних матеріалів; нанесення на поверхню конструкцій захисних покриттів. Для зниження небезпеки об'єктів застосовується різноманіття різних засобів і способів захисту, але не всі з них ефективні і їх застосування виправдано. Основними критеріями при виборі захисних засобів повинні бути техніко-економічні показники: ефективність захисту, не дефіцитність компонентів, невисока вартість і можливість широкого застосування, надійність і довговічність, волого- і атмосферостійкість, технологічність, естетичність, нетоксичність тощо. Аналіз існуючих захисних засобів показав, що не всі з них відповідають наведеним вимогам і не завжди можуть бути застосовані. Так, конструктивні рішення трудомісткі і вартість їх становить до 30% від вартості конструкцій, що захищаються. Просочення конструкцій розчином з антипіренів дозволяє підвищити опір дії високих температур. Однак, поряд з позитивними якостями, просочення має суттєві недоліки: застосування дорогих і вельми токсичних компонентів, значна трудомісткість виконуваних робіт і необхідність застосування спеціального технологічного устаткування і високої кваліфікації персоналу, висока енергоємність і т.д. Тому в Україні і за кордоном все більше застосування знаходять способи нанесення на поверхню конструкцій і матеріалів захисних покриттів, що їх захищають. *Наукова новизна.* Розроблено теоретичні засади та дано практичне обґрунтування ефективності застосування захисних спучуючих негорючих покриттів для зниження горючості матеріалів і підвищення стійкості будівельних конструкцій від дії високих температур. *Практична значимість.* Розроблено та апробовано в умовах виробництва нові негорючі спучуючі захисні композиції, які дозволяють перевести горючі матеріали в групу важкогорючих і підвищити стійкість будівельних конструкцій від дії високих температур.

Ключові слова: високотемпературний вплив; захисні склади; що спучуються; будівельні конструкції; горючість

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ДЕЙСТВИИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

БЕЛИКОВ А. С.¹, *д-р техн. наук, проф.*,

ШАЛОМОВ В. А.², *канд. техн. наук, доц.*,

РАГИМОВ С. Ю.³, *канд. техн. наук, доц.*

¹Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение «Приднiпровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24а, г. Днепр, Украина, 49005, тел. +38 (056) 756-34-73, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

²Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение «Приднiпровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24а, г. Днепр, Украина, 49005, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: shalomov1709@gmail.com, ORCIDID: 0000-0002-6890-932X

³Кафедра организации и технического обеспечения аварийно-спасательных работ Национальный университет гражданской защиты Украины, ул. Чернышевская, 94, Харьков, Украина, 61023, тел +38 (057) 370-50-52, e-mail: sergragimov@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0572-4465

Аннотация. Цель. Теоретическое и практическое обоснование снижения горючести и повышения защиты строительных конструкций при действии высоких температур за счет применения защитных покрытий. **Методы.** При выполнении исследований проводился аналитический обзор основных групп защитных средств, снижающих горючесть деревянных строительных конструкций, дана оценка их технических характеристик. **Результаты.** Защита строительных конструкций стала составной частью проводимых специальных мероприятий, направленных на снижение горючести и повышение защиты конструкций при действии высоких температур. Задача защиты сводится к созданию «пассивной» системы локализации действия высоких температур, ликвидации или снижения опасных факторов высокой температуры. Практика применения деревянных и металлических конструкций показывает, что они не всегда соответствуют требованиям безопасности и требуют специальных мер защиты от действия высоких температур. В настоящее время применяются различные способы защиты: оштукатуривание и обмазка конструкций; облицовка отделочными материалами, плиткой, кирпичом и т.п.; применение различных экранов из негорючих материалов; пропитки конструкций антипиренами из негорючих антисептических материалов; нанесение на поверхность конструкций защитных покрытий. Для снижения опасности объектов применяется многообразие различных средств и способов защиты от действия высоких температур, но не все из них эффективны и их применение оправдано. Основными критериями при выборе защитных средств должны быть технико-экономические показатели: эффективность защиты, не дефицитность компонентов, невысокая стоимость и возможность широкого применения, надежность и долговечность, влаго- и атмосферостойкость, технологичность, эстетичность, нетоксичность и т.п. Анализ существующих защитных средств показал, что не все из них соответствуют этим требованиям и не всегда могут быть применены. Так, конструктивные решения трудоемкие и стоимость их составляет до 30% от стоимости защищаемых конструкций. Пропитки конструкций раствором с антипиренами позволяет повысить сопротивление действия высоких температур. Однако, наряду с положительными качествами, пропитки имеют существенные недостатки: применение дорогих и весьма токсичных компонентов, значительная трудоемкость выполняемых работ и необходимость применения специального технологического оборудования и высокой квалификации персонала, высокая энергоемкость и т.д. Поэтому в Украине и за рубежом все большее применение находят способы нанесения на поверхность конструкций и материалов вспучивающихся защитных покрытий. **Научная новизна.** Разработаны теоретические основы и дано практическое обоснование эффективности применения защитных вспучивающихся негорючих покрытий для снижения горючести материалов и повышения стойкости строительных конструкций при действии высоких температур. **Практическая значимость.** Разработаны и опробированы в условиях производства новые негорючие вспучивающиеся защитные композиции, которые позволяют перевести горючие материалы в группу труднгорючих и повысить стойкость строительных конструкций при действии высоких температур.

Ключевые слова: высокотемпературное влияние; вспучивающиеся защитные составы; строительные конструкции; горючесть

TO THE QUESTION OF IMPROVING THE SAFETY OF OPERATING CONSTRUCTION STRUCTURES UNDER HIGH TEMPERATURES

BIELIKOV A. S. ¹, Dr. Sc.(Tech), Prof.,

SHALOMOV V. A. ², Cand. Sc.(Tech), Assoc. Prof.,

RAGIMOV S. Yu. ³, Cand. Sc.(Tech), Assoc. Prof.

¹Department of Life Safety, State Higher Education Establishment «Prydniprovsk'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernyshevskogo st., Dnipro, 49005, Ukraine, phone +38 (056) 756-34-73, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

²Department of Life Safety, State Higher Education Establishment «Prydniprovsk'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernyshevskogo st., Dnipro, 49600, Ukraine, phone +38 (056) 756-34-57, e-mail: shalomov1709@gmail.com, ORCIDID: 0000-0002-6890-932X

³Department of Organization and technical support rescue operations National University of Civil Defence of Ukraine, st. Chernyshevsky 94, Kharkiv, 61023, Ukraine, phone +38 (057) 370-50-52, e-mail: sergragimov@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0572-4465

Abstract. Purpose. Theoretical and practical rationale for reducing flammability and improving the resistance of building structures through the use of retardant coatings. **Method.** In carrying out the research, an analytical review of the main groups of protective agents that reduce the flammability of wooden building structures was carried out; their technical characteristics were evaluated. **Results.** The task of protection is to create a «passive» system of localization of the effects of high temperatures, the elimination or reduction of dangerous factors of high temperature. The practice of using wooden and

metal structures shows that they do not always meet the requirements of fire safety and require special fire protection measures. Currently, different methods of protection are used: plastering and stretching of structures; facing decoration materials, tiles, bricks, etc.; application of different screens of non-combustible materials; Impregnation of structures with antipyrines from non-combustible antiseptic materials; application of protective coatings to the surface. To reduce the fire hazards of objects used variety of different means and methods of fire protection, but not all of them are effective and their use is justified. The main criteria for the selection of protective equipment should be technical and economic indicators: the efficiency of protection, not deficiency of components, low cost and the possibility of wide application, reliability and durability, moisture and weather resistance, technological, aesthetic, non-toxicity, etc. An analysis of existing protective equipment showed that not all of them meet the stated requirements and can not always be applied. Thus, constructive solutions are labor-intensive and their cost is up to 30% of the cost of protected designs. Impregnation of structures with a solution of flame retardants can increase the resistance to fire at the stage of fire, and in the fire cell. However, along with the positive qualities, impregnation has significant disadvantages: the use of expensive and very toxic components, the considerable complexity of the work performed and the need for special technological equipment and high qualifications of personnel, high energy consumption, etc. Therefore, in Ukraine and abroad, more and more applications are found in methods of applying to the surface of structures and materials of fire protective coatings that protect them. **Scientific novelty.** Theoretical foundations have been developed and a practical justification has been given for the effectiveness of the use of flame retardant intumescent non-flammable coatings to reduce the flammability of materials and increase the fire resistance of building structures. **Practical meaningfulness.** New non-combustible intumescent fire retardant compositions have been developed and tested in production conditions, which allow to transfer combustible materials to the group of slow-burning and to increase the fire resistance of building structures.

Keywords: *high temperature impact; expanding protective structures; building constructions; combustibility*

Постановка проблеми. Одним з основних критеріїв безпеки людей при виникненні екстремальної ситуації є виключення факторів, що призводять до горіння і розповсюдження вогню по конструкціях, прогріванню конструкцій до критичних температур і їх обвалення. Захист будівельних конструкцій став складовою частиною проведених спеціальних заходів, спрямованих на зниження горючості і підвищення захисту конструкцій від дії високих температур. Завдання захисту зводиться до створення «пасивної» системи локалізації дії високих температур, ліквідації або зниження небезпечних факторів високої температури [1].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Практика застосування дерев'яних і металевих конструкцій показує, що вони не завжди відповідають вимогам безпеки від дії високих температур і вимагають спеціальних заходів захисту.

Метою статті є зниження небезпеки від дії високих температур дерев'яних конструкцій за рахунок переведення їх в групу важкогорючих матеріалів. Це досягається створенням на поверхні конструкцій теплоізоляційних перешкод (екранів), які дозволяють уповільнити прогрівання, що перешкоджає термічному розкладанню матеріалу, займанню, горінню, поширенню полум'я [2].

В даний час застосовуються різні способи захисту: оштукатурювання і обмазка

конструкцій; облицювання оздоблювальними матеріалами, плиткою, цеглою тощо; застосування різних екранів з негорючих матеріалів; просочення конструкцій антипіренами з негорючих антисептичних матеріалів; нанесення на поверхню конструкцій захисних покриттів.

Для зниження небезпеки об'єктів від дії високих температур застосовується різноманіття різних засобів і способів захисту, але не всі з них ефективні і їх застосування виправдано. Основними критеріями при виборі захисних засобів повинні бути техніко-економічні показники: ефективність захисту, не дефіцитність компонентів, невисока вартість і можливість широкого застосування, надійність і довговічність, волого- і атмосферостійкість, технологічність, естетичність, нетоксичність тощо [3].

Виклад матеріалу. Аналіз існуючих захисних засобів показав, що не всі з них відповідають наведеним вимогам і не завжди можуть бути застосовані [4].

Так, конструктивні рішення трудомісткі і вартість їх становить до 30% від вартості конструкцій, що захищаються [5].

Просочення конструкцій розчином з антипіренів дозволяє підвищити опір дії високих температур. Однак, поряд з позитивними якостями, просочення має суттєві недоліки: застосування дорогих і вельми токсичних компонентів, значна трудомісткість викону-

ваних робіт і необхідність застосування спеціального технологічного устаткування і високої кваліфікації персоналу, висока енергоємність і т.д. Тому в Україні і за кордоном все більше застосування знаходять способи нанесення на поверхню конструкцій і матеріалів захисних покриттів, що їх захищають від дії високих температур.

Залежно від функціонального призначення і механізму захисної дії вони поділяються на [1]: захисні обмазки товщиною захисного покриття 10 ... 70 мм; захисні фарби товщиною покриття від 1 до 10 мм; декоративні захисні покриття, що утворюють захисну плівку до 1 мм; спучуючі покриття, що змінюють товщину шару покриття під впливом високих температур; змішані або комбіновані покриття.

Штукатурні обмазки дозволяють перевести деревину і матеріали з деревини в важкозаймісті, однак застосування їх не завжди виправдано й можливе. Вони значно збільшують масу конструкції, погіршують дизайн і зменшують вільний об'єм, вимагають при нанесенні спеціальних додаткових витрат (улаштування сітки «рабиці», спеціального армування тощо. Крім цього, як показує практика, вони через неоднорідність і різні коефіцієнти лінійного розширення розтріскуються і відшаровуються від поверхні, яка їх оберігає. Обмазки на основі органіки мають обмежене застосування через невідповідність санітарно-гігієнічним вимогам, дорожнечі, складності технології їх приготування і нанесення в умовах будівельного майданчика. Захисні фарби одночасно виконують роль захисних плівок та декоративних покриттів. В залежності від поєднувача вони поділяються на: масляні фарби, мінеральні, силікатні, фарби на основі синтетичних полімерів, магнезіальні (хлоридні) фарби [2].

Захисні фарби, володіючи цілим рядом позитивних властивостей, мають суттєві недоліки: багато компонентів дуже дорогі, вони не здатні значно підвищити стійкість конструкцій від дії високих температур тому захисні дії їх короточасні, багато з вхідних компонентів токсичні і при високих температурах навіть пожежонебезпечні.

Останнім часом найбільш перспективними є спучуючі покриття (СП). Загальний механізм спучування описаний в роботах [1–3].

Спучуючі покриття відносяться до багатоконпонентних складів, що складаються зі сполучника, антипирена і піноутворювачів - спучуючих добавок. Захисні дії СП проявляються в значному спученні під дією високих температур і блокуванні теплопереносу до поверхні, що оберігається.

Найбільш ефективними є СП на основі аміноформальдегідних олігомерів з використанням фосфатів і поліфосфатів як газоутворювачів і антипіренів.

Захисне покриття ВПД (ГОСТ 25130-82) представляє суміш термостійких, газоутворюючих волокнистих наповнювачів у водному розчині мелаіноформальдегідної смоли ММФ-50 і карбоксиметилцелюлози.

Покриття ОФП-9 (ГОСТ 23790-79) застосовується для захисту матеріалів з деревини всередині приміщень з відносною вологістю повітря до 75%. Покриття наноситься на поверхню, що охороняється в два шари, товщина кожного шару 0,6 мм, витрата матеріалів 0,5–0,7 кг/м². Композиція складається зі сполучника (поліметафосфата натрію), антипирена (гідрооксид алюмінію) і пігменту (залізний сурик або оксид цинку). Спучування покриття відбувається в результаті хімічної взаємодії при високій температурі метафосфат натрію з наповнювачем з виділенням великої кількості пару. Захисна здатність покриття невисока.

Прозоре захисне покриття виробництва Рубіжанського хімічного заводу «Зоря» для деревини на основі карбамідоформальдегіду, газоутворювача – карбаміду, коксоутворювача – пентаерітри та антипірену (амофос) зі співвідношенням 7,2 : 2,8. При його нанесенні 640–700 т/м² переводить деревину в I групу важкогорючих матеріалів.

У ряді країн СП випускаються на основі різних полімерів із застосуванням фосфатів і поліфосфатів тощо. У Фінляндії склад «Вінтер», у Німеччині склади типу «Піроморс», «Піро Сейф», «Унітерм», в Угорщині типу

«Флама-САФЕ», у Росії типу «Файрекс», в Україні типу «Ендотерм» та інші [2].

Так, захисне покриття, що спучується «Ендотерм» ХТ-150 (ТУ У 13481691.01-97) виробництва НВП «Спецматеріали» м. Донецьк забезпечує перевод деревини в групу важкогорючих матеріалів при товщині покриття 0,5-0,8 мм. Захисний склад «Ендотерм-150» представлений двома компонентами – розчин органічного сполучника в сольвенті (компонент 1) і суміші твердих антипиренів, добавок, що спучуються і наповнювачів (компонент 2). СП «Піро-Сейф Фламмпласт WP-2» (Німеччина) застосовується для захисту внутрішніх дерев'яних поверхонь при вологості не більше 70%. Покриття застосовується в комплекті із захисним лаком РУ-2. Покриття належить до I групи захисної ефективності, але має цілий ряд недоліків. I головним з них є невисока адгезійна міцність, яка не дозволяє його застосовувати для захисту конструкцій.

Захисне покриття «Файрекс-200» (НПА «Крілак») призначене для використання в закритих приміщеннях для захисту деревини та матеріалів на її основі від вигорання і поширення полум'я. Переводить деревину в групу важкогорючих матеріалів. Сутність захисної дії покриття зводиться до значного спучування (10–20 разів) при температурі 200 °С за рахунок виділення газоподібних продуктів.

Захисне покриття ОВК-2 (ТУ 22 355956,005-97) виробник спільне українсько-німецьке підприємство «ТВГ» (Львівська обл.) призначене для підвищення межі стійкості виробів і конструкцій із сталі і деревини від дії високих температур. Це десятикомпонентна композиція застосовується у вигляді двох паст, що змішуються перед застосуванням. Допускається застосовувати при відносній вологості до 70%. Можливе застосування з відносною вологістю вище 70% за умови нанесення на поверхню вологозахисного шару. Основними компонентами є карбамідо-формальдегідні смола і гліцерин, інші компоненти є наповнювачами і газоутворювачами при спученні.

Захисне покриття «Унітерм А-С-NIT D 38302» застосовується з поверхневим лаком

«Унітерм 38202» виробництво Німеччини. Середня витрата покриття 600 г/м² і поверхневого лаку 70 г/м² рабезпечує отримання трудногорючої деревини.

Аналіз наведених вище покриттів, які спучуються, показав, що вони дозволяють перевести деревину і матеріали на її основі в групу важкогорючих матеріалів. Однак в основному вони мають органічну основу, тому що сполучником в них використовуються полімери. Тому говорити про негорючість таких покриттів неможливо, слід мати на увазі тільки органічні покриття зниженої горючості. Це підтверджують і ряд останніх робіт ефективності захисту покриттів на основі мочевіноформальдегіда, епоксидного олігомеру і кремнійорганічного каучуку, поліуретану, ацетобутірата целюлози, хлорпарафіну і ін. [5]. Спучуючі органічні покриття мають й інші недоліки: виділення токсичних речовин при впливі високих температур, прояв схильності полімерів до циклізації і конденсації, швидке старіння з часом, наслідком чого є порушення адгезійної міцності. Крім цього композиції мають обмежений час живучості, дорожнечу і дефіцитність багатьох компонентів, вимагають особливих заходів безпеки при роботі. Все це ускладнює і робить неможливим їх приготування в умовах будівельного майданчика.

З урахуванням наведених вище недоліків більш перспективними є мінеральні спучуючі захисні покриття. Так, економічнішими в будівництві є захисні покриття з використанням в якості основного сполучника розчинного рідкого скла з різними наповнювачами і добавками, що дозволяють регулювати його захисні і технологічні властивості.

Як наповнювачі в таких композиціях використовують крейду, вапняки, різні кремнеземисті відходи, пористі наповнювачі (вермикуліт, керамзит, перліт, шлаки, золи тощо). При високих температурах в результаті взаємодії рідкого скла з оксидами і кремнеземистими наповнювачами утворюються складні жаростійкі з'єднання з високою адгезійною міцністю до матеріалів.

Аналіз роботи захисних покриттів на основі рідкого скла в умовах екстремальних ситуацій показує, що вони ефективні, обмежують граничне поширення вогню по дерев'яних конструкціях і дозволяють перевести деревину в групу важкогорючих матеріалів. Тому вдосконалення і розробка нових захисних складів на основі рідкого скла є одним з перспективних напрямків щодо зниження горючості матеріалів і підвищення стійкості конструкцій від дії високих температур.

Однак аналіз робіт [2–4] показав, що до теперішнього часу не досить вивчене питання захисної здатності покриттів із застосуванням рідкого скла. Теоретичні передумови і практичні результати не дозволяють однозначно трактувати поведінку деревини під захисним покриттям, говорити про можливі фізико-механічні, фізико-хімічні і теплотехнічні наслідки за умови впливу високих температур. Не дозволяють прогнозувати зміну конструктивних властивостей і стійкості матеріалу конструкцій, які захищаються від дії високих температур.

Недостатня вивченість захисних покриттів стримує їх широке застосування і вдосконалення. Вивчення поведінки захисного покриття і його впливу на захист конструкцій повинно включати багатофакторні дослідження взаємовпливу кожного компонента і товщини покриття від тривалості впливу високих температур.

Межа стійкості металевих будівельних конструкцій від дії високих температур залежить від наведеної товщини елементів конструкцій, схеми і величини навантаження. Для незахищених конструкцій вона невисока і складає до 0,4 год. Завдання захисту зводиться до зниження прогрівання металу, що дозволяє продовжити термін експлуатаційної працездатності конструкцій до необхідного за нормативом.

Сучасні методи захисту металевих конструкцій за видом і функціональним призначенням можна розділити на: конструктивні способи і прийоми захисту; захисне оштукатурювання і нанесення захисних покриттів; нанесення фарб, що спучуються.

Конструктивні методи захисту дозволяють забезпечити будь-яку необхідну межу

стійкості конструкцій від дії високих температур, проте їх використання не завжди виправдане. Їх застосування занадто ускладнює конструкції, порушує дизайн, знижує можливість архітектурно-планувальних рішень, значно здорожує будівництво.

Використання штукатурки, як способу підвищення стійкості від дії високих температур, обумовлено простотою приготування, можливістю механізованого ведення робіт і достатністю застосовуваних матеріалів. Однак, штукатурні роботи відрізняються високою трудомісткістю, значним навантаженням конструкцій, що ускладнює їх застосування.

Широке застосування для захисту металевих конструкцій знайшли покриття на органічній та мінеральній основі. Органічними сполучниками служать в основному термопласти і реактопласти і їх похідні: полівінілхлорид, хлоркаучук, акрилати з розчинниками, карбамідні, фуранові, епоксидні, поліефірні, алкідні й інші смоли [2].

Органічні компоненти в наведених захисних покриттях виконують в основному роль поліпшувачів адгезійної міцності. Однак ці склади мають невисоку захисну здатність і не можуть довго чинити опір впливу дії високих температур.

Більш високою ефективністю володіють спучуючі захисні покриття та фарби, які при дії високої температури здатні спучуватися зі значним збільшенням об'єму. Полімерний сполучник під впливом антипиренів-катализаторів здатний коксуватися і не горіти. Спінений кокс стійкий до озолення до температури 500-600 °С при додаванні стабілізаторів – тонкодисперсних волокнистих наповнювачів. У спучуючих органічних покриттях найбільш часто застосовуються мочевино-меламіноформальдегідні смоли і продукти конденсації діціандіаміду, сечовини, меламіну, епоксидних смол, поліуретанів, латексів на основі вінілацетату і т.д.

Спучуючі захисні покриття та фарби на органічній основі досить широко застосовуються за кордоном: «Унітерм», Pyginox (Німеччина), Parfeur (Франція), Non-fire (Фінляндія), Sebaterm (Чехія), Peromors (Сербія), Budaterm (Угорщина). Вони забезпе-

чують межу стійкості сталевих конструкцій від дії високих температур 0,75–1,5 год.

Ряд ефективних спучуючих покриттів для захисту на основі органіки розроблені у Болгарії. Так «Ново терм», що містить термо-пластичний сополімер з полівінілхлоридом, при товщині покриття 6,5 мм і витраті 9,1 кг/м² забезпечує стійкість від дії високих температур протягом 80-90 хв.

Покриття «Піро-сейф Фламмопласт СП-А2» (Німеччина) застосовується для захисту від дії високих температур сталевих балок, опор і фахверкових стрижнів з відкритими профілями у внутрішніх приміщеннях. Недоліком покриттів «Піро-сейф» є використання в якості компонентів високотоксичних речовин: бензол, диметилфталат, діоптілфталат, ксилол, толуол, фенол тощо.

З вітчизняних спучуючих покриттів для підвищення стійкості металевих конструкцій від дії високих температур широке застосування отримав захисний склад «Ендо-терм ХТ-150». Залежно від наведеної товщини металу і товщини покриття досягається межа стійкості від дії високих температур від 0,5 до 1 год.

Захисне спучуюче покриття ОВК-2 при товщині покриття 5 мм забезпечує межу стійкості від дії високих температур 55 хв. Це багатокомпонентна композиція з використанням карбамідоформальдегідних смол, добавок і наповнювачів. Найбільш широке застосування отримали спучуючі покриття типу ВПМ. В основі цих покриттів входять мелаїноформальдегідні і метілополіамідні смоли з уведенням ортофосфатів, сечовини, діациандіаміду тощо. Недоліком спучуючих захисних покриттів на органічній основі є багатокомпонентність, дефіцитність вхідних компонентів, висока вартість, небезпека роботи з ними, можливість розпаду і горіння при дії високих температур.

Тому більш широке застосування знайшли в нашій країні і за кордоном захисні спучуючі покриття на мінеральній основі з використанням різних регуляторів властивостей. В якості сполучника вельми перспективним є використання розчинного рідкого скла, яке при дії високих температур вступає в хімічну взаємодію з оксидами, кремнезе-

мом і іншими сполуками, що входять у склади, з утворенням складних термічно стійких з'єднань. Для підвищення теплоізоляційних властивостей покриття у вихідну рецептуру вводять пористі наповнювачі: перліт, вермикуліт, азбестові, каолінові, скляні та мінеральні волокна, отверджувачі, антипірени і т.д.

Ефективними є захисні покриття на основі рідкого скла із застосуванням солей ортофосфорної кислоти, які збільшують їх термостійкість. Серед них найбільше застосування отримали склади марки ОФП. Вони включають номенклатуру складів: ОФП-ММ, ОФП-МВ, ОФП-10 і ОФП-11.

Аналогічні склади на основі сполук силікатів натрію, калію і кислих солей фосфорної кислоти розроблені асоціацією «КрілаК». Так покриття «Файрекс-400» призначене для захисту металевих конструкцій від теплового впливу і підвищує межу стійкості від дії високих температур від 0,5 до 1 год в залежності від товщини шару покриття. Недоліком силікатофосфатних складів є необхідність централізованого приготування, багатоконпонентність, складність нанесення на вертикальні і горизонтальні поверхні.

Висновки. Проведений аналіз наведених вище захисних складів, як вітчизняних, так і закордонних показав, що досить ефективним напрямком є дослідження і розробка захисних складів з використанням рідкого скла. Порівняльна дешевизна, доступність, нетоксичність, висока адгезійна міцність рідкого скла до металу зумовлюють необхідність проведення таких робіт.

Крім цього, слід враховувати, що захисні склади з використанням органічних сполучників і наповнювачів, не в повній мірі відповідають безпеці при дії високих температур і не мають високу опірність до дії високих температур протягом тривалого часу. В результаті впливу високих температур вони виділяють гази та речовини такі, як фосфор, азот, хлор або швидко летючі речовини органіки, які небезпечні для людей. Тому покриття з органічними наповнювачами не бажано використовувати для захисту конструкцій у приміщеннях. У зв'язку з цим, необхідно в більшій мірі використовувати при

розробці захисних спучуючих покриттів мінеральні композиції, які при нагріванні не виділяють токсичних речовин. Органічні добавки бажано використовувати у невеликих кількостях, тільки в якості регуляторів спеціальних технологічних і експлуатаційних властивостей (пластичність, гідрофобність спучування тощо).

Тому розробка ефективних захисних покриттів з використанням недорогих доступних компонентів, комплексне вивчення їх властивостей і доведення до промислового виробництва має важливе державне значення.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Корольченко А. Я. Средства огнезащиты : справочник / А. Я. Корольченко, О. Н. Корольченко. – Москва : Пожнаука, 2006. – 258 с.
2. Підвищення вогнестійкості дерев'яних будівельних конструкцій за рахунок зниження горючості деревини / А. С. Беліков, В. А. Шаломов, Є. М. Корж, С. Ю. Рагімов // Строительство, материаловедение, машиностроение : сб. науч. тр. / Приднепр. гос. акад. стр-ва и архитектуры. – Днепр, 2017. – Вып. 98. Серия : Энергетика, экология, компьютерные технологии в строительстве. – С. 38-45.
3. Cadorin J. F. Influence of the section and of the insulation type on the equivalent time / Cadorin J. F., Perez Jimenez C., Franssen J. M // Proceedings of the 4th International Seminar on Fire and Explosion Hazards. University of Ulster. – 2006. – P. 547–557.
4. Dou H. S. Simulation of detonation wave propagation in rectangular duct using three dimensional WENO scheme / Dou H. S., Tsai H. U., Khoo B. Ch. // Combustion & Flame. – 2012. – V. 154. – P. 644-647.
5. Roitman V. M. Fire testing of Building Materials in View of the Moisture Factor / Roitman V. M. // First European Symposium of Fire Safety Science (Abstracts). – Zurich : Zurich ETH., 2005. – P. 135–136.

REFERENCES

1. Korolchenko A.Ya. and Korolchenko O.N. *Sredstva ognезashchity* [Means of fire protection]. Moskva: Pozhnauka, 2006, 258 p. (in Russian).
2. Belikov A.S., Shalomov V.A., Korzh E.M. and Ragimov S.Yu. *Povyishenie ognestoykosti derevyannykh stroitelnykh konstruksiy za schet snizheniya goryuchesti drevesiny* [Increase of fire resistance of wooden building structures due to reduction of flammability of wood] *Stroitelstvo, materialovedenie, mashinostroenie* [Construction, materials science, mechanical engineering]. PDABA. Dnipro, 2017, no. 98, pp. 38-45. (in Russian).
3. Cadorin J.F., Perez Jimenez C. and Franssen J.M. *Influence of the section and of the insulation type on the equivalent time*. Proceedings of the 4th International Seminar on Fire and Explosion Hazards. University of Ulster, 2011, pp. 547–557.
4. Dou H.S., Tsai H.U. and Khoo B.Ch. *Simulation of detonation wave propagation in rectangular duct using three dimensional WENO scheme*. Comb. Flame. 2012, V. 154. pp. 644-647.
5. Roitman V.M. *Fire testing of Building Materials in View of the Moisture Factor*. First European Symposium of Fire Safety Science (Abstracts). Zurich, Zurich: ETH, 2005, pp. 135-136.

Рецензент: Захаров Ю. И., канд. техн. наук, проф.

Надійшла до редколегії: 22.11.2018 р.