

Міністерство освіти України
Харківський Державний Технічний Університет
будівництва та архітектури

На правах рукопису

Ш Н А Л Ь

Тарас Миколайович

**ВЛАСТИВОСТІ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДІВ
СПУЧУВАНИХ ПОКРИТЬ ДЛЯ ВОГНЕЗАХИСТУ
МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ**

05.23.05 - будівельні матеріали та вироби

05.26.02 - пожежна безпека

А в т о р е ф е р а т
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків - 1995

АВ 33.765

Дисертація є рукописом
Робота виконана у Львівському Державному Університеті
"Львівська політехніка"

Наукові керівники: д. т. н., с. н. с.
ОРЛОВСЬКИЙ Юрій Ігорович
к. т. н., с. н. с.
ІВАШКЕВИЧ Борис Петрович

Офіційні опоненти: д. т. н., проф.
ПЛУГІН Аркадій Миколайович
д. т. н., проф.
ЖАРТОВСЬКИЙ Володимир Михайлович

Провідна організація: Науково-дослідний інститут будівельних
конструкцій Держкоммістобудування, Україна, м. Київ

Захист дисертації відбудеться "23" січня 1996 р. о 14 год
на засіданні спеціалізованої ради Д.02 .07.03 зі спеціаль-
ності 05.23.05 - будівельні матеріали та вироби, 05.26.02 -
пожежна безпека Харківського Державного технічного універси-
тету будівництва та архітектури за адресою: 310002, Харків,
вул. Сумська, 40.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці ХДУБА за адре-
сою: Харків, вул. Сумська, 40.

Автореферат розіслано "21" грудня 1995 р.

Вчений секретар спеціалізованої ради *Щепалянська* І. А. Ємельянова

ЛННБ України ім.В.Стефаника

00779349 (\$)

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Останніми роками для будівництва будинків та споруд застосовують легкі металеві конструкції. Незважаючи на високі міцнісні та теплоізоляційні характеристики, такі конструкції мають один суттєвий недолік - низьку вогнестійкість, тобто нездатні в умовах пожежі зберігати тривалий час свої експлуатаційні якості.

При критичних температурах межа текучості та модуль пружності сталі та алюмінієвих сплавів різко знижуються, знижується несуча здатність, збільшуються деформації, що призводить до руйнування конструкції та людських жертв. Особливо чутливі до впливу високих температур легкі металеві конструкції, які швидко прогріваються та руйнуються протягом кількох хвилин. Як звичайно, руйнування конструкцій не обмежується вогнищем пожежі, а завдяки зв'язкам між елементами (прогони, форми, балки) розповсюджується на значні площі.

Особливо вогнебезпечними є штамповані та профільовані металеві настили покриттів з утеплювачами з полімерних матеріалів. У випадку пожежі металічні настили протягом 1...2 хв прогріваються до температури розкладу полімерного утеплювача, що призводить до його піролізу, розтікання та розповсюдження пожежі.

Небезпечними при пожежі є також сталі-залізобетонні конструкції з зовнішнім металевим армуванням - сталі-бетонні балки, сталі-труробетонні колони, сталеві закладні деталі і елементи в конструкціях, які, як звичайно, не задовільняють вимогам СНІП 2.01.02-85 "Протипожежні норми". Вогнестійкість незахищених сталевих елементів таких конструкцій становить близько 15 хв.

З прийняттям Україною у 1994 р. законів "Про пожежну охорону" та "Про охорону праці", актуальними стали проблеми вогнезахисту металевих конструкцій. Донедавна вогнезахист металевих конструкцій забезпечували конструктивними заходами: обетонуванням, цегляним облицюванням, оштукатурюванням цементно-піщаними, перліто-цементними, азбесто-перлітовими розчинами, а також захист конструкцій гіпсовими, азбесто-цементними плитами, елементами з легкого та вогнетривкого бетону. Однак ці заходи, поряд з позитивними якостями мають такі суттєві недоліки:

- необхідність використання спеціальних деталей та пристроїв для закріплення до поверхні конструкцій (скоб, болтів, арматурної сітки, спірального дроту тощо);

- значну трудомісткість, додаткову витрату матеріалів на виготовлення названих вище елементів та встановлення і зняття облицювок та кріпильних деталей після пожежі;

- необхідність застосування спеціального обладнання для приготування та нанесення вогнезахисних штукатурок.

Усі ці заходи призводять до значного збільшення ваги конструкцій та споруд, ускладнення будівельно-монтажних робіт, їх подорожчання та збільшення термінів будівництва і ремонту.

Зважаючи на це, очевидно є необхідність підвищення рівня індустріалізації вогнезахисних робіт шляхом створення ефективних вогнезахисних покриттів, які наносять на поверхні конструктивних елементів.

Одним із шляхів у цьому напрямку є розробка спучуваного покриття. Вогнезахисний ефект такого покриття ґрунтується на теплоізолюючій дії спіненої маси, що запобігає притоку надлишкового тепла до поверхні, яку захищає, і зберігає її від нагрівання до критичної температури.

М е т а дисертаційної праці - удосконалити механізм вогнезахисної дії покриттів і розробити високоефективний спучуваний оздоблювальний склад для металевих конструкцій і цим сприяти підвищенню рівня пожежної безпеки будівельних об'єктів.

Н а у к о в а г і п о т е з а. Для відомих покриттів найбільш ефективною протиусадочною домішкою буде така речовина, яка практично не розчиняється у воді, і, маючи якнайвищу температуру плавлення, збільшує тим самим кількість рідкої фази. Крім того, для стабілізації спученого шару необхідно домогтися більш високої в'язкості розплаву та захисту від надмірного нагрівання його внутрішніх шарів. Теоретично в склад покриття необхідно ввести речовину, яка б плавилась при максимально високій температурі або утворювала з антипіренами, що є в складі покриття, тугоплавкі сполуки.

Н а з а х и с т в и н е с е н о :

- оптимізована методами експериментально-статистичного моделювання (ЕСМ) рецептурно-технологічна модель спучуваного вогнезахисного покриття металічних конструкцій;

- результати досліджень фізико-механічних, теплофізичних та технологічних властивостей розроблених складів покриттів;

- дані щодо вогнестійкості сталевих та алюмінієвих конструкцій, захищених покриттям оптимального складу;

- технологія виготовлення та нанесення покриття;

- результати впровадження покриття на промислових та цивільних об'єктах України.

Н а у к о в у н о в и з н у праці становлять:

- науково обгрунтовані та оптимізовані рецептури вогнезахисних спучуваних покриттів по сталі та алюмінієвих сплавах з підвищеними фактурними показниками;

- дані про фізико-механічні, теплофізичні та технологічні характеристики покриття;

- фізико-хімічна модель процесу спучування базового складу покриття;

- результати натурних випробувань вогнем сталевих елементів та елементів з алюмінієвих сплавів, захищених розробленим складом.

Практичне значення роботи та реалізація результатів досліджень. На основі проведених досліджень

- розроблено технічну документацію та освоєно промислове виробництво спучуваного покриття на заводі "Поліефір" (м. Городок, Львівська обл.) та науково-виробничому підприємстві "Громада" (м. Львів);

- впроваджено близько 21 т вогнезахисного спучуваного покриття типу ОВК-2 для захисту металевих та дерев'яних конструкцій на об'єктах України.

А п р о б а ц і я р о б о т и . За матеріалами дисертації опубліковано 6 друкованих праць. Матеріали дисертаційної роботи прозвучали та обговорювалися на :

- XXXIII Міжнародному семінарі "Прийняття рецептурно-технологічних рішень по експериментально-статистичним моделям", Одеса, 1994;

- Міждержавному семінарі "Проблеми вогнезахисту будівельних матеріалів та конструкцій", Львів, 1994;

- Міжнародному семінарі "Структуроутворення, міцність та руйнування композиційних будівельних матеріалів", Суми, 1994;

- VII Міжнародному конгресі з композиційних матеріалів, Софія (Болгарія), 1994;

- XXXIV Міждержавному семінарі "Прийняття рецептурно-технологічних рішень щодо експериментально-статистичних моделей", 1995;

- I Міжнародному симпозиумі "Проблеми будівництва дерев'яних та металевих конструкцій", Одеса, 1995;

- IV Жешувсько-Львівській конференції "Проблеми будівництва та інженерії середовища", Жешув (Польща), 1995.

Дисертаційну роботу виконано у 1991-1995 рр. в Українському науково-дослідному та проектно-конструкторському інституті будівельних матеріалів та виробів (м.Харків) та Державному університеті "Львівська політехніка". Результати досліджень впроваджували Львівський інженерний центр "Будівельник" та науково-дослідне підприємство "Громада" за безпосередньою участю автора в 1991-1993 рр. на промислових та цивільних об'єктах України.

Обсяг і структура дисертації. Дисертація має 248 сторінок машинописного тексту, 80 рисунків та фотографій, 32 таблиці; складається з вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку літератури з 170 найменувань та додатків.

КОРОТКИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У першому розділі розглянуто стан питання, наукову гіпотезу, завдання досліджень. У 1976-1986 рр. у Львівському філіалі НДІБП були виконані дослідження, мета яких - розробка спучуваних композицій для вогнезахисту дерев'яних, полімерних та металевих конструкцій як для будівництва, так і кораблебудування.

Емпіричним підбором компонентів розроблено та апробовано декілька десятків композиційних складів, частина яких була рекомендована для практичного застосування. Наукове обґрунтування відібраних складів, а також детальне комплексне дослідження властивостей та довговічності цих покриттів не проводили.

Ми намагались всебічно дослідити властивості спучуваних покриттів для підвищення границі вогнестійкості металевих конструкцій, найперше чергу конструкцій з алюмінієвих сплавів, призначених як для будівництва, так і для кораблебудування з використанням насамперед матеріалів та речовин, виготовлених в Україні.

Основним джерелом інформації про склади та можливості застосування покриттів, є головним чином, патентні описи, аналіз яких дає змогу визначити основні тенденції в розвитку досліджень у цій галузі. Всі відомі спучувані композиції - лаки та фарби - мають такі недоліки: багатокомпонентність; тривалість сушіння; дефіцит компонентів; використання вогнебезпечних розчинників та речовин; недостатню волого- та атмосферостійкість, низьку хімічну стійкість до впливу багатьох агресивних середовищ, низький опір вібраційним навантаженням.

Дослідження, виконані за останні 15 років, спрямовані насамперед на усунення названих вище недоліків, розвиток комбінованих систем, комплексних універсальних покриттів та гнучких рулонних спучуваних матеріалів, які закріплюються на поверхні конструкцій, захищаючи їх від впливу вогню та підвищених температур. Серед вогнезахисних покриттів, розроблених інститутами та організаціями колишнього СРСР, найбільше розповсюджені спучувані фарби типу ВПМ та ВПД, промисловий випуск яких в Україні освоєно Чернівецьким хімзаводом.

Однак тепер унаслідок розірваних економічних зв'язків ці фарби не випускають і практично в Україні не виробляють названих вище покриттів. Тому роботи, спрямовані на розробку та впровадження в техніку протипожежного захисту будівель, споруд та обладнання спучуваних вогнезахисних покриттів є важливим для протипожежної безпеки об'єктів народного господарства України.

Аналіз раніше виконаних робіт та практики застосування спучу-

чуваних вогнезахисних покриттів дали змогу сформулювати мету та основні завдання цього дослідження.

Для досягнення поставленої мети послідовно вирішувались наступні основні завдання:

1. Вдосконалити механізм вогнезахисної дії спучуваного покриття.

2. Здійснити цілеспрямований пошук речовин і матеріалів для реалізації вдосконаленої вогнезахисної дії покриття з наперед заданими властивостями.

3. Розробити експериментально-статистичну рецептурну модель, яка б дозволила оптимізувати базовий склад покриття.

4. Розробити установки і методики, які б дозволили з достатньою точністю і надійністю оцінити вогне- і теплозахисні характеристики розробленого складу.

5. Розробити склад покриття поліфункціонального призначення, а саме як будівельний фактурний і вогнезахисний матеріал.

6. Визначити експлуатаційні характеристики матеріала та його вогнезахисні властивості.

7. Визначити санітарно-гігієнічні характеристики матеріала та встановити екологічні аспекти технологічного процесу.

8. Виробити техніку виготовлення і впровадити в практику будівництва розроблений матеріал і способи його нанесення на конструкції із сталі і алюмінієвих сплавів.

9. Визначити раціональні і перспективні галузі застосування розробленого матеріала, провести його техніко-економічну оцінку ефективності при вогнезахисті металевих конструкцій.

У другому розділі обґрунтований вибір компонент спучуваного покриття, методика виготовлення та випробування зразків, наведені характеристики існуючих складів покриттів по металу.

Аналізуючи розроблені склади спучуваних вогнезахисних пок-

риттів, можна зробити висновок, що всі компоненти, які зумовлюють їхнє спучування та вогнезахисні властивості, можна розділити на чотири основні категорії:

неорганічні кислоти і речовини, які розкладаються з утворенням кислот у температурному інтервалі 100-250 °С, орто- і поліфосфати амонія, бури, борна кислота - найбільш ефективні антипірени, що використовуються як кислотні каталізатори;

полігідратні речовини, які мають велику кількість атомів вуглецю: пентаеритрит, крохмаль, декстрин, сахароза, целюлозовмісні речовини, які утворюють під час взаємодії з кислотою великий вугільний залишок;

органічний амін або амід: дициандіамід, карбамід меламін та його похідні - синергетики, які посилюють дію фосфатів в основному завдяки газофазним реакціям;

галогеновмісний компонент: хлорпарафін, трихлоретилфосфат, хлорвмісні смоли та різноманітні галогеновмісні сополімери - речовини, які виконують пластифікуючу та сполучну дію, а також є джерелом хлористого водню, який при наявності оксидів сурми, алюмінію, титану та інших, що використовують як наповнювачі та пігменти, виконує ефективну вогнезахисну дію як в твердій, так і в газовій фазах.

Аналіз досліджень з розробки складів спучуваних покриттів по металу ВНДІПО дав змогу обґрунтувати вибір напрямку досліджень. Найбільш перспективним виявився напрямок з розробки покриттів на основі органічних сполук: сечовино-формальдегідної (карбамідної) та меламіно-сечовиноформальдегідної смол.

Випробування зв'язуючих та їхня адгезія до підложки, дослідження міцності зчеплення сполучної частини композиції проводили за методикою, яка дає змогу визначити як зусилля нормального від-

риву, так і зсув покриття відносно поверхні підложки. Вогнестійкості покриттів досліджували за методом "кисневого індексу". "Кисневий індекс" визначали як граничний вміст у двокомпонентній атмосфері, при якому можливе стійке горіння матеріалу, який випробовують.

Методика досліджень теплофізичних характеристик передбачала вивчення теплопровідності, температуропровідності, теплоємності та теплової активності. Комплекс ТФХ визначали згідно з методикою, описаною в "Методических рекомендациях по определению комплекса теплофизических характеристик строительных и теплоизоляционных материалов".

Згідно з методикою досліджень на вплив експлуатаційних впливів покриття випробовували на міцність під час стискування, розтягування, згинання, на ударну в'язкість, вібростійкість та придатність до окислювання.

У третьому розділі розглянуто поліпшення властивостей, оптимізація складу та дослідження роботи спучуваних покриттів на основі карбамідних смол.

На підставі аналізу недоліків розроблених раніше спучуваних складів обґрунтований вибір найбільш перспективних речовин, введення яких у склад покриття підвищує межу вогнестійкості сталі та алюмінієвих сплавів та експлуатаційні характеристики покриття. Виявлено, що межу вогнестійкості покриттів на основі карбамідних смол можна значно підвищити, вводячи до складу борний ангідрид, розчинений у гліцерині.

Позитивний ефект досягається тим, що під час його взаємодії з фосфорним ангідридом утворюється тугоплавка сполука: фосфат бору з температурою плавлення понад 1000°C . Це запобігає передчасному сповзанню спученого шару та підвищує адгезію покриття до підложки.

Описана позитивна роль меламіну в підвищенні межі вогнестійкості, яка пояснюється сітчастою структурою, яку утворюють циклічні молекули, що складаються з вуглецево-азотних атомів. З підвищенням температури внаслідок ендотермічних реакцій утворюються циклічні похідні мелем та мелон, що відрізняються підвищеною термостійкістю та меншою горючістю, ніж усі інші органічні компоненти.

Ми виявили, що температура початку спучування відіграє значну роль у вогнестійкості покриття. Розроблений склад покриття характеризується температурою спучування 170-190°C. З підвищенням температури до 240-260°C межа вогнестійкості знижується.

Визначено, що межа вогнестійкості покриття не залежить від виду амонійної солі фосфорної кислоти. Заміна діамоній фосфату на амофос не знижує межі вогнестійкості покриття. Результати випробувань на горючість як окремих компонент, так і покриття в цілому з оцінкою за "кисневим індексом" були використані для корегування складів з метою зниження кількості горючих речовин, збільшення антипіренів та мінеральних наповнювачів.

Показано, що збільшення вмісту мінеральних наповнювачів, які відіграють роль згущувачів покриття на стадії приготування та стабілізаторів спіненого шару, призводить до зниження коефіцієнта спучування, внаслідок чого погіршуються теплофізичні характеристики покриття. Оптимальний масовий вміст мінеральних наповнювачів спученого перлітового піску та рубленого скловолкна становить 2,3... 4 %.

Виявлено, що з всіх досліджених домішок, на зниження деформацій усадки найефективніше впливають меламін та амофос. У цьому випадку межа вогнестійкості покриття не лише не знижується, а де-що підвищується. Деформації усадки покриття на основі карбамідоформальдегідної смоли в середньому в 4 рази нижчі, ніж на меламі-

нокарбамідоформальдегідній. Це пояснюється більш високою в'язкістю та щільністю ($1,265 \text{ г/см}^3$) першої порівняно з другою ($1,204 \text{ г/см}^3$).

Вилучення зі складу покриття води та заміна її на відповідну кількість смоли сприяє зниженню деформацій усадки під час твердіння покриття.

Розроблений базовий склад покриття забезпечує межу вогнестійкості алюмінієвого сплаву протягом 60 хв при забезпеченні високих фізико-механічних та експлуатаційних характеристик, що в 1,5 раза вище від межі вогнестійкості та вогнестійкості на "тепловий удар" покриття ВПМ-2 ВНДІПБ.

Отримана трифакторна експериментально-статистична модель, що відображає вплив вмісту трьох основних компонентів, на межу вогнестійкості: борного ангідриду, діамонійфосфату та меламіну, має вигляд:

$$\begin{aligned}
 Y(\text{МВ}) = & 63,0 + 2,2x_1 - 2,2x_1^2 + 1,4x_1x_2 + 1,4x_1x_3 + \\
 & 3,5x_2 - 3,7x_2^2 + \quad \quad \quad + 1,1x_2x_3 + \\
 & 4,0x_3 - 5,2x_3^2 + \quad \quad \quad \cdot \quad \quad \cdot
 \end{aligned}$$

Аналіз отриманої моделі (рис.) дав змогу оптимізувати базовий склад покриття.

На підставі експериментально-теоретичних та прямих експериментів визначено головні теплофізичні характеристики покриття з урахуванням зміни щільності та підвищення температури за стандартною кривою пожежі.

Аналіз залежності коефіцієнта теплопровідності від температури засвідчив, що в процесі нагрівання та спучування покриття відбувається не безперервне зниження коефіцієнта зі зниженням щільності. До температури спучування коефіцієнт зростає, а потім починає знижуватись, досягаючи мінімуму в інтервалі $500 \dots 600^\circ\text{C}$. Подальше підвищення температури приводить до підвищення коефіці-

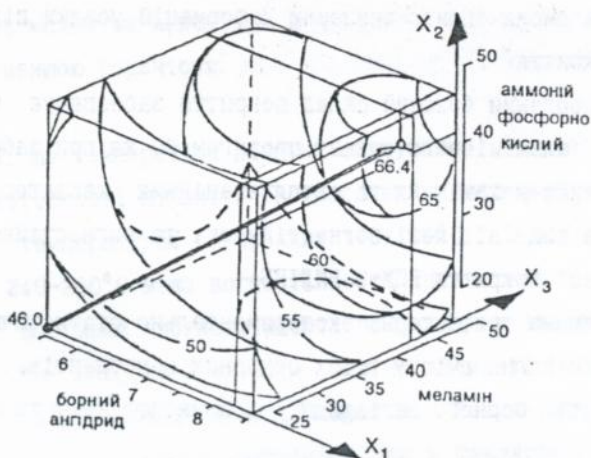


Рис. Графічне представлення ЕСМ покриття в тривимірному просторі.

ента теплопровідності. Це пояснюється тим, що у високопористому середовищі при малій щільності більшу роль відіграє конвекція, яка різко збільшується зі зниженням щільності та збільшенням діаметра пор.

Доведено, що теплозахисні властивості покриття залежать не лише від теплофізичних характеристик, але і від висоти спучуваного шару, яка змінюється в процесі піролізу покриття залежно від температури та часу під час випробування за стандартною кривою пожежі.

Вивчені основні фізико-механічні та експлуатаційні властивості покриття базового складу на основі двох смол: карбамідоформальдегідної КФ-Ж та меламінокарбамідоформальдегідної ММ-54-У.

Межа вогнестійкості складів на обох видах смол практично однакова - 54...68 хв з коефіцієнтом спучування 7...15. Основні фізико-механічні та експлуатаційні характеристики покриття базового складу по підкладці з алюмінієвого сплаву подано в таблиці.

Для використання в покритті перевагу слід надавати меламіно-карбамідоформальдегідній смолі, яка більш морозостійка та стійка до гідролізу завдяки модифікуючим домішкам.

На підставі сучасних уявлень про механізм спучування вогнезахисних покриттів, результатів вогневих, теплофізичних випробувань та термогравіметричного аналізу науково обгрунтована рецептура та розроблена фізико-хімічна модель процесу спучування складу базового покриття.

У четвертому розділі наведені результати досліджень на вогнестійкість сталевих та алюмінієвих конструкцій, захищених спучуваними покриттями. Підвищення температури незахищеного металу приводить до зміни структури та зниження механічних характеристик, що спричиняє зниження несучої здатності елементів та конструкцій. Критичною температурою для сталевих елементів необхідно вважати 550 для ненавантажених елементів та 500°С для навантажених, для елементів з алюмінієвих сплавів відповідно 250 та 200°С.

Розрахунок нагрівання незахищених незавантажених елементів за стандартною кривою пожежі можна зробити за допомогою таблиці або номограми залежно від ступеня масивності елемента та часу впливу температури.

Розрахунок нагрівання незахищених та завантажених металевих елементів можна виконувати за допомогою номограми залежно від ступеня завантаження, температури та ступеня масивності елемента.

Нагрів захищених спучуваним покриттям металевих елементів є складним багатофакторним процесом, який важко розрахувати математичними методами. Тому для практичного визначення товщини спучу-

ваного покриття на основі встановлених розрахунково-експериментальних даних побудована номограма, що визначає залежність необхідної товщини захисного шару від необхідної межі вогнестійкості, ступеня масивності профіля елементів з алюмінієвих сплавів до критичної температури. На підставі вогневих та теплофізичних досліджень виявлено залежність термічного опору покриття базового складу від змінних в процесі спучування параметрів: температури, часу, коефіцієнта теплопровідності та поточної товщини.

Дослідження вогнестійкості різних елементів конструкцій із сталі та алюмінієвих сплавів, виконані в лабораторних умовах та на полігоні ВНДІПБ (Москва) засвідчили, що покриття ОВК-2 підвищує межу вогнестійкості сталевих елементів до 1,5, елементів з алюмінієвих сплавів - до 1 год.

Визначено, що межа вогнестійкості елементів, захищених покриттям ОВК-2 вища, ніж аналогічних елементів з покриттям ВПМ-2, а саме: сталевих у 1,5, елементів з алюмінієвих сплавів у 2 рази.

Межа вогнестійкості залежить від товщини перерізу елемента. Наприклад, збільшення товщини сталевих елементів з 3 до 2,5 мм дає приріст часу вогнестійкості на 40 хв, з алюмінієвих сплавів зі збільшенням товщини з 1 до 3 мм - на 15 хв.

Дослідження захусти легкоплавких корпусних конструкцій елементів палуби та переборок кораблів засвідчили можливість широкого використання розробленого складу покриття в кораблебудуванні, особливо для проектування швидкісних кораблів на повітряній подушці та підводних крилах.

У п'ятому розділі розроблена технологія виготовлення покриття стосовно до умов лакофарбового виробництва. Покриття виготовляють у вигляді двох паст, що змішуються безпосередньо перед застосуванням. Обґрунтований режим сушіння та вид ґрунтовок для ста-

левих та алюмінієвих поверхонь з урахуванням адгезії до підложки з підвищенням температури.

Обґрунтовані способи, запропоновано обладнання та пристосування для нанесення покриття на підготовлені поверхні.

Визначено, що покриття при температурі 20°C твердіє протягом 7...8 діб. Якщо покриття через добу після нанесення сушать при температурі 60°C, то тривалість затвердіння зменшується до 36 год.

Обґрунтований вибір захисного шару покриття. Як волого-вогнестійкий захист рекомендуємо застосовувати лак КО-921, який утворює міцний шар, що запобігає вигоранню покриття та не утруднює процес спучування.

Досліджена стабільність паст з часом. Визначено, що вогнестійкість покриття, виготовленого з паст, які зберігались протягом 6 місяців, змінюється незначно як під час випробування за стандартною кривою пожежі, так і в умовах різкого нагрівання ("теплого удару") до 1200°C.

Результати санітарно-гігієнічних досліджень дали змогу розробити рекомендації щодо гігієни праці та санітарії під час виробництва покриття та робіт з вогнезахисту будівельних конструкцій.

Розроблена технологія випробувана в умовах лакофарбового виробництва колишнього Львівського міжколгоспбуду в м.Городок Львівської обл. та на Чернівецькому хімзаводі, де були випущені дослідно-промислові партії покриття базового складу.

Дослідно-промислові партії покриття використано для вогнезахисту в кораблебудуванні елементів судна та рятувальної шлюпки з алюмінієвого сплаву на Балтійському кораблебудівному заводі (м.Таллінн) а також сталевій місткості для зберігання пластифікаторів або масел на Одеському лінолеумному заводі "В.Стефаник".

Протягом 1988-1993 рр. на заводі "Полефір" (с.Братківці, Городоцький р-н, Львівської обл.) організовано промислове виробництво покриття, яке впроваджене при вогнезахисті сталевих та дерев'яних конструкцій на деяких промислових та цивільних об'єктах України.

Внаслідок виконаних досліджень та виробничого досвіду розроблені "Рекомендації щодо технології виготовлення та використання вогнезахисного спучуваного покриття для алюмінієвих конструкцій" та перевиздані, з урахуванням змін та доповнень технічні умови "Покриття вогнезахисне вспучуване ОБК-2" ТУ21-31-01-65.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

На підставі комплексних досліджень фізико-механічних, теплофізичних, технологічних та вогневих дослідів, з використанням сировинної бази матеріалів України, розроблено оздоблювально-вогнезахисний склад для металевих конструкцій з висою межею вогнестійкості.

Розв'язання цих питань сприяє підвищенню рівня пожежної безпеки будівельних об'єктів.

1. Вивчено і вдосконалено механізм вогнезахисної дії спучуваного покриття. На підставі сучасних уявлень і одержаних дослідних даних механізм спучування розробленого складу покриття полягає в наступному.

Під впливом температури розм'якшується карбамідна смола та її спучують негорючі гази, що виділяються під час піролізу антипіренів. Одночасно утворюється вугільний шар внаслідок дегідролізу полігратних сполук кислотами, що утворилися. Вибір оптимальних співвідношень компонент дав змогу до мінімуму знизити усадку покриття при твердінні та висиханні, уникнути його сповзання під час

розм'якшення з захищуваних поверхонь внаслідок нагрівання, а введення в систему борного ангідриду, розчиненого в гліцерині, спученого гідрофобізованого перлітового піску та рубленого скловолокна дає змогу структурувати утворену піну та запобігає її вигоранню, що підвищує межу вогнестійкості покриття.

2. Здійснено цілеспрямований пошук речовин і матеріалів для реалізації вдосконалення вогнезахисної дії покриття з наперед заданими властивостями.

3. Розроблена експериментально-статистична рецептурна модель, яка дозволяє оптимізувати базовий склад покриття. Установлені в результаті оптимізації відхилення в рецептурі від базового варіанту складу є допустимими для виробництва покриття в промислових умовах.

4. Розроблено установки і методики, які дозволяють з достатньою ступінню точності та надійності оцінити вогне- і теплозахисні характеристики досліджуваних складів покриття.

5. Розроблений і оптимізований склад покриття поліфункціонального призначення, який є одночасно будівельним фактурним і вогнезахисним матеріалом.

6. Визначено експлуатаційні характеристики матеріала та його вогнезахисні властивості, що дозволило розробити фізико-хімічну модель процесу спучування. Дослідження вогнем, виконані в лабораторних умовах і натурних елементів конструкцій на полігоні ВНДІПО /Москва/ засвідчили, що покриття має високі вогнезахисні властивості. Межа вогнестійкості сталевих елементів з захистом покриттям товщиною шару 5 мм становить 1,5, елементів з алюмінієвих сплавів - 1 год.

7. Результати санітарно-гігієнічних та токсикологічних досліджень дали змогу визначити рівень виділення шкідливих речовин та розробити рекомендації щодо гігієни праці та санітарії під час

виробництва покриття та робіт з вогнезахисту будівельних конструкцій.

8. Розроблена та освоєна промислова технологія виробництва покриття, що дало змогу запровадити його на деяких промислових та цивільних об'єктах України протягом 1986-1993 рр.

9. Розроблені рекомендації щодо технології промислового виготовлення покриття стосовно до умов лакофарбового виробництва з урахуванням стабільності покриття в часі та експлуатаційних вимог, які ставлять до будівництва та будівельних конструкцій.

10. Покриття рекомендуємо для підвищення межі вогнестійкості несучих конструкцій з сталі в будівництві таких як колони, ферми, ригелі, підкранові балки тощо; з алюмінієвих сплавів у будівництві (легкі профільовані настили, обгороджувальні стінові панелі з ефективним утеплювачем типу "сендвіч", елементи стель, конструкції мембранного типу) та в кораблебудуванні (несучі та обгороджувальні елементи корабельних переборок, горизонтальних перекриттів з настилу 1 набору - бімсів, карлінгсів та інших у корпусі кораблів).

Досвід впровадження розробленого покриття в будівництві засвідчив перспективність використання його для вогнезахисту дерев'яних конструкцій з метою уникнути розповсюдження полум'я по поверхні конструкції, тобто для переведення їх в групу важкозгораючих.

Основні положення дисертації опубліковані в таких працях:

1. Ивашкевич Б.П., Хоржевский В.И., Шналь Т.Н., Опыт внедрения вспучивающихся покрытий для огнезащиты промышленных и гражданских объектов Украины. // Львов: МП Украина, 1994. - с. 22-27
2. Ивашкевич Б.П., Орловская Е.В., Шналь Т.Н. Зарубежный опыт применения вспучивающихся материалов и изделий для огнезащиты стальных конструкций. // Львов: МП Украина, 1994. - с. 48-62
3. Шналь Т.Н. Методика проведения огневых испытаний и исследования адгезии покрытий к металлу. // Львов: МП Украина, 1994 - с. 63-69
4. Шналь Т.Н. Разработка и исследование огнезащитных покрытий по алюминиевым конструкциям. // Сумы: ССХИ, 1994. - с. 46-47
5. Шналь Т.Н., Маргаль И.В. Эффективное покрытие для огнезащиты металлических конструкций. // Жешув: Жешувская политехника, 1995. - с. 345-348
6. Шналь Т.Н., Орловский Ю.И., Ивашкевич Б.П., Труш Л.Е. Вспучивающиеся покрытия для огнезащиты конструкций из стали и алюминиевых сплавов. // Известия вузов. N 9. - Новосибирск: Строительство, 1995. - с. 55-60

Фізико-механічні та експлуатаційні характеристики
покриття базового складу по пілощі з алюмінієвого сплаву

Показники	Один. вим.	Зв'язуюче	
		Смола КФ-Ж	Смола ММ-54-У
Щільність покриття	кг/м ³		
- свіжонанесеного		1200...1300	
- затвердівшого		900...1000	
Вміст скловолокна	мас. %		0,5
Межа вогнестійкості при товщині шару 5 мм	хв	60...68	55...68
Адгезія при відриві від підложки, покритої ґрунтовою ФЛ-03Ж	МПа	0,81...0,91	0,87...0,95
Границя міцності	МПа		
- при згині		8,1...8,6	7,7...8,4
- при стиску		14,7...16,0	14,5...16,0
- при стиску слученого покриття		0,20...0,22	
Ударна в'язкість		10...15	
Температура початку случування	°С	170...180	165...185
Коефіцієнт случування	-	9...15	7...14
Усадка покриття при висиханні при +50°С	%	0,10...1,03	1,59...2,57
Водопоглинання за 5 діб без вологозахисного покриття	%	11...13	10...12
те ж, дизельного палива	%	13...13,8	12...13

Шналь Т.Н. Свойства и оптимизация составов вспучивающихся покрытий для огнезащиты металлических конструкций.

Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.23.05 - строительные материалы и изделия, 05.26.02 - пожарная безопасность. Харьковский государственный технический университет строительства и архитектуры, Харьков, 1995.

Защищается диссертация объемом 248 стр., которая содержит экспериментально-теоретические исследования свойств и технологии изготовления вспучивающихся огнезащитных покрытий. Изучены и установлены основные физико-механические характеристики разработанных составов. Осуществлено промышленное внедрение предложенных составов. Экономическая эффективность получена за счет повышения предела огнестойкости металлических конструкций и конструкций из алюминиевых сплавов.

Ключевые слова: вспучивающееся покрытие, состав, технология, свойство, предел огнестойкости.

Shnal T.N. Properties and optimization of composition of foaming coatings for fire protection of metal structures.

Dissertation in the form of manuscript for the academic degree of Candidate of Technical Sciences in the speciality 05.23.05 - building materials and products, 05.26.02 - fire safety. Kharkov State Technical University of Construction and Architecture, Kharkov, 1995.

Dissertation contains experimental and theoretical results of research in properties and production engineering of foaming

АВ 33.765

fire protecting coatings. Principal physicomachanical characteristics of the developed compositions have been studied and determined. Industrial introduction of the suggested compositions has been carried out. Economic efficiency has been achieved through the increased limit of fire resistance of metal and aluminium alloy structures.

Key words: foaming coating, composition, production engineering, property, limit of fire resistance.

Підп. до друку 8.12.95. Формат 60x84¹/16
Папір друк. И 2. Офс. друк. Умовн. друк. арк. 1.5
Умовн. фарб. - відб. 1.5 Умовн. видав. арк. 1.37
Тираж 60 прим. Зам. 164. Безплатно

ДУЛП 290646 Львів-13. Ст. Бандери, 12

Дільниця оперативного друку ДУЛП,
Львів, вул. Городоцька, 286