

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Золкіної Євгенії Сергіївни «Підвищення ефективності протипожежного захисту металевих конструкцій за допомогою вогнезахисних інтумесцентних покриттів», поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 261 – пожежна безпека

Актуальність. Дисертаційну роботу Золкіної Євгенії Сергіївни присвячено розв'язанню важливого науково-практичного завдання у галузі пожежної безпеки – розробці реактивних вогнезахисних покриттів з покращеними експлуатаційними властивостями, що спучуються під дією високих температур (інтумесцентних покриттів) для будівельних металевих конструкцій.

Металеві будівельні конструкції широко використовуються в будівництві. Однак через невелику межу вогнестійкості вони потребують додаткового протипожежного захисту. Найбільш перспективним способом протипожежного захисту є вогнезахисна обробка поверхні металевих конструкцій покриттями, що спучуються під впливом високих температур (інтумесцентних вогнезахисних покриттів – ІВП).

Представлені на сьогодні в Україні інтумесцентні вогнезахисні покриття (за даними Українського центру сталюого будівництва) забезпечують межу вогнестійкості сталюих конструкцій до 120 хв. з терміном експлуатації 8 – 30 років. Однак більшість із використовуваних в Україні покриттів мають обмежені умови експлуатації, зокрема у вологих приміщеннях. Підвищена вологість часто знижує ефективність протипожежного захисту. Тому дослідження спрямовані на розробку нових інтумесцентних вогнезахисних покриттів з поліпшеними експлуатаційними властивостями є актуальними.

Про актуальність тематики свідчить також те, що дисертаційні дослідження виконані в рамках науково-дослідної роботи № 0118U002016 «Розробка вогнезахисних інтумесцентних покриттів з покращеними властивостями».

Ключові положення роботи

У **вступі** подано загальну характеристику дисертаційної роботи. Обґрунтована актуальність теми дисертації, сформульовано мету роботи та основні завдання дослідження, показано зв'язок роботи з науковими програмами. Наведено дані про особистий внесок здобувача, апробацію роботи та публікації.

У **першому розділі** «Сучасний стан проблеми вогнезахисту будівельних конструкцій» проаналізовано літературні відомості з питань застосування інтумесцентних вогнезахисних покриттів для вогнезахисту металевих будівельних конструкцій. Визначені найбільш перспективні складові вогнезахисних покриттів, що використовуються в сучасних вітчизняних та європейських реактивних покриттях. Проаналізовані недоліки експлуатаційних властивостей існуючих вогнезахисних покриттів. Виконано аналітичний огляд сучасного стану проблеми розробок інтумесцентних вогнезахисних покриттів на основі різних плівкоутворювачів, зокрема на основі епоксиполімерів.

У **другому розділі** «Матеріали та методи дослідження» визначено матеріали та методи для проведення наукових досліджень, спрямованих на розробку інтумесцентного покриття з покращеними експлуатаційними властивостями. У якості критерію вогнезахисної ефективності покриттів обрано лінійний коефіцієнт спучення K_L , який вимірювали згідно методики ДСТУ-Н-П Б В.1.1-29:2010. Для порівняльної оцінки вогнезахисної ефективності запропоновано використовувати час прогрівання до критичної температури (500°C) зразка металеві пластини, що захищена досліджуванним вогнезахисним покриттям.

У **третьому розділі** «Дослідження впливу складу інтумесцентного покриття на його властивості» на основі експерименту здійснено порівняння експлуатаційних характеристик ІВП, що відрізняються природою плівкоутворювача.

Проведено експериментальні дослідження залежності характеристик та структури спіненого коксового шару від складу інтумесцентної композиції.

Визначено ряд компонентів, що забезпечують стійкість пінококсового шару, його інтумесцентну здатність та залежність кратності спучення, втрати маси від вмісту компонентів інтумесцентної системи та температури випробувань.

Побудовано розширену матрицю планування експерименту для реалізації ортогонального центрального композиційного плану другого порядку. На його основі після проведення експерименту отримано рівняння регресії, що описують залежність лінійного коефіцієнту спучення K_L від вмісту компонентів інтумесцентної композиції на основі епоксидного олігомеру для систем із різними наповнювачами. За рівняннями регресії побудовані поверхні відгуку, що описують залежність лінійного коефіцієнта спучення K_L інтумесцентних композицій з різними системами – поліфосфат амонію: пентаеритрит: терморозширюваний графіт (ПФА: ПЕ: ТГ) (композиція ППГ), поліфосфат амонію: гідроксид алюмінію: терморозширюваний графіт (ПФА: $Al(OH)_3$: ТГ) (композиція ПАГ), поліфосфат амонію: гідроксид алюмінію: колоїдний діоксид кремнію (ПФА: $Al(OH)_3$: аеросил) (композиція ПАА).

У четвертому розділі «Розробка складу інтумесцентного вогнезахисного покриття» проведено оптимізацію вогнезахисних складів систем ППГ, ПАГ та ПАА за лінійним коефіцієнтом спучення. Визначено оптимальний вміст компонентів указаних систем.

Визначено раціональний за лінійним коефіцієнтом спучення вміст компонентів ПФА, $Al(OH)_3$ та ТГ у епоксиолімері системи ПАГ, що дозволяє отримати інтумесцентне вогнезахисне покриття ПАГ-2 з високим показником кратності спучення ($K_L = 64$), зниженим рівнем горючості ($KI = 33\%$) та покращеними експлуатаційними властивостями – адгезійною міцністю до сталі марки Ст3 ($\sigma_{відр.} = 6,7$ МПа), водостійкістю ($\Delta m_s = 4,1\%$), стійкістю до дії 10%-го розчину H_2SO_4 ($\Delta m_k = 4,7\%$) та стійкістю до дії 10%-го розчину NaOH ($\Delta m_s = 4,4\%$), – що в 16,7; 2; 2,8 та 2,5 рази більше за такі ж показники відповідно для сертифікованої вогнезахисної фарби на водній основі.

Встановлено, що використання з метою вогнезахисту розробленого покриття ПАГ-2 дозволяє забезпечити захист від прогрівання металевої плас-

тини до температури 500°C впродовж 36,4 хв. Ефективність вогнезахисту металу покриттям на епоксидній основі ПАГ-2, оцінена шляхом порівняння часу прогрівання металевої пластини, у 1,3 рази вища за відомі аналоги на епоксидній основі та в 1,6 разів вища за ІВП на водній основі.

Розроблено принципову технологічну схему виробництва інтумесцентного вогнезахисного покриття ПАГ-2.

Проведено розрахунок собівартості виготовлення 1 т покриття. Встановлено, що покриття ПАГ-2 має на 8,5% меншу роздрібну вартість у порівнянні із закордонним аналогом.

Наукова новизна та ступінь обґрунтованості результатів:

Досліджено залежність кратності спучення (за лінійним коефіцієнтом спучення) епоксиполімерів, наповнених поліфосфатом амонію та бінарними сумішами поліфосфату амонію з гідроксидом алюмінію, десятиводним тетраборатом натрію, оксидом титану (IV), пентаеритритом, аеросилом і терморозширюваним графітом за температур випробування 350°C, 400°C, 450°C.

Вперше отримано математичні моделі, що описують залежність лінійного коефіцієнта спучення вогнезахисних покриттів на основі епоксиполімерів наповнених системами поліфосфат амонію: пентаеритрит: терморозширюваний графіт (ПФА: ПЕ: ТГ), поліфосфат амонію: гідроксид алюмінію: терморозширюваний графіт (ПФА: Al(OH)₃: ТГ), поліфосфат амонію: гідроксид алюмінію: колоїдний діоксид кремнію (ПФА: Al(OH)₃: аеросил).

Вперше для системи поліфосфат амонію: гідроксид алюмінію: терморозширюваний графіт встановлений раціональний вміст компонентів, що дозволяє отримати інтумесцентне вогнезахисне покриття з високим показником кратності спучення ($K_{\text{д}} = 64$), зниженим рівнем горючості ($K_{\text{І}} = 33 \%$) та покращеними у порівнянні з сертифікованими в Україні вогнезахисними покриттями експлуатаційними властивостями.

Подальшого розвитку набули експериментальні дослідження спрямовані на розробку інтумесцентних вогнезахисних покриттів на основі епоксиполімерів.

Практичне значення отриманих результатів:

- отримані математичні моделі дозволяють прогнозувати кратність спучення покриттів на основі епоксиполімерів в залежності від співвідношення між компонентами систем: поліфосфат амонію: пентаеритрит: терморзширюваний графіт (ПФА: ПЕ: ТГ), поліфосфат амонію: гідроксид алюмінію: терморзширюваний графіт (ПФА: $\text{Al}(\text{OH})_3$: ТГ), поліфосфат амонію: гідроксид алюмінію: колоїдний діоксид кремнію (ПФА: $\text{Al}(\text{OH})_3$: аеросил);
- розроблене інтумесцентне вогнезахисне покриття ПАГ-2 за ефективністю вогнезахисту металу у 1,3 рази вище за відомі аналоги та в 1,6 разів вище за ІВП на водній основі та має покращені експлуатаційні властивості – адгезійну міцність до сталі марки Ст3 ($\sigma_{\text{відр.}} = 6,7$ МПа), водостійкість ($\Delta m_{\text{в}} = 4,1$ %), стійкість до дії 10%-го розчину H_2SO_4 ($\Delta m_{\text{к}} = 4,7$ %) та стійкість до дії 10%-го розчину NaOH ($\Delta m_{\text{л}} = 4,4$ %), – що в 16,7; 2; 2,8 та 2,5 рази більше за такі ж показники відповідно для сертифікованої вогнезахисної фарби на водній основі;
- результати роботи впроваджено на підприємстві ТОВ «НВП «Біонік Хаус» (м. Київ та у навчальному процесі Національного університету цивільного захисту України при вивченні дисципліни «Стійкість будівель і споруд при пожежі» (тема 1.3. «Нормування вогнестійкості будівельних конструкцій») циклу професійної підготовки за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти галузь знань 26 «Цивільна безпека», спеціальність – 261 «Пожежна безпека» за освітньо-професійними програмами: «Пожежна безпека», «Аудит пожежної та техногенної безпеки», «Пожежогасіння та аварійно-рятувальні роботи».

Публікації.

За результатами дисертаційної роботи опубліковано 4 наукові статті у фахових виданнях України, дві статті у наукових журналах країн Євросоюзу,

що входять до науково метричної бази Scopus та 6 тез доповідей на науково-технічних конференціях.

Оформлення дисертаційної роботи.

Структура та обсяг представленої роботи відповідають вимогам, що висуваються до тексту дисертацій наказом МОН України №40 від 12.01.2017 р. Дисертацію викладено логічно, аргументовано та у науковому стилі.

Зауваження до дисертації.

- В літературному огляді автор приділив замало уваги аналізу патентів, що стосуються теми дисертаційної роботи.
- У роботі автором визначалися такі характеристики як водостійкість, стійкість до дії кислотного та лужного середовищ, адгезійна міцність для покриття раціонального складу, проте не приділено достатньої уваги встановленню закономірностей впливу введення компонентів у досліджуваних співвідношеннях у епоксиполімер на вказані характеристики.
- У четвертому розділі при розгляді питання оптимізації вмісту компонентів систем у складі інтумесцентних вогнезахисних покриттів не зрозуміло яким методом розв'язана задача оптимізації, а наведено лише її результати. На думку опонента питання слід було б розкрити більш широко.
- У роботі недостатньо висвітлені питання щодо токсичності продуктів горіння та димоутворення розробленого вогнезахисного покриття.

Висновки.

Дисертаційну роботу Золкіної Є.С. «Підвищення ефективності протипожежного захисту металевих конструкцій за допомогою вогнезахисних інтумесцентних покриттів», поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 261 – пожежна безпека, виконано на високому науковому рівні. Автор отримала нові науково обґрунтовані результати, що у сукупності забезпечують досягнення поставленої у

дисертаційній роботі мети: розробки інтумесцентного покриття з покращеними експлуатаційними властивостями.

Зважаючи на вище наведене, можна зробити висновок про відповідність роботи спеціальності 261 «Пожежна безпека» та вимогам, що висуваються до дисертацій для здобуття наукового ступеня доктора філософії. Автор дисертаційної роботи Золкіна Євгенія Сергіївна заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 261 «Пожежна безпека».

Офіційний опонент:

доцент кафедри фізики та хімії горіння
Львівського державного університету
безпеки життєдіяльності,
кандидат технічних наук, доцент

Олена ЛАВРЕНЮК

Підпис Лавренюк О.І. засвідчую:
Учений секретар Львівського державного
університету безпеки життєдіяльності



Роман ЛАВРЕЦЬКИЙ