

До разової спеціалізованої вченої ради
PhD14518
у Київський національний
університет технологій та дизайну,
01011, м. Київ, вул. Мала Шияновська, 2

РЕЦЕНЗІЯ

офіційного рецензента, асистента кафедри хімічних технологій та ресурсозбереження Київського національного університету технологій та дизайну, кандидата технічних наук **Слєпцова Олександра Олеговича** на дисертаційну роботу **Вахітова Раміля Азатовича** «Розроблення технології полімерного вогнезахисного покриття реактивного типу з удосконаленими реологічними властивостями», яка представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 16 Хімічна та біоінженерія за спеціальністю 161 Хімічні технології та інженерія

Актуальність обраної теми досліджень та зв'язок її з науковими програмами, планами і темами.

Актуальність теми дослідження зумовлена необхідністю підвищення рівня пожежної безпеки об'єктів критичної інфраструктури України, особливо в умовах воєнного стану, коли зростає ризик пожеж та руйнування сталевих конструкцій. Ефективним засобом їх захисту є інтумесцентні покриття реактивного типу, які забезпечують формування теплоізоляційного коксового шару за дії високих температур. Разом з тим, існуючі вогнезахисні покриття не завжди забезпечують межу вогнестійкості на рівні 150 хв та часто характеризуються недостатніми реологічними властивостями, що ускладнює їх нанесення.

Тому розроблення технології інтумесцентного покриття з підвищеною вогнезахисною ефективністю, поліпшеними реологічними характеристиками

та тривалим терміном експлуатації є актуальним науково-практичним завданням.

Важливість обраного в дисертаційній роботі напрямку досліджень підкреслює і те, що основні етапи роботи виконувались у відповідності з державними науково-дослідними програмами: № 39/24 «Створення волокнистих композиційних матеріалів на основі природних полімерів та дослідження їх властивостей» Київського національного університету технологій та дизайну; НДР III-04-24 «Розробка хімічних рішень з удосконалення реологічних властивостей засобів вогнезахисту» ІнФОВ НАН України (№ держреєстрації 0124U000208); НДР II-01-23 «Розроблення засобів хімічної та пожежної безпеки об'єктів оборонного призначення» ІнФОВ НАН України (№ держреєстрації 0123U100783); НДР III-04-26 «Розроблення нових засобів вогнезахисту на основі органо-неорганічних композитів» ІнФОВ НАН України (№ держреєстрації 0125U004338).

Ступінь обґрунтованості і достовірності наукових досліджень, висновків та рекомендацій.

Достовірність і належний рівень обґрунтування результатів дисертаційної роботи забезпечуються комплексним підходом до розв'язання поставлених завдань, використанням сучасних експериментальних методів дослідження, а також застосуванням чинних національних і європейських стандартів.

Наукові результати роботи базуються на всебічному аналізі отриманих експериментальних даних із урахуванням сучасних теоретичних положень та практичного досвіду у сфері вогнезахисних матеріалів. Отримані дані є взаємоузгодженими, логічно пов'язаними між собою та належним чином аргументованими.

Сформульовані в дисертації висновки повною мірою відповідають поставленим завданням, ґрунтуються на результатах проведених досліджень, узгоджуються зі змістом окремих розділів роботи та підтверджують достовірність і наукову новизну отриманих результатів.

Наукова новизна отриманих результатів.

У дисертаційній роботі концептуально обґрунтовано та реалізовано технологію інтумесцентного покриття реактивного типу з поліпшеними реологічними властивостями, що забезпечує межу вогнестійкості не менше 150 хв. При цьому вперше:

- експериментально обґрунтовано доцільність застосування моделі Кассона для визначення граничних реологічних критеріїв технологічності інтумесцентних водно-дисперсійних фарб, що забезпечує виробничий контроль їх властивостей без використання складних реометричних приладів;
- визначено кореляційну залежність між основними реологічними параметрами інтумесцентної фарби (η_0 , t_0 , η_∞) та технологічно допустимою товщиною мокрого шару, що забезпечує бездефектне формування покриття;
- запропоновано комбіновану систему модифікації реології вогнезахисної фарби, що обумовлює формування стабільної тиксотропної структури та нанесення шару товщиною не менше 2 мм за один прохід;
- встановлено, що модифікація інтумесцентного покриття сумішшю мінеральних волокон з різними температурами розкладання підвищує вогнезахисну ефективність покриття на 10–20 %. Доведено, що додавання суміші Lapinus CF50 та Lapinus MS605 у водно-дисперсійну фарбу реактивного типу дозволяє застосовувати інтумесцентне покриття для сталевих конструкцій в умовах вуглеводневої пожежі.

Отримані результати мають важливе наукове значення, оскільки розширюють уявлення про закономірності формування реологічних властивостей інтумесцентних полімерних композицій та встановлюють взаємозв'язок між структурними параметрами системи, технологічними характеристиками та вогнезахисною ефективністю покриття. Запропоновані підходи можуть бути використані під час розроблення нових поколінь реактивних вогнезахисних матеріалів.

Практичне значення отриманих результатів.

Практичне значення роботи полягає у розробленні та впровадженні у виробництво технології полімерного інтумесцентного покриття з поліпшеними реологічними властивостями, яке перевершує вітчизняні аналоги та може бути рекомендоване для застосування на об'єктах критичної інфраструктури, а також в оборонному й стратегічному секторах. Практичні рекомендації щодо контролю реології дозволяють виготовляти покриття з заданими властивостями та наносити його мокрим шаром 1,0–2,5 мм, що майже вдвічі знижує витрати на вогнезахисну обробку.

Розроблена методика та теоретичні дослідження з питань модифікації реологічних властивостей полімерних композицій впроваджені в освітньо-науковий процес підготовки фахівців за спеціальністю 161 Хімічні технології та інженерія за освітньо-професійною програмою «Європейська космецевтика» на кафедрі промислової фармації КНУТД і використовуються при підготовці кваліфікаційних робіт магістрів

Методика дослідження вогнезахисних матеріалів за алгоритмом прогнозування ефективності інтумесцентного покриття апробована та впроваджена в лабораторії хімічних досліджень засобів вогнезахисту Інституту фізико-органічної хімії та вуглехімії ім. Л.М. Литвиненка НАН України.

Результати практичного втілення досліджень дисертаційної роботи підкріплені відповідними актами впровадження. Важливою перевагою отриманих результатів є їхня готовність до практичного використання у виробничих умовах без необхідності суттєвої модернізації наявних технологічних процесів виготовлення водно-дисперсійних вогнезахисних матеріалів.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота Вахітова Раміля Азатовича є завершеним науковим дослідженням, у якому на належному науково-

методичному рівні вирішено актуальне науково-прикладне завдання розроблення полімерного інтумесцентного покриття реактивного типу з удосконаленими реологічними властивостями. Структура роботи є логічною, а викладення матеріалу характеризується послідовністю та внутрішньою узгодженістю.

Особистий внесок здобувача є визначальним і полягає у формуванні концепції дослідження, розробленні технології інтумесцентного вогнезахисного покриття реактивного типу, плануванні та проведенні експериментальних досліджень, визначенні фізико-хімічних, реологічних і вогнезахисних характеристик розроблених композицій, а також аналізі, узагальненні та науковій інтерпретації отриманих результатів. Автором здійснено теоретичне обґрунтування одержаних результатів, підготовлено наукові публікації, проведено апробацію основних положень роботи на наукових конференціях та взято безпосередню участь у впровадженні розробленої технології й проведенні натурних випробувань.

Результати перевірки дисертаційної роботи на текстові збіги свідчать про дотримання здобувачем принципів академічної доброчесності. У роботі не виявлено некоректних запозичень, ознак академічного плагіату, фабрикації чи фальсифікації наукових результатів. Усі використані літературні джерела належним чином процитовані, а наведені в дисертації наукові положення, висновки та практичні рекомендації є результатом самостійної науково-дослідної роботи автора.

Загальна характеристика дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота складається із вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел (222 найменування на 28 сторінках), 7 додатків (на 26 сторінках), містить 50 таблиць та 65 рисунків. Основний текст роботи викладено на 215 сторінках. Загальний обсяг роботи становить 241 сторінку.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дослідження, визначено мету, завдання, наукову новизну та практичне значення роботи, а також наведено відомості про апробацію її основних результатів.

У першому розділі проаналізовано роль полімерної складової в інтумесцентних вогнезахисних системах, вплив реологічних параметрів на технологічність нанесення покриттів та чинники, що визначають їх довговічність. На підставі аналізу сучасних наукових джерел сформовано теоретичні засади подальших досліджень і обґрунтовано вибір напрямку роботи.

Другий розділ присвячений характеристиці матеріалів, обладнання та методик дослідження. Для визначення властивостей інтумесцентних композицій застосовано сучасні фізико-хімічні методи, зокрема реологічні дослідження на ротаційному реометрі Brookfield DV-III. Вогневі та кліматичні випробування виконували відповідно до вимог чинних національних і європейських стандартів.

У третьому розділі наведено результати розроблення рецептури інтумесцентного покриття, що забезпечує межу вогнестійкості сталевих конструкцій не менше 150 хв. Запропоновано алгоритм лабораторного прогнозування вогнезахисної ефективності покриттів, адекватність якого підтверджено результатами вогневих випробувань.

У четвертому розділі досліджено вплив асоціативних і неасоціативних загущувачів на реологічні властивості інтумесцентних фарб. Визначено ефективні комбінації естерів целюлози, наноглини та HEUR-модифікаторів, які забезпечують оптимальні реологічні характеристики та можливість нанесення покриття мокрим шаром завтовшки до 2,0 мм без дефектів.

П'ятий розділ присвячений розробленню та впровадженню у виробництво технології одержання інтумесцентного покриття. У межах дослідно-промислової апробації виготовлено партію продукції масою 500 кг. Встановлено, що покриття забезпечує клас вогнестійкості R 150 для сталевих конструкцій зі зведеною товщиною металу $\sigma \geq 5,0$ мм. Натурними випробуваннями підтверджено можливість нанесення фарби шаром не менше 2 мм без провисання та стікання, а оцінка за ДСТУ EN 16623:2015 засвідчила можливість експлуатації покриття в умовах класу Z2 протягом до 25 років.

У висновках узагальнено основні наукові та практичні результати дослідження, які логічно пов'язані з поставленими завданнями та відображають положення, що виносяться на захист.

Повнота викладу результатів дисертації в опублікованих працях.

Результати дослідження опубліковано в 16 наукових працях, з яких: 11 – статті у наукових фахових виданнях України, в т.ч. 3 – у виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз; 5 – публікації, які додатково висвітлюють результати дослідження; тези 12 доповідей наукових конференцій.

Дискусійні положення та зауваження до дисертаційної роботи.

1. У першому розділі представлено широкий спектр хімічних сполук, які можуть використовуватися як основні компоненти інтумесцентних систем. Водночас у дисертаційній роботі для досягнення поставленої мети досліджується лише система поліфосфат амонію – меламін – пентаеритрит. Доцільним є більш детальне обґрунтування вибору саме цієї комбінації компонентів з урахуванням альтернативних інтумесцентних систем, наведених в огляді літератури.
2. У четвертому розділі у ряді випадків відсутні графічні матеріали (графіки, таблиці). Більш широке використання засобів візуалізації дало б змогу легше простежити тенденції зміни структурної в'язкості, межі текучості та інших реологічних характеристик, спростило б порівняння між окремими рецептурними рішеннями та підвищило б наочність представлених результатів. Зазначене зауваження не знижує наукової цінності отриманих результатів, проте врахування цього аспекту сприяло б кращому сприйняттю та інтерпретації експериментальних даних.
3. У роботі використовуються різні методи визначення межі вогнестійкості інтумесцентних покриттів, зокрема метод із застосуванням пальника Бунзена та випробування у міні-печі. Разом з тим у тексті не наведено детального порівняльного аналізу результатів, отриманих цими методами, а також не пояснено причини можливих розбіжностей між ними. Уточнення цього

питання дозволило б більш чітко окреслити межі застосовності кожного з методів.

4. У дисертаційній роботі розроблено технологію одержання інтумесцентного вогнезахисного покриття та підтверджено її ефективність у лабораторних і дослідно-промислових умовах. Разом з тим у роботі недостатньо чітко висвітлено науково-технологічні особливості запропонованого підходу порівняно з традиційними технологіями виробництва водно-дисперсійних лакофарбових матеріалів. Більш детальний аналіз відмінностей технологічних режимів, послідовності введення компонентів, умов формування структури композиції та їх впливу на кінцеві властивості покриття дозволив би повніше оцінити переваги розробленої технології та її інноваційність.

Зроблені зауваження мають рекомендаційний характер, стосуються окремих аспектів подання та деталізації матеріалу і не впливають на загальну наукову обґрунтованість, достовірність і практичну значущість отриманих результатів. Вони не знижують цінності дисертаційної роботи та не ставлять під сумнів рівень виконаного дослідження.

Загалом дисертаційна робота характеризується комплексністю проведених досліджень, достатнім рівнем теоретичного узагальнення та практичною апробацією отриманих результатів. Отримані наукові результати мають як фундаментальне, так і прикладне значення для розвитку сучасних інтумесцентних систем вогнезахисту.

Загальний висновок

Сукупність результатів, наведених у дисертаційній роботі Вахітова Раміля Азатовича, свідчить про успішне вирішення поставленого науково-прикладного завдання та досягнення мети дослідження. Робота характеризується належним рівнем наукової обґрунтованості, практичною спрямованістю та завершеністю, а її результати становлять інтерес для подальшого розвитку технологій інтумесцентного вогнезахисту сталевих конструкцій.

За актуальністю, науковою новизною, теоретичним і практичним значенням, рівнем виконання, апробації та впровадженням результатів дисертація «Розроблення технології полімерного вогнезахисного покриття реактивного типу з удосконаленими реологічними властивостями» відповідає вимогам Постанови Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44 «Порядок присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», а її автор, Вахітов Раміль Азатович, на основі публічного захисту заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія».

Рецензент:

асистент кафедри хімічних технологій

та ресурсозбереження

Київського національного університету

технологій та дизайну,

кандидат технічних наук



Олександр СЛЄПЦОВ

