

## **ВІДГУК**

### **офіційного опонента на дисертаційну роботу ТАРАХНО ОЛЕНИ ВІТАЛІЇВНИ «РОЗВИТОК НАУКОВИХ ОСНОВ СТВОРЕННЯ ЕЛАСТИЧНИХ ВОГНЕЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ ПО ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛАХ», яку подано на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.06.02 – пожежна безпека**

**Актуальність.** Найбільша кількість пожеж у світі відбувається у житловому секторі – 70-80 %, при цьому гине понад 90 % осіб від загальної кількості постраждалих. Текстильні матеріали є одним з поширених видів пожежної навантаги в житловому секторі. Загибель людей, насамперед, зумовлена пожежною небезпекою текстильних матеріалів через їх легку займистість, велику швидкість поширення горіння і високу токсичність продуктів горіння. Тому «Розвиток наукових основ створення еластичних вогнезахисних покриттів по текстильних матеріалах» є актуальною науковою проблемою.

Такий підхід дозволяє забезпечити вогнезахист текстильних матеріалів без втрати ними функціональних властивостей з одночасним забезпеченням для широкого застосування.

**Актуальність роботи** підтверджується й тим, що вона виконувалася відповідно до плану науково-дослідних робіт Національного університету цивільного захисту України в рамках науково-дослідних робіт: «Розробка вогнезахисних складів підвищеної ефективності на основі гелеутворюючих систем (№ держреєстрації 0105U004228, 2009), «Дослідження фізико-хімічних характеристик тканин для нош рятувальних захисних (НРВ-1)» ((№ держреєстрації НДР 0118 U001002).

#### **Аналіз змісту дисертації.**

Дисертаційна робота складається з анотації, змісту, переліку умовних скорочень, вступу, шести розділів, загальних висновків, списку використаних літературних джерел з 335 найменувань і двох додатків. Загальний обсяг дисертації містить 383 сторінки друкованого тексту, 37 таблиць, 105 рисунків.

#### **Ключові положення роботи.**

У вступі наведено актуальність теми дисертаційної роботи, мету, задачі, об'єкт і предмет та основні завдання досліджень, відображено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Наведено дані щодо впровадження та апробації результатів досліджень, а також публікації результатів роботи.

У першому розділі дисертаційної роботи «Аналіз стану питання захисту текстильних матеріалів від дії вогню» автором проведено критичний аналіз існуючих на цей час методів зниження горючості тканин та

виконано систематизацію матеріалу щодо сучасних напрямів зменшення пожежної небезпеки текстильних матеріалів у країнах світу та Україні.

Автором відмічено, що велика кількість досліджень в обраній тематиці досліджень присвячена створенню і застосуванню антипіренових складів і вогнезахисних покриттів із використанням золь-гель методу. Автором встановлено недоліки технологій вогнезахисту текстильних матеріалів, які базуються на золь-гель методі, це тривалість процесу і складна будова синтетичних компонентів суміші, які зазнають гелірування. На основі проведеного аналізу здобувачем сформульовано мету та задачі досліджень.

У другому розділі «Одержання золів  $\text{SiO}_2$  та еластичних гелевих покриттів на їх основі та методики їх досліджень» розглянуто процеси утворення еластичних вогнезахисних покриттів на поверхні текстильних матеріалів з використанням кремнійорганічних золів.

Показано, що одержання кремнійорганічних гелів – це складний багатостадійний процес. Визначальними параметрами цього процесу є рН середовища і співвідношення між вмістом у системі води та кремнійорганічної речовини, а також температура проведення гідролізу.

Процеси гелеутворення в експериментальних гібридних композиціях досліджували за допомогою інфрачервоної спектроскопії. Це дозволило отримати інформацію про процеси, що протікають при золь-гель переході в досліджуваних золях. Додаткову інформацію про процеси перетворення гелів під час термообробки було досліджено за допомогою диференційно-термічного методу аналізу. Для визначення оптимального складу лужного гелю і температури процесу було проведено термографічні дослідження. Ці дослідження дозволили встановити, що найбільш перспективним є застосування лужного каталізатора з концентрацією 0,8 %, тому що саме така його кількість забезпечує мінімальну зміну маси гелю під час нагрівання в інтервалі температур 200–500 °С.

Для оптимізації процесу було використано математичний метод планування експерименту. Було поставлено експеримент типу  $2^2$ . Для побудови полінома другого порядку в роботі використовували ротатабельні плани другого порядку із зірковими точками. Це дозволило встановити, що незалежно від температури термообробки оптимальним співвідношенням між кількістю тетраетоксисилану і води є 75:25.

Адсорбційну активність гелевих частинок досліджували спектрофотометричним методом. Ці дослідження разом з результатами попередніх дослідів дозволили встановити, що для забезпечення потрібних властивостей вогнестійких покриттів по текстильних матеріалах необхідно, щоб поверхня гелю була пасивованою або мала гідрофобні ділянки для того, щоб тканина не втрачала своєї рухливості та м'якості.

У третьому розділі дисертаційної роботи «Розроблення складів вогнестійких еластичних кремнеземистих покриттів по текстильних матеріалах» наведені дослідження впливу складу та технологічних

параметрів нанесення золь-гель композицій на ступінь вогнезахисту різних типів текстильних матеріалів. При цьому було сформульовано основні вимоги до вогнестійких покриттів по текстильних матеріалах: еластичність, висока адгезія до волокон тканини, стійкість до стирання, гідрофобність і вогнестійкість.

Адгезію покриття по волокнах оцінювали за ступенем осипання покриття за умов механічного впливу. Для оцінки стійкості гелевого покриття до дії водних розчинів агресивних речовин було використано оптичний метод. На основі цих досліджень була встановлена гідрофобність гелевих покриттів.

Також було проведено дослідження впливу добавок деяких антипіренів на процеси термоокислювальної деструкції у вуглецевому матеріалі волокна, а також гальмування реакції окиснення в газовій фазі. В якості антипіренів використовували фосфати амонію й натрію. Встановлено, що найбільш ефективним є використання діамоній гідрофосфату, наявність якого в гелях, розбавлених водою і спиртом у співвідношенні відповідно 1:2 і 2:1, забезпечує підвищення вогнестійкості тканин і значно знижує площу їх пошкодження. При цьому тканини, просочені розчинами антипірену 10 і 15 %-ї концентрації, не втрачали свого зовнішнього вигляду, зберігали м'якість і еластичність, а бінарне покриття було візуально непомітним.

Дослідження різних методів нанесення покриття дозволило встановити, що використання методу ЗСАР дало найкращі результати. Тому в подальшому використовували нанесення 20 %-го розчину діамоній гідрофосфату розпиленням на висушену поверхню гелевого покриття.

Основним висновком за результатами вогневих випробувань вогнезахисних покриттів є те, що використання бінарного покриття на основі технічних етилсилікатів з антипіреном діамоній гідрофосфату забезпечує зменшення термічного пошкодження тканини в 2–2,5 рази.

У четвертому розділі «Створення математичної моделі вогнезахисної дії гелевого покриття по целюлозних волокнах» розглянуто фізико-хімічні процеси, що відбуваються під тепловим впливом в шарі вогнезахисного гелевого покриття та в целюлозному волокні. На підставі фізичної моделі процесів тепло- і масообміну побудовано математичну модель вогнезахисної дії гелевого покриття по целюлозних волокнах. Цю модель може бути застосовано для одержання прогностичних оцінок пожежної безпеки текстильних матеріалів та підбору захисних покриттів із заданими властивостями для текстильних матеріалів, що використовуються як протипожежні завіси, покривала, рятувальні ноші, для створення захисного одягу.

У п'ятому розділі «Дослідження димоутворення під час термодеструкції оброблених текстильних матеріалів та теоретичне обґрунтування формування захисних покриттів» наведено результати досліджень процесу газоутворення під час термодеструкції зразків текстильних

матеріалів. У цих дослідах за допомогою газоаналізаторів Dräger 5000 і Dräger 5600, було проведено визначення концентрації в газовому середовищі  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NH}_3$  і  $\text{CO}$ . В результаті було встановлено, що застосування запропонованих вогнезахисних покриттів на основі «кремнеземистий гель – антипірен» зменшує процес димоутворення під час термічного впливу на оброблені зразки тканин. Це дозволяє пропонувати розроблені композиції для вогнезахисту текстильних матеріалів, що використовуються на об'єктах із масовим перебуванням людей.

**У шостому розділі «Практичне застосування отриманих результатів досліджень і видача рекомендацій»** розглянуто вимоги щодо створення ефективних вогнезахисних композицій для зниження горючості й димоутворювальної здатності оброблених текстильних матеріалів.

На підставі отриманих у роботі результатів рекомендовано рецептуру вогнезахисних комбінованих гелевих покриттів, витрату й умови нанесення і сушіння покриттів, необхідні для вогнезахисту текстильних матеріалів від термічного впливу пожежі.

Розроблені рекомендації щодо рецептури комплексного гелю на основі кремнійорганічних сполук технічної чистоти та алгоритму його нанесення на текстильні матеріали були впроваджені у діяльності ТОВ «Пожежно-технічне підприємство «Брандмайстер»» під час одержання комплексних композицій для вогнезахисту текстильних матеріалів на об'єктах з масовим перебуванням людей, на підприємстві ТОВ ПТО «Укрпожстандарт» для підвищення вогнестійкості захисних костюмів, які виготовляються на підприємстві, при виготовленні експериментальних дослідних зразків первинних засобів пожежогасіння – протипожежного полотна (ПП-1 і ПП-2), які впроваджені в ДПРЗ № 22 ГУ ДСНС України в Донецькій області та ГУ ДСНС України в Запорізькій області (акти впровадження представлено у додатку 2).

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій.**

Автором запропоновано ряд нових експериментальних методів з визначення вогнезахисних властивостей кремнійорганічного покриття по целюлозовмісному волокну. В більшості випадків експеримент організовано таким чином, що дозволяє одержати однозначні кількісні або якісні характеристики запропонованої вогнезахисної системи. Важливим є те, що теоретичні та експериментальні результати знаходяться у взаємному узгодженні.

Достовірність та обґрунтованість результатів та висновків підтверджено коректністю постановки задачі, раціональністю теоретичних припущень, строгістю математичних викладок, надійністю використаних методів розв'язання задач, раціональним вибором експериментальних методів, порівняльним аналізом результатів розрахунків та експериментальних даних.

### **Наукова новизна одержаних результатів.**

У роботі одержано нові науково обгрунтовані результати, які в сукупності забезпечують вирішення актуальної проблеми розвитку наукових основ створення еластичних вогнезахисних покриттів по текстильних матеріалах.

*Вперше* отримано наступні наукові результати:

- Розроблено теоретичні основи одержання еластичних покриттів шляхом корегування параметрів дозрівання кремнійорганічного золю в індукційному періоді, що зумовлює ефективність їх застосування для цілей вогнезахисту текстильних матеріалів. Встановлено, що обов'язковою умовою одержання еластичності покриття є зниження кількості активних центрів та рівномірне розподілення гідрофобних етильних радикалів на поверхні гелевого покриття.

- Розроблено наукові положення щодо закріплення гелевого кремнійорганічного покриття по целюлозних волокнах ниток текстильних матеріалів шляхом утворення ковалентних зв'язків між функціональними групами целюлозного волокна та полікремніевої кислоти, що зумовлює водостійкість, пролонговану вогнезахисну дію покриттів, а також надійно захищає текстильний матеріал від загоряння, підвищує час початку зуглювання тканини на 20–30 %, а час термічного руйнування тканини (залежно від типу тканини та складу покриття) підвищує в 2–10 разів.

- Запропоновано наукові положення щодо закріплення молекул антипірену на поверхні целюлозного волокна та гелевого покриття шляхом утворення ковалентного зв'язку між функціональними групами целюлози, гелевого покриття та антипірену, що забезпечує підвищення вогнезахисної дії комбінованих покриттів за рахунок зниження ефекту «висолювання» матеріалу, що захищається.

- Встановлено, що внаслідок зниження кількості активних центрів на поверхні гелевого покриття, закріпленого на волокнах целюлози, використання антипіренів у кількості 0,01–0,1 мас. % зумовлює підвищення вогнезахисної дії комплексних покриттів у 12–20 разів залежно від виду текстильного матеріалу і складу антипіренових композицій.

- Розроблено математичну модель вогнезахисної дії кремнійорганічного покриття по целюлозовмісному волокну ниток тканини, що забезпечує одержання прогностичних оцінок параметрів пожежної безпеки текстильних матеріалів (межі вогнестійкості, температури гарячого середовища), виходячи із рівня теплового впливу на поверхню захищеного матеріалу.

*Одержало подальший розвиток* застосування комплексних композицій на основі кремнеземистих гелів та хімічно активних уповільнювачів горіння (антипіренів) збільшує ступінь вогнезахисту текстильних матеріалів, що зумовлено інгібуванням процесів, які протікають як у конденсованій фазі (за рахунок сполук фосфору), так і в газовій фазі (за рахунок амонію).

### **Практичне значення отриманих результатів.**

Використання одержаних у дисертаційній роботі результатів є науковою основою використання комплексних покриттів системи «золь  $\text{SiO}_2$  – антипірени» для захисту текстильних матеріалів від термічного впливу. Це дозволяє забезпечити високий рівень вогнестійкості існуючих в теперішній час текстильних матеріалів без суттєвих фінансових витрат.

Запропоновані математичні моделі вогнезахисної дії шару гелевого покриття і відповідне програмне забезпечення дозволяють використовувати їх для прогностичних оцінок пожежної безпеки текстильних матеріалів та підбору захисних покриттів із заданими властивостями.

Результати дисертаційної роботи було використано у діяльності ТОВ «Пожежно-технічне підприємство «Брандмайстер» і «Бранд Трейд», ПУ «НПІ експертиз у галузі пожежної безпеки», ГУ ДСНС України в Донецькій області та Запорізькій області та в навчальному процесі Національного університету цивільного захисту України.

### **Повнота викладу основних результатів дисертації в опублікованих працях.**

Основні положення і наукові результати дисертаційної роботи повністю висвітлено в 1 монографії, 27 наукових статтях, з яких 2 – у закордонних виданнях, 25 – у фахових виданнях України, які входять до переліку ДАК України (1 входить до наукометричної бази Scopus, 2 – в Google Scholar, 1 – Ulrich's Periodicals Directory та Index Copernicus, 6 – в Ulrich's Periodicals Directory та Academic Research Index - ResearchBib), у 2 навчальних посібниках, а також 15 тезах доповідей на науково-технічних конференціях і 2 патентах України на корисну модель.

Зміст автореферату достатньою мірою відповідає змісту дисертації.

### **Зауваження.**

1. У розділі 1 більшу увагу треба було приділити аналізу властивостей різних видів текстильних матеріалів та особливостей їх горючості.
2. У роботі треба було розглянути питання санітарно-гігієнічних властивостей вогнезахисених тканин.
3. У третьому розділі дисертаційної роботи в якості антипіренів запропоновано використовувати фосфати амонію й натрію. Якщо вибір діамоній гідрофосфату зрозумілий, то вибір гексаметафосфату натрію потребує більш детального обірунтування.
4. Більш глибокого розгляду потребувало питання поведінки вогнезахисених тканин під час їх прання.
5. Під час моделювання процесів тепло- і масообміну та розробки математичної моделі вогнезахисної дії гелевого покриття було прийнято, що теплоємність і коефіцієнт теплопровідності не залежать від температури. В такому випадку треба було оцінити похибку, яку вносить це спрощення.
6. Більшу увагу треба було приділити порівнянню результатів моделювання вогнезахисної дії з експериментальними даними.
7. Більш конкретно необхідно було на рисунках визначити

концентрації речовини.

8. В шостому розділі потрібне більш докладно розглянути економічні параметри процесу нанесення вогнезахисних покриттів.

### Оформлення дисертаційної роботи.

Структура та обсяг представленої роботи відповідають вимогам ДАК України, що висуваються до тексту дисертацій (наказ МОН України №40 від 12.01.2017 р.) Дисертацію викладено грамотною мовою наукових праць.

Зміст автореферату відповідає основним положенням дисертації. В роботі не використовуються результати та висновки кандидатської дисертації.

### Загальний висновок по дисертаційній роботі.

За актуальністю теми, науковою новизною результатів, їх практичною цінністю і повнотою публікування дисертаційна робота Тарахно Олени Віталіївни «РОЗВИТОК НАУКОВИХ ОСНОВ СТВОРЕННЯ ЕЛАСТИЧНИХ ВОГНЕЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ ПО ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛАХ» відповідає паспорту спеціальності 21.06.02. – пожежна безпека а також п. 9, 10, 12–14 положення про «Порядок присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року №567, а її автор Тарахно Олена Віталіївна заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.06.02 - пожежна безпека.

### Офіційний опонент

Заслужений діяч науки і техніки України,  
доктор технічних наук, професор,  
завідувач кафедри безпеки життєдіяльності  
ДВНЗ «Придніпровська державна  
академія будівництва та архітектури»



Анатолій БЕЛІКОВ

підпис д.т.н., проф. А. Белікова

Учений секретар вченої ради  
ДВНЗ «Придніпровська державна  
академія будівництва та архітектури»



Анастасія ГАЙДАР