

**МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗАХИСНОЇ ДІЇ ЕТИЛСИЛКАТНОГО
ГЕЛЕВОГО ПОКРИТТЯ ПО ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛАХ В УМОВАХ
СТАЛОГО АБО ДИНАМІЧНОГО ТЕПЛОВОГО ВПЛИВУ***Шаршанов А.Я., д.т.н., доцент,**Тарахно О.В., д.т.н., професор,**Бабасє А.М.,**Скородумова О.Б., д.т.н., професор**Національний університет цивільного захисту України*

В останні роки став активно розвиватися науковий напрям з розробки вогнестійких покриттів по текстильних матеріалах з використанням золь-гель методу. Ця технологія дозволяє створювати нові матеріали з високим ступенем однорідності на молекулярному рівні та з винятковими фізичними і хімічними властивостями, які у значній мірі відрізняються від властивостей матеріалів, отриманих традиційними шляхами.

Незважаючи на те, що цей метод використовується давно, його застосування для уповільнення загоряння текстильних виробів було розпочато зовсім недавно. Золь-гель процес може призводити до утворення наночастинок діоксиду кремнію, що генеруються *in situ*, або покриттів з діоксиду кремнію безпосередньо на поліефірних, бавовняних тканинах та їх сумішах у разі використання різних прекурсорів SiO_2 . В технічній літературі наведено дослідження щодо впливу різних співвідношень $\text{TEOS}/\text{H}_2\text{O}$ на вогнезахист бавовняних тканин. Однак у деяких працях опубліковані суперечливі дані про вплив золь-гель процесу на підвищення вогнестійкості тканин різної природи. Наприклад, було виявлено, що золь-гель обробка діє вибірково на різні волокна у тканинах: вогнестійкість поліефіру не покращується, а у сумішевих тканинах, що містять 35 мас.% бавовни, встановлено помітне збільшення часу до спалаху.

Найбільший успіх мають комплексні органо-неорганічні композиції, що містять, крім складних органічних сполук, неорганічні солі, здатні розкладатися з ендотермічним ефектом або виділяти під час нагрівання газу. Найбільш широко використовується у якості неорганічного компонента діамоній гідрофосфат. Є достатня кількість публікацій, в яких обговорюється вплив кількості та концентрації діамоній гідрофосфату у комплексних антипіренових композиціях. Відзначається, що його дія є найбільш ефективною при вмісті не більше 15–20 %.

Однак практично немає відомостей про вплив умов проведення золь-гель процесу у разі закріплення захисного покриття на волокнах тканини на такі властивості текстильних матеріалів як еластичність і збереження товарного вигляду.

Основними недоліками таких технологій є тривалість процесу і складна будова синтетичних компонентів суміші, які піддаються гелюванню. У технічній літературі немає відомостей про застосування у якості просочувальних композицій попередньо одержаних гідролізатів кремнійорганічних сполук.

З огляду на відомості про вплив галогенованих антипіренів на екологічну обстановку у світі й здоров'я людей, представляється перспективним розробити новий підхід до модифікації тканин, який дозволив би у разі використання традиційного золь-гель процесу і найпростіших нешкідливих антипіренів захистити тканини від дії вогню, підвищити їх вогнестійкість при збереженні їх природної еластичності і зовнішнього вигляду.

Авторами даних досліджень в попередніх роботах було встановлено, що використання етилсилікатних золів, одержаних в умовах перемінного рН дозволяє значно підвищити вогнестійкість просочених зразків бавовняних та сумішевих тканин. Гідролізати

технічних етилсилікатів наносили на тканини ванним методом, після чого закріплювали покриття на тканині термоударом в сушильній шафі при 60–80 °С. Після сушіння на просочені зразки розпилюванням наносили розчин діамоній гідрофосфату та піддавали термоудару. Проведення вогневих досліджень показало, що просочені зразки не спалахують, а поступово і повільно обуглюються. У порівнянні з необробленою тканиною час початку руйнування просочених зразків тканини під дією вогню (час появи тріщини в покритті) збільшувався з 30 с до 10 хв відповідно. Цікаво, що зразки не втрачали своєї еластичності. Зафіксовано значне зниження токсичних газів що утворюються під час термодеструкції покриттів.

В технічній літературі, в основному, приділено увагу математичному опису змінення середньо-об'ємної температури газового середовища в приміщеннях, в яких виникла пожежа, процесів розвитку пожежі в будівлях, оперативного прогнозування пожежі, розробці методу виявлення довільних небезпечних забруднюючих речовин в атмосферному повітрі на основі структурної функції поточних концентрацій забруднюючих речовин.

Недостатність теоретичних і експериментальних досліджень передбачає визначення завдання цього дослідження: на основі законів тепло- і масообміну побудувати математичну модель захисної дії гелевого покриття, що за умов максимально можливої простоти і мінімальної штучності враховує основні процеси, які протікають у системі «волокно – захисне покриття – навколишнє середовище», і у рамках єдиного підходу описує викликані нагріванням від зовнішнього теплового потоку процеси теплопереносу, термічного розкладання, випаровування й винесення маси, а також розробити алгоритми та програмне забезпечення щодо комп'ютерного моделювання захисної дії такого покриття у умовах сталого або динамічного теплового впливу.

Досліджено вплив процесу утворення вогнезахисного покриття по текстильних матеріалах на ступінь вогнезахисту бавовняних та сумішевих тканин. Проаналізовано фізико-хімічні властивості просочених зразків текстильних матеріалів в залежності від складу гідролізатів етилсилікату, концентрації та вмісту діамоній гідрофосфату на вогнестійкість просочених зразків, час початку руйнування та площу обуглення зразків після вогневих випробувань.

Одержані експериментальні дані показали необхідність на основі законів тепло- і масообміну побудувати математичну модель захисної дії гелевого покриття, що за умов максимально можливої простоти і мінімальної штучності враховує основні процеси, які протікають у системі «волокно – захисне покриття – навколишнє середовище», і у рамках єдиного підходу описує викликані нагріванням від зовнішнього теплового потоку процеси теплопереносу, термічного розкладання, випаровування й винесення маси, а також розробити алгоритми та програмне забезпечення щодо комп'ютерного моделювання захисної дії такого покриття в умовах сталого або динамічного теплового впливу.

Розроблено математичну модель вогнезахисної дії кремнійорганічного покриття по целюлозовмісному волокну ниток тканини, що забезпечує отримання прогнозних оцінок параметрів пожежної безпеки текстильних матеріалів, виходячи з рівня теплового впливу на поверхню захищеного матеріалу.