

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

(повне найменування вищого навчального закладу)

ФАКУЛЬТЕТ ОПЕРАТИВНО-РЯТУВАЛЬНИХ СИЛ

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

КАФЕДРА СПЕЦІАЛЬНОЇ ХІМІЇ ТА ХІМІЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

## **Пояснювальна записка**

до кваліфікаційної роботи  
за другим (магістерським) рівнем вищої освіти

на тему: «Дослідження реологічних властивостей етилсилікатних золів-прекурсорів  
вогнезахисних покриттів по текстильних матеріалах»

Виконав: здобувач вищої освіти 2 курсу за  
другим (магістерським) рівнем вищої освіти,  
групи МХТкс-19-222  
галузі знань (освітньо-професійної  
програми)

16 «Хімічна та біоінженерія»,  
(«Радіаційний та хімічний захист»)

Максим ТОПОЛЬ

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник Ольга СКОРОДУМОВА

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Рецензент Дмитро ТАРАДУДА

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ**

Факультет (підрозділ) оперативно-рятувальних сил  
 Кафедра спеціальної хімії та хімічної технології  
 Галузь знань 16 «Хімічна та біоінженерія»  
 Спеціальність 161 «Хімічні технології та інженерія»  
(назва)  
 Освітньо-професійна програма «Радіаційний та хімічний захист»  
(назва)  
 Рівень вищої освіти другий (магістерський)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
 Начальник кафедри  
 полковник служби ЦЗ  
 О.В. Тарахно  
 «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**ЗАВДАННЯ  
 НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Тополію Максиму Євгеновичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження реологічних властивостей етилсилікатних золів-прекурсорів вогнезахисних покриттів по текстильних матеріалах

Керівник роботи Скородумова Ольга Борисівна, доктор технічних наук, старший науковий співробітник  
( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом НУЦЗ України від « 15 » 10 2020 року № 152

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи 28.01.2021

3. Вихідні дані до роботи етилсилікат, золь-гель технологія, захисті вогнестійкі покриття, розробка складу еластичного вогнестійкого покриття по текстильних матеріалах на основі органо-неорганічних золів системи етилсилікат – рідке скло.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)  
 Методи підвищення вогнестійкості текстильних матеріалів, характеристика сировини й методики досліджень, розробка складу еластичного вогнезахисного покриття на основі органо-неорганічних композицій системи етилсилікат- рідке скло, охорона праці, економічна ефективність запропонованих складів вогнезахисних покриттів.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)  
 мультимедійні слайди у кількості 15 шт. \_\_\_\_\_

## 6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4	Дейнека В.В., доцент кафедри, кандидат технічних наук	01.12.2020	18.12.2020
5	Григоренко Н.В., старший викладач кафедри, кандидат наук з державного управління	03.12.2020	21.12.2020

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання роботи	Примітка
1.	Літературний огляд	Вересень	
2.	Характеристика сировини й методи досліджень	Вересень	
3.	Дослідження впливу типу мінеральної кислоти на одержання золю кремнекислоти з розчинів рідкого скла	Вересень	
4.	Дослідження впливу покриттів на основі неорганічного золю SiO <sub>2</sub> на показники вогнестійкості бавовняної тканини	Жовтень	
5.	Розробка складів гібридних органо-неорганічних покриттів по текстильних матеріалах	Жовтень	
6.	Дослідження ступеня пошкодження тканини від дії полум'я	Листопад	
7.	Дослідження мікроструктури покриття просоченими золями по тканинах	Листопад	
8.	Охорона праці	Грудень	
9.	Економіка	Грудень	
10.	Передзахист дипломної роботи	27.01.2021	
11.	Захист дипломної роботи	02.02.2021	

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_  
( підпис )Максим ТОПОЛЬ  
(Власне ім'я ПРІЗВИЩЕ)Керівник роботи \_\_\_\_\_  
( підпис )Ольга СКОРОДУМОВА  
(Власне ім'я ПРІЗВИЩЕ)

## РЕФЕРАТ

Звіт про КР : 85 с., 6 рис., 9 табл., 81 джерел, 2 додатки.

**Ключові слова:** золь-гель технологія, етилсилікат, кремнійорганічне покриття, рідке скло, антипірени, захисні вогнестійкі покриття, еластичність, термостійкість, гелеутворення, вогнестійкість, текстильні матеріали.

**Об'єкт досліджень:** процеси утворення еластичних вогнезахисних покриттів на основі гібридних гелів  $\text{SiO}_2$

**Мета роботи:** розробка складу еластичного вогнестійкого покриття по текстильних матеріалах на основі орґано-неорґанічних золів системи етилсилікат – рідке скло.

**Стислий зміст роботи та висновки:** Визначено необхідність розробки захисних покриттів на основі менш коштовного рідкого скла. Розроблено метод одержання стабільного золю кремнієвої кислоти при реакції силікату натрію з оцтовою кислотою. Досліджено вплив золю рідкого скла на вогнестійкість та площу пошкодження тканини під дією полум'я. Показано, що сумісне використання сечовини та діамоній гідрофосфату значно підвищує стійкість тканини до дії полум'я, але знижує її зовнішній вигляд та підвищує жорсткість. Використання азотовмісної добавки (дифеніламіну), особливо при її введенні в кремнійорґанічний золь значно підвищує її стійкість до дії полум'я.

Розроблений склад захисного покриття запропоновано для вогнезахисту рятівних нош.

Під час виконання дипломної роботи модернізовано установку визначення вогнестійкості та глибини пошкодження просочених текстильних матеріалів та проваджено в навчальний процес при вивченні дисципліни «Технологія вогнестійких захисних покриттів» в рамках підготовки магістрів за спеціальністю «Хімічні технології та інженерія» за освітньо-професійною програмою «Радіаційний та хімічний захист».

## ABSTRACT

QW report: 85 pages, 6 figures, 9 tables, 81 sources, 2 appendixes.

**Key words:** sol-gel technology, ethyl silicate, organosilicon coating, liquid glass, flame retardants, protective fire-resistant coatings, elasticity, heat resistance, gelation, fire resistance, textile materials.

**Object of research:** processes of formation of elastic fire-retardant coatings based on hybrid SiO<sub>2</sub> gels.

**Purpose:** to develop the composition of the elastic fire-resistant coating for textile materials based on organo-inorganic sols of the ethyl silicate - liquid glass system.

**Summary of work and conclusions:** The necessity of development of protective coatings based on less expensive liquid glass has been determined. A method of obtaining a silicon acid stable sol by the reaction of sodium silicate and acetic acid has been developed. The effect of the liquid glass sol on fire resistance and the area of tissue damage under the action of flame have been studied. It is shown that the combined use of urea and diammonium hydrogen phosphate significantly increases the resistance of the fabric to flame, but reduces its appearance and increases stiffness. The use of nitrogen-containing additives (diphenylamine), especially when introduced into organosilicon sol, significantly increases its resistance to flame.

The developed composition of the protective coating is proposed for fire protection of life-saving burdens.

During the qualification work, the installation for determining the fire resistance and damage depth of impregnated textile materials was modernized and implemented into the educational process in the discipline "Technology of fire-resistant protective coatings" in the preparation of Masters in "Chemical Technology and Engineering" in the educational program "Radiation and Chemical Protection".

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	9
<b>Розділ 1. МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ВОГНЕСТІЙКОСТІ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ</b> .....	9
1.1. Вимоги до властивостей тканин.....	10
1.2. Класифікація текстильних матеріалів.....	15
1.3. Шляхи підвищення вогнестійкості текстильних матеріалів.....	19
1.4. Вплив антипіренів на навколишнє середовище.....	33
1.5. Загальна характеристика золь-гель технології, переваги і недоліки, області застосування.....	38
1.6. Вибір напрямку дослідження.....	41
<b>Розділ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ Й МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕНЬ</b> .....	42
2.1. Характеристика сировини.....	42
2.2. Методи досліджень.....	43
<b>Розділ 3. РОЗРОБКА СКЛАДУ ЕЛАСТИЧНОГО ВОГНЕ- ЗАХИСНОГО ПОКРИТТЯ ДЛЯ РЯТУВАЛЬНИХ НОШЕЙ НА ОСНОВІ ОРГАНО-НЕОРГАНІЧНИХ КОМПОЗИЦІЙ СИСТЕМИ ЕТИЛСИЛКАТ – РІДКЕ СКЛО</b> .....	45
3.1. Дослідження впливу типу мінеральної кислоти на одержання золю кремнекислоти з розчинів рідкого скла.....	45
3.2. Дослідження впливу покриттів на основі неорганічного золю SiO <sub>2</sub> на показники вогнестійкості бавовняної тканини.....	47
3.3. Розробка складів гібридних органо-неорганічних покриттів по текстильних матеріалах.....	49
3.4. Висновки до розділу.....	56
<b>Розділ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ</b> .....	57
4.1. Загальні поняття та визначення.....	57

					<b>НУЦЗУ.2.19-48. СХ та ХТ РПЗ-02</b>							
<i>Зм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>				<i>Лім.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>		
Розробив		Тополь М.Є			Дослідження реологічних властивостей етилсилікатних золів- прекурсорів вогнезахисних покриттів по текстильних матеріалах				6			
Перевірила		Скородумова О.Б										
Н.контр.		Скородумова О.Б						МХТкc-19-222				
Затв.												

4.2. Визначення небезпечних факторів при проведенні дослідів.....	57
4.3. Токсикологічна характеристика використовуваних речовин і матеріалів.....	58
4.4. Характеристика пожежовибухонебезпечних властивостей речовин і матеріалів, що досліджуються.....	61
4.5. Висновки до розділу.....	66
<b>Розділ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАПРОПОНОВАНИХ СКЛАДІВ ВОГНЕЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ.....</b>	<b>67</b>
5.1. Критерії оцінки ефективності функціонування протипожежного захисту.....	67
5.2. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА.....	69
5.2.1. РОЗРАХУНОК ЗБИТКІВ ВІД ВТРАТИ ЖИТТЯ ТА ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ.....	69
5.2.2. РОЗРАХУНОК СОБІВАРТОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЗАПРОПОНОВАНОГО ВАРІАНТУ ВДОСКОНАЛЕННЯ НОШ РЯТІВНИХ	71
5.3. ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ.....	74
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>75</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>76</b>

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ДАГФ – діамонійгідрофосфат

РС – рідке скло

КП – кремнійорганічне покриття

ДФА – дифеніламін

С – сечовина

ЕТС-32 – етилсилікат 32

ГКР – гідрофобізуєча кремнійорганічна рідина

ГДК – гранично допустима концентрація

					НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02	Лист
						8
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		



## ВСТУП

Найбільш небезпечним фактором пожеж є теплове випромінювання. При його впливі на горючі матеріали може статися їх загоряння та утворення нових вогнищ пожежі.

При горінні виділяється велика кількість тепла, що обумовлює швидке поширення полум'я. Звідси випливає, що якщо не можна відмовитися від використання легко займистих матеріалів (текстилю, паперу, дерева), то необхідно знизити тепловий ефект від їх термоокислювальної деструкції.

Тому роботи, спрямовані на зниження горючості текстильних матеріалів як і раніше залишаються актуальними на сьогоднішній день.

Для надання вогнезахисних властивостей тканинам використовується просочення різноманітними вогнестійкими композиціями (антипіренами) – водними розчинами неорганічних сполук. Але при пранні ці композиції легко вимиваються, що є основним недоліком. Кремнійорганічні композиції не вимиваються при пранні, але існують деякі труднощі забезпечення еластичності покриттів. В попередніх дослідженнях було з'ясовано вплив методу одержання кремнійорганічного покриття на вогнестійкість та еластичність просочених текстильних матеріалів [1-3].

Дані дослідження виконувалися в рамках НДР 0118 U001002 «Дослідження фізико-хімічних характеристик тканин для нош рятувальних захисних (НРВ-1)», тому одним з основних завдань було розробити склад покриття, що не містить шкідливих компонентів та підвищити його вогнезахисну дію.

**Мета роботи** - розробити склад еластичного вогнестійкого покриття по текстильних матеріалах на основі органо-неорганічних золів системи етилсилікат – рідке скло.

					НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02	Лист
						9
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

# Розділ 1. МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ВОГНЕСТІЙКОСТІ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

## 1.1. Вимоги до властивостей тканин

Останнім часом проведено значну роботу з диференціації вимог гігієни до матеріалів залежно від призначення одягу та площі його контакту зі шкірою людини, а також терміну безперервного носіння та частоти використання конкретного виробу [4]. Згідно з [5] усі матеріали та вироби із них за ступенем ризику впливу на організм людини поділяються на чотири класи, для кожного з яких регламентовано характеристики властивостей, що відповідають вимогам гігієни (табл. 1.1.). Сучасні тенденції розвитку асортименту тканин у напрямку зменшення їхньої матеріалоемності сприяють поліпшенню властивостей, які відповідають вимогам гігієни до одягу. При цьому необхідно зауважити, що за однакових витрат сировини, завдяки зміні параметрів будови, можливо у значних межах змінювати такі показники тканин, як гігроскопічність, повітро- та паропроникність, а також створювати тканини, які відповідають вимогам споживачів щодо забезпечення оптимального мікроклімату підодягового простору.

Серед властивостей, які відповідають вимогам гігієни, провідне місце посідає безпечність тканин, яка є критерієм можливості використання виробів за призначенням.

Таблиця 1.1.

Нормативні характеристики властивостей, які відповідають вимогам гігієни.

Характеристика властивості	Вимоги гігієни до матеріалів та одягу			
	1-го класу	2-го класу	3-го класу	4-го класу
Гігроскопічність, %, $\geq$	14	10	4	Не визначається
Коефіцієнт повітропроникності, $\text{дм}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{с}), \geq$	150	100	70	Не визначається

Проте сьогодні, на жаль, не можливо стверджувати, що ці тканини відповідають вимогам гігієни і не завдадуть споживачеві шкоди за умов застосування [6]. Причиною цього є, наприклад, те, що матеріали, які використовуються у виробництві тканин, — натуральні волокна (вовна, бавовна, льон), хімічні волокна та нитки (поліефірні, поліамідні, поліакрилонітрильні, поліуретанові, целюлозні тощо), а також значна кількість допоміжних матеріалів (замаслювачі, пом'якшувачі, барвники тощо) — можуть привнести до волокнистого складу полотен хімічні речовини, небезпечні для людини.

Законодавчі акти СОТ та ЄС регламентують вимоги щодо текстильних товарів за певними критеріями. Так, серед чотирьох категорій критеріїв перші дві — А1 та А2 — є «екологічними» і стосуються безпечності текстилю.

Категорія А1 нормує вміст хімічних речовин залежно від волокнистого складу виробу (наприклад, вільного луку — для вовни; пестицидів та хімічних речовин, якими обробляють натуральні волокна задля зберігання, — для бавовни та вовни; сурми — для поліефірних волокон; цинку — для поліуретанових волокон тощо).

Категорія А2 поширюється на процеси та хімікати, у тому числі барвники, і регламентує на всіх етапах виробництва текстильної продукції використання визначених препаратів і норми вмісту або міграції шкідливих хімічних речовин (наприклад, масла, воски, шліхта, пом'якшувачі, мийні засоби, важкі метали, вільний або частково гідролізований формальдегід, хлорфеноли, металомісткі комплексні барвники та азобарвники тощо).

Останніми роками в Україні проведено значну роботу з гармонізації національних стандартів із європейськими та міжнародними щодо вимог до безпечності текстилю й одягу [7-8]. Вимоги гігієни до текстильної продукції у [9] диференційовано залежно від її призначення та ступеня контакту зі шкірою людини. Проте відсутність методів оцінювання деяких характеристик безпечності не дозволяє вимоги до них, викладені у [9], перевести з категорії рекомендованих до категорії обов'язкових.

Виключно важливим для безпечності тканин є їхня здатність до горіння

					<b>НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02</b>	Лист
						11
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

(займистість). Частіше за все цей показник не визначається, незважаючи на те, що серед застосовуваних для тканин синтетичних волокон є такі, під час горіння яких утворюються високотоксичні продукти. У забезпеченні вимог споживачів до безпечності тканин суттєву роль відіграє також здатність цих матеріалів електризуватися. Накопичення електростатичних зарядів шкідливо впливає на організм людини, викликає прилипання тканини до тіла, іскріння, тріск, швидке забруднення внаслідок притягування пилу [10,11].

Отже, зменшення здатності одягу електризуватися є важливою проблемою, розв'язати яку можна завдяки оптимізації волокнистого складу, структури полотен, використанню антистатичної обробки волокон, пряжі та готових тканин.

Сьогодні висувають більш високі вимоги до показників, які характеризують формо-, розміростійкість та стійкість поверхні тканин до впливу різних факторів фізичного середовища, ніж до показників, які проявляються з часом і визначають стійкість матеріалів до загального руйнування.

Формостійкість тканин, що використовуються для одягу, багато в чому визначається одноцикловими характеристиками під час розтягування: повним подовженням та його складовими — пружним, еластичним та пластичним. Особливого значення ці характеристики набувають для одягу, який у процесі експлуатації піддається багаторазовому розтягуванню на певних ділянках. Відомо, якщо для одягу використовуються тканини з великим пружно-еластичним подовженням, то після зняття розтягувального навантаження він здатний відновлювати свою первинну форму та зберігати її протягом тривалого часу. Полотна, що мають значне пластичне подовження, яке взагалі не зникає після зняття розтягувального навантаження, спричиняють погіршення зовнішнього вигляду одягу внаслідок утворення випуклостей, обвисання на вказаних вище ділянках.

Тому показники властивостей, які забезпечують вимоги до стійкості поверхні виробів, є дуже важливими. До таких показників відносять стійкість до пілінгоутворення. Пілінг, який може утворюватися на тканинах у процесі носіння одягу із них, значно погіршує зовнішній вигляд виробів, а згодом взагалі може унеможливити їх використання за призначенням. Вимоги до стійкості тканин до

					<b>НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02</b>	Лист
						12
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

пілінгоутворення містяться у НД, але, як свідчать дані табл.1.2, нормується показник стійкості до пілінгоутворення за різними характеристиками: відповідно, за кількістю пілей на певній площі та за ступенем пілінгування.

Під впливом механічного тертя, хімічного чищення, прасування відбуваються зміни в інтенсивності забарвлення тканин, що призводить до погіршення їхнього зовнішнього вигляду, а барвники, які мігрують при цьому з поверхні полотен, можуть бути шкідливими для здоров'я людини.

Таблиця 1.2.

Вимоги Міжнародного секретаріату вовни (компанії Woolmark Ltd.) до тканин різного призначення [12].

Характеристика властивості	Призначення тканин		
	Чоловічі костюми, брюки	Пальта, піджаки, жакети, жіночі костюми, спідниці, сукні	Сорочки чоловічі, блузки
Розривне навантаження, Н для тканин із поверхневою густиною: До 150 г/м <sup>3</sup> , ≥ Більше 150 г/м <sup>3</sup> , ≥	180 200	100	150
Стійкість до стирання за площиною, тис. Циклів, ≥	20	10	15
Ступінь пілінгування, бали, ≥	3-4		

У сучасних умовах, коли одяг розглядається як «середовище перебування людини», суттєвого значення набувають вимоги споживачів до текстильних матеріалів. Узагальнення вимог до тканин показало, що вони визначаються фізіологічними функціями організму людини, природно-кліматичними умовами експлуатації та призначенням одягу із цих тканин і поділяються на вимоги до утилітарності й естетичності виробів.

Серед вимог до утилітарності першочергове значення як на міжнародному рівні, так і в Україні, відводиться вимогам гігієни, а саме вимогам до безпечності тканин та їх регламентації. Продовжується робота над удосконаленням вимог до

надійності, безпечності, вогнестійкості та естетичності тканин. Зважаючи на те, що на сьогодні ринок України, в основному, насичений тканинами, посилюється диференціація вимог населення до їх асортименту та якості. Як наслідок, набувають актуальності подальші дослідження щодо встановлення вимог до тканин певних типологічних груп споживачів.

Найважливіші властивості тканин, їх зовнішній вигляд залежать як від природи і властивостей волокнистої сировини, з якої вони виготовлені, так і від їх будови.

Знання властивостей текстильних волокон, раціональне їх використання для виготовлення різних за призначенням тканин, дає можливість виготовляти високоякісні тканини і розумно витратити сировинні ресурси.

Текстильні матеріали характеризують такі терміни, як:

**Вогнестійкість**, - це здатність текстильного матеріалу протистояти дії вогню і високих температур. Всі текстильні матеріали являються горючими, за винятком спеціальних, які оброблені вогнезахисним просоченням або вироблені з арамідних або інших терможаростойких і негорючих волокон. [13].

На сьогоднішній день для створення вогнестійкого спецодягу текстильні технології можуть запропонувати два типи тканин - з постійними або змінними захисними властивостями.

Постійними захисними властивостями володіють арамідні тканини. Їх вогнестійкість обумовлена хімічним складом волокон.

Змінними захисними властивостями володіють або бавовняні тканини або тканини з суміші волокон з вогнестійким просоченням [14].

**Горючість** - це властивість матеріалів підтримувати горіння при певних умовах. Однак цей термін не відображає всієї складності поведінки матеріалу при впливі вогню.

**Займистість** - характеризує здатність текстильних матеріалів загорятися і підтримувати горіння в певних умовах (концентрації окислювача, температуру, тиск).

Вона оцінюється: температурою займання, кисневим індексом і часом запалювання матеріалу.

**Термостійкість** - властивість матеріалів протистояти, не руйнуючись, напру-

					НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02	Лист
						14
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

женням, викликаним зміною температури. Як правило термостійкість розглядають у вогнетривких і крихких матеріалів,

**Пожежонебезпечність.** Пожежонебезпека характеризує ступінь ризику використання матеріалів для життя і здоров'я людей і тварин.

**Температура займання** - це мінімальна температура, при якій зразок текстильного матеріалу запалюється і підтримує горіння протягом 3 хвилин.

**Кисневий індекс** - показує при якій мінімальній концентрації кисню, в киснево-азотній суміші матеріал запалюється і підтримує горіння протягом 3 хвилин або прогорає по довжині не менше 5 см [15].

## 1.2. Класифікація текстильних матеріалів

Залежно від складу волокон текстильні матеріали класифікуються на матеріали з натуральних (бавовняних, вовняних та ін.), штучних (віскозних, ацетатних), синтетичних (поліамідних, поліефірних, поліакрилонітрильних, вуглецевих і ін.) і суміші волокон.

У табл. 1.3. наведені основні види волокон текстильних і нетканих матеріалів, застосування яких в громадських будівлях, побуті, техніці, як захисного одягу може викликати необхідність вогнезахисної обробки з метою пожежної безпеки.

Натуральні волокна існують в природі в готовому вигляді, вони утворюються з природних полімерів, які формуються в рослинах або на шкірному покриві тварин. Так, волокна бавовни, льону складаються з полімеру целюлози, волокна вовни - з полімеру білка кератину, нитки натурального шовку - з полімерів білка натурального.

Штучні волокна отримують в заводських умовах після вилучення та хімічної обробки природних полімерів. Наприклад: з целюлози отримують віскозне, ацетатне, триацетатне волокна, з білків - казеїнове і зеїнове волокна.

Для отримання синтетичних волокон здійснюють синтез нових, що не існують в природі в готовому вигляді, високомолекулярних сполук з низькомолекулярних речовин. Штучні і синтетичні волокна відносяться до хімічних волокон, тому що

					НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02	Лист
						15
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

хімічні волокна - це волокна, виготовлені промисловими способами.

Для виготовлення текстильних виробів використовуються різні види волокон, які відрізняються один від одного за хімічним складом, будовою і властивостями.

Таблиця 1.3.

Основні види волокон текстильних і нетканих матеріалів

Призначення текстильного матеріалу	Галузь застосування	Вид волокон, що використовуються
Білизна	Постільна білизна для залізничного транспорту, готелів і т.п.	Лляні, бавовняні, поєднання волокон
Декоративні: драпірування, оббивка меблів, сидінь транспорту, гардини, фіранки, шпалери, килимові покриття	Суспільні будинки й споруди, зали для глядачів, транспорт (залізничний, авіаційний, автомобільний)	Лляні, бавовняні, вовняні, штучні, синтетичні волокна
Спеціальний захисний одяг	Спеціальний одяг металургів, автогонщиків, рятувальників і т.п.	Лляні, бавовняні, вовняні, термостійкі, штучні, синтетичні поєднання волокон
Технічні тканини та нетканні матеріали	Тепло- і звукоізоляція в громадських будівлях, на транспорті, тенти, укриття, фільтри і т.п.	Лляні, бавовняні, вовняні, термостійкі, штучні, синтетичні поєднання волокон

Текстильні матеріали мають широку область застосування: в якості штор, драпіровок, завіс, матеріалів при виготовленні м'яких меблів, спального приладдя, спеціального захисного одягу і виробів, декоративної обробки різних за функціональним призначенням приміщень. Текстильні матеріали відрізняються за складом, способом виготовлення, структурою й будовою волокон і ниток, а також щільністю і товщиною полотен, що впливає на вибір способу і засоби вогнезахисту. Відомо кілька способів отримання волокон і текстильних матеріалів зі зниженою горючістю:

- використання високотермостійких волокноутворюючих органічних полімерів;



- використання неорганічних волокон;
- модифікація волокноутворюючого полімеру на стадії його синтезу;
- модифікація волокна на стадії його формування шляхом використання стабілізаторів і сповільнювачів горіння реакційного і адитивного типу;
- поверхнева або об'ємна обробка волокон, тканин або готових виробів.

За останні роки, завдяки розвитку хімії полімерів та створенню нових технологій, були розроблені нові матеріали та тканини з синтетичних волокон різної хімічної природи: поліамідні (поліарамідні), поліефірні, поліакріло-нітрильні и т. ін. З розроблених в СНД - це фенілон, терлон, арамід, СВМ, далекого зарубіжжя — номекс, кевлар, конекс тощо.

Існує багато різновидів арамідних тканин, що відрізняються будовою волокон, типом плетіння ниток, щільністю та іншими властивостями.

Наприклад Кевлар зберігає міцність і еластичність при низьких температурах, аж до криогенних (-196 °С), більш того, при низьких температурах він навіть стає трохи міцніше. При нагріванні не плавиться, а при порівняно високих температурах розкладається (430-480 °С). При підвищених температурах (понад 150 °С) міцність кевлара зменшується з часом. Наприклад, при температурі 160 ° С міцність на розрив зменшується на 10-20% після 500 годин. При 250 °С кевлар втрачає 50% своєї міцності за 70 годин [16].

Тканини Номекс та споріднені арамідні полімери пов'язані з нейлоном, але мають ароматичні основи і тому вони більше жорсткі та довговічні. Номекс це перший приклад мета-варіанту арамідів. На відміну від кевлару, номекс не вирівнюється у процесі формування ниток і має гіршу міцність. Проте як для полімерного матеріалу, він має чудову термічну, хімічну та радіаційну стійкість.

В компанії Тейджін Арамід роблять тварон. За якістю тканина аналогічна кевлару: легка вага, висока пружність, міцність, інертність до хімічних реагентів, діелектрична і термічна стійкість роблять тварон унікальним.

З арамідних волокон роблять кілька видів різної продукції. Всій групі матеріалів притаманні такі переваги:

					<b>НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02</b>	Лист
						17
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

- Міцність, яка значно перевищує характеристики міцності сталі;
- Маленький вага. Арамідні тканини набагато легше скловолоконних матеріалів;
- Велика стійкість до механічного впливу. Тканина здатна захистити від куль;
- Інертність до дії мікробів;
- Здатність зберігати форму весь період експлуатації.
- При температурі менше 0°C захисні здатності посилюються;
- Зберігають захисні якості при дуже високих температурах.
- Не горять і плавляться;

Арамідним тканинам притаманні деякі недоліки:

- Арамідні тканини старіють.
- При намоканні в воді міцність втрачається. Відновлюється після висихання матеріалу.
- Деякі види арамідних матеріалів чутливі до дії сонця.

Також виготовляють тканини зі скловолокна. Такі тканини мають надзвичайно високу хімічну стійкість. Тому їх застосовують в хімічній промисловості в якості фільтрів кислот, лугів і хімічно активних газів. У результаті хорошої вогнестійкості склотканини застосовують для пошиття одягу пожежних і електрозварників, театральних завіс, драпіровок, килимів і інш.

Серед основних переваг склотканини є безпека щодо займання, підвищена стійкість до корозійних процесів і дії хімічних агентів, можливість експлуатації в широкому температурному діапазоні (до 50 °C), підвищену зносостійкість і тривалий експлуатаційний період.

Найвищою стійкістю до температурних впливів відрізняється кремнеземна склотканина. При тривалому впливі вона витримує до 1000 °C, а при короткочасному – більш високі температури. Також вона стійка до впливу вологи і радіоактивного випромінювання.

Високою термостійкістю відрізняються базальтові склотканини. Вони зберігають свої властивості при температурних коливаннях до 700°C.

					<b>НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02</b>	Лист
						18
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

### 1.3. Шляхи підвищення вогнестійкості текстильних матеріалів

Зазвичай, текстильні матеріали захищають нанесенням (просоченням або розпиленням) інгібіторів [17], які гальмують хімічні реакції, дозволяючи знизити або повністю обмежити можливість загоряння тканини. Інгібітори бувають як гомогенними, тобто знаходяться в пароподібному стані (на основі йоду, фтору), так і гетерогенними, зазвичай, тонко подрібненими порошками мінеральних солей лужних металів.

Найбільш поширеним є використання фосфорорганічних сполук, які у поєднанні з оксидними вуглеводнів забезпечують синергетичний ефект вогнезахисту як полімерних [18-20], так і текстильних матеріалів [21,22]. До основних недоліків таких композицій можна віднести дорожнечу вихідних синтетичних матеріалів, а також виділення в атмосферу канцерогенних речовин при різкому нагріванні композицій.

Досить ефективними є композиції на основі гелів  $\text{SiO}_2$ , отриманих з кремнійорганічних прекурсорів, як чистих [23], так і модифікованих полікарбонатами [24]. При використанні модифікованих кремнійорганічних сполук в поєднанні з фосфорорганічними компонентами в присутності оксо- або гідроксисполук вогнезахист тканин найбільш ефективний [20, 24 - 26], але більш складний. Крім того, такі композиції також містять шкідливі компоненти.

Просочена тканина повинна зберігати свій зовнішній вигляд, бути еластичною, щоб її можна було використовувати для пошиття захисних костюмів або в якості оббивного матеріалу і т.д. Таку еластичність і м'якість можна зберегти тільки в тому випадку, якщо захисне покриття має високу еластичність і нанесено тонким шаром. Основною проблемою при цьому є швидкий прогрів тонкого покриття під дією вогню. Покриття при цьому не горить, а тканина руйнується під дією піролізу [27].

Запобігти або затримати піроліз тканини можна, використовуючи антипірени. Але, необхідно використовувати такі речовини, які, розкладаючись з ендотермічним ефектом при контакті з вогнем, забезпечують локальне охолодження тканини,

					НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02	Лист
						19
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

затримуючи початок її піролізу і зрушуючи його в область більш високих температур. Найбільш раціонально при цьому підбирати антипіренові композиції, температура розкладання яких була б вище 120–180 °С. Це пов'язане з тим, що адсорбовані молекули води на поверхні покриття вільно відділяються при нагріванні в широкому температурному інтервалі (~ 40-100 °С) з незначним ендотермічним ефектом. Гідрофільні групи SiOH, присутні на поверхні гелевого покриття, при температурах 100-180 °С, поступово піддаються конденсації, також забезпечуючи додаткове локальне охолодження, якого, однак недостатньо для збереження цілісності тканини [28]. Таким чином, температура розкладання антипіренів повинна бути вище 180 °С і супроводжуватися значним ендоефектом.

В роботі [29] описуються традиційні і нові процеси модифікації поверхні натуральних і синтетичних волокон і тканин з метою поліпшення їх вогнестійкості.

Формування нових та інтелектуальних вогнезахисних покриттів на поверхні волокон (або тканин) може зробити їх придатними для застосування в різних областях. Задне покриття, традиційний підхід, все ще використовується в області текстилю для додання вогнестійкості волокнам і тканинам, описується і порівнюється з такими новими підходами, як золь-гель процеси, просочення / виснаження наночастинок, послойна зборка і плазмо-осадження.

Переваги таких підходів з точки зору досягнутих властивостей вогнестійкості підкреслюються разом з можливістю надання інших нових ефектів, таких як гідрофобність, вивільнення ґрунту, самоочищення та біологічна активність.

В [30] отримані вогнестійкі бавовняні тканини, які також володіють сильними гідрофобними властивостями. Був використаний двоетапний процес модифікації.

На першій стадії гуанідінкарбонат і / або дигідрофосфат амонію були іммобілізовані в амінопропілтріетоксисилані з використанням золь-гель пропроцесу, а на другій стадії модифіковані тканини були просочені гідрофобізуючою композицією (на основі фторфункціонального силана або полісілоксана) методом ванни. Модифіковані тканини були охарактеризовані з використанням методів SEM-EDS і FT-IR. Займистість тканин оцінювали шляхом швидкості виміру

					<b>НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02</b>	Лист
						20
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

тепловиділення з використанням проточного мікрокалориметра з піролізного згоряння, визначення граничного кисневого індексу і визначення легкості загоряння вертикально орієнтованих зразків.

Термічна стабільність була вивчена за допомогою термогравиметрії, а гідрофобність була визначена шляхом вимірювання кута контакту з водою. В результаті проведених модифікацій були отримані багатофункціональні тканини зі значно зниженою спалахуванністю, підвищеною термостійкістю і високою гідрофобністю.

Виконано комплексне нанесення наночастинок кремнезему з амінофункціональними групами на бавовник з епоксидною функціональністю і нанесення наночастинок ZnO. У цьому контексті нові методи отримання були використані для отримання як амінованого діоксиду кремнію, так і наночастинок ZnO. Розмір частинок був досліджений з використанням переносного електронного мікроскопа (ТЕМ), а хімічна структура була досліджена з використанням FT-IR аналізу та інших аналітичних методів.

Бавовну функціоналізували епоксидною смолою і карбоксилем за допомогою щеплення бавовни з наноемульсії, що складається з суміші гліциділметакрилата (GMA) і акрилової кислоти (AA), і потім обробляли для функціональної обробки звичайним методом сухого затвердіння. Оброблені тканини показали хороші водовідштовхувальні властивості і відмінні вогнестійкі властивості, що визначається стандартними методами випробувань [31].

Вовна і вогнестійкі волокна, були об'єднані з іншими добавками, такі як поліфосфат амонію (APP), тальк і щеплений малеїновий ангідрид поліпропілен (МАРР). Одношнековий екструдер з плоскою головкою був використаний для успішного виробництва безперервних композитних аркушів з вовни і поліпропілену. Крім того, значна роль вмісту азоту в APP і тальку в формуванні ефективного напівкоксу для підвищення вогнестійкості композитів була виявлена за допомогою ко-нусних калориметричних випробувань.

Зокрема, дуже цікаво відзначити, що зниження вмісту APP з 20 до 15 мас.% дозволило досягти безпосереднього самозатухання (оцінка V-0) композиту.

					<b>НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02</b>	Лист
						21
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

Зменшення кількості APP також призвело до зниження вартості матеріалу через відносно високої ціни APP (13-14 до-лларов США / кг) і обмежило можливість погіршення механічних властивостей через додавання APP. MAPP має підвищену термостабільність і механічні властивості в порівнянні з тими, у яких немає присадки, що можна пояснити поліпшеною межфазною адгезією між вовною і поліпропіленом. [32].

В роботі [33] використовували N-метілолдіметілфосфонопропіонамід (MDPA) і 1,2,3,4-бутантетракарбонову кислоту (BTCA) в якості добавок, а потім отримали легковажні вогнестійкі аерогелі, подібні до губки CNF, за допомогою екологічно чистій ліофілізації і пост метод зшивання. Аерогель CNF / BTCA / MDPА продемонстрував кращу вогнестійкість, чудове самозатухаючу поведінку і значно збільшений залишок вугілля (на 268%) в порівнянні з чистим аерогелем CNF. Тим часом, пружність зразків аерогеля значно покращилася, так як гнучкість трохи знизилася. Крім того, зразки аерогеля все ще володіли чудовими теплоізоляційними властивостями при теплопровідності всього лише 0,03258 Вт / (мК). Поєднання цих характеристик робить аерогель на основі CNF багатообіцяючим кандидатом на теплоізоляцію (наприклад, вогнезахисну одяг або вдосконалені елементи скафандра) в майбутньому.

В дослідженні [34] комбінація 9,10-дигідро-9-окса-10-фосфафенантрен-10-оксиду, модифікованого вінілтріалкоксисіланом (DOPO-VTS) і тетраетоксисилану (TEOS), використалась як золь-гель для обробки для приготування волокна з поліаміду 6 (РА6) з підвищеною термоокислювальною стабільністю, уповільненими характеристиками горіння. Як DOPO-VTS, так і TEOS окремо або в суміші наносили на тканину РА6 в трьох різних концентраціях, використовуючи метод сухого затвердіння. Наявність покриття на тканини РА6 було під-підтвержені скануючою електронною мікроскопією та інфрачервоною спектроскопією з Фур'є-перетворенням. Термічний аналіз зразків з покриттям показав, що покриття впливають на розкладання РА6 при більш низьких температурах, сприяють утворенню напівкоксу і зменшують загальне виділення тепла. Випробування на вертикальне поширення полум'я показало, що при більш високих концентраціях

					<b>НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02</b>	Лист
						22
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

прекурсорів в покритті карбонизовані вугілля повністю зупиняв капання розплаву полімеру.

В роботі [35] запропоновано використання збірки Layer by Layer (LbL) для зміни термостійкості і займистості акрилових тканин. Багато зусиль було спрямовано на поліпшення вогнестійкості акрилових матеріалів, які інтенсивно горять, виокремлюючи густий дим при дії полум'я або теплового потоку. Незважаючи на це, до цих пір ніхто не намагався використовувати LbL в якості нового нанотехнологічного рішення.

Тут наноструктуровані LbL-покриття на основі поліфосфатів амонію (APP) і октапропіламмонієвого полієдрічного олігомерного сілсесквіоксана (POSS) були нанесені на акрилові тканини, що використовують збірку LbL. Точніше, було виявлено, що покриття, що складаються з 4 або 6 двошарових шарів, рівномірно покривають кожне волокно, створюючи тісний взаємозв'язок між сусідніми волокнами. Таким чином, виявилось, що акрилові волокна ефективно захищають від впливу метанового полум'я 20 мм або теплового потоку 35 кВт / м<sup>2</sup>. В результаті явище крапельного розплаву було повністю придушене, а швидкість згоряння значно знижена.

Успіх запропонованих обробок був приписаний характерному характеру APP, керамічному теплоізоляційному бар'єру, створеному POSS, і тісного контакту між цими двома видами, присутніми тільки в збірці LbL.

Ці три аспекти виявилися відповідальними за істотний в модифікацію механізму термічної деградації акрилових волокон, яка обговорювалася як ключова роль в їх згоранні.

В [36] золь-гель процеси були застосовані до бавовняних тканин, щоб покрити волокна кремнеземної плівкою, здатною поліпшити їх термоокислювальну стійкість і поведінку при горінні під дією теплового потоку конусного калориметра.

Для цієї мети тетраметоксисілан, неорганічний попередник фази кремнезема, використовувався один або в поєднанні з компонентами, які мають або властивості придушення диму (а саме, оксид цинку, дигідрат ацетату цинку і борат цинку), або добре відомі вогнезахисні властивості (такі як октагідрат пентабората амонію)

					<b>НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02</b>	Лист
						23
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

фосфат бору, поліфосфат амонію і 9,10-дигідро-9-окса-10-фосфафенантрен-10-оксид). Крім того, було досліджено використання сульфату барію, який є пригнічувачем диму і в той же час вогнестійким. Конічна калориметрия виявилася відповідним методом для оцінки займистості і освіти диму оброблених тканин (особливо коли мова йде про загальне виокремлення диму, швидкості утворення диму і виходах CO і CO<sub>2</sub>). Було виявлено, що склад і морфологія нанесених покриттів, оцінені за допомогою скануючої електронної мікроскопії, впливають на їх характеристики горіння, а також на їх термічну і термоокислювальну стабільність, оцінені за допомогою термогравіметричного аналізу в азоті і повітрі, відповідно.

Авторами [37] повідомлялося про новий підхід до розробки вогнестійкою шовкової тканини з використанням натуральної фітінової кислоти (РА), багатою фосфором і наночастинками TiO<sub>2</sub>, за допомогою методу сухого затвердіння. Полікарбонова кислота [1,2,3,4-бутантетракарбоновая кислота (ВТСА)] використовувалася для стабілізації та вдосконалення адгезії TiO<sub>2</sub> до поверхні шовку. Вогнестійкість обробленої шовкової тканини визначалася з точки зору граничного кисневого індексу, вертикального горіння і калориметрії потоку піролізного горіння, і обговорювалася стійкість ог-нестійкості до прання. Було виявлено, що РА і TiO<sub>2</sub> володіють спільною вогне-захисною дією. Комбінація РА, TiO<sub>2</sub> і ВТСА дозволила надати шовковій тканині чудову вогнестійкість, а чудова вогнестійкість зберігалася навіть після 25 прань.

Автори [38] синтезували вогнестійкі волокна з оксидованого поліакрилонитрила (ПАН) з високою щільністю > 1,4 г / см<sup>3</sup>, використовуючи вдосконалений метод стабілізації, що включає опромінення електронним пучком і обробку атмосферною плазмою.

Опромінення електронним пучком призвело до появи в волокнах радикалів, що сприяють кисню, що привело до зниження їх температури циклізації. Плазмова термообробка прискорює дифузію форм кисню в волокна для швидкого окислення. Оброблені волокна PAN показали високу термічну стабільність і вогнестійкість з найнижчим значенням загального тепловиділення 1,2 кДж/г, рейтингом Underwriters Laboratory V-0 і найвищим обмежуючим кисневим індексом 50,9%.

					<b>НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02</b>	Лист
						24
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		



В дослідженні [39] комерційно доступний метакрилатний ефір на основі фосфору був полімеризований на бавовняній тканини за допомогою адміцеллярної полімеризації, щоб зробити його вогнестійким. Отримана плівка полімеризованого мономера фосфору, утворена на поверхні бавовни, була охарактеризована за допомогою інфрачервоної спектроскопії з перетворенням Фур'є і скануючої електронної мікроскопії.

Термічні властивості були вивчені за допомогою термогравіметричного аналізу, який показав, що оброблена бавовняна тканина має більш високий вихід напівкоксу і нижчу температуру розкладання, ніж необроблена бавовняна тканина. Автоматичне випробування на займистість під кутом  $45^\circ$  було проведено для розуміння горіння оброблених бавовняних тканин.

Необроблена бавовняна тканина згоріла по всій довжині зразка розміром 6,5 см за 41 с. Оброблені бавовняні тканини не зайнялися під час випробування і пройшли випробування на займистість з залишковим полукоксом довжиною 1 см.

Міцність обробленої бавовняної тканини з вогнестійкими властивостями також досліджували шляхом багаторазового прання в домашніх умовах.

В дослідженні [40] були охарактеризовані високогідрофобні покриття на основі касторової олії.

Касторова олія (CO) спочатку було модифіковано 3-ізоціанатопропілтриетоксисіланом, а потім воно було гідролізовано перед приготуванням покриття. Отриманий попередник змішували з норбурнілакрилатом, гександіолдіакрилатом і отримували гідрофобні покриття з допомогою фторованих і нефторованих алкоксисіланових сполучних агентів.

Додавання фтору показало значний вплив на властивості покриттів. У міру збільшення вмісту фтору в складах збільшувалися значення вогнестійкості і крайового кута змочування покриттів.

В роботі [41] для підвищення термостійкості і вогнестійкості бавовни архітектура з гібридного діоксиду кремнію, легованого фосфором, була приготовлена за допомогою золь-гель-процесів. З цією метою діетілфосфатоетилтриетоксисілан був використаний в якості функціонального

					НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02	Лист
						25
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

алкоксисілана фосфату в многоступеневому процесі, складається з послідовних осаджень для отримання архітектур з різною кількістю шарів (а саме, з 1, 3 або 6 шарами).

Роль таких архітектур була глибоко досліджена і співвіднесена з кінцевими властивостями оброблених тканин. Доказано, що золь-гель обробка грає захисну роль в руйнуванні бавовняних волокон, перешкоджаючи утворенню летких речовин, які сприяють подальшому розкладанню, і сприяючи утворенню напівкоксу.

Авторами [42] було створено покриття на основі пентаерітрітолфосфатно-сечовини солі (PEPAS), 2- (4- (4,6-дихлор-1,3,5-триазин-2-іламіно) фенілсульфоніл) етілсульфат натрію (CYPA) і нано-SiO<sub>2</sub>.

Хімічна структура PEPAS і CYPA була вивчена за допомогою інфрачервоної спектроскопії з перетворенням Фур'є (FT-IR) і спектроскопії ядерного магнітного резонансу (ЯМР, <sup>1</sup>H). Рентгенівська дифракція (XRD), рентгенівська фотоелектронна спектроскопія (XPS), скануюча електронна мікроскопія (SEM) в поєднанні з елементною дисперсійною спектроскопією (EDS) і FT-IR були виконані на бавовняних тканинах, показавши, що PEPAS, CYPA і nано SiO<sub>2</sub> були успішно введені в бавовняні тканини, утворили складну внутрішню сітчасту структуру і утворили суцільний вуглецевий шар в процесі випалу.

Аналіз TG / DTA показав, що зразок, оброблений 300 г / л PEPAS, 125 г / л CYPA і осадженням нано-SiO<sub>2</sub> (TCFSi), показав значно менші екзотермічні кількості, ніж вихідний зразок бавовни (OCF), і дані про вихід напівкоксу були покращені від від 3,41% в OCF до 15,02% в TCFSi при 700 ° C. значення LOI для зразка TCFSi досягло 31,8 і залишилося на рівні 27,8 після 20 отмивок, в той час як для OCF воно склало тільки 17,8.

У випробуваннях на вертикальну займистість зразки TCFSi були важко займистими, володіли чудовою самозатухаючою здатністю і не демонстрували дожигу полум'я і часу тління, в той час як зразки OCF згоріли до повної золи з часом дожигу і часом тління 17,4 с і 42, 6 с відповідно. Навіть після 50 прань час тління зразка TCFSi склав всього 3,1 с, і основна форма тканини збереглася після горіння.

					НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02	Лист
						26
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

В роботі [43] органіко-неорганічні наноккомпозити були приготовлені з використанням тригліциділового ефіру ізоціанурової кислоти, модифікованого епоксидом і сіланом (SM-IATE). Нові епоксидні наноккомпозити, що містять кремній, азот і фосфор, були успішно виготовлені золь-гель методом для підвищення термостійкості і вогнестійкості. Епоксидну смолу модифікували сполучним агентом для уможливлення більшої сумісності органічної та неорганічної фаз. Результати показали, що ТЗ є основними середовищами, що формують мережеву структуру.

Рентгено-структурний аналіз показав, що структури гібридів аморфні. ДСК показала, що гібриди мають гарну термічну стабільність. LOI має на увазі, що наноккомпозити мають властивість самозатухання. ТГА / МС показав, що гібриди виділяють менше токсичних газів, ніж чиста епоксидна смола. УФ / видимий спектр епоксидного гібрида показує, що гібриди прозорі. Гібриди мають відмінну оптичну прозорість і можуть використовуватися в захисних покриттях.

В [44] частинки Nano-ZrO<sub>2</sub> були стабілізовані на поверхні вовни з використанням лимонної кислоти (CA) в якості агента, що зшиває і гіпофосфіти натрію (SHP) в якості каталізатора при УФ-опроміненні. Вплив кількості нано-ZrO<sub>2</sub> на характеристики вовняного волокна було досліджено з використанням інфрачервоного спектрофотометра з перетворенням Фур'є (FTIR), горизонтального приладу спалахування (HFA), скануючого електронного мікроскопа (SEM), вимірювача кута контакту з водою (WCA). спектрофотометр відображення (RS) і прилад для вимірювання електромагнітних переходів (ETI). Можливі взаємодії між частинами наночастинок діоксиду цирконію, сшиваючим агентом і вільними радикалами вовни були з'ясовані за допомогою інфрачервоного Фур'є спектроскопії. Результати показали, що стабілізований діоксид цирконію збільшує вогнестійкість і електромагнітне відображення вовни.

В роботі [45] новий фосфор, азот і сірковмісний мономер, діетил (акрілоїлоксі) етілтіофосфорамідат, був синтезований в двухстадійній реакції.

Мономер полімеризували і прищеплювали на бавовняну тканину методом живої радикальної полімеризації з використанням бензил-N, N-діетилтіокарбамата як

					<b>НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02</b>	Лист
						27
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

ініціатора і сур-ініціфертера відповідно. Мономер, його попередник, ініціфертер і полімер були охарактеризовані спектроскопічними методами. Вогнестійкі властивості модифікованої бавовняної тканини були вивчені за допомогою ручного тестера займистості Shirley, і було виявлено, що включення фосфору й азоту разом надає синергетичний ефект в доданні тканини вогнезахисних властивостей.

В [46] два різних антипирена на основі допоалкоксисілана були синтезовані і нанесені на поверхні тканини з поліаміду 66 (РА66) золь-гель методом для поліпшення термічної стабільності вогнезахисних властивостей. Необроблені покриття показали більш високий % виходу напівкоксу в порівнянні з чистим РА66. Зразок тканини, модифікований 20 мас.% DOPO-APTES показав значне зниження швидкості пікового тепловиділення (pHRR) на 36%, тоді як 20 мас.% Зразка тканини, обробленого DOPO-GPTMS, змогли забезпечити зниження pHRR на 20%. Перевага тканин, оброблених DOPO-APTES, було пов'язано з одночасною присутністю елементів P, Si і N; де структура DOPO показав ефект гасіння в паровій фазі, а з'єднання Si прискорювали обмежене обуглювання DOPO в конденсованій фазі і стабілізували залишки напівкоксу в більш високому температурному діапазоні.

Крім того, оброблені тканини РА66 демонструють деяку стійкість до прання, і серед них зразок тканини, оброблений 20 мас.% DOPO-APTES може витримувати жорстке прання, де він зберігає рейтинг UL-94V-1 навіть після 10 циклів прання .

Автори [47] піддавали бавовну золь-гель обробці з використанням декількох попередників алкоксидів металів (а саме, тетраетілортосіліката, -тітаната, -цірконата і ізопропілата алюмінію), щоб отримати неорганічні фази, здатні поліпшити термічну стабільність і вогнестійкість тканини без зміни її механічні властивості. Дійсно, після золь-гель обробки поверхня волокна / тканини була морфологічно модифікована: для всіх досліджених систем спостерігалася однорідна і щільна плівка, розташована в проміжках між волокнами (основа і качок) і частково покриває їх стінки.

Ці покриття виявилися відповідальними за загальне поліпшення термічної і вогнестійкості тканин, зберігаючи, в той же час, вихідні механічні властивості

					<b>НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02</b>	Лист
						28
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

чистої бавовни з точки зору міцності на розрив і деформації. Крім того, такі неорганічні покриття значно підвищують стійкість бавовни до стирання.

Нове фосфоромісне силоксанове з'єднання [48], 2,2-диметил-1,3-пропандіол-(3'-тріетоксисіланепропіл) фосфорамідат (DPTR), було синтезовано і застосовано для одержання вогнетривких бавовняних тканин золь-гель методом. Будова DPTR охарактеризована методами FTIR, <sup>1</sup>H ЯМР і <sup>31</sup>P ЯМР. Після покриття DPTR значення граничного кисневого індексу бавовняних тканин збільшилося до 30,1%. Крім того, загальне тепловиделення зменшилося, а здатність до обвуглювання була значно поліпшена, що було виміряно ТГ і тестом конічної калориметрії.

У випробуванні на вертикальну займистість бавовняні тканини з покриттям DPTR не показали залишкового горіння і тління при довжині напівкоксу менше 15 см. Летючі продукти піролізу також були виявлені TG-IR, і результати показали, що бавовняні тканини, покриті DPTR, мають як конденсаційний, так і газофазний вогнезахисний механізм.

Фосфорорганічний кремнеземний наповнювач [49] був отриманий в розплавленому сополімері PA66 (Cop-PA) в процесі екструзії без додавання розчинників. Синтез нанокомпозитів заснований на реакціях гідролізу - конденсації прекурсора діетілфосфатоетілтріетоксисілану (SiP). Термічна стабільність нанокомпозитів Cop-PA / SiP і основні продукти розкладання були вивчені за допомогою термогравіметричного аналізу (TGA) і TGA в поєднанні з інфрачервоною спектроскопією (TGA / FTIR). Піролізний проточний калориметр (PCFC) і конічний калориметр використовувалися для дослідження вогнестійкості нанокомпозитів. Результати показали зниження піку швидкості тепловиділення (PHRR) більш ніж на 50% і освіту розширеного шару напівкоксу з додаванням всього 0,91 мас.% кремнію і 0,96 мас.% фосфору при використанні цього способу диспергування наповнювачів.

Авторами [50] встановлено, що чисті і леговані фосфором фази діоксиду кремнію, наповнені в результаті золь-гель процесів, були досліджені з метою оцінки будь-якого підвищення вогнестійкості бавовняних тканин. Дійсно, вже було

					НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02	Лист
						29
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

показано, що на горіння целюлозних субстратів може сильно вплинути присутність захисного покриття з діоксиду кремнію, багатого фосфором.

Характеристики покриттів, що складаються з чистого діоксиду кремнію та діоксиду кремнію, легованого фосфором, були досліджені та порівняні з допомогою термогравіметрії і випробувань на горіння (зокрема, стійкість до теплового потоку випромінювання і впливу полум'я). Результати показують, що термічна і термоокислювальна стабільність бавовни, а також його стійкість до світлового теплового потоку 35 кВт / м<sup>2</sup> були покращені нанесеним покриттям незалежно від присутності фосфору.

Однак найкращі результати були досягнуті при використанні спільного ефекту теплового екранування (забезпечується фазою діоксиду кремнію) і обвуглювання (як наслідок наявності джерела фосфорної кислоти в попереднику алкоксисилана).

З іншого боку, тільки покриття з чистого діоксиду кремнію, незважаючи на дуже невелику кількість добавок, довели, що вони захищають бавовну від впливу полум'я метану протягом 5 с, сприяючи утворенню термічно стабільного залишку.

Покриття на основі поліфосфатів амонію (APP) [51] були приготовлені методом шарового осадження, щоб підвищити термічну стабільність на повітрі і вогнестійкі властивості сумішей поліефір-бавовна. З цією метою два різних аналога, тобто молекули хітозану і наночастки діоксиду кремнію були пов'язані з APP.

Ці види були обрані для отримання двох нових вогнезахисних систем, заснованих на іншому механізмі дії. Дійсно, пара-хітозан APP являє собою систему, подібну спучуваній, в якій хітозан може діяти як джерело вуглецю і піноутворювач, тоді як APP виробляє фосфорну кислоту при високих температурах, сприяючи утворенню напівкоксу. З іншого боку, пара-кремнезем APP використовує спільний ефект фосфорної кислоти, що генерується APP, яка викликає карбонізацію полімеру, і термоізоляторними властивостями кераміру, такого як кремнезем.

Дві досліджувані системи виявилися відповідальними за загальне підвищення вогнестійкості. Дійсно, обидва покриття змогли подавити явище тління і залишити помітний залишок після випробування на займистість. У разі збірок на основі

					<b>НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02</b>	Лист
						30
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

хітозану залишок виглядав більш когерентним, ніж залишок кремнезему. Крім того, система діоксид кремнію / АРР показала значне збільшення часу до загоряння і сильне зниження загального тепловиділення під час випробувань конусного калориметра.

В роботі [52] іони натрію вводилися в акрилові волокна шляхом подальшої обробки волокон гідразингідратом і водним гідроксидом натрію для поліпшення вогнестійкості волокон. Молекулярна структура модифікованих акрилових волокон характе-авторизувалась спектрами FTIR. Вогнестійкість акрилових волокон значно збільшилась після подальшої обробки і залежала головним чином від вмісту іонів натрію.

Вогнестійкий механізм модифікованого волокна детально вивчений. Мікрокалориметричні випробування показали, що загальне виділення тепла і пікова швидкість виділення тепла були в значній мірі знижені після обробки.

Фотографії залишків напівкоксу і результати техніки TGA і TG-IR показали, що вогнестійкість модифікованого акрилового волокна забезпечувалася за рахунок комбінованого ефекту газової фази і конденсованої фази.

Не вміщаюча галогенів вогнестійкість натурального волокна [53] є постійною проблемою через погану розчинність фосфазена в воді. У цьому випадку було отримано нове похідне циклотрифосфазена (MCP). Це був етерифікований гексаметілолмеламін (НМММ) і гек-сахлор-циклотрифосфазен (НССР) по одній реакції.

Він був охарактеризований з допомогою 1 Н ЯМР, 13 С ЯМР, 31 Р ЯМР, FT-IR, TGA, SEM, обмеженого кисневого індексу (LOI) і випробування в вертикальному полум'ї.

MCP має хорошу розчинність в воді, а термореактивний MCP має компактну структуру, яка може розширюватися в кілька разів після спалювання. Ватяну марлю замочували в шести різних концентраціях водних розчинів MCP (0 мас.%, 5 мас.%, 10 мас.%, 15 мас.%, 20 мас.% і 25 мас.% відповідно) для отримання вогнетривкої тканини. Тканину, просочену 20 мас.% розчином MCP, мала більш високий вихід

					НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02	Лист
						31
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

вугілля і LOI. У них не було ніякого тління, і марля 2 - марля 5 не згорає протягом 12 секунд впливу вогню.

Тришарове функціональне покриття [54] було підготовлено шляхом пошарової збірки (LbL) і золь-гель процесу. Багатшарове покриття складалося з покриття з фітінової кислоти (ПА), зануреної між двома шарами гнучких полісілоксанових покриттів, і було нанесено на поліефірну тканину складанням LbL. Результати тестування горючості показали, що багатшарове покриття запобігало утворенню крапель під час горіння. ПА також поглинав реактивні вільні радикали для зниження швидкості горіння полум'я. Після замочування протягом всього лише 20 хв в розчині ПА тканина демонструє самозагасаючі властивості і антидроплетний ефект під час випробування на вертикальне полум'я, в той час як конічна калориметрія підтвердила, що тканина з покриттям показала зниження пікової швидкості тепловиділення на 65% і знизила загальна кількість виробленого диму на 72%.

Після 45-кратного прання тканини з покриттям не було значного зниження вмісту фосфору і граничного кисневого індексу тканин з покриттям.

В роботі [55] хімічне щеплення поліаніліну, полі (о-анізидіна) і полі (отолуїдіна) на поліефірну тканину проводилось з пероксодисульфатом амонію в кислому середовищі. Формування підкладки прищепленої тканини було підтверджено за допомогою відображуючої спектроскопії, інфрачервоної спектроскопії з перетворенням Фур'є- досліджень втрати ваги і вимірами провідності.

Відсоток щеплення і відсоток ефективності були визначені для різних щеплених субстратів. Термічні та вогнестійкі властивості цих щеплених субстратів були з'ясовані. Термограми термогравіметричного аналізу і криві похідною термогравиметрії показали, що щеплені субстрати мали вищу термостабільність і відсотковий вміст залишків при 700 ° С. Щеплені підкладки показали більш високу енергію активації термічного розкладання, ніж не щеплені підкладки. Щеплені субстрати показали хорошу вогнестійкість, що було видно зі збільшенням обмеженого кисневого індексу в порівнянні з не щепленим субстратом.

					НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02	Лист
						32
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		



#### 1.4. Вплив антипіренів на навколишнє середовище

Розробка складів і технологій в області вогнезахисту текстильних матеріалів зводиться складних композицій, здатних під дією відкритого полум'я утворювати спучений карбонізований шар, який запобігатиме розповсюдженню полум'я.

Ці розробки дуже актуальні на сьогоднішній день, однак мають деякі недоліки: під дією полум'я горіння текстильних матеріалів може бути досить швидко припинено, але зовнішній вигляд тканин безповоротно псується.

В технічній літературі широко висвітлюється проблема впливу сучасних антипіренових композицій на екологічну обстановку навколишнього середовища (накопичення пилоподібних частинок антипіренів в повітрі, воді та ґрунті).

Особлива увага приділяється процесам термічного розкладу різних будівельних матеріалів, що несе за собою виділення в атмосферу токсичних продуктів горіння під час пожежі [56]. Ґрунтуючись на сумному досвіді забруднення галогенвмісними органічними сполуками кормів для великої рогатої худоби і, як наслідок, харчового ланцюга людини в Мічигані (1973р) [57], необхідно більш детально вивчити вплив накопичення антипіренів і продуктів їх розкладу в ґрунті, водоймах і повітрі на екологічну обстановку в світі.

Судячи з кількості публікацій з цього питання, ситуація в світі з забрудненням природи антипіренами загрозна. Звичайно, в цих роботах розглядаються, перш за все, питання вилуговування антипіренів з будівельних і оздоблювальних матеріалів в процесі їх служби, а також при їх утилізації. Але такі ж самі або подібні композиції використовуються для захисту текстильних матеріалів від дії відкритого вогню та розповсюдження полум'я під час пожежі.

Основою для таких композицій служать галогенвмісні (Cl, F, Br) органічні сполуки і їх комбінації з фосфорорганічними сполуками. Як неорганічна складова використовуються гідроксиди та оксиди металів, які здатні до полімеризації (SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, ZrO<sub>2</sub> та ін.). Як кремнеземвмісні матеріали часто також використовують кремнійорганічні сполуки. З метою зниження вартості орґано-неорґанічних композицій часто використовуються природні матеріали в якості неорґанічного

					НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02	Лист
						33
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

компонента (суперпластичні глини з переважним вмістом монтморилоніту, попередньо оброблені фосфорорганічними сполуками).

Авторами [58] проведені дослідження впливу поліхлорованих антипіренів, які широко застосовуються в промисловості, на навколишнє середовище. Результати визначення концентрації дихлорана плюс, а також дихлорана 602, 603 і ін. показали можливу біоаккумуляцію і біомагніфікацію. Ці результати узгоджуються з висновками, наведеними в роботі [59], в якій при дослідженні забруднення поліхлорованими дифенілами і бромованими антипіренами водойм, риби, а також повітря і ґрунту на відкритих звалищах зафіксовано акумулювання шкідливих речовин в рибі і мулі водойм (місто Сурабая, Індонезія).

Авторами роботи [60] також встановлено присутність дихлоранів різних марок, використовуваних в якості антиоксидантів пролонгованої дії, в ґрунті і рибі, зібраної на майданчиках по переробці електронних відходів в Гуйюй(Китай) [61].

Дихлорани легко піддаються фотодеградації, проте не відома стійкість продуктів їх розкладання і їх вплив на екологічну обстановку, що вимагає проведення подальших досліджень.

Декабромдифенілетан (DPDPE) - один з найбільш поширених антипіренів, який присутній на ринку більше 20 років і використовується в якості заміни декабромдифенілового ефіру (BDE-209), тому були проведені дослідження можливості перенесення зазначених сполук з масами повітря на великі відстані на Європейському континенті [62]. Бромований антипірен гексабромциклододекан (ГБЦД) широко використовується в Європі, тому авторами роботи [63] також були проведені дослідження наявності ГБЦД в навколишньому середовищі Швеції - країні, де добавка не виробляється і її використання в даний час обмежене. Дослідження проводилися поблизу можливих точкових джерел, в міському середовищі і в віддалених регіонах і включали вимірювання ГБЦД в ґрунті, воді, повітрі, мулі, біоті, продуктах харчування. Відносно високі концентрації, виявлені в оселідця і харчових продуктах, свідчать про біоаккумуляцію ГБЦД [64]. Встановлено, що гексабромциклододекан може переноситися з повітряними потоками на великі відстані.

					НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02	Лист
						34
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

Не дивлячись на те, що є досить публікацій, що стосуються використання полібромованих дифенілових ефірів і гексабромціклододекана як антипіренів, мало уваги приділяється новим бромованим сполукам, які знаходять широке застосування в якості вогнестійких з'єднань.

В роботі [65] досліджено вплив складу і структури бромованих сполук, що підвищують вогнестійкість пластмас, на ступінь їх вилугування під дією розчинів гумінових речовин, що особливо актуально для відкритих ділянок зберігання відходів (полігонах і звалищах). Показано, що розчинність бромованих сполук у воді підвищується в присутності розчинів гумінових сполук, а значить, ці сполуки можуть легко потрапляти в ґрунт під дією кліматичних умов.

Помітна кількість бромованих сполук, таких як полібромдифенілові ефіри і декабромдифенілетан, присутні в побутових товарах через використання вторсировини у виробництві [66].

Під дією навколишнього середовища вони здатні розкладатися з утворенням менш бромованих бромдифенілових ефірів, які, потрапляючи в повітря, впливають на легені людини. Не дивлячись на низькі, безпечні для дорослої людини, концентрації цих речовин в повітрі, необхідно проведення ретельних досліджень щодо впливу цих сполук на маленьких дітей. Дослідження крові здорових дітей Мексики у віці 6-13 років показало, що рівень вмісту антипіренових добавок – полібромованих дифенілових ефірів - в крові дітей, що живуть в промислових і міських районах, в два рази вище, ніж в крові дітей, що живуть в сільській місцевості [67].

Авторами [68] вивчено дію на навколишнє середовище фосфорорганічних сполук, які використовуються як пластифікатори для ПВХ-покриття для підлоги, пластмасових виробів, поліролей, оббивних тканин і т.д. Показано, що основним компонентом в повітрі і пилу (наприклад, на екранах моніторів) є тріфенілфосфат.

Дослідження за вмістом фосфорорганічних антипіренів 10 видів в зразках грудного молока людини, отриманих з Японії, Філіппін і В'єтнаму наведені в роботі [69].

					<b>НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02</b>	Лист
						35
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

У понад 60% проб у всіх трьох країнах були виявлені трис (2-хлоретил) фосфат і трифенілфосфат, причому їх концентрація була значно вище в зразках, отриманих з Філіппін. При порівнянні отриманих результатів з попередніми дослідженнями, проведеними в Швеції, був зроблений висновок, що різний вміст фосфорорганічних сполук в грудному молоці може бути пов'язаний з відмінностями в складах антипіренових композицій, використовуваних в цих країнах. При оцінці добового надходження до немовлят з грудним молоком фосфорорганічних компонентів антипіренових композицій було встановлено наближення до контрольної дози.

Міркування, пов'язані з навколишнім середовищем, були основним фактором, штовкнувшим до збільшення науково-дослідних робіт по фосфорним антипіренам, хоча іноді значними факторами є ефективність, більш низька щільність і краща вогнестійкість.

Особливо багато патентів на вогнестійкість полікарбонату і його сумішей. Олі-гомерні ароматичні арілфосфати, особливо резорцин-біс (діфенілфосфат) і бісфенол А-біс (діфенілфосфат), включені в формули багатьох патентів і були визнані корисними через термічну стабільність, низьку летючість і ефективність.

Є значна кількість патентів, що стосуються солей діалкілфосфінової кислоти і, останнім часом, солями гіпофосфіту, які використовуються в полікарбонату і полібутилентерефталату. Особливо в поєднанні з солями меламіну вони виявляються ефективними в нейлоні.

Електронні пластмаси, особливо друковані монтажні плати, мабуть, є найбільшим ринком вогнестійких полімерних матеріалів. Багато в чому обумовлений правилами утилізації відходів в Європі і «зеленими» маркетинговими стратегіями виробників комплектного обладнання, зріс інтерес до негалогенних вогнезахисних систем, особливо в Європі і Азії. З'явилася велика кількість патентів і публікацій з епоксидних систем, в яких 10-оксид 9,10-дигідро-9-окса-10-фосфафенантрен реагує з утворенням полімеру. Інший продукт, який вступає в реакцію з полімером і має деякі властивості і технологічні переваги - це олігомерний метілфосфонат резорцина.

					<b>НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02</b>	Лист
						36
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

Пентабромдіфеніловий ефір з низьким рівнем передчасного перегорання, широко використовуваний в гнучких пінополіуретанах, був заборонений і знятий з продажу; стало актуальним пошук екологічно безпечної заміни. Для цього були розроблені як галогеновані, так і негалогеновані продукти; в справжній час комбінація галоген-фосфор знаходить деяке визнання, але з'єднання фосфору, що не містять галогенів, знаходяться в стадії серйозної розробки. [70].

Авторами роботи [71] успішно синтезований новий вид екологічно чистого вогнезахисного складу на основі фосфорно-азотного білка на основі курячого пера з протеїном курячого пера, меламіном, пірофосфатом натрію і гліоксалю. Його структура була охарактеризована за допомогою інфрачервоної спектроскопії з Фур'є-перетворенням, і була проаналізована термогравіметрія агента. Потім за допомогою тесту на вертикальну займистість і тесту з обмеженим кисневим індексом були досліджені вогнезахисні характеристики вогнезахисного складу на основі білка курячого пера і в поєднанні з бурою і борною кислотою при нанесенні на тканину бавовняну тканину. Крім того, морфологія поверхні оброблених та необроблених тканин проводилася за допомогою скануючої електронної мікрофотографії (SEM), і були досліджені термогравіметричні аналізи обробленої і необробленої бавовни, а також морфологія поверхні ділянок напівкоксу оброблених та необроблених тканин після згорання були перевірені SEM. Результати показали, що вогнестійкість бавовняної тканини, обробленої антипіреном на основі білка курячого пера в поєднанні з бурою і борною кислотою, була додатково поліпшена, а комбінація антипіренів може сприяти утворенню однорідного і компактного спучуючого шару напівкоксу, і їх поєднання грає хороший синергетичний ефект в поліпшенні вогнестійкості обробленої бавовняно-паперової тканини.

З огляду на вище сказане, в роботі була поставлена мета створення вогнезахисного покриття по текстильних матеріалах, що не містить шкідливих компонентів антипіренових композицій - галогенвмісних з'єднань і фосфорорганічних сполук.

					<b>НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02</b>	Лист
						37
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

Згідно з основними принципами управління якістю, декларованими міжнародними стандартами ISO серії 9000, важливим етапом формування якості у процесі виробництва текстильних матеріалів має бути встановлення та нормування вимог до властивостей, які задовольняють фізіологічні вимоги, вимоги гігієни, а також вимоги до надійності, естетичності, бо саме їх виконання забезпечує належну якість продукції та задоволеність споживачів. Комплекс вимог до тканин обумовлений перш за все фізіологічними функціями організму людини, а також природнокліматичними умовами експлуатації та призначенням одягу із цих тканин. Разом із тим вимоги гігієни до тканин мають визначатися залежно від сезону їх ужитку та характеру використання. Водночас необхідно зважати на те, що останнім часом створено достатньо широкий асортимент хімічних волокон та ниток, які за структурою та показниками властивостей наближаються до натуральних, а їх використання у сумішах із вовною сприяє підвищенню рівня гігроскопічності, повітро- та вологопроникності полотен.

### **1.5. Загальна характеристика золь-гель технології, переваги і недоліки, області застосування**

Взаємодія алкоксисиланів з водою - складний процес, що включає в себе гідроліз алкоксигрупи і одночасну конденсацію нестійких силанолів, що утворилися, з отриманням силоксанів. Етилсилікат являє собою суміш різних за молекулярною вагою і будовою молекул - похідних ефірів ортокремнієвої кислоти, що містять лінійні, циклолінійні і розгалужені фрагменти, що ще більше ускладнює процес гідролізу.

Технологічні фактори проведення реакції гідролізу етилсилікату, такі як: співвідношення вихідних компонентів, концентрація і природа каталізатора визначають механізм гідролітичної поліконденсації, і, отже, фізико-хімічні властивості отриманих гідролізатів.

Відомо, що проходження повного гідролізу етилсилікату при значному надлишку води (90 - 95% води на 5 - 10% ЕТС-40) веде до отримання кремнієвої

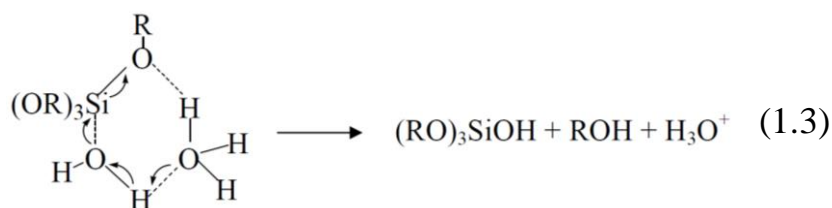
					<b>НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02</b>	Лист
						38
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

кислоти. Однак експерименти показують, що навіть при проведенні гідролізу великою кількістю води в гідролізаті присутні етоксильні групи. Це пояснюється тим, що кремнієва кислота, яка виділилася в процесі гідролізу, сприяє формуванню на кордоні розділу фаз структурованих полішарів  $x\text{SiO}_2 \cdot y\text{H}_2\text{O}$ , що уповільнюють процес гідролізу. На цій стадії гідроліз йде переважно в оргонофазі (ЕТС), що обумовлює отримання в системах з високим вмістом етилсилікату поліетоксисилоксанів і пояснює залежність ступеня гідролізу і складу продуктів, що утворюються від співвідношення ЕТС/вода. Вивчаючи кінетику процесу гідролізу тетраетоксисилану, автори прийшли до висновку, що збільшення вмісту тетраетоксисилану в системі призводить до зниження енергії активації процесу гідролітичної поліконденсації.

В значній мірі кінетика і механізм проходження реакції гідролізу залежать від рН середовища, що визначається лужними і кислотними каталізаторами. У лужному середовищі швидкість реакції гідролізу тетраетоксисилану знаходиться в прямій залежності від концентрації лугу і  $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$ . Лужний гідроліз тетраетоксисилану представляють як реакцію нуклеофільного заміщення, що йде за схемою:



Припускають, що гідроліз тетраетоксисилану в кислому середовищі здійснюється через шестичленні циклічні перехідні комплекси, що включають іон гідроксонію:

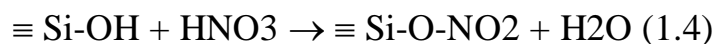


					<b>НУЦЗУ.2.19-48.CX та ХТ.РПЗ.02</b>	Лист
						39
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

Швидкість реакції гідролізу в кислому середовищі в значній мірі залежить від концентрації і виду каталізатора. Підвищення концентрації каталізатора в розчині гідролізату сприяє швидкому проходженню реакції гідролітичної поліконденсації, що полягає в послідовних і паралельних реакціях гідролізу і поліконденсації. При цьому лімітуючою стадією є процес конденсації, а не гідролізу. Тому проведення швидкого гідролізу сприяє отриманню великих полімерних часток, тоді як повільний гідроліз призводить до утворення менш конденсованих полімерів, після сушки отримані таким чином гелі мають тонку структуру.

Механізм гідролітичної поліконденсації тетраетоксисилану визначається також окислювальні властивості кислоти, основністю і геометрією її молекули. Проходження неповного гідролізу тетраетоксисилану в присутності соляної кислоти автори пов'язують з різною геометрією каталізатора і утворюються в результаті реакції сполук.

Азотна кислота як сильний окислювач уповільнює поліконденсацію продуктів гідролізу і утворення просторових структур. Припускають, що азотна кислота може також взаємодіяти з виділяються спиртом і продуктами гідролізу з утворенням полімерів:



Групи Si-O-NO<sub>2</sub> не конденсується з групами ≡Si-OH, перешкоджаючи росту молекулярної маси полімерів.

Тип кислотного каталізатору робить істотний вплив на реакцію гідролізу зв'язку



Багатоосновна ортофосфорна кислота сприяє утворенню об'ємних полімерів, гідроліз в яких також ускладнений. Однак встановлено, що в присутності ортофосфорної кислоти утворюються сполуки з високим ступенем дисоціації, тим самим підвищується концентрація вільних іонів, отже, прискорюються процеси

					<b>НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02</b>	Лист
						40
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		



гідролізу і конденсації.

Таким чином, реакція гідролізу етоксигруп етилсилікату йде послідовно і паралельно з реакцією поліконденсації силанолу з утворенням силоксанових зв'язків. Кінетика і механізм процесу, і, отже, структура і властивості гідролізатів і кінцевих продуктів, визначаються величиною рН, видом каталізатора і співвідношенням вихідних компонентів.

## 1.6. Вибір напрямку дослідження

У результаті проведеного аналізу літературних джерел виявлено, що на підвищення вогнестійкості впливають композиції, які містять в своєму складі розчини солей що розкладаються при дії високих температур з ендоефектом.

Для підвищення стабільності властивостей вогнезахисних композицій представляється доцільним спростити склади, використовуючи основні прийоми золь-гель технології.

З огляду на вище сказане, в роботі була поставлена мета створення вогнезахисного покриття по текстильних матеріалах, що не містить шкідливих компонентів антипіренових композицій - галогенвмісних з'єднань і фосфорорганічних сполук.

Недостатність теоретичних і експериментальних даних припускає визначення наступних завдань даного дослідження:

- розробити склад гібридних гелів на основі рідкого скла;
- дослідити вплив антипіренової складової на процес гелеутворення в кремнійорганічних золях, золях на основі рідкого скла та бінарних покриттях на основі цих золів, а також на еластичність захисних покриттів та зовнішній вигляд тканин що обробляються;
- дослідити вплив складу комплексних золів на вогнестійкість та час повного прогоряння текстильних матеріалів просочених захисними покриттями.

					НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02	Лист
						41
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

## Розділ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ Й МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1. Характеристика сировини та приготування експериментальних просочувальних композицій

Для досліджень використовували хімічні матеріали і реактиви:

Етилсилікат-32	ТУ 20.14.53-558-05763442-2017
Соляна кислота	ДСТУ 2904-94
NH <sub>4</sub> OH	ДСТУ 7274-2012
Дистильована вода	ГОСТ 6709 - 72
Спирт етиловий	ДСТУ 4221:2003
Діамонійгідрофосфат	ГОСТ 10651-75
Сечовина	ДСТУ 7312:2013
Гідрофобізуюча кремнійорганічна рідина ГКР-11-К марка В	ТУ У 24.6-33444644-008:2009

Експериментальні кремнійорганічні золі отримували кислотно-основним гідролізом етилсилікату-32 (далі по тексту – КП) у присутності органічного розчинника (рис.2.1.).

Золі на основі рідкого скла готували змішуванням розбавлених розчинів рідкого скла та оцтової кислоти (далі по тексту золь позначений РС). Експериментальні покриття по тканинах готували методом просочення золем КП та РС. Після нанесення кожного шару покриття і видалення зайвого золю експериментальні зразки сушили при нагріванні в сушильній шафі при (60 – 80) °С. Антипіренові композиції готували у вигляді водних розчинів різної концентрації, з додаванням невеликої кількості спирту для зниження поверхневого натягу.

## 2.2. Методи досліджень

2.2.1. Гідроліз кремнійорганічних золів проводили на магнітній мішалці Heidolph MR Hei Standart.



Рис.2.1. Схема одержання експериментальних покриттів на основі етилсилікату

2.2.2. Сушіння отриманих гелів проводили в сушильній шафі СНОЛ-3,5. 3,5. 3,5 - И1 (ТУ 16 - 681.032 - 84).

2.2.3. рН розчинів визначали за допомогою універсального індикаторного паперу.

2.2.4. Мікроструктуру покриттів по тканинах досліджували за допомогою оптичного мікроскопа Digital Microscope S10 1000<sup>x</sup>.

2.2.5. Випробування на вогнестійкість проводили на модернізованій лабораторній установці, витримуючи зразки у верхній частині полум'я газового пальника та визначаючи час загоряння тканини ( $\tau_3$ ) або час початку обвуглювання

					НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02	Лист
						43
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

( $\tau_0$ ). Установка складається з пальника, газового балона з редуктором і металевого горизонтального екрану, футерованого листом азбесту. У центрі захисного екрану було вирізано отвір діаметром 35 мм, за допомогою якого зразок тканини, закріплений зверху на екрані, наводиться в контакт з вогнем. Процес випробувань знімався на відеокамеру. В ході випробувань тканина з виворітного боку змінювала своє забарвлення із зеленувато-коричневого на темно-жовте, а в місцях глибокого пошкодження - на темно-коричневе. Глибину та розміри пошкодження просочених зразків тканини (з виворітного боку) визначали при значенні часу загоряння не просоченої тканини  $\tau_3$  (8с), при значенні  $\tau_0$  часу обвуглювання та часу повного прогоряння ( $\tau_{\text{пп}}$ ) просочених зразків у відсотковому відношенні від загальної площі зразка, яка перебувала в зоні дії вогню.

2.2.6. Розрахунок площі пошкодження зворотного боку тканин використовували графічний редактор CorelDraw12.

					<b>НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02</b>	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		44

### Розділ 3. РОЗРОБКА СКЛАДУ ЕЛАСТИЧНОГО ВОГНЕЗАХИСНОГО ПОКРИТТЯ НА ОСНОВІ ОРГАНО-НЕОРГАНІЧНИХ КОМПОЗИЦІЙ СИСТЕМИ ЕТИЛСИЛКАТ – РІДКЕ СКЛО

#### 3.1. Дослідження впливу типу мінеральної кислоти на одержання золю кремнекислоти з розчинів рідкого скла

Відомо, що найбільш стійкими до осадження є розбавлені золі кремнієвої кислоти в інтервалах рН менше 2 та більше 10. Але, враховуючи, що захисне покриття наноситься на текстильний матеріал на тривалий час, треба брати до уваги агресивну дію кислоти на тканину та шкіру людини, тобто необхідно одержувати рН близько 6-7, а в цьому інтервалі золь дуже не стабільний, що призводить до миттєвої коагуляції. Тому для досліджень використовували мінеральні (сірчана, ортофосфорна) та органічні (щавлева, оцтова) кислоти при концентрації 1, 5 та 10%. Рідке скло розбавляли дистильованою водою до концентрації (у перерахунку на SiO<sub>2</sub>) 4, 8 та 16%.

Використання розведених розчинів сірчаної та ортофосфорної кислот призводило до миттєвого випадання гелю кремнієвої кислоти у вигляді добре сформованого і досить щільного новоутворення. При використанні щавлевої кислоти також отримували гель кремнієвої кислоти, але у вигляді тонко дисперсних гелевих частинок, які перебували в підвішеному стані. Реакція осадження проходила дуже повільно (частки гелю з'являлися на другу добу).

При введенні в розчин рідкого скла оцтової кислоти спостерігалася зміна рН розчину за схемою: рН 14 → рН 5 → рН 14. Розчин виходив прозорим, з високою плинністю, проте в'язкість його швидко збільшувалася, і золь втрачав свою рухливість за кілька хвилин. Ймовірно, гелеутворення прискорювала адсорбція катіонів натрію на поверхні частинок полікремнієвої кислоти.

					НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02	Лист
						45
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

Змінюючи швидкість подачі оцтової кислоти в розчин при постійному перемішуванні, був отриманий золь з високою прозорістю і плинністю, рН якого не змінювався тривалий час і становив 5-6.

Цей ефект можна пояснити наступним чином. При додаванні розведеної оцтової кислоти в розчині знаходяться прості і сольватовані іони  $H^+$ ,  $CH_3COO^-$  і  $CH_3COOH$  в недисоційованому стані, а також іони натрію і силікат-аніони в простому і сольватованому вигляді. Таким чином, можна зробити висновок, що крім силікату натрію і кремнієвої кислоти в розчині присутній кислий буферний розчин  $CH_3COONa + CH_3COOH$ , який забезпечує концентрацію  $H^+$  в інтервалі рН 5,5 - 6. Якщо додавати оцтову кислоту повільно, малими порціями, швидкість утворення буферного розчину значно менше швидкості поліконденсації кремнієвої кислоти, а значить, концентрація іонів водню з кремнієвої кислоти знижується, а кількість великих міцел полікремнієвої кислоти зростає. Молекули кремнієвої кислоти, що виділилися, спочатку дисоційовані на прості іони  $H^+$  і  $SiO_3^-$  і сольватовані іони  $H^+(H_2O)$  і  $SiO_3^-(H_2O)$ , які в подальшому мають схильність до утворення просторових асоціатів і формування міцел. Таким чином, концентрація іонів  $H^+$  буде знижуватися, а рН зростати.

При повільному додаванні оцтової кислоти малими порціями буферний розчин має занадто малу буферну ємність по відношенню до концентрації іонів натрію і швидкого зниження концентрації іонів  $H^+$  з кремнієвої кислоти.

Різде додавання великої кількості оцтової кислоти в розчин рідкого скла забезпечує потрібне співвідношення іонів  $Na^+$  і  $H^+$  з  $CH_3COOH$ , тому зміна концентрації іонів водню з кремнієвої кислоти, яка піддається поліконденсації, не впливає на загальну концентрацію іонів  $H^+$ , і рН розчину залишається на рівні 5, 5 - 6 тривалий час.

					НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02	Лист
						46
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

### 3.2. Дослідження впливу покриттів на основі неорганічного золю SiO<sub>2</sub> на показники вогнестійкості бавовняної тканини

Багаторазове повторення експерименту з отримання золю кремнекислоти в присутності ацетатного буферного розчину дало надійне повторення результатів по плинності і рН. Отриманий склад розчину кремнекислоти був використаний для нанесення кремнеземистого покриття на тканину в один, два і три шари.

Як антипірени використовували діаммоній гідрофосфат (ДАГФ) і метилсиліконат амонію (ГКР). Результати випробувань зразків тканини на вогнестійкість наведені в табл.3.1 і на рис 3.1-3.2.

Таблиця 3.1

Результати випробувань просочених зразків тканини в відкритому полум'ї

№ зразка	Кількість шарів покриття	Антипірен	τ п.о	Питома площа ушкодження тканини, %	
				загальна	глибокого ушкодження
1	1	-	8	64	32
2	1	ДАГФ	9	36	25
3	1	ГКР	7	50	23
4	2	-	7	92	36
5	2	ДАГФ	9	55	28
6	2	ГКР	8	53	27
7	3	-	8	50	25
8	3	ДАГФ	10	39	20
9	3	ГКР	9	67	43
10	-	-	8	92	36

Вогнестійкість просочених зразків практично не змінюється незалежно від кількості нанесених шарів. Це пояснюється малою концентрацією SiO<sub>2</sub> в вихідному золі, що підтверджується при візуальному огляді зразків і їх аналізі під мікроскопом: покриття не видно під мікроскопом і практично не визначається на

дотик. Введення надто великої кількості спирту (золь: спирт = 2:1) призводить до неповного його видалення при сушінні зразків, тому після випробувань на вогнестійкість спостерігалось залишкове тління зразків протягом 0,5 - 1,5 хв. При зниженні вмісту спирту вдвічі залишкового тління не спостерігалось.

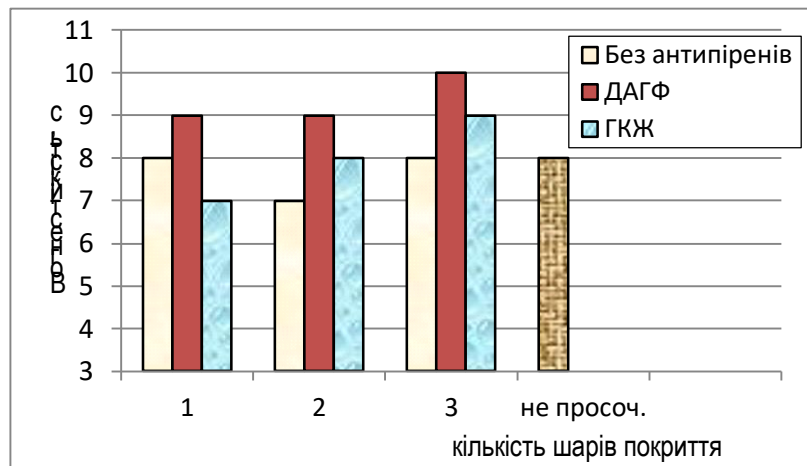


Рис. 3.1. Залежність вогнестійкості від типу антипіренової добавки та шарів покриття

Введення антипірену підвищує вогнестійкість просочених зразків на 12 - 25% (з 8 до 10 с). Найбільш ефективну дію надає ДАГФ: його використання не тільки підвищує вогнестійкість, а й значно знижує площу загального і глибокого пошкодження тканини від дії відкритого полум'я.

Найбільш доцільним є використання в якості антипірену ДАГФ, так як спостерігається синергетичний ефект від збільшення кількості шарів покриття та нанесення цього антипірену.



### 3.3. Розробка складів гібридних органо-неорганічних покриттів по текстильних матеріалах

Використовуючи здобутки попередніх досліджень, вважалося доцільним використовувати двохшарове покриття, перший шар якого був би на основі кремнійорганічного компонента (КП) та забезпечував би одержання еластичної плівки по волокнах ниток тканини, а другий шар – на основі рідкого скла (РС).

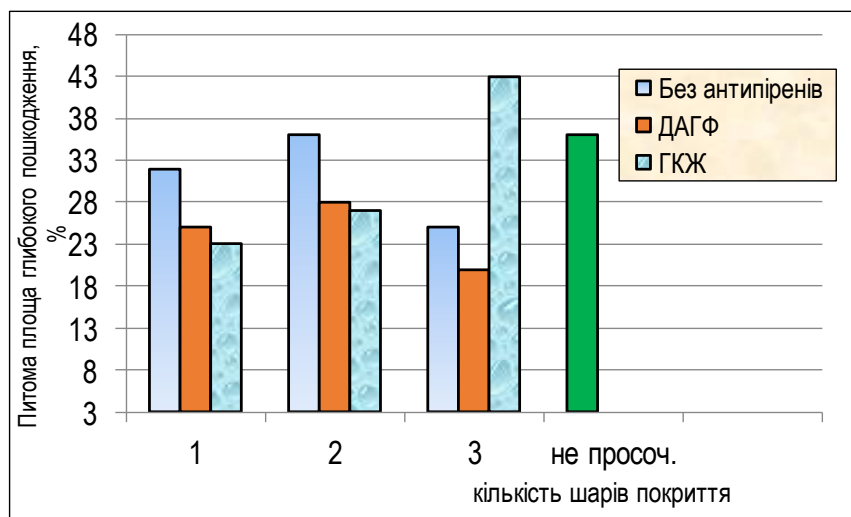
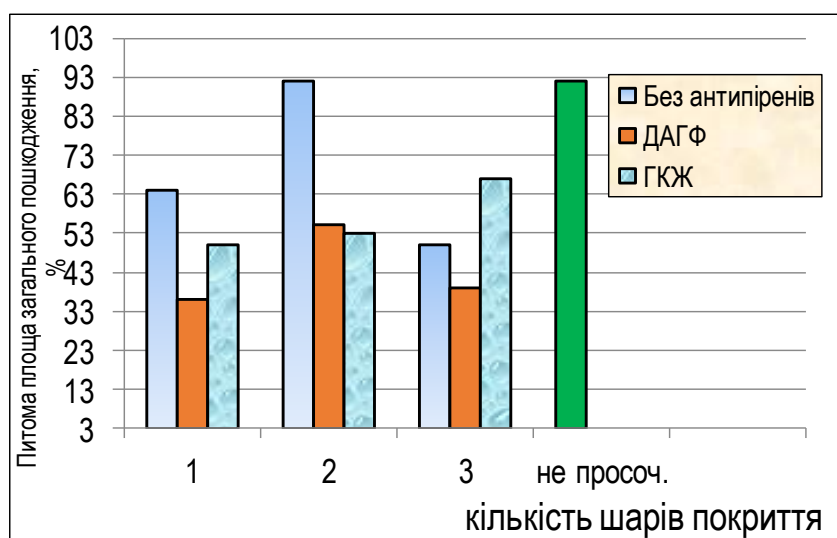


Рис.3.2. Залежність площі пошкодження тканини від типу антипіренової добавки та кількості шарів покриття

Вважали також доцільним підібрати для двохшарового покриття таку композицію антипіренів, яка б посилювала охолоджувальний ефект від дії діамоній гідрофосфату. Для цього у склад захисної композиції вводили сечовину та азотовмісний компонент різної концентрації, які наносили різними способами: на не просочену тканину (під шар покриття) безпосередньо у золь кремнійорганічної речовини, а також зверху на двохшарове покриття.

Для досліджень готували 3 серії зразків. Перша серія зразків тканини спочатку була просочена кремнійорганічним золем на основі етилсилікату-32 (КП). Частина зразків перед нанесенням антипіренів була додатково просочена золем РС (табл.3.2) Після висушування отриманого покриття розпиленням наносили розчини 20%-го діаммоній гідрофосфата (далі - ДАГФ) і розчин сечовини (С) 5 і 10% -й концентрації, після чого зразки знову сушили.

Таблица 3.2.

Склади та властивості експериментальних кремнеземистих покриттів І серії

№	Склад покриттів					$\tau_{п.о}$	$S_{пит.заг}$	$S_{пит.глиб}$
	КП	РС	антипірени, мас %					
			20%ДАГФ	10% С	5% С			
1	КП		-	-	-	7	65,3	21,8
2			0,5	-	0,125	7	73,3	31,7
3			0,5	-	0,075	9	85,1	45,5
4			0,5	-	0,025	7	61,4	15,8
5			0,5	0,25	-	8	51,5	13,9
6			0,5	0,15	-	6-7	45,5	15,8
7			0,5	0,05	-	7	47,5	13,9
8			0,34	0,08	-	7	33,7	11,9
9			0,15	0,075	-	7	57,4	33,7
10			0,034	0,034	-	7	67,3	15,8
11	КП	РС	-	-	-	8	45,5	11,9
12			0,5	-	0,125	9	39,6	19,8
13			0,5	-	0,075	7	62,1	13,1
14			0,5	-	0,025	8	65,4	32,7
15			0,5	0,25	-	8	67,3	37,6
16			0,5	0,15	-	8		
17			0,5	0,05	-	9	51,5	29,7

18			0,34	0,08	-	7	25,7	9,9
19			0,15	0,075	-	8	26,2	9,8
20			0,034	0,034	-	8	71,9	36

Антипірени наносили розпиленням по-окремо і у вигляді спільного розчину. Кількість розчину наносили з розрахунку, що за один хід поршня розпилювача розбризкується 2,5 мл рідини, що було попередньо встановлено експериментально.

Друга серія зразків відрізнялася від першої тим, що замість сечовини було використано азотовмісну органічну речовину дифеніламін (ДФА), яку було введено безпосередньо в кремнійорганічний золь (КП + ДФА) (табл.3.3.).

На просочені зразки тканини після висушування наносили розпиленням розчин ДАГФ, а потім частину зразків додатково просочували розчином золю РС.

Таблиця 3.3

Склади та властивості експериментальних кремнеземистих покриттів II серії

№	Склад покриттів			$\tau_{п.о}$	$S_{пит.заг}$	$S_{пит.глиб}$
21	КП+ДФА	-	-	7	65,4	42,5
22	КП+ДФА	ДАГФ	-	7	45,3	24,8
23	КП+ДФА	-	РС	7	72,9	45,8
24	КП+ДФА	ДАГФ	РС	7	43,1	24,05

Третю серію зразків готували просоченням золем КП, висушували, просочували золем РС і, після сушки, наносили розпиленням розчин ДАГФ, а потім компонент ДФА (табл.3.4).

Під дією вогню експериментальні зразки не спалахували, а починали обвуглюватися, тому визначали  $\tau_0$  початку обвуглювання, а також площу пошкодження тканини у відсотках від загальної площі тканини, яка перебувала в зоні дії вогню.

Час початку обвуглювання зразків змінювалося в інтервалі 6–8с і практично не залежав від типу антипіренових добавок (табл.3.2 - 3.4).

Додавання 5%-ї концентрації сечовини призводило до одержання нестабільних результатів: значення площі обвуглювання, як загальної, так і глибокого пошкодження коливаються в широкому інтервалі ( $S_{\text{гл}} = 15\text{--}46\%$ ,  $S_{\text{заг}} = 61\text{--}85\%$ ). При підвищенні концентрації сечовини до 10% площа глибокого пошкодження знижувалася до 13–15%, причому ушкодження були тим менше, чим нижче вміст сечовини відносно кількості ДАГФ. Така ж закономірність проглядається в складах, що містять золь РС.

Таблиця 3.4

Склади та властивості експериментальних кремнеземистих покриттів III серії

№	Склад покриттів					$\tau_{\text{п.о}}$	$S_{\text{пит. заг}}$	$S_{\text{пит. глиб}}$
	КП	РС	Склад антипіренів (понад 100%)					
			ДАГФ, %	ДФА, %				
25	КП	-	-	-	-	7	65,4	42,5
26			0,5	0,1		6,5	47,5	25,7
27			0,5	-	0,05	7	39,6	15,8
28	КП	РС	-	-	-	7	72,9	45,8
29			0,5	0,1	-	6	49,5	33,7
30			0,5	-	0,05	6	65,3	39,6

Так як при приблизно однакової площі глибокого пошкодження (9,9 - 11,9%) площа загального пошкодження знижується з 33% до 26%, можна зробити висновок про доцільне використання бінарного покриття КП–РС з добавками загальним вмістом не більше 0,42% при співвідношенні ДАГФ / С = 2–4.

Однак основним недоліком таких композицій є утворення білого нальоту на тканинах, товщина якого залежить від концентрації і кількості сечовини. Наліт легко знімається і обтрушується при механічному навантаженні тканини. Під мікроскопом видно неоднорідне покриття, яке товстим шаром покриває тканину

(рис.3.3). На дотик відчувається жорсткість покриття, хоча еластичність тканини зберігається.

Введення компонента ДФА до складу покриття також знижувало площу пошкодження тканини після випробувань, але наліт не утворювався.

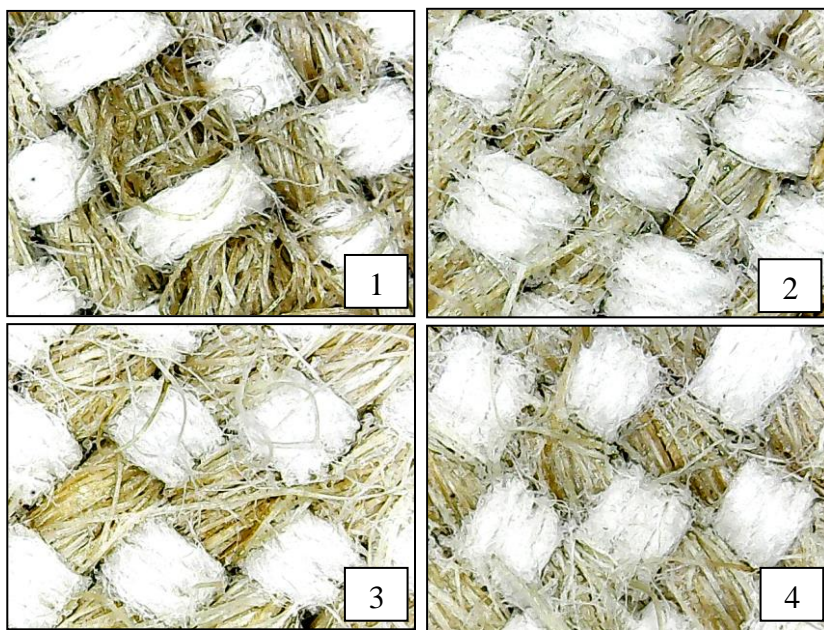


Рис.3.3. Мікроструктура покриттів без антипіренів (1) і з добавками сечовини, мас. %: 2 – 0,125, 3 – 0,08, 4 – 0,25.

Введення в золь етилсилікату азотовмісної речовини не забезпечувало помітно підвищення вогнезахисної дії покриття: з таблиці 3.3 видно, що у більшому ступені на захисну дію впливає наявність 20%-го діамоній гідрофосфату: площа глибокого пошкодження тканини після випробувань в продовж 7–8 с зменшувалася вдвічі. При зниженні вмісту компонента ДФА площа пошкодження тканини збільшується (табл.3.4).

Всі експериментальні зразки просоченої тканини при випробуваннях не спалахували, тому досліджували вплив типу покриття на час повного прогорання зразка (рис.3.4). Комплексне покриття на основі КП і РС забезпечувало збільшення

$\tau_{\text{III}}$  вдвічі. Нанесення на покриття додатково розчинів антипіренів ДАГФ і ДФА призводило до збільшення часу повного прогорання майже в 8 разів.

На рисунках 3.4 та 3.5 представлений зовнішній вигляд зразків після випробувань на час повного прогорання. На фото добре видно, що не дивлячись на значно довший строк випробувань розміри руйнування тканин значно менші у просочених зразків, чим у не просоченого.

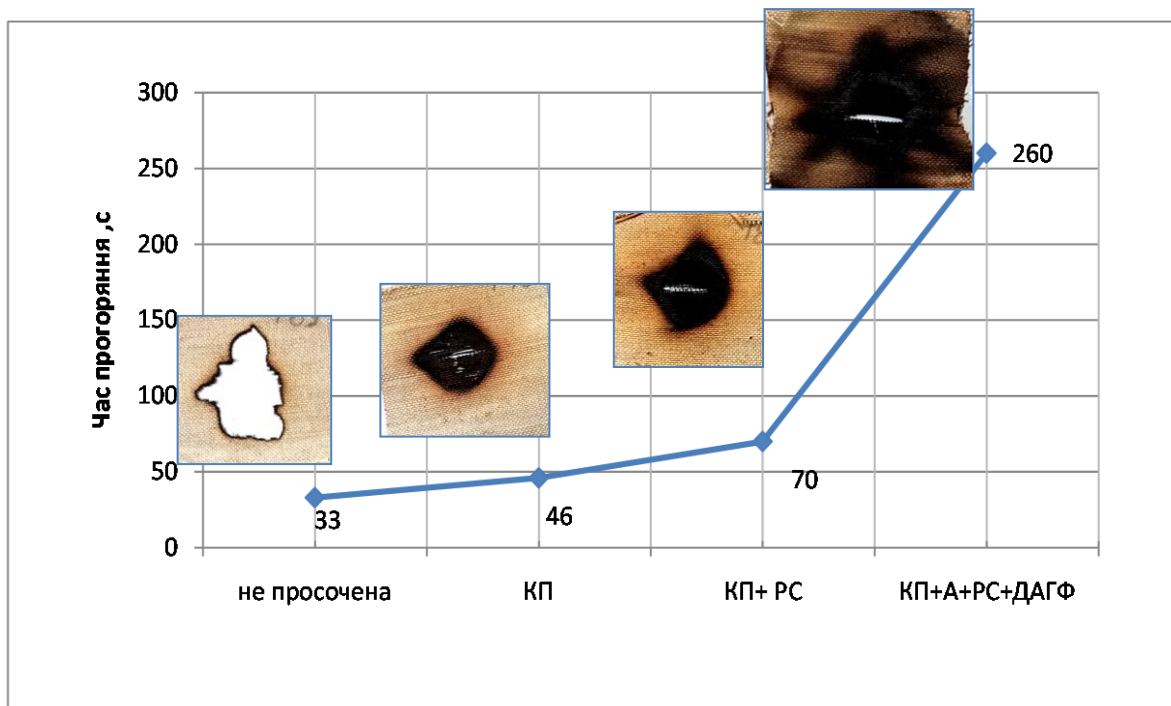


Рис.3.4. Вплив складу покриття на час повного прогорання зразків

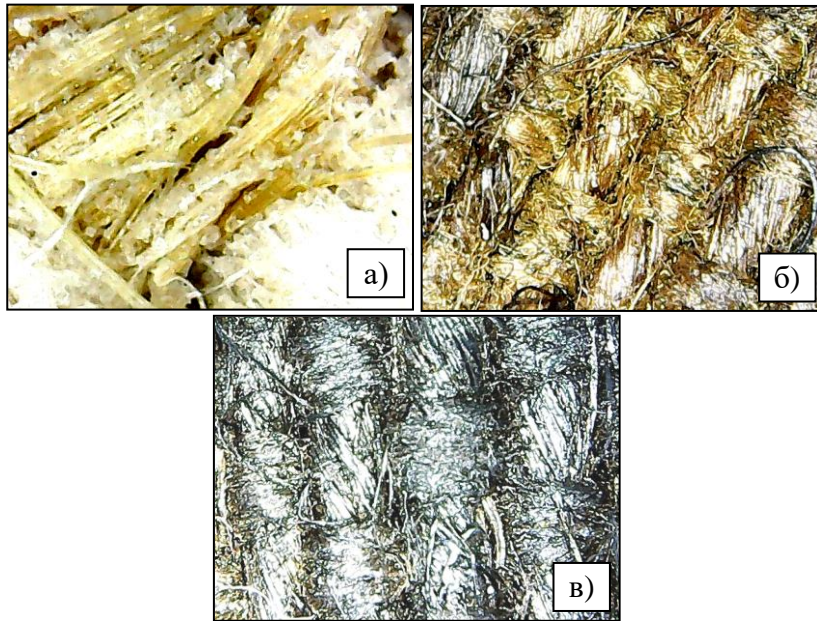


Рис.3.5. Мікроструктура зразка складу 24, який витримує дію вогню на протязі 4хв 20с: а – до випробувань, б – через 7с дії вогню, в – через 260с дії вогню

На рис.3.5 видно, що після випробувань захисне покриття залишається на тканині, зберігаючи захисний шар. Тому, на наш погляд спалахування тканини і не відбувається.

Одержані результати надали змогу запропонувати бінарні захисні покриття для вогнезахисту нош рятувних, які розроблені для порятунку поранених з багатоповерхівок під час пожежі. Ноші повільно будуть спускатися по зовнішній поверхні будівлі, тому, якщо з вікон будівлі буде вириватися полум'я, необхідно захисне покриття, яке довгий час не прогоряє, тобто склад №24.

### 3.4. Висновки до розділу

1.Розроблено метод одержання стабільного золю кремнієвої кислоти при реакції силікату натрію з оцтовою кислотою.

2.Досліджено вплив золю РС на вогнестійкість та площу пошкодження тканини під дією полум'я.

3.Показано, що використання сечовини разом з діамоній гідро фосфатом значно підвищує стійкість тканини до дії полум'я, але знижує її зовнішній вигляд та підвищує жорсткість.

4.Використання азотовмісної добавки (ДФА), особливо при її введенні в золь КП значно підвищує її стійкість до дії полум'я, що дозволило запропонувати розроблений склад для вогнезахисту рятівних нош.

					НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		56



## Розділ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1 Загальні поняття та визначення

Проблеми створення безпечних умов праці були завжди. Однак, у період науково-технічного прогресу це набуло особливого значення так як ціна кожного нещасного випадку суттєво зросла. Кожного року внаслідок виробничого травматизму гине багато людей. Це є причиною економічних втрат і тяжких наслідків.

Встановлено, що до цих нещасних випадків майже у 90% присутній «людський фактор». У діяльності людини «безпека» стоїть після «вигоди», тому інстинкт самозбереження стоїть після цього.

Державна політика в галузі охорони праці спрямована на те, щоб створити безпечні умови праці, запобігти нещасним випадкам та професійним захворюванням.

А сутність полягає у визначенні шкідливих та небезпечних виробничих факторів, що можуть проявитися при проведенні робіт; прогнозуванні моментів прояву зазначених факторів; проведенні необхідних профілактичних заходів.

**охорона праці** - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності [72].

### 4.2 Визначення небезпечних факторів при проведенні досліду

При проведенні досліду загрозою для безпеки праці є небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Під безпекою праці розуміють стан умов праці, за яких вплив небезпечних та шкідливих факторів є виключним або вплив шкідливих чинників не перевищує гранично допустимих значень.

					НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02	Лист
						57
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

**Небезпечний виробничий фактор** – Небезпечний виробничий фактор – виробничий фактор, дія якого за певних умов може призвести до травм або раптового погіршення стану працівника [73].

**Шкідливий виробничий фактор** - виробничий фактор, вплив якого може призвести до погіршення стану здоров'я, зниження працездатності працівника [73].

Неможливо забезпечити повну безпеку, тому необхідно звести дію небезпечних та шкідливих факторів до мінімуму. Тому для того, щоб запобігти негативному впливу цих факторів на здоров'я та попередити виникнення травматизму при виконанні реакції гідролізу та нанесенні золю на тканину передбачено проведення наступних заходів: раціональна організація робочого місця; працювати потрібно під витяжною шафою; обережно поводитись з газовим пальником; контролювати проходження хімічної реакції; проводити контроль стану обладнання та допоміжних пристроїв; ефективно використовувати засоби індивідуального захисту, контролювати їх стан, дотримуватися потрібної (встановленої нормами) періодичності їхньої заміни.

#### **4.3 Токсикологічна характеристика використовуваних речовин і матеріалів**

**Токсичність** – властивість деяких хімічних елементів, сполук і біогенних речовин згубно впливати на живі організми (рослини, тварини, гриби, мікроорганізми) і здоров'я людей (бензопірен, важкі метали, кислотні сполуки, оксиди азоту, сірки) [74].

**Водний аміак** - неорганічна сполука, безбарвний газ із різким задушливим запахом, легший за повітря, добре розчинний у воді. Одержують каталітичним синтезом з азоту і водню під тиском. Використовують переважно для виробництва азо-тних добрив, вибухових речовин і азотної кислоти. Рідкий аміак використовується в холодильних установках. Водний розчин аміаку (нашатирний спирт) застосовується в медицині. При нагріванні розчину аміак вивітряється, у чому легко впевнитися за запахом. Оскільки водний розчин аміаку є слабкою

					<b>НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02</b>	Лист
						58
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

основою, то солі амонію в розчинах гідролізуються. Отже, будь-яку амонійну сіль у розчині можна виявити, на-гриваючи ці розчини [74].

**Соляна кислота** - безбарвна або жовтувата рідина з різким запахом, у повітрі "димить", утворює білий туман. Отруйна ГДК в повітрі – 5 мг/м<sup>3</sup>. Концентрована кислота містить 37 – 38 % хлороводню. Водорозчинна, реагує з водою з виділенням тепла, корозійна для більшості металів. У разі вдихання туману кислоти – першіння в горлі, сухий або вологий кашель, ускладнене дихання, задишка, сльозотеча. У разі потрапляння на шкіру – опік шкіри, запалення з пухирями.

При потрапляння в очі – різь, печіння, осліплення, в середину – опік слизової оболонки порожнини рота, стравоходу, шлунку [75].

**Етанол** (етилловий спирт) - одноатомний спирт, при стандартних умовах летюча, горюча, безбарвна прозора рідина. Є компонентом при виготовленні алкогольних напоїв, а також використовується в якості депресанту психоактивних речовин, гнітючим центральну нервову систему людини. Використовується в якості палива, розчинника, наповнювача в спиртових термометрах і як дезінфікуючий засіб (або як його компонент).

Потрапляючи в організм - діє на кору головного мозку, при цьому настає сп'яніння. У великих дозах викликає пригнічення функцій спинного і довгастого мозку. Під впливом етилового спирту може наступити смерть через параліч дихального центру. За токсичністю на організм відноситься до речовин 4-го класу небезпеки, ГДК в повітрі 0,1 мг/м<sup>3</sup>, ГДК<sub>мр</sub> и ГДК<sub>сд</sub> становить 5 мг/м<sup>3</sup> [76].

**Гідрофосфат амонію** (фосфат амонію двозаміщений, діамонійфосфат, E342) - хімічна формула  $[\text{NH}_4]_2\text{HPO}_4$ , інша назва є одним із водорозчинних фосфатів амонію, солей, які можуть бути отримані при взаємодії аміаку з фосфорною кислотою. Середній рН в розчині 7,5-8. Густина: 1,62 г/см<sup>3</sup>. Молярна маса: 132,07 г/моль [77].

Це неорганічний водорозчинний реактив, сіль у вигляді білого порошку, що складається з дрібних безбарвних прозорих кристалів. Добре розчиняється у воді (58 г/100 мл при 10 °С); в ацетоні та спирті не розчиняється; на повітрі поступово позбувається аміаку. Не поєднується з сильними кислотами, основами та окисниками.

					<b>НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02</b>	Лист
						59
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

2-заміщений фосфорнокислий амоній – найпопулярніший компонент засобів для гасіння пожеж. Будучи антипіреном, він знижує температурні показники згоряння матеріалу (вихід горючих газів зменшується, вуглецевих залишків, навпаки, збільшується). Крім того, вогнестійкість діамонійфосфату призвела до його застосування в таких царинах: деревообробка, виробництво тканин і паперу, виготовлення ракет-них двигунів (в останньому служить ізолятором). Цей реактив знаходить своє місце і у виробництві люмінесцентних і радіоламп, керамічних виробів, смальти, в обробці стоків. Є флюсом при паянні металів, таких як цинк, мідь, олово.

Діамонійфосфат може бути використаний як антипірен. Він знижує температуру згоряння матеріалу шляхом зменшення виходу горючих газів і збільшення виходу вуглецевмісних залишків. Це один з найбільш популярних компонентів у засобах пожежогасіння [77].

**Сечовина (карбамід)** - хімічна сполука, діамід вугільної кислоти. Білі кристали, розчинні в полярних розчинниках (воді, етанолі, рідкому аміаку).

Сечовина добре розчинна в полярних розчинниках (воді, рідкому аміаку і сірчано-стом ангідрид), при зниженні полярності розчинника розчинність падає. Сечовина нерозчинна в неполярних розчинниках (алканах, хлороформі).

Сечовина утворює комплекси - включення (клатрати) з багатьма сполуками, наприклад з перекисом водню, що використовується як зручна і безпечна форма «сухого» пероксиду водню (гідроперит). Здатність сечовини утворювати комплекси включення з алканами використовується для депарафінізації нафти. Причому сечовина утворює комплекси тільки з Н-алканами, бо розгалужені вуглеводневі ланцюги не можуть пройти в циліндричні канали кристалів сечовини [78].

Сечовина є кінцевим продуктом метаболізму білка у ссавців і деяких риб.

Похідні нітрососечовини знаходять застосування в фармакології в якості протипухлинних препаратів.

Сечовина є великотоннажним продуктом, використовуваним, в основному, як азотне добриво (вміст азоту 46%) і випускається в гранульованому вигляді.

					<b>НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02</b>	Лист
						60
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

Іншим важливим промисловим застосуванням сечовини є синтез сечовини-альдегідних (в першу чергу сечовини-формальдегідних) смол, широко використовуються в якості адгезивов у виробництві деревно-волокнистих плит (ДВП) і меблевому виробництві. Похідні сечовини - ефективні гербіциди.

Сечовина також застосовується для очищення димових газів теплових електростанцій, котелень, сміттєспалювальних заводів, дизельних двигунів внутрішнього згорання [79] і т. п.

Карбамід зареєстрований в якості харчової добавки E927b. Використовується, зокрема, у виробництві жувальної гумки.

У медичній практиці в косметології входить до складу крему для ніг.

#### **4.4 Характеристика пожежовибухонебезпечних властивостей речовин і матеріалів, що досліджуються**

**Пожежовибухонебезпе́ка речовин і матеріалів** — це сукупність властивостей, які характеризують їх здатність до виникнення й поширення горіння [80].

основними вимогами пожежної безпеки в лабораторії є [80]:

лабораторні приміщення слід забезпечити вогнегасниками, вміти користуватися первинними засобами пожежогасіння; на дверях лабораторії повинна бути вивішена табличка, де вказано прізвище особи, яка відповідає за протипожежний стан;

приточно-витяжна вентиляція у всіх приміщеннях лабораторії повинна включатися за 30 хвилин до початку роботи і виключатися після закінчення робочого дня;

усі роботи в лабораторії, пов'язані з можливим виділенням токсичних або пожежовибухонебезпечних газів і пару, повинні проводитися тільки у витяжних шафах; витяжні шафи слід постійно утримувати у справному стані; користуватися витяжними шафами з розбитим склом або несправною вентиляцією забороняється;

					<b>НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02</b>	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		61

*У приміщеннях лабораторій забороняється:*

- сушити горючі предмети на опалювальних приладах;
  - залишати без нагляду робоче місце, запалені пальники та інші нагрівні прилади;
  - застосовувати для миття підлоги та обладнання бензин, гас або інші легкозаймісті та горючі рідини;
  - користуватися електронагрівними приладами з відкритою спіраллю;
  - залишати на робочому місці відходи паперу;
  - виливати відпрацьовані легкозаймісті та горючі рідини в каналізацію;
  - загромаджувати та захаращувати проходи, а також підходи до засобів пожежогасіння;
  - палити цигарки;
  - зберігати будь-які речовини, пожежо-небезпечні властивості яких не досліджені;
  - тримати поблизу нагрівальних приладів, пальників та інших джерел відкритого вогню легкозаймісті та горючі рідини;
  - прибирати випадково розлиті легкозаймісті та горючі рідини при працюючих пальниках та включеному електрообладнанні.
  - усі роботи в лабораторії або іншому приміщенні навчального закладу повинні проводитися на справному електрообладнанні;
  - у разі виявлення пошкоджень ізоляції електропроводки, штепселів, розеток та іншої пускорегулюючої апаратури необхідно відразу сповістити особу, відповідальну за енергогосподарство; всі несправності повинні усуватися фахівцем; при загорянні електропроводки або електроприладів необхідно їх відключити, повідомити пожежну охорону та почати гасити пожежу;
  - у випадку припинення подачі струму в електромережу всі електроприлади та електрообладнання слід відключити;
- При експлуатації електрообладнання та електроприладів забороняється:*
- користуватися тимчасовою електропроводкою;

					<b>НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02</b>	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		62

- ремонтувати електрообладнання, яке знаходиться під напругою;
- обгортати електричні лампи розжарювання різними спалимими матеріалами (папером, рушником, пластмасовими плівками тощо).
- переносити з одного місця на інше увімкнені в електромережу електроприлади;
- підключати до клем щитів силової лінії прилади освітлювальної мережі, які розраховані на напругу 220 В;
- замінити запобіжники, які перегоріли, на нестандартні (для цього необхідно використовувати калібровані запобіжники заводського виготовлення);
- загроможувати підступи до розподільчих електрощитів, шаф, ящиків, електрообладнання тощо;

**Соляна кислота** – безбарвна, негорюча їдка рідина. Концентрована (37%) кислота має густину 183,7 кг/м<sup>3</sup>.

При проливанні використовувати розпилену воду, вогнегасні порошки на основі амонійних солей фосфорної та сірчаної кислот (ПФ, П-2АПМ, Вексон-АВС), хлориду калію (ПХК), та сільвініту (ПГС-3, ПГС-М), газові вогнегасні речовини (азот, діоксид вуглецю).

**Етанол** - легкозаймиста безбарвна рідина. Температура кипіння 78,37 °С; температура спалаху 13 °С; температура займання 26 °С; Густина 789,3 кг/м<sup>3</sup>; температура-турні межі поширення полум'я: нижній 11 °С, верхній 41 °С; температура плавлін-ня -114,3 °С; температура самоспалахування 404 °С.

Гасити рекомендується хімічної піною, отриманою з пеногенераторного порошку ПГПС (омилення). За допомогою мила, що знаходиться в порошку, на поверхні палаючої рідини утворюється тонкий гідрофобний шар, що перешкоджає швидкому руйнуванню піни. Повітряно-механічною піною на основі піноутворювача ПО-11, що забезпечує отримання повітряно-механічної піни, стійкої по поверхні спирту, ацетону та інших гідрофільних рідин.

					<b>НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02</b>	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		63

В якості первинних засобів гасіння рекомендується використовувати вогнегасники ОЖ-7 з зарядом 46% - го водного розчину піноутворювача ПО-11, порошкові і газові вогнегасники [76].

**Аміак** - Пари аміаку сильно подразнюють слизові оболонки очей і верхніх дихальних шляхів. Великі концентрації парів аміаку викликають опіки очей, носової порожнини, горла, спричиняють пекучий біль у горлі та витік великої кількості сліз, відчуття різі в очах, стан сильного збудження, марення, різкий розлад дихання, погіршення серцевої діяльності, слабкий пульс, охолодження кінцівок і тіла. У легких випадках отруєння - сухість у горлі, задуха, сльозливість, приступи кашлю.

Суміші аміаку з повітрям вибухонебезпечні. Концентраційні межі аміаку з повітрям за об'ємом складають:

- нижня - 17%;
- верхня - 28 %.

ГДК парів аміаку в повітрі робочої зони 20 мг/м<sup>3</sup> згідно з ГОСТ 3760-79. Клас небезпеки 4 згідно з ГОСТ 12.1.007-76 [74].

**Гідрофосфат амонію** - сіль у вигляді білого порошку.

Фізичні характеристики

- При 70 °С втрачає аміак і переходить в моноамонійфосфат [NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>].
- Тиск дисоціації при 100 ° С - 5 мм рт. ст.
- При 20 °С в 100 г води розчиняється 71 г речовини.
- Кислотність одномолярного розчину - 8,0.
- Відрізняється низькою гігроскопічністю.

Зберігати рекомендовано в сухому закритому приміщенні при кімнатній температурі. В таких умовах термін придатності цієї речовини не обмежений.

Оскільки цей продукт не токсичний і пожежо-, вибухобезпечний, особливих вимог щодо безпеки дотримуватися немає необхідності. Однак цілком доречними є респіратор і робочі рукавиці. А після виконання робіт потрібно помити руки водою з МИЛОМ

					НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02	Лист
						64
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		



Густина – 1,619 г/см<sup>3</sup>, молярна маса – 132,07 г/моль, молекулярна вага – 132,06, t кипіння – 158 °С, t плавлення (з розкладанням) – 155 °С. Отримання цієї речовини можливе при реакції аміаку та ортофосфорної кислоти [77].

**Сечовина** - Молярна маса-60,07 г / моль, щільність-1,32 г / см<sup>3</sup>, температура кипіння-132,7 0С, температура плавлення-174 0С (з розкладанням), розчинність в воді-51,8 г.на 100 мл.

При вдиханні: Забезпечити доступ свіжого повітря. У всіх сумнівних випадках, якщо симптоми не проходять, зверніться до лікаря.

При контакті зі шкірою - промити шкіру водою / прийняти душ. У всіх сумнівних випадках, якщо симптоми не проходять, зверніться до лікаря.

При попаданні в очі - обережно промивати водою протягом декількох хвилин. У всіх сумнівних випадках, якщо симптоми не проходять, зверніться до лікаря.

При ковтанні - прополоскати рот. Звернутися до лікаря / фахівця при поганому самопочутті.

Найбільш важливі симптоми і впливу, як гострі, так і уповільнені - нудота, блювота, кашель, задуха.

Надлишок сечовини в організмі різко гальмує окисно-відновлюючі процеси, блокуючи трикарбоний окислювальний цикл Кребса.

При цьому з трикарбоних циклу відволікаються альфа-кетаглютарова і щавлево-оцтова кетокислоти з утворенням глютамінової та аспарагінової амінокислот.

Це призводить до різкого дефіциту макроергічних сполук (АТФ і КФ), що порушує функцію центральної нервової системи.

Відповідні засоби пожежогасіння в залежності від умов навколишнього середовища - розбризкування води, піна, сухий порошок для гасіння, діоксид вуглецю (СО<sub>2</sub>)

Небезпечні продукти згоряння:

У разі пожежі можуть утворитися: оксиди азоту (NO<sub>x</sub>), окис вуглецю (СО), діоксид вуглецю (СО<sub>2</sub>).

Рекомендації для пожежних:

					НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02	Лист
						65
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

Гасити пожежу з достатньої відстані, дотримуючись звичайних запобіжних заходів. Одягти автономний дихальний апарат.[79]

#### 4.5 Висновки до розділу

В даному розділі виведені питання з безпеки праці в лабораторіях при роботі з речовинами, матеріалами та установками, що використовувалися у дослідженнях; узагальнення, щодо правил та поведження в лабораторії згідно з нормативними документами.

Визначено завдання охорони праці у відповідній сфері; аналіз стану охорони праці внаслідок виробничого травматизму; аналіз наявних небезпек, речовин та матеріалів, що використовувалися в дослідженнях; аналіз пожежної безпеки; рекомендації з удосконалення стану охорони праці - забезпечення безпеки при роботі в лабораторії

У тексті розділу вказані посилання на нормативні документи, що наводяться в даному розділі.

					<b>НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02</b>	Лист
						66
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

## РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАПРОПОНОВАНИХ СКЛАДІВ ВОГНЕЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ

### 5.1. Критерії оцінки ефективності функціонування протипожежного захисту

Для ухвалення рішення про вигідність здійснення інвестиційного проекту, зокрема організаційного, чи технічного заходу, варто визначити його доцільність, як з погляду виробника (комерційна ефективність), так і з позиції національного господарства країни – суспільну ефективність. Глобальна економіка в якості показника ефекту (результату) господарської діяльності розглядає масу національного доходу, а в якості показника ефекту розвитку народного господарства – приріст національного доходу. По аналогії з цим на локальному рівні економіки (в галузях та ланках народного господарства) розглядають показники локального ефекту.

Показником ефекту функціонування протипожежного захисту є розмір відверненого збитку від пожежі  $\Delta Y$ . Економічну доцільність і загальну ефективність капітальних витрат на протипожежний захист можна розрахувати як:

$$Едц = Y/\Phi_{по} \quad (5.1.)$$

$$Езе = \Delta Y/ЕнК \quad (5.2.)$$

де  $\Phi_{по}$  – середньорічна вартість основних фондів, що використовуються для цілей протипожежного захисту (витрати на існуючий протипожежний захист в народному господарстві);

$Y$  – розмір збитку від пожеж в році, що аналізується;

$K$  – капітальні витрати на протипожежний захист ( заходи, що плануються до впровадження).

					НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02	Лист
						67
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

Очевидно, що як економічна доцільність, так і загальна економічна ефективність протипожежного захисту має місце при наступних значеннях показників:

$$У/Фпо > 1; \quad (5.3.)$$

$$\Delta У/ЕнК > 0,12 \quad (5.4.)$$

Комерційна ефективність відображає фінансові наслідки реалізації господарських рішень безпосередньо на підприємстві і визначається співвідношенням фінансових витрат і результатів, що забезпечують необхідну норму прибутковості. Суспільна (соціально-економічна) ефективність враховує витрати і результати, пов'язані з реалізацією проекту, які виходять за межу прямих фінансових інтересів учасників інвестиційного проекту.

Роботи, що виконуються пожежними в екстремальних умовах, належать до складних та небезпечних і проводяться цілодобово та не залежно від пори року. Але у реальних умовах основні небезпечні фактори пожежі, до яких слід віднести відкрите полум'я, теплове випромінювання та конвективне тепло, діють одночасно. Насамперед необхідно, щоб пожежні були не тільки професійно та психологічно підготовлені, але й екіпіровані надійними та ефективними засобами індивідуального захисту, термозахисні характеристики яких повинні бути науково обґрунтовані і досліджені з допомогою приладів і устаткування, що максимально наближають умови експериментів до реальних умов експлуатації. Все це потребує економічних витрат.

Розрахунок збитку будемо проводити за методикою, затвердженою Постановою Кабінету Міністрів України від 15.02.2002 №175 "Про затвердження Методики оцінки збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру" [81].

					<b>НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02</b>	Лист
						68
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

Методику розроблено з метою визначення розмірів збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру (далі - НС), завданих здоров'ю людей та об'єктам національної економіки.

Усі збитки поділяються на види залежно від завданої фактичної шкоди, зокрема від:

- втрати життя та здоров'я населення (Нр);
- руйнування та пошкодження основних фондів, знищення майна та продукції (Мр);
- невироблення продукції внаслідок припинення виробництва (Мп);
- вилучення або порушення сільськогосподарських угідь (Рс/г);
- втрат тваринництва (Мтв);
- втрати деревини та інших лісових ресурсів (Рл/г);
- втрат рибного господарства (Рр/г);
- знищення або погіршення якості рекреаційних зон (Ррек);
- забруднення атмосферного повітря (Аф);
- забруднення поверхневих і підземних вод та джерел, внутрішніх морських вод і територіального моря (Вф);
- забруднення земель несільськогосподарського призначення (Зф);
- а також збитки, заподіяні природно-заповідному фонду (Рпзф).

Метою проведення даного розрахунку являє собою порівняння вартості втрати життя та здоров'я однієї людини, вартості вдосконалення найдешевших рятівних нош та вартість рятівних нош на клас вище вдосконалених.

## 5.2. Розрахункова частина

### 5.2.1 Розрахунок збитків від втрати життя та здоров'я населення

Розмір збитків від втрати життя та здоров'я населення визначається за такою формулою:

$$Нр = \sum Втрр + \sum Вдп + \sum Ввтг \quad (5.5)$$

					НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02	Лист
						69
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

де:

$\sum V_{trp}$  - втрати від вибуття трудових ресурсів з виробництва;

$\sum V_{dp}$  - витрати на виплату допомоги на поховання;

$\sum V_{vtg}$  - витрати на виплату пенсій у разі втрати годувальника;

$$H_p = 47 + 1.8 = 48,8 \text{ тис.грн}$$

Втрати від вибуття трудових ресурсів з виробництва визначаються на підставі даних [76 ]

$$\sum V_{trp} = M_{лN} + M_{тN} + M_{іN} + M_{зN} \quad (5.6)$$

$M_{л}$  - втрати від легкого нещасного випадку 0,28 тис. гривень;

$M_{т}$  - втрати від важкого нещасного випадку 6,5 тис. гривень;

$M_{і}$  - втрати від отримання людиною інвалідності 37 тис. гривень;

$M_{з}$  - втрати від загибелі людини 47 тис. гривень;

$N$  - кількість постраждалих від конкретного виду нещасного випадку.

Приймаємо положення з найгіршим випадком, що пожежний помирає, тому приймаємо

$$\sum V_{trp} = 47 \text{ тис. грн}$$

Витрати на виплату допомоги на поховання розраховуються на підставі даних [76] :

$$\sum V_{dp} = 12 \times M_{dp} \times N_z \quad (5.7)$$

де  $M_{dp}$  - 0,15\* тис. гривень/людину - допомога на поховання (за даними органів соціального забезпечення);

$N_z$  - кількість загиблих;

					НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02	Лист
						70
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

$$\Sigma \text{Вдп} = 12 \times 0,15 \times 1 = 1,8 \text{ тис. грн}$$

Висновок: від втрати життя та здоров'я однією особи нараховуються збитки в розмірі 48,8 тис. грн.

### **5.2.2. Розрахунок собівартості використання запропонованого варіанту вдосконалення нош рятівних**

Розрахуємо собівартість рятівних нош просочених запропонованим нами складом. Для розрахунку беремо ноші, виготовлені з брезенту оскільки вони характеризується найменшим показником вогнестійкості і найдешевші. Так, проаналізувавши ринок в інтернет ресурсах, знайшли рятівні ноші за ціною 1512 грн.

Згідно наших розрахунків, для того, щоб здійснити просочення одного комплекту рятівних нош необхідно 2 літри розчину. До складу розчину входять компоненти в розрахунку за 1 літр та кілограм за дійсною вартістю:

ЕТС-32 - 154 грн. за 1 кг;

соляна кислота - 70 грн. за 1 л;

гідроксид амонію - 50 грн. 1 л;

дисцілована вона - 1 грн за 1 л;

спирт етиловий - 100 грн. за 1 л;

диамонійгідрофосфат - 326 грн. за 1 кг;

рідке скло - 25,2 грн. за 1 кг. (за роздрібною ціною)

дифеніламін – 215 грн. за 1 кг.

всього вартість всіх реагентів : 941,2 грн. за 1 кг/л.

Таким чином, враховуючи концентрації, для приготування 2 л розчину витрачаємо 278 грн.

Використання нагрівальних приладів передбачає використання електроенергії. Для висушування просоченого золем рятівних нош необхідно витримати в сушильній шафі на протязі 6 год за температури 60-80 °С. Сушильна шафа "УХШ-

					НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02	Лист
						71
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

МАШ", українського виробництва, відноситься до 2 класу напруги, енергоспоживання становить 2,0 кВт\*год, продуктивність шафи 3 комплекти за 6 год. Вартість споживання електроенергії згідно тарифів для промислових та прирівняних до них споживачів з приєднаною потужністю менше 750 кВт становить 201,4 коп/кВт\*год. Отже, розраховуємо:

$$6 \times 2,0 = 12 \text{ кВт за 6 год.},$$

На виготовлення комплекту необхідно:  $12 \times 2,01 = 24$  грн.

Амортизаційні відрахування по обладнанню складають 15% від вартості обладнання та обчислюються за формулою:

$$AB = BB_{\text{обл}} \times N_{\text{ав}} / F_{\text{рч}} \times \chi_{\text{тп}} / n \quad (5.7)$$

де:

$n$  – кількість комплектів

$F_{\text{рч}}$  – фонд робочого часу,  $F_{\text{рч}} = N_{\text{рд}} \times T_{\text{рд}} = 1760$  год/рік

$\chi_{\text{тп}}$  – час технологічного процесу 6 год;

$BB_{\text{обл}}$  – балансова вартість обладнання;

$N_{\text{ав}}$  – норма амортизації для обладнання

$AB = 22 \text{ тис. грн} \times 0,15 = 3300 \text{ тис. грн} / 220 \text{ роб. днів} / 8 \text{ годин} \times 6 \text{ годин} / 3 \text{ компл.} = 3,75 \text{ грн.}$

Заробітну плату для працівника, який готує розчин та виконує просочення рятівних нош розраховуємо за такими даними:

середня заробітна плата працівника в галузі хімічної промисловості складає 11 тис. грн.

$11 \text{ тис. за міс.} / 132 \text{ фонд роб часу за міс.} = 83,33 \text{ грн. за 1 час роботи.}$

Трудомісткість процесу по приготуванню розчину і прочування комплектів складає 2,5 год, тоді витрати на з/п складає 208,32 грн.

					<b>НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02</b>	Лист
						72
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		



Приблизний розрахунок вартості робіт пов'язаних з просочуванням рятівних нош наведено у таблиці 5.1

Таблиця 5.1.

Розрахунок вартості робіт пов'язаних з просочуванням рятівних нош

№ з/п	Показник	Одиниця виміру	Всього, грн.
1.	Ціна нош	гривня	1512
2.	Матеріали	гривня	278
3.	Електроенергія	гривня	24
4.	Заробітна плата працівника	гривня	208,32
5.	Нарахування на з/п, 22%	гривня	45,83
6.	Амортизація	гривня	3,75
7.	Загально виробничі витрати, 500% від з/п	гривня	1041,60
8.	Разом	гривня	3113,5
9.	Інші витрати (виставки, ярмарки) 3% від	гривня	93,4
10.	Разом	гривня	3206,9
11.	Прибуток, 22%	гривня	705,5
12.	Разом	гривня	3912,4
13.	ПДВ 20%	гривня	782,48
14.	Всього	гривня	4694,8

Отже, вартість одного комплекту вдосконалених рятівних нош, з покращеними характеристиками становить 4694,8 грн.

### 5.3. Висновки до розділу

Таким чином, провівши розрахунок приблизної вартості рятівних нош з просочуванням, можемо зробити висновок, що в разі використання неякісних засобів захисту, в даному випадку рятівних нош пожежних, втрата трудових ресурсів для країни в 10 разів перевищує вартість просоченого комплекту. Вартість рятівних нош іноземного виробництва коштує в 2-3 рази дорожче вдосконалених нами. Тому вважаємо, що використання розробленого складу є економічно доцільним.

					НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02	Лист
						74
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

## ВИСНОВКИ

В результаті проведених досліджень визначено необхідність розробки захисних покриттів на основі менш коштовного рідкого скла.

Розроблено метод одержання стійкого золю полікремнієвої кислоти, з використанням рідкого скла.

Досліджено вплив золю РС на вогнестійкість та площу пошкодження тканини під дією полум'я.

Показано, що використання сечовини разом з діамоній гідрофосфатом значно підвищує стійкість тканини до дії полум'я, але погіршує її зовнішній вигляд та підвищує жорсткість.

Використання добавки діфеніламіну, особливо при її введенні в золь КП значно підвищує її стійкість до дії полум'я, що дозволило запропонувати розроблений склад для вогнезахисту рятівних нош .

Результати роботи у вигляді модернізованої установки визначення вогнестійкості та глибини пошкодження просочених текстильних матеріалів проваджені в навчальний процес при вивченні дисципліни «Технологія вогнестійких захисних покриттів» в рамках підготовки магістрів за спеціальністю «Хімічні технології та інженерія» за спеціалізацією «Радіаційний та хімічний захист».

Обгрунтована економічна ефективність використання розроблених просочувальних складів.

Технічна новизна розробленого складу підтверджена позитивним рішенням на подану заявку на корисну модель «Захисний одяг пожежного».

					НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02	Лист
						75
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Скородумова О.Б., Тарахно Е.В., Крадожон В.А., Тополь М.Є., Плетюк В.Є. Вогнезахисні покриття по текстильних матеріалах на основі гібридних силіко-фосфатних гелів // Проблемы пожарной безопасности, Сборник научных трудов.- 2018.- выпуск 44.- с.130-136.
2. Скородумова О. Б., Тарахно О. В., Крадожон В. А., Тополь М. Є., Галайда М. П. Дослідження хімічної активності поверхні гібридних гелів SiO<sub>2</sub> – прекурсорів функціональних матеріалів // Проблеми надзвичайних ситуацій. 2018. № 2(28)-С. 83-91.
3. Скородумова О.Б., Тарахно Е.В., Тополь М.Є., Плетюк В.Є. Силіко-фосфатні покриття на основі бінарних композицій золь тетраетоксисилану – антипірени //Проблемы пожарной безопасности, Сборник научных трудов.- 2019.-выпуск 45;с.154-160.
4. СанПиН 2.4.7/1.1.1286-03. Гигиенические требования к одежде для детей, подростков и взрослых. —М., 2003. — 12 с
5. Текшева Л.М. Новые методические подходы к гигиеническому нормированию одежды для детей и взрослых / Л.М. Текшева, Н.К. Барсукова // Вестник РАМН. — 2003. — № 8. — С. 37—39.
6. Осипенко Н.І. Сучасні вимоги до безпеки камвольних тканин / Н.І. Осипенко // Стандартизація, сертифікація, якість. — 2005. — № 5. — С. 57—62.
7. Проданчук М. Г. Сучасні проблеми безпечності текстильних матеріалів та одягу в рамках гармонізації з вимогами стандартів країн Європейського співтовариства / М.Г. Проданчук, Л.Г. Сененко, О.П. Кравчук, І.В. Лєпшошкін // Современные проблемы токсикологии. — 2004. — № 1. — С. 4—6.
8. Проданчук М.Г. Текстильні матеріали та одяг — сучасні проблеми безпеки / М.Г. Проданчук, Л.Г. Сененко, Н.Є. Дишнієвич та ін. // Легка промисловість. — 2004. — № 4. — С. 36—37.

					НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02	Лист
						76
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

9. ДСТУ 4239-2003. Матеріали та вироби текстильні і шкіряні побутового призначення. Основні гігієнічні вимоги. — К. : Держспоживстандарт України, 2004. — IV, 18 с.
10. (Рыбальченко В.В. Влияние статического электричества на износ тканей из химических волокон / В.В. Рыбальченко, А.И. Павлов, А.З. Гончарук // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. — 1974. — № 1. — С. 19—22.
11. Семак З.Н. Влияние строения разнородных плательных тканей на их диэлектрические свойства / З.Н. Семак, Б.Д. Семак, Ю.А. Колеватов // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. — 1981. — № 5. — С. 36—39.
12. Проданчук М.Г. Текстильні матеріали та одяг — сучасні проблеми безпеки / М.Г. Проданчук, Л.Г. Сененко, Н.Є. Дишінєвич та ін. // Легка промисловість. — 2004. — № 4. — С. 36—37.
13. ГОСТ 11209-2014 «Тканины для спецодежды. Загальні технічні вимоги. Методи випробувань»
14. Д. Балаян. Огнестойкие средства индивидуальной защиты: материалы и назначение // «Журнал главного инженера», 2017.- № 10.- с. 3-6.
15. Наказ Міністерства охорони здоров'я України 29.12.2012 № 1138 Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Матеріали та вироби текстильні, шкіряні і хутрові. Основні гігієнічні вимоги»
16. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Кевлар>
17. Тарахно Е.В., Андрющенко Л.А., Кудин А.М., Трефилова Л.Н. Применение кремнийорганических материалов для огнестойкого защитного обмундирования // Проблемы пожарной безопасности. Сб. научн. трудов. — 2014. — Вып. 36. — С. 243 – 258.
18. Adam S. Zerda. Organophosphorous additive for fortification, processibility, and flame retardance of epoxy resins /Adam S. Zerda, Alan J. Lesser // Journal of Applied Polymer Science, 2002.- v. 84, Issue 2.
19. Qiang Li. Synergistic effect of phosphorus, nitrogen, and silicon on flame-retardant properties and char yield in polypropylene /Qiang Li, Pingkai Jiang, Zhanpai Su,

					<b>НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02</b>	Лист
						77
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

- Ping Wei, Genglin Wang, Xiaozhen Tang //Journal of Applied Polymer Science, 2005.- v. 96, Issue 3.
- 20.Lin Zhou. Influence of ammonium polyphosphate modified with 3-(methylacryloyl) propyltrimethoxysilane on mechanical and thermal properties of wood flour–polypropylene composites / Lin Zhou, Chuigen Guo, Liping Li //Journal of Applied Polymer Science, 2011.- v.122, Issue 2
- 21.Paul Joseph. Reactive modifications of some chain- and step-growth polymers with phosphorus-containing compounds: effects on flame retardance / Paul Joseph, Svetlana Tretsiakova-Monally// Polymers for Advanced Technologies, 2011.- v.22, Issue 4.
- 22.Qiang Lin Li. A novel organophosphorus flame retardant: Synthesis and durable finishing of poly (ethylene terephthalate)/cotton blends /Qiang Lin Li, XiuLi Wang , DeYi Wang, Wei-Cheng Xiong, Guang Hong Zhong, Yu Zhong Wang //Journal of Applied Polymer Science, 2010.- v. 117, Issue 5.
- 23.О.Б. Скородумова, Е.В.Тарахно,Д.Ю.Олейник, В.А.Крадожон  
Кремнеземистые огнестойкие эластичные покрытия //Збірник наукових праць ПАТ «УКРНДІ вогнетривів ІМ.А.С.БЕРЕЖНОГО». – 2016 - №116. – С.136-143.
- 24.Akio Nodera. Flame retardancy of polycarbonate–polydimethylsiloxane block copolymer/silica nanocomposites / Akio Nodera , Toshitaka Kanai //Journal of Applied Polymer Science, 2006.- v. 101.- Issue 6.
- 25.Rongjun Song. Flame retardancy and thermal properties of carboxyl-containing polysiloxane derivatives in polycarbonate /Rongjun Song, Liyan Chang, Bin Li // Journal of Applied Polymer Science, 2013.- v. 131.- Issue 5.
- 26.Pei Ni. Flame-retardant behavior of a phosphorus/silicon compound on polycarbonate / Pei Ni, Youyou Fang, Lijun Qian, Yong Qiu //Journal of Applied Polymer Science, 2017.- v. 135.- Issue 6.
- 27.Скородумова О.Б., Тарахно Е.В., Чеботарьова О.М.,Тополь М.Є. Технологічні особливості одержання бінарних захисних покриттів по тканинах в системі

					<b>НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02</b>	Лист
						78
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

золь SiO<sub>2</sub> – антипірени // Проблемы пожарной безопасности, Сборник научных трудов.- 2019.- выпуск 46 – С. 179-186.

- 28.Скородумова О.Б. , Лозовской А.Ю., Тарахно Е.В., Гончаренко Я.Н. Исследование влияния механизма гелеобразования в гибридных золях тетраэтоксисилана на эластичность защитных покрытий // Проблемы пожарной безопасности. – 2015. – Вып. 37. – С. 201-206.
- 29.О. Б. Скородумова, Е. В. Тарахно, Д. Ю. Олейник, Я. Н. Гончаренко, И. В. Шуба. Керамічні, композиційні матеріали й вогнестійкі покриття на основі гібридних гелів монографія – Х.: НУЦЗУ, 2017. - 102 с.
- 30.Multi-component flame resistant coating techniques for textiles. J.Alongi A.Frache G.Malucelli G.Camino Handbook of Fire Resistant Textiles Woodhead Publishing Series in Textiles 2013, Pages 68-93
- 31.Multifunctional, strongly hydrophobic and flame-retarded cotton fabrics modified with flame retardant agents and silicon compounds. Marcin Przybylaka Hieronim Maciejewska Agnieszka Dutkiewicz Dorota Wesolek Maria Władyka-Przybylakc Polymer Degradation and Stability Volume 128, June 2016, Pages 55-64
- 32.Enhancement of flame retardancy and water repellency properties of cotton fabrics using silanol based nano composites Amina L.MohamedManal A.El-SheikhAhmed I.Waly Carbohydrate Polymers Volume 102, 15 February 2014, Pages 727-737
- 33.Development of fire resistant wool polymer composites: Mechanical performance and fire simulation with design perspectives. N.K.Kim D.Bhattacharyya Materials & Design Volume 106, 15 September 2016, Pages 391-403
- 34.Highly flexible cross-linked cellulose nanofibril sponge-like aerogels with improved mechanical property and enhanced flame retardancy. Limin Guoa Zhilin Chena Shaoyi Lyua Feng Fua Siqun Wangab. Carbohydrate Polymers Volume 179, 1 January 2018, Pages 333-340
- 35.inhibitory action of P- and Si-containing precursors in sol–gel coatings on the thermal degradation of polyamide 6. Alisa Šehića Brigita Tomšič Ivan Jerman Jelena Vasiljević Jožef Medved Barbara Simončič. Polymer Degradation and Stability Volume 128, June 2016, Pages 245-252

					НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02	Лист
						79
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

36. Influence of layer by layer coatings containing octapropylammonium polyhedral oligomeric silsesquioxane and ammonium polyphosphate on the thermal stability and flammability of acrylic fabrics/ Federico Carosio Jenny Alongi. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis Volume 119, May 2016, Pages 114-123
37. Cotton fabrics treated with novel oxidic phases acting as effective smoke suppressants. Jenny Alongi Giulio Malucelli. Carbohydrate Polymers Volume 90, Issue 1, 1 September 2012, Pages 251-260
38. Improvement of flame retardancy of silk fabric by bio-based phytic acid, nano-TiO<sub>2</sub>, and polycarboxylic acid. Xian-Wei Cheng Jin-Ping Guan Xu-Hong Yang Ren-Cheng Tang. Progress in Organic Coatings Volume 112, November 2017, Pages 18-26
39. High flame retardancy of oxidized polyacrylonitrile fibers prepared by effective plasma-assisted thermal stabilization and electron-beam irradiation. Hyun-Sig Kila Sungho Lee. Composites Part B: Engineering Volume 178, 1 December 2019, 107458
40. Enhancement in flame retardancy of cotton fabric by using surfactant-aided polymerization. Saroj Nehra Srinivas Hanumansetty Edgar A.O'Rear J.B.Dahiya. Polymer Degradation and Stability Volume 109, November 2014, Pages 137-146
41. Preparation of photo curable highly hydrophobic coatings using a modified castor oil derivative as a sol-gel component. Yusuf Mülazim Emrah Çakmakçı Memet Vezir Kahraman. Progress in Organic Coatings Volume 72, Issue 3, November 2011, Pages 394-401
42. Hybrid phosphorus-doped silica architectures derived from a multistep sol-gel process for improving thermal stability and flame retardancy of cotton fabrics. Jenny Alongi Claudio Colleoni Giulio Malucelli Giuseppe Rosace. Polymer Degradation and Stability Volume 97, Issue 8, August 2012, Pages 1334-1344
43. Construction of anti-flame network structures in cotton fabrics with pentaerythritol phosphate urea salt and nano SiO<sub>2</sub> Tianchi Zhou Haodong Xu Lu Cai Juanjuan Wang Applied Surface Science Volume 507, 30 March 2020, 145175

					<b>НУЦЗУ.2.19-48.CX та ХТ.ППЗ.02</b>	Лист
						80
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		



44. Synthesis, characterization and properties of novel self-extinguishing organic–inorganic nanocomposites containing nitrogen, silicon and phosphorus via sol–gel method. Chin-Lung Chiang Ri-Cheng Chang. Composites Science and Technology Volume 68, Issue 14, November 2008, Pages 2849-2857
45. Preparation of electromagnetic reflective wool using nano-ZrO<sub>2</sub>/citric acid as inorganic/organic hybrid coating. Mazeyar Parvinezadeh Gashti Arash Almasian Mahyar Parvinezadeh Gashti. Sensors and Actuators A: Physical Volume 187, November 2012, Pages 1-9
46. Living radical polymerization and grafting of diethyl (acryloyloxy) ethylthiophosphoramidate onto cotton fabric to impart flame retardancy. Inderjeet Kaur Sanjeev K. Verma. Surface and Coatings Technology Volume 205, Issue 7, 25 December 2010, Pages 2082-2090
47. Sol-gel coatings from DOPO-alkoxysilanes: Efficacy in fire protection of polyamide 66 textiles. Chanchal Kumar Kundu, Lei Song, Yuan Hu. European Polymer Journal • Volume 125 • 15 February 2020 • Article Number 109483
48. Thermal stability, flame retardancy and mechanical properties of cotton fabrics treated with inorganic coatings synthesized through sol–gel processes. Jenny Alongi, Mihaela Ciobanu, Giulio Malucelli. Carbohydrate Polymers • Volume 87, Issue 3 • 14 February 2012 • Pages 2093-2099
49. Flame retardancy and thermal behavior of cotton fabrics based on a novel phosphorus-containing siloxane. Zhiming Jiang, Hao Li, Yewei He, Yun Liu, ... Ping Zhu. Applied Surface Science • Volume 479 • 15 June 2019 • Pages 765-775
50. Influence of organophosphorous silica precursor on the thermal and fire behaviour of a PA66/PA6 copolymer. J. Sahyoun, V. Bounor-Legaré, L. Ferry, R. Sonnier, ... P. Cassagnau. Polymer Degradation and Stability • Volume 115 • May 2015 • Pages 117-128
51. Sol–gel derived architectures for enhancing cotton flame retardancy: Effect of pure and phosphorus-doped silica phases. Jenny Alongi, Claudio Colleoni, Giuseppe Rosace, Giulio Malucelli. Polymer Degradation and Stability • Volume 99 • January 2014 • Pages 92-98

					<b>НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.ППЗ.02</b>	Лист
						81
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

52. Layer by Layer ammonium polyphosphate-based coatings for flame retardancy of polyester–cotton blends. Federico Carosio, Jenny Alongi, Giulio Malucelli. Carbohydrate Polymers•Volume 88, Issue 4•16 May 2012•Pages 1460-1469
53. Flame retardant modification of acrylic fiber with hydrazine hydrate and sodium ions. Wanli Zhou, Xiang Yan, Pengqing Liu, Mengjin Jiang, Jianjun Xu. Journal of Applied Polymer Science Volume 132, Issue 22. First published: 06 February 2015
54. Synthesis of a melamine-cyclotriphosphazene derivative and its application as flame retardant on cotton gauze. Meixiang Lv, Chunfeng Yao, Dingqiao Yang, Heping Zeng. Journal of Applied Polymer Science Volume 133, Issue 25. First published: 15 March 2016
55. Durable flame-retardant and antidroplet finishing of polyester fabrics with flexible polysiloxane and phytic acid through layer-by-layer assembly and sol–gel process. Zhenlin Jiang, Chaosheng Wang, Shuying Fang, Peng Ji, Huaping Wang, Chengchang Ji. Journal of Applied Polymer Science Volume 135, Issue 27. First published: 23 March 2018
56. S. Doroudiani, B. Doroudiani, Z. Doroudiani. 9 - Materials that release toxic fumes during fire/ Toxicity of Building Materials // Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering, 2012, P. 241-282.
57. R. J. Law 11- Brominated flame retardants in foods / Persistent Organic Pollutants and Toxic Metals in Foods // Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, 2013, P. 261-278.
58. I. A. Malak, R. Cariou, A. Vénisseau, G. Dervilly-Pinel, F. Jaber, M. Babut, B. Le Bizec. Occurrence of Dechlorane Plus and related compounds in catfish (Silurus spp.) from rivers in France // Chemosphere, 2018, Volume 207, P. 413-420.
59. M. Ilyas, A. Sudaryanto, I. E. Setiawan, A. S. Riyadi, T. Isobe, S. Tanabe. Characterization of polychlorinated biphenyls and brominated flame retardants in sludge, sediment and fish from municipal dumpsite at Surabaya, Indonesia // Chemosphere, 2013, Volume 93, Issue 8, P. 1500-1510.

					<b>НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.ППЗ.02</b>	Лист
						82
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

60. W. Tao, Z. Zhou, L. Shen, B. Zhao Determination of dechlorane flame retardants in soil and fish at Guiyu, an electronic waste recycling site in south China // *Environmental Pollution*, 2015, Volume 206, P. 361-368.
61. Anna-Lena Egebäck, Ulla Sellström, Michael S. Mc Lachlan. Decabromodiphenyl ethane and decabromodiphenyl ether in Swedish background air // *Chemosphere*, 2012, Volume 86, Issue 3, P. 264-269.
62. Mikael Remberger, John Sternbeck, Anna Palm, Lennart Kaj, Katarina Strömberg, Eva Brorström-Lundén. The environmental occurrence of hexabromocyclododecane in Sweden // *Chemosphere* 2004, Volume 54, Issue 1, P. 9-21.
63. M. Karlsson, A. Julander, B. van Bavel, L. Hardell. Levels of brominated flame retardants in blood in relation to levels in household air and dust // *Environment International*, 2007, Volume 33, Issue 1, P. 62-69.
64. Ki-In Choi, Suk-Hui Lee, Masahiro Osako. Leaching of brominated flame retardants from TV housing plastics in the presence of dissolved humic matter // *Chemosphere*, 2009, Volume 74, Issue 3, P. 460-466.
65. She-Jun Chen, Yun-Juan Ma, Jing Wang, Mi Tian, Xiao-Jun Luo, Da Chen, Bi-Xian Mai. Measurement and human exposure assessment of brominated flame retardants in household products from South China // *Journal of Hazardous Materials* 2010, Volume 176, Issues 1–3, 15, P. 979-984.
66. Pérez-Maldonado Iván N., Ramírez-Jiménez María del Rocio, Martínez-Arévalo Laura P. López-Guzmán O. Dania, Athanasiadou Maria, Bergman Åke, Yarto-Ramírez Mario, Gavilán-García Arturo, Yáñez Leticia, Díaz-Barriga Fernando. Exposure assessment of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in Mexican children // <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2009.01.083>
67. A. Marklund, B. Andersson, P. Haglund. Screening of organophosphorus compounds and their distribution in various indoor environments // *Chemosphere*, 2003, Volume 53, Issue 9, P. 1137-1146.
68. J-W. Kim, T. Isobe, M. Muto, N. M. Tue, K. Katsura, G. Malarvannan, A. Sudaryanto, K.-H. Chang, M. Prudente, P. H. Viet, S. Takahashi, S. Tanabe.

					<b>НУЦЗУ.2.19-48.CX та ХТ.ППЗ.02</b>	Лист
						83
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

- Organophosphorus flame retardants (PFRs) in human breast milk from several Asian countries // Chemosphere, 2014, Volume 116, P. 91-97.
69. Developments in phosphorus flame retardants. S.V. Levchik, E.D. Weil. *Advances in Fire Retardant Materials* • 2008 • Pages 41-66
70. Effect of chicken-feather protein-based flame retardant on flame retarding performance of cotton fabric. Xueyan Wang, , Changqin Lu, Chenxiao Chen. *Journal of Applied Polymer Science* Volume 131, Issue 15. First published: 06 March 2014
71. ПП 1.4.32-186-2001. Примірна інструкція з охорони праці при роботах з кислотами
72. ДСТУ 4221:2003. Спирт етиловий ректифікований. Технічні умови.
73. Основи охорони праці. Показники пожежовибухонебезпеки речовин і матеріалів.
74. ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (с Изменениями N 1, 2)
75. Мананков, А. В. Урбоэкология и техносфера : учебник и практикум для академического бакалавриата / А. В. Мананков. — Москва : Издательство Юрайт, 2018. — 494 с.
76. ГОСТ 12.1.044-89\* «ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения»
77. Нейланд О. Я. Органическая химия: Учебник для химических специальностей вузов: Высшая школа, 1990. — с. 645—646.
78. Чем грозит автоиндустрии череда топливных скандалов: Мировой бизнес: Бизнес: Lenta.ru
79. Наказ міністерства освіти України від 15.08.2016 № 974 «Про затвердження Правил пожежної безпеки для навчальних закладів та установ системи освіти України».

					<b>НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02</b>	Лист
						84
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		

80.Забезпечення пожежної безпеки в лікувально-профілактичних закладах (<https://oppb.com.ua/docs/zabezpechennya-pozhezhnoyi-bezpeki-v-likuvalno-profilaktichnih-zakladah>).

81.Постанова Кабінету Міністрів України від 15.02.2002 №175 "Про затвердження Методики оцінки збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру"/ Кабінет Міністрів України. – Офіц. вид. – К.: Парлам. вид-во, 2002. – 1 с. – (Бібліотека офіційних видань).

					<b>НУЦЗУ.2.19-48.СХ та ХТ.РПЗ.02</b>	Лист
						85
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		