

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 механізму вогнезахисту текстильних матеріалів

Виконав: здобувач вищої освіти 2 курсу за
другим (магістерським) рівнем вищої освіти,
групи ЗМХТ-19
галузі знань (освітньо-професійної програми)
16 «Хімічна та біоінженерія»
«Радіаційний та хімічний захист»
Роман МАСЛОВСЬКИЙ

Керівник: Олена ТАРАХНО

Рецензент: Андрій ЛІСНЯК

Харків – 2021 року

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 СХтаХТ
полковник служби цивільного захисту
к.т.н., доцент

Олена ТАРАХНО

“ ” 2021 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Масловському Роману Олексійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Дослідження механізму вогнезахисту текстильних матеріалів
керівник роботи Тарахно Олена Віталіївна, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом НУЦЗУ України від “22” лютого 2021 року №28

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи _____
3. Вихідні дані до роботи: Вогнезахист, обробка текстильних матеріалів, поліефірні волокна, кисневий індекс.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
 1. Сучасний стан питання дослідження механізму вогнезахисту текстильних матеріалів
 2. Теоретичні аспекти зниження горючості і методи отримання вогнезахисних текстильних матеріалів на основі целюлозних, поліефірних і сумішевих волокон
 3. Методи оцінки пожежної небезпеки текстильних матеріалів
 4. Дослідження порівняльної ефективності дії вогнезахисних складів на тканинах з целюлозних і поліефірних волокон і їх сумішей
 5. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень / слайдів)

1. Титул – 1 слайд.
2. Мета роботи та завдання – 1 слайд.
3. Склад токсичних продуктів горіння волокон – 1 слайди.
4. Характеристика ефективності вогнезахисту – 1 слайди
5. Основні властивості термостійких волокон і ниток – 1 слайд
6. Результати експериментальних досліджень оцінки ефективності зазначених складів на тканинах з натуральних волокон – 2 слайди
7. Розробка Залежність довжини обвуглене ділянки від кількісного вмісту ПЕ складової в тканини з суміші волокон – 1 слайди
8. Залежність значення КІ від кількісного вмісту ПЕ складової в тканини з суміші волокон «ПЕ-хлопок» - 1 слайд
9. Висновки – 1 слайд

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
	Дейнека В.В. доцент кафедри СХтаХТ		

7. Дата видачі завдання _____.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Підбір джерел інформації, обґрунтування вибору дослідницьких методик	08.03.2021	
2.	Складання плану кваліфікаційної роботи	08.03.2021	
3.	Аналітичний огляд джерел інформації	13.03.2021	
4.	Сучасний стан питання дослідження механізму вогнезахисту текстильних матеріалів	13.03.2021	
5.	Теоретичні аспекти зниження горючості і методи отримання вогнезахисних текстильних матеріалів на основі целюлозних, поліефірних і сумішевих волокон	20.03.2021	
6.	Методи оцінки пожежної небезпеки текстильних матеріалів	30.03.2021	
7.	Дослідження порівняльної ефективності дії вогнезахисних складів на тканинах з целюлозних і поліефірних волокон і їх сумішей	10.04.2021	
8.	Висновки	20.04.2021	
9.	Виконання графічної частини	01.05.2021	
10.	Охорона праці під час захисного оброблення деревини антипіренами	28.04.2021	
11.	Оформлення пояснювальної записки	29.04.2021	
12.	Відправлення кваліфікаційної роботи на рецензування	10.05.2021	
13.	Подання кваліфікаційної роботи на допуск до захисту	17.05.2021	
14.	Захист кваліфікаційної роботи	21.05.2021	

Здобувач вищої освіти _____ Роман МАСЛОВСЬКИЙ
(підпис) (прізвище та ініціали)Керівник роботи _____ Олена ТАРАХНО

РЕФЕРАТ

Звіт про КР 77 с., 7 рис., 11 табл., 105 джерел, 0 додатки.

Ключові слова: Вогнезахист, обробка текстильних матеріалів, поліефірні волокна, кисневий індекс.

Об'єкт досліджень: вплив вогнезахисних складів для просочування на пожежну безпеку текстильних матеріалів.

Мета роботи: обґрунтування вибору ефективного вогнезахисту ТМ і контролю її якості на основі вивчення механізму і кінетики їх термолізу, принципів і критеріїв прогнозування пожежної небезпеки і встановлення особливостей використання вогнезахисних засобів, залежно від функціонального призначення матеріалів.

Стислий зміст роботи та висновки: в роботі було досліджено закономірності кінетики термолізу ряду ТМ, їх взаємозв'язок з виникненням і розвитком горіння; досліджено закономірності зміни кінетики ТМ під впливом ЗГ, механізм вогнезахисного дії різних ЗГ і оцінили їх ефективність; в залежності від кількісного співвідношення «поліефір-бавовна (віскоза)» потрібен різний підхід до вибору за кількістю і реакційної здатності засобів вогнезахисту; виявлена необхідність обліку текстильного напрямку домінуючою поліефірної складової при оцінці ефективності вогнезахисту тканин з суміші волокон; встановлено, що для суміші волокон «поліефір-хлопок» у порівнянні з вихідними волокнами характерна зміна динаміки і температурного інтервалу виділення горючих газів, що обумовлює високу горючість зазначених сумішей волокон.

Висновки:

- досліджені закономірності кінетики термолізу ряду ТМ, їх взаємозв'язок з виникненням і розвитком горіння;
- досліджені закономірності зміни кінетики ТМ під впливом ЗГ, механізм вогнезахисного дії різних ЗГ і оцінили їх ефективність;
- в залежності від кількісного співвідношення «поліефір-бавовна (віскоза)» потрібен різний підхід до вибору за кількістю і реакційної здатності засобів вогнезахисту;
- виявлена необхідність обліку текстильного напрямку домінуючою поліефірної складової при оцінці ефективності вогнезахисту тканин з суміші волокон;
- встановлено, що для суміші волокон «поліефір-хлопок» у порівнянні з вихідними волокнами характерна зміна динаміки і температурного інтервалу виділення горючих газів, що обумовлює високу горючість зазначених сумішей волокон;
- встановлено, що зниження пожежної небезпеки для спеціального захисного одягу отримано при оптимальному співвідношенні компонентів в суміші тканини з волокон «поліефір: бавовна» (40:60) в присутності антипірену.

Область використання: результати проведеної роботи можна використовувати при розробці нових вогнезахисних складів на основі для просочення виробів з текстильних матеріалів.

ABSTRACT

QW report: 77 pages, 7 figures, 11 tables, 105 sources, 0 appendices.

Key words: Fire protection, textile processing, polyester fibers, oxygen index.

Object of research: the influence of fire-retardant compounds for impregnation on the fire safety of textile materials.

Purpose: substantiation of the choice of effective fire protection TM and quality control based on the study of the mechanism and kinetics of their thermolysis, principles and criteria for forecasting fire hazard and establishing the features of fire protection, depending on the functional purpose of materials.

Summary of the work and conclusions: the laws of the kinetics of thermolysis of a number of TMs, their relationship with the origin and development of combustion were studied in the work; regularities of change of TM kinetics under the influence of ZG, the mechanism of fire-protective action of various ZG are investigated and their efficiency is estimated; depending on the quantitative ratio of "polyester-cotton (viscose)" requires a different approach to the choice of quantity and reactivity of flame retardants; the need to take into account the textile direction of the dominant polyester component in assessing the effectiveness of fire protection of fabrics from a mixture of fibers; found that the mixture of fibers "polyester-cotton" in comparison with the original fibers is characterized by a change in the dynamics and temperature range of combustible gases, which causes high flammability of these mixtures of fibers ;

Conclusions:

- the regularities of thermolysis kinetics of a number of TMs, their interrelation with the origin and development of combustion have been studied;
- studied the patterns of changes in the kinetics of TM under the influence of GH, the mechanism of fire-retardant action of different GH and evaluated their effectiveness;
- depending on the quantitative ratio of "polyester-cotton (viscose)" requires a different approach to the choice of quantity and reactivity of flame retardants;
- identified the need to take into account the textile direction of the dominant polyester component in assessing the effectiveness of fire protection of fabrics from a mixture of fibers;
- it is established that the mixture of fibers "polyester-cotton" in comparison with the original fibers is characterized by a change in the dynamics and temperature range of combustible gases, which causes high flammability of these mixtures of fibers;
- it was found that the reduction of fire hazard for special protective clothing was obtained with the optimal ratio of components in the mixture of fabrics made of fibers "polyester: cotton" (40:60) in the presence of flame retardant.

Scope: the results of this work can be used in the development of new fire-retardant compositions based on the impregnation of textile products.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
Розділ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ ВОГНЕЗАХИСТУ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ	8
Розділ 2. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ЗНИЖЕННЯ ГОРЮЧОСТІ І МЕТОДИ ОТРИМАННЯ ВОГНЕЗАХИЩЕНИХ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ЦЕЛЮЛОЗНИХ, ПОЛЕФІРНИХ І СУМІШЕВИХ ВОЛОКОН.....	12
2.1 Взаємозв'язок параметрів пожежної небезпеки з хімічним складом і структурою волокнистих полімерних матеріалів	12
2.2 Термостійкі волокна і специфіка їх поведінки в області високих температур	17
Розділ 3. МЕТОДИ ОЦІНКИ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ	32
3.1 Оцінювання пожежної небезпеки текстильних елементів інтер'єру.....	33
3.2 Методи випробувань постільних речей	34
3.3 Методи випробувань спеціального робочого одягу	36
3.4 Методи випробувань елементів м'яких меблів	37
3.5 Методи випробувань підлогових текстильних килимових покриттів.....	41
Розділ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ПОРІВНЯЛЬНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІЇ ВОГНЕЗАХИСНИХ СКЛАДІВ НА ТКАНИНАХ З ЦЕЛЮЛОЗНИХ І ПОЛЕФІРНИХ ВОЛОКОН І ЇХ СУМІШЕЙ.....	46
Розділ 5. ВИБІР ЗАСОБІВ ВОГНЕЗАХИСТУ ДЛЯ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ СПЕЦІАЛЬНОГО РОБОЧОГО ОДЯГУ	56
5.1. Обґрунтування вибору оптимального співвідношення компонентів в тканинах з суміші волокон для ефективною вогнезахисту при наявності сповільнювачів горіння.....	56

					НУЦЗУ.2.19-18.СХтаХТ.РПЗ-08					
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата						
Розробив	Масловський Р.О.				Дослідження механізму вогнезахисту текстильних матеріалів			Літ.	Аркуш	Аркуші
Перевірів	Тарахно О.В.							М	Р	Р
Н. контр	Скородумова О.Б.				ЗМХТ-19					
Затвердив	Тарахно О.В.									

5.2 Вплив вогнезахисної обробки на основні експлуатаційні властивості тканин спеціального захисного одягу	66
ВИСНОВКИ	70
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ.....	71

ВСТУП

Актуальність проблеми. Забезпечення пожежної безпеки є важливим державним завданням [1]. Текстильні матеріали (ТМ) досить широко застосовуються у всіх галузях господарства, однак поряд з численними перевагами мають підвищену пожежну небезпеку. ТМ, в основі яких лежать природні або хімічні органічні полімерні волокна, - легкозаймисті, швидко поширюють полум'я по поверхні і реально можуть бути і є джерелами загоряння. Особливо зростає ризик загоряння з наслідками в місцях масового перебування людей - готелях, лікарнях, школах, дитячих установах, залізничному транспорті, літаках, автомобілях та ін.

Принципово підвищувати вогнезахисні властивості можна двома шляхами - створювати матеріали з термостійких волокон або використовувати спеціальні вогнезахисні склади, що знижують пожежну небезпеку ТМ.

З огляду на складність і багатогранність проблеми забезпечення вогнезахисту ТМ без втрати ними функціональних властивостей і цінової доступності для широкого застосування, представляється актуальною проблемою обґрунтувати вимоги пожежної безпеки для вибору необхідного і достатнього рівня найбільш ефективного способу і засоби вогнезахисту і контролю його якості з урахуванням практичного призначення матеріалів.

Виходячи з викладених міркувань, була визначена мета досліджень і сформульована наступна робоча гіпотеза: вибір ефективної вогнезахисту і контролю її якості за допомогою встановлення механізму дії різноманітних компонентів, що пригнічують процеси термолізу і горіння ТМ, а також комплексної оцінки пожежної небезпеки в залежності від функціонального призначення з подальшою розробкою заходів щодо зниження пожежної небезпеки.

Метою цієї роботи є обґрунтування вибору ефективного вогнезахисту ТМ і контролю її якості на основі вивчення механізму і кінетики їх термолізу, принципів і критеріїв прогнозування пожежної небезпеки і встановлення особливостей

					НУЦЗУ.2.19-18.СХтаХТ.РПЗ-08	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		6

використання вогнезахисних засобів, залежно від функціонального призначення матеріалів.

В роботі вирішені наступні завдання:

- досліджені закономірності кінетики термолізу ряду ТМ, їх взаємозв'язок з виникненням і розвитком горіння;
- досліджені закономірності зміни кінетики ТМ під впливом ЗГ, механізм вогнезахисного дії різних ЗГ і оцінили їх ефективність;
- в залежності від кількісного співвідношення «поліефір-бавовна (віскоза)» потрібен різний підхід до вибору за кількістю і реакційної здатності засобів вогнезахисту;
- виявлена необхідність обліку текстильного напрямку домінуючою поліефірної складової при оцінці ефективності вогнезахисту тканин з суміші волокон;
- встановлено, що для суміші волокон «поліефір-хлопок» у порівнянні з вихідними волокнами характерна зміна динаміки і температурного інтервалу виділення горючих газів, що обумовлює високу горючість зазначених сумішей волокон;

					НУЦЗУ.2.19-18.СХтаХТ.РПЗ-08	Лист
						7
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Розділ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ ВОГНЕЗАХИСТУ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

До числа великих відкриттів ХХ століття слід віднести синтез волокноутворюючих полімерів з низькомолекулярних сполук (мономерів) в промислових реакторах. Такі полімери на відміну від природних (бавовна, льон, вовна) назвали синтетичними. З'явилася можливість створення волокон з різноманітними властивостями. Цьому сприяв розвиток хімії полімерів, різноманітність високомолекулярних сполук, синтезованих з продуктів переробки нафти, газу, кам'яного вугілля і т.д.

З багатотоннажних волокон до штучних відносяться віскозні, мідно-аміачні, ацетатні і триацетатні, а до синтетичних - поліамідні, ПЕ, поліакрилонітрильні, поліолефінові, поліуретанові, полівінілспіртові. Для хімічних волокон існують великі можливості зміни складу полімерів (шляхом синтезу нових волокноутворюючих з'єднань, модифікації існуючих), а, отже, і властивостей одержуваних волокон.

Хімічні волокна, як і натуральні, характеризуються комплексом цінних властивостей. Часто властивості натуральних і хімічних волокон доповнюють один одного, що дає можливість отримувати з їх сумішей вироби високої якості. За багатьма властивостями хімічні волокна істотно перевершують природні, що робить їх незамінними в окремих галузях народного господарства. Найважливішою перевагою хімічних волокон в порівнянні з натуральними є їх велика однорідність по товщині (лінійної щільності), довжині волоконця і іншими показниками. До основних властивостей хімічних волокон відносяться міцність, подовження, модуль пружності, стійкість до багаторазових деформацій і стирання, стійкість виробів з хімічних волокон до зминання, гігроскопічність, електризуємість, усадка, хімічна стійкість.

Хімічні волокна використовуються для виробництва тканин і виробів побутового та технічного призначення. Волокно в чистому вигляді і в суміші

					НУЦЗУ.2.19-18.СХтаХТ.РПЗ-08	Лист
						8
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

використовується для вироблення тканин, нетканих матеріалів, при виробництві килимових виробів, тарних і меблевих тканин, тканин захисного одягу, гардинно-тюлевих виробів.

В даний час випуск синтетичних волокон становить 80% від загальної кількості вироблюваних хімічних волокон. Випереджаючими темпами в останнє десятиліття росте виробництво поліефірних (ПЕ) волокон. У 2001 р світове виробництво ПЕ досягло 31 млн.т., в той час як в 1996 р воно становило трохи більше 19,3 млн.т. Слід зазначити, що 62,5% виробництва ПЕ продукції припадає на переробку волокон. Про домінуючий розвиток ПЕ волокон і ниток серед інших видів хімічних волокон загальновідомо: їх частка збільшиться з 51% в 1995 р. до 65% 2005 [2].

У той же час, не дивлячись на високу практичну цінність ТМ, підвищена пожежна небезпека стримує їх широке використання в областях, пов'язаних з необхідністю застосування матеріалів зниженої горючості. Статистика пожеж в будівлях і приміщеннях, де використовувалися синтетичні і натуральні ТМ як штор, драпіровок, завіс, оздоблювальних і набивальних матеріалів при виготовленні м'яких меблів, спальних приладдя, килимових покриттів свідчить про тенденцію збільшення їх числа і зростання збитків [3].

Аналіз динаміки розвитку пожежі свідчить, що ТМ під час пожежі, як правило, небезпечні на його ранній стадії розвитку і можуть сприяти поширенню вогню по будівлі, блокування шляхів евакуації і мати вирішальний вплив на матеріальні збитки і загибель людей. Вони легкозаймісті, при їх горінні виділяються високотоксичні газоподібні продукти, в більшості своїй мають високу димоутворювальну здатність.

Загибель людей в більшості випадків настала в початковій стадії пожежі переважно від задухи і отруєння продуктами горіння до прибуття пожежних підрозділів. Дослідження показали, що, наприклад, при загорянні постільних речей, оббивки м'яких меблів від тліючої цигарки спляча людина гине від продуктів розкладання і горіння матеріалів на 5-6 хвилині. Особливу небезпеку такі пожежі

					НУЦЗУ.2.19-18.СХтаХТ.РПЗ-08	Лист
						9
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

становлять для готелів, будинків лікарень, інтернатів для громадян похилого віку та інвалідів, дитячих установ та інших об'єктів з масовим перебуванням людей.

Токсичність продуктів горіння волокон і волокнистих матеріалів є важливою характеристикою пожежної небезпеки. У таблиці 1.1 наведено склад продуктів згоряння деяких волокон [4, 5].

Таблиця 1.1

Склад токсичних продуктів горіння волокон

Волокно	Температура піролізу, градусів Цельсія					
	400			600		
	CO	HCN	HCl	CO	HCN	HCl
Бавовона	0,2	—	—	22,0	—	-
Віскозне	0,1	—	—	21,0	—	-
Вовняне	—	—	—	15,0	1,0	—
ПЕ	—	-	—	15,0	-	-
Поліамид - 6,6	—	—	—	13,0	1,2	-
Акрилове	—	0,5	—	7,0	2,6	-
Модакрилове	—	1,5	—	7,0	1,5	5,0
Хлорвинилове	-	-	—	5,0	-	43,0
Полиамидне	-	-	-	3,0	—	-
Ароматичне поліамідне	-	-	—	2,0	-	-

З наведених даних випливає, що натуральні і синтетичні текстильні волокна, крім спеціальних термостійких волокон, при температурі 500 - 1000 °С мають високу швидкість утворення газів. В результаті газовий потік, що виділяється при термічному розкладанні волокон, буде швидко знижувати об'ємний вміст кисню і збагачуватися газами CO, HCN, HCl, що може вплинути на ситуацію, пов'язану з безпечною евакуацією людей при пожежах.

Зниження пожежної небезпеки ТМ, прогнозування їх поведінки при пожежах, науково-обґрунтована оцінка їх пожежно-технічних характеристик є актуальною проблемою, яка потребує вирішення.

					<i>НУЦЗУ.2.19-18.СХтаХТ.РПЗ-08</i>	Лист
						11
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Розділ 2. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ЗНИЖЕННЯ ГОРЮЧОСТІ І МЕТОДИ ОТРИМАННЯ ВОГНЕЗАХИЩЕНИХ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ЦЕЛЮЛОЗНИХ, ПОЛЕФІРНИХ І СУМІШЕВИХ ВОЛОКОН

2.1 Взаємозв'язок параметрів пожежної небезпеки з хімічним складом і структурою волокнистих полімерних матеріалів

Горіння полімерних, в тому числі ТМ, включає сукупність складних фізичних і хімічних процесів [5, 6]. Механізми горіння, що розглядаються різними авторами, різноманітні, але мають загальну схему - при горінні полімерів на поверхні і всередині протікають різні фізико хімічні процеси - термічне і термоокисне розкладання. Характеристики горіння полімерних матеріалів визначаються кінетичними закономірностями процесів піролізу, структурою полімеру, а також його термодинамічними і теплофізичними властивостями.

Горіння ТМ, на думку авторів [5, 6], визначається в основному наступними факторами:

- хімічним складом, будовою і тонкої фізичною структурою волокноутворюючого полімеру;
- фізичними характеристиками матеріалу;
- геометричною структурою текстильного матеріалу (товщиною нитки, щільністю);
- характером горіння матеріалу в залежності від умов навколишнього середовища.

Склад і структура текстильного матеріалу є основними параметрами, що впливають на його пожежонебезпечні властивості, оскільки характер термічної деструкції у різних типів полімерів відрізняється.

Всі існуючі полімери за характером термічної деструкції можна розділити на три основні типи:

					НУЦЗУ.2.19-18.СХтаХТ.РПЗ-08	Лист
						12
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- деструкуючих цілком з розривом основному ланцюзі;
- деструкуючих з відривом бічних фрагментів і виділенням газоподібних продуктів і коксового залишку;
- зшиті полімери, при деструкції яких виділяється мало газоподібних продуктів при значній кількості коксового залишку.

Існує ряд підходів до визначення здатності полімерів до горіння, заснованих на даних по хімічному складі, фізичним і теплофізичних властивостях полімерів. На підставі вивчених закономірностей термоокисного розкладання і горіння полімерів розробляються способи і засоби зниження пожежної небезпеки.

У разі карбонізуючихся полімерів на поверхні твердої фази відбувається накопичення коксового залишку, що призводить до безперервного зміни умов тепло- і масообміну в конденсованій фазі, тобто зменшується вихід легколетких горючих вуглеводнів в продуктах піролізу, а що утворюється кокс екранує полімер від теплового потоку і полум'я, знижує температуру поверхні матеріалу, ускладнює вихід горючих газоподібних продуктів в зону горіння.

При термоокисному розкладанні ряду полімерів утворюється значна кількість летючих, в тому числі горючих продуктів, що потрапляють в газову фазу горіння. В результаті інтенсивного протікання окислювальних процесів в газовій фазі виділяється значна кількість тепла, що сприяє стійкому горінню полімеру. Отже, для пригнічення процесу горіння необхідно зменшити можливість протікання окисли-них процесів в газовій фазі за рахунок зменшення кількості виділилася енергії і концентрації горючих продуктів термолізу, а також забезпечення інгібування радикальних процесів при горінні.

Так, авторами [7] вводиться поняття водневого показника, тобто відношення числа атомів водню до числа інших атомів, що входять до складу матеріалу. І, таким чином, горючість полімерів зв'язується з вмістом в них водню.

Автори розглядають горіння полімерів як двохстадійний процес, який супроводжує піролізом полімерів і утворенням газоподібних продуктів з подальшим взаємодією їх з киснем. Якщо сумарний тепловий баланс цих стадій позитивний, то

виникає стійке горіння. Для водневих полімерів цей баланс визначається, в основному, стадією освіти вуглеводнів і води. Крім того, для багатьох полімерів причиною деструкції є процеси, що йдуть в ряді випадків за механізмом термоокисного дегідрування. Це дало підставу пов'язати термостабільність і горючість полімерів з мольним вмістом в них водню.

На думку авторів [8], здатність високомолекулярних сполук до горіння може визначатися за вмістом в них полум'ягасних речовин. Для характеристики ефективності вогнезахисту автори запропонували, так званий "Fire Retardant Index", який може бути розрахований з урахуванням масового змісту полум'ягасних елементів:

$$FRY=10(P, \%)+2(Br, \%)+CL, \%+2(N, \%)$$

Залежність горючості полімерів від їх термостабільності та інших теплофізичних характеристик висловлює «індекс горючості», запропонований в роботі [9].

$$I\Gamma=C_p \cdot T_b / H$$

де C_p – питома теплоємність, Дж/кг, T_b – температура займання, К (°C), H – питома теплота горіння Дж/кг·град.

На думку Фіша і Паркера [9] характеристики займистості полімерних матеріалів залежать від співвідношення між кількістю летючих і коксовим залишком при піролізі. При цьому, велике значення мають склад летючих продуктів і фізико-хімічні властивості коксового шару. З ростом термохімічного виходу коксового залишку при піролізі знижуються не тільки всі досліджувані показники, але зменшується також відносна токсичність газоподібних продуктів піролізу.

Ван Кревель [10] зробив спробу оцінити здатність матеріалу до горіння на основі кореляції між виходом коксового залишку при піролізі і кисневим індексом полімерів, яка виражається емпіричним співвідношенням:

$$KI \cdot 100 = 17,5 + 0,4KЧ$$

де KI – кисневий індекс полімеру; $KЧ$ – коксове число при 850 °C.

					НУЦЗУ.2.19-18.СХтаХТ.РПЗ-08	Лист
						14
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Аналіз даних по піролізу великого числа карбонізуючихся полімерів дозволив зробити автору висновок, що здатність до карбонізації є адитивним властивістю матеріалу і визначається характером функціональних груп КЧ, яка згідно [10] може бути розрахована за формулою:

$$КЧ = 12 \cdot 100 \cdot [(СОК)_i] / M$$

$(СОК)_i$ – Схильність групи до утворення коксу на ланку полімеру; M – молекулярна маса основної ланки полімеру.

Використовуючи цю формулу, Ван Кревель розраховував значення коксових чисел і кисневих індексів різних полімерів і порівняв їх з експериментальними даними. Отже, горючість полімерів може бути передбачена тільки для матеріалів, які містять груп, які обумовлюють інгібування газофазних реакцій.

Таким чином, збільшення здатності полімеру до коксоутворення - один з методів зниження горючості, тому що зменшується вихід легколетких горючих вуглеводнів в продуктах піролізу, а що утворюється кокс екранує полімер від теплового потоку і полум'я, знижує температуру поверхні матеріалу, ускладнює вихід горючих газів в зону полум'я.

Становить великий інтерес питання, не тільки з якою швидкістю утворюється карбонізований шар, але і з якою швидкістю він вигорає, і як змінюється в ході процесу співвідношення між зонами в конденсованій фазі. Для умов горіння ТМ з урахуванням впливу інгібіторів горіння ці питання, по суті, не розроблені.

В даний час для вивчення процесів терморозкладання широко застосовуються методи термічного аналізу (ТА). Особливо актуально їх застосування для виявлення фізико-хімічних, термохімічних і теплофізичних властивостей матеріалів при проведенні досліджень на стадії розробки і створення вогнезахищених матеріалів [11, 12].

За допомогою методів ТА в умовах програмованого зростання температури, як функції часу, можна контролювати перебіг фізико-хімічних процесів матеріалів, тому що в процесі обміну тепловою енергією між зразком і навколишнім

середовищем реєструються відповідні теплові ефекти, що протікають на основі термодинамічних законів.

Змінюючи склад і структуру речовин і матеріалів і, використовуючи методи ТА, можливо, керуючи процесами їх терморозкладення в умовах теплових впливів, знизити займистість ТМ. Отримана інформація про початок, кінетичних і теплофізичних особливості протікання процесів в суміщеному використанні методів термогравіметричного аналізу (ТГА), диференційно-термічного аналізу (ДТА), диференційно скануючої калориметрії (ДСК), і аналізу виділяються горючих газів (АГГ) дозволяє комплексно вивчити механізм реакцій при термічному розкладанні, зокрема, динаміку і концентрацію виділення горючих газів.

Актуальним напрямом досліджень в даний час є визначення кореляції (взаємозв'язку) даних ТА і використовуваних в даний час методів оцінки займистості ТМ, а також контролю якості їх ефективної вогнезахисту. Для цього необхідно встановити параметри, що дозволяють давати кількісну оцінку процесів, що протікають в конденсованій і газовій фазах при термолизе і горінні матеріалів з урахуванням ефективності механізму дії антипіренів.

Крім складу і структури текстильного матеріалу на його пожежонебезпечні властивості істотний вплив можуть надавати такі параметри як щільність тканини, товщина і структура волокон, тип використовуваного антипірену, склад можливих технологічних обробок (наприклад, апретування та ДР) [13, 14].

На підставі існуючих уявлень про горіння ТМ можна сформулювати основні напрямки досліджень для вирішення проблеми створення вогнезахисних ТМ:

1. Розробка термостійких ТМ:
 - використання високотермостійких волокноутворюючих органічних полімерів;
 - використання неорганічних волокон.
2. Розробка нових типів ефективних ЗГ, які можуть бути використані:
 - в якості адитивних добавок в прядильні розчини або розплави полімерів при формуванні волокон;

- для обробки волокон і тканин з утворенням на їх поверхні важкорозчинних сполук;

- для хімічної модифікації волокон з утворенням хімічних зв'язків між ЗГ і макромолекулою волокноутворюючого полімеру.

2.2 Термостійкі волокна і специфіка їх поведінки в області високих температур

До термостійким волокнам ставляться ті, у яких температура збереження функціональних властивостей, а значить і тривалої експлуатації перевищує 200-250 ° С і для окремих видів досягає 300-350 ° С. Термостійкими є волокна з карбо- або гетероциклічних полімерів з високою енергією хімічних зв'язків. Температура склування цих волокон вище 250 ° С, вони неплавкі і володіють високою термічною і термоокилюючою стійкістю (температура розкладання вище 400-500 ° С).

З термостійких волокон і ниток виготовляють різні ТМ і вироби: кошти професійної безпеки, страховки, порятунку, спеціальний захисний одяг, в тому числі для підрозділів пожежників, вироби інтер'єру авіа-, авто і залізничного транспорту.

Для характеристики термічних властивостей волокон і ТМ використовується ряд показників, з яких основними є теплостійкість і термостійкість (відповідно, для збереження функціональних властивостей, наприклад, міцності, при заданих підвищених температурах або після тривалого термостаріння в певних температурно-часових умовах), термоусадочні характеристики, втрата маси при терморозкладу і ін. Зазвичай оцінка теплостійкості проводиться при температурі 300 °С, а термостійкості - при температурі термостаріння 300 °С і тривалості 100 год. Збереження міцності цих волокон при заданих температурах в зазначеному вище інтервалі становить 50-60%.

Основні види термостійких волокон досить докладно описані в літературі [15]. До них відносяться гетероциклічні та карбоциклічні поліарамідні нитки і волокна («Номекс», «Фенилон», «Конекс», «Тверлан», «Тогілеп»), поліоксазольні

					НУЦЗУ.2.19-18.СХтаХТ.РПЗ-08	Лист
						17
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

волокна («Оксалон», «Арселон»), поліамідні, галогенвмісні карбоцепні волокна (деякі типи полівінілхлоридних волокон зниженої горючості) і ін. Будучи більш дорогими у порівнянні з іншими типами термостійких волокон, вони мають досить високі механічні властивості і максимальну стійкість до дії відкритого полум'я. Термостійкість, наприклад, гетероциклічних поліарамідних волокон дозволяє експлуатувати їх в температурних умовах 270-300 ° С і короткочасно до 350 ° С, що перевищує граничні температури експлуатації інших термостійких тканин. Важливою особливістю гетероциклічних поліарамідних волокон і ниток є відсутність помітної усадки до температур 350-450 ° С, що надзвичайно важливо при їх використанні в екстремальних умовах; це відповідає високим температурам стеклования поліарамідних волокон.

Стабільність структури такого роду волокон обумовлена міцністю ароматичних кілець і з'єднують їх пов'язаних амідних зв'язків. Вони також забезпечують високу ступінь термостійкості та хімічної стійкості. Як правило, такі матеріали не плавляться, в незначній мірі обуглюються і піролізу при тривалому впливі високих температур. Вартість ароматичних термостійких волокон вище в порівнянні з волокнами загального призначення, головним чином через високу вартість мономерів і полімерів. Однак їх застосування в ряді областей може бути виправдане експлуатаційної необхідністю або економічними перевагами.

Відносно дешевим є поліоксазольне волокно «Оксалон», що являє собою поєднання полі-п-феніленоксадіазола, однак більш низькі значення теплозахисних характеристик в порівнянні з метаарамідними волокнами («фенілон», «Номекс») не дозволяють використовувати тканини на їх основі для пошиття захисного одягу, що оберігає від впливу високих температур.

Перспективним напрямком останнім часом є розробка модифікованих видів термостійких волокон з поліпшеними функціональними характеристиками. Наприклад, при використанні суміші складів термостійких і ефективно вогнезахисних ПЕ або віскозних (бавовняних) волокон і т. д. Такий підхід може забезпечити значне зниження вартості, поліпшення експлуатаційних властивостей,

					НУЦЗУ.2.19-18.СХтаХТ.РПЗ-08	Лист
						18
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

зокрема, гігієнічних (повітропроникності, гігроскопічність), при збереженні необхідного рівня теплозахисних властивостей. За відомим експериментальним даним можна зіставити значення кисневого індексу (КІ), як відносної величини, що характеризує пожежонебезпеку деяких термостійких тканин, а також значення граничних температур експлуатації (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1.

Основні властивості термостійких волокон і ниток

Волокна	Щільність г/см	Температура експлуатації (максимальна), °С	КІ, %
Терлон, кварон, кевлар	1,45-1,47	250-300	27-30
Фенилон, Номекс	1,37-1,38	220-250	28-29
Тогилен	1,43-1,44	250-300	43-45
Оксалон	1,42-1,43	250 - 300	26-27

Аналіз літератури показав, що розробка вогнезахисних ТМ може ґрунтуватися не тільки на використанні негорючих волокон, а й шляхом різних модифікацій доступніших, які широко випускаються промисловістю волокон і матеріалів. З огляду на відносну дешевизну такого підходу, представляється реальним рішення досить широкого і повсюдного використання важкогорючих ТМ, що може в перспективі докорінно змінити в кращу сторону статистику пожеж та їх наслідків.

2.3 Методи вогнезахисту целюлозних матеріалів

Серед великотоннажних полімерів, які отримали широке промислове застосування, особливе місце займають целюлозні матеріали [16].

Целюлозні ТМ (бавовняні, віскозні) відносяться до найбільш легкозаймистих і характеризуються низьким значенням КІ (не перевищує 18-19%).

Процес горіння целюлозних матеріалів носить яскраво виражений гетерогенний характер [17] і визначається двома основними періодами: згорянням газів, що утворюються при термічному розкладанні матеріалу (фаза полум'яного горіння) і згорянням утворився вугілля (фаза тління). Основний стадією процесу, що визначає горючість целюлозного матеріалу, є стадія термоокислюючого розкладання [18].

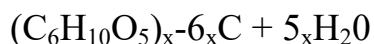
В основному всі ЗГ для матеріалів на основі целюлози діляться на дві групи:

- вогнезахисні склади, що представляють різні комбінації бури і борної кислоти, діамонійфосфат і інші неорганічні сполуки. Цей клас сполук знаходить застосування для обробки переважно целюлозних матеріалів, які не потребують прання. При горінні поверхню карбонізується, а що утворюється кокс, знижує вихід горючих газоподібних продуктів в зону горіння. Однак суттєвим недоліком таких матеріалів є поступова міграція ЗГ на поверхню, що призводить до погіршення зовнішнього вигляду тканини. Тому, незважаючи на досить широке застосування засобів вогнезахисту зазначеного класу, для обробки тканин, що використовуються при виготовленні театральних декорацій, пошитті спецодягу та різних драпіровок, ведуться пошуки шляхів створення вогнезахисних матеріалів, позбавлених зазначених недоліків;

- ЗГ, що утворюють на поверхні текстильного матеріалу нерозчинні сполуки, що забезпечують стійкість вогнезахисного ефекту до багаторазового прання. В якості найбільш застосовуваних в даному випадку сполук відносяться фосфор, фосфоразот- і фосфоргалогенвмісні з'єднання, які взаємодіють з макромолекулою целюлози з утворенням міцної хімічного зв'язку.

Вплив фосфоровмісних сполук на целюлозні матеріали досить широко розглянуто в ряді робіт [18-21]. У присутності фосфорних сполук розкладання целюлози протікає таким чином, що спостерігається зниження кількості горючих

газів і збільшення коксового залишку. Кількість останнього може досягати значення, відповідного майже 80% при дегідратації полімеру за схемою:



Існують різні схеми механізму терморозкладання целюлози розглядаються авторами [18, 20]. Проте, чітко простежується тенденція зниження займистості целюлозних матеріалів із зростанням виходу коксового залишку при горінні. Так, у бавовняної тканини, обробленої гідроксидом тетра (оксиметил) фосфонію (30%), коксовий залишок зростає з 13,9 до 43,5%. При цьому майже вдвічі збільшується кисневий індекс (з 21, 2 до 41,7%), а температура початку розкладання знижується з 320 °С до 274 °С [22].

Найбільшу увагу в даний час приділяється вогнезахисної поверхневої або об'ємної обробки готового волокна, тканини або вироби. Нанесення вогнезахисних складів досить доступна і проста операція. Цей метод створює більш широкі можливості з вогнезахисної обробки тканин на основі целюлози (з віскози, бавовни, льону), напівсинтетичних (поліефір + бавовна) і синтетичних (100% поліефір, поліамід та ін.). Процес може бути здійснений на обладнанні красільноотделочного виробництва, що забезпечує більш широке поширення цього способу отримання вогнезахисних ТМ.

Найцікавіші з'єднання, що знайшли застосування в промисловості.

З першого ряду сполук найбільш поширений спосіб отримання вогнезахисних ТМ із застосуванням просочувального складу «МС-Т», що представляє собою водний розчин неорганічних солей фосфорної та сірчаної кислот зі спеціальними добавками. Вогнезахисна обробка бавовняних тканин проводиться на додавальному обладнанні з подальшою термофіксацією на сушильних барабанах.

В даний час в промисловому масштабі реалізований метод вогнезахисного просочування (ОП) [23], заснований на застосуванні ортофосфорної кислоти і азотовмісних сполук (Діціандіамід, карбаміду, меламіну, гуаніціна і т.д.) За цим способом тканину обробляють складом, що включає фосфорну кислоту і одне з перерахованих азотовмісних сполук, і піддають термообробці, в результаті якої

тріціанмочевіна і метафосфорна кислота взаємодіють з утворенням важкорозчинної солі. Для зазначеного типу обробки запропоновано використовувати велику кількість поліфункціональних або ненасичених сполук, що містять фосфор, галоген і азот. Істотним недоліком цього способу обробки є помітне зниження стійкості тканини до роздирає навантаженні (зниження міцності на роздираючи становить 50-60%) [23].

На основі аналізу літератури в області вогнезахисної обробки тканин можна виділити кілька з'єднань, які знайшли найбільш широке поширення. Значний інтерес з цього класу речовин представляють похідні трісгідроксиметилфосфіна - ТНРС-тетра (гідроксиметил) фосфон хлорид - метод «Пробан» [24, 25] і ТНРБ - тетра (гідроксиметил) фосфон сульфат [18]. Зазначені сполуки можуть утворювати на поверхні матеріалу в присутності амінів або амідів зшиті полімери і одночасно взаємодіяти з гідроксильних груп целюлози з утворенням зшитих структур. На основі тетра (гідроксиметил) фосфон хлориду в ряді країн запроваджено обробка, яка носить назву «Probatifinish -210». Стійкість вогнезахисного ефекту досягають шляхом поліконденсації на целюлозних матеріалах ТНРС з різними азотовмісними сполуками (сечовина, ціанамід, диметілмочевина), проте міцність матеріалу знижується на 25-30% [25].

Найбільш ефективною для целюлозних тканин і тканин з суміші целюлозних і синтетичних волокон є обробка «Pyrovatex - CP» [24]. Тканина просочують водним розчином, що містить М-гідроксиметил- (диметил) -фосфонпропіонамід, сечовину, зшиває агент і каталізатор, висушують, термофіксують при температурі 140 -160 °С і промивають. Для тканин з бавовни за методом «Піроватекс» вогнезахисний ефект досягається при вмісті в матеріалі близько 2,0% фосфору. Істотним недоліком вогнезахисних тканин при використанні N - гідроксиметил- (диметил) -фосфонпропіонаміда є токсичність продуктів піролізу цих матеріалів [26].

Найбільш важка для вогнезахисту суміш з бавовни і ПЕ волокна [27], тому що при горінні такого типу сумішевих тканин спостерігається більш легке зміна маси зразка і більш помітне зменшення величини коксового залишку, ніж у тканин, що

					НУЦЗУ.2.19-18.СХтаХТ.РПЗ-08	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		22

складаються тільки з бавовни. Автори [28] пояснюють це не лише хімічними процесами, що протікають при горінні двох полімерів, але головним чином, фактичним ефектом комбінації не термопластичні (целюлозної) і термопластичної (поліефірної) складових. В результаті утворення щільного коксу при термолізі целюлозної компоненти в тканини може видалення із зони полум'я крапель термопластичного поліефіру, тим самим створюються умови для їх горіння.

Для отримання вогнезахищених тканин з суміші ПЕ і целюлозних волокон використовуються склади, що містять фосфоразотвмісний ЗГ «Т-2» [29] і зшиває реагент (наприклад, гліказін). Обробку проводять по режиму, що включає просочення водним розчином гліказіна, сушку, просочення водним розчином антипірену «Т-2» з подальшою сушкою, термообробкою і промиванням. Отримані тканини з суміші ПЕ і целюлозних волокон (у співвідношенні 67: 33%) характеризувалися значенням кисневого індексу 28-30% при вмісті антипірену не більше 10-12%. Як показали дослідження, висока ефективність вогнезахисного дії антипірену «Т-2» пояснюється інгібуванням процесів, що протікають як в конденсованій, так і в газовій фазах термолізу і горіння ТМ.

Методом рентгенівської фотоелектронної спектроскопії (РФЕС) заставлено, що карбонізованого залишки (КО), отримані при термолізі ТМ, модифікованих антипіреном «Т-2», характеризуються підвищеним вмістом графітоподібних структур. Присутність у складі КО фосфорної кислоти пригнічує реакцію окислення вуглецю і таким чином запобігає тління матеріалу. Висока швидкість карбонізації при термолізі волокноутворюючого полімеру, що входить до складу текстильного матеріалу, виключає краплепадіння при горінні синтетичних термопластичних волокон, що є важливим фактором для зниження пожежної небезпеки матеріалів із суміші волокон.

В області вогнезахисту целюлози було проведено велику кількість досліджень [17, 18, 30, 31, 32]. Однак, величезний інтерес на сьогоднішній день представляє питання зниження горючості суміші (ПЕ-бавовна) волокон з великим вкладенням поліефірної складової. При розробці методів зниження пожежної небезпеки тканин

					НУЦЗУ.2.19-18.СХтаХТ.РПЗ-08	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		23

з вказаної суміші волокон необхідно знати механізм термоокислюваного розкладання, як бавовняної, так і поліефірної складової.

2.4 Особливості термодеструкції поліетилентерефталату і основні способи зниження його горючості

Вивченню структури та властивостей поліетилентерефталату (ПЕТФ) і волокон на його основі в даний час приділяється досить багато уваги [33, 34].

ПЕТФ - полімеру на основі гліколю і терефталевої кислоти, вироби з якого знаходять широке застосування, присвячена найбільша кількість досліджень в області термічної і термоокислювальної деструкції складних поліефірів. ПЕТФ, молекулярна ланцюг якого містить поряд з аліфатичними ділянками (-CH₂- CH₂-) також і бензольні кільця, порівняно термостійкий: помітне окислення його відбувається при температурах вище 250 ° С і протікає паралельно з процесами чисто термічного розпаду [35].

Піроліз ПЕТФ починається з розриву найбільш слабких вуглець кисневих зв'язків ефірних груп. При термодеструкції даного гетероцепні полімеру, що містить ароматичні цикли, початковий розрив складноефірних зв'язків протікає по реакції іонного або молекулярного типу, а радикальні процеси відіграють певну роль у вторинних реакціях. Енергія активації термодеструкції ПЕТФ, розрахована за зміни в'язкості, дорівнює 260кДж. / Моль [36].

Дослідження механізму термодеструкції ПЕТФ припускають радикально-ланцюговий характер цього процесу, що протікає шляхом утворення і розпаду пероксидів і гідрпероксидів [37]. При цьому, поряд з окисленням аліфатичних ланок, в результаті якого утворюються Н₂О, СО₂, СО, альдегіди та інші продукти, на кінцях полімерних залишків з'являються нові карбоксильні і фенільні групи, відбуваються також зміни ароматичних ланок ланцюга, пов'язані з утворенням біфенільних груп і зшиванням полімеру .

При термодеструкції ПЕТФ спочатку відбувається розрив молекулярної ланцюга, після чого йдуть вторинні реакції, що призводять до виходу

					НУЦЗУ.2.19-18.СХтаХТ.РПЗ-08	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		24

низькомолекулярних фрагментів і / або нелетучого залишку при 500 ° С. Тільки інгібування першої стадії може зупинити освіту летючих фрагментів. Реакції структурування є переважно вторинними реакціями у твердій фазі. Ці реакції конкурують з тими, що призводять до утворення газоподібних продуктів. Коли реакції первинного розкладання протікають з більшою швидкістю, ніж реакції структурування, олігомери переходять в газову фазу і далі розкладаються до низькомолекулярних фрагментів. За умов, бажаних для протікання реакцій взаємодії вінілефірних груп з прилеглими бензольними кільцями з подальшим утворенням поперечних зв'язків, олігомери утворюють ароматичні кільця раніше, ніж перетворюються в летючі сполуки [37]. Отже, блокуючи реакції термолізу, конкуруючі з реакціями структурування, шляхом введення ЗГ, можна істотно знижувати процес горіння поліефіру.

Для додання вогнезахисту ПЕ волокнам методом поверхневої обробки, в основному, застосовуються фосфоргалогенвмісні з'єднання, солі фосфонію, містять фосфор олігомери і інші органічні сполуки [38]. Для цього методу характерно здійснення спеціальних операцій по активації поверхні волокна перед обробкою вогнезахисними складами і по їх закріпленню. До операцій по активації поверхні можна віднести введення при обробці препарату, що викликає набухання волокна, наприклад, тетрачлоретана, активізацію перегрітою або насиченою парою, можливе застосування спеціальних прийомів формування та плазмової обробки [39]. В результаті таких обробок в поверхневому шарі відбувається утворення зшитих структур, що призводить до підвищення витрат енергії на піроліз і, як наслідок, до зменшення швидкості утворення летких продуктів деструкції при піролізі. Однак, внаслідок недовговічності вогнезахисного ефекту і великої витрати оздоблювального препарату застосування даного методу для зниження горючості, зокрема ПЕТФ є малоперспективною.

Зниження горючості ПЕ волокон здійснюють шляхом використання реакційних антипіренів, здатних переходити в нерозчинний стан. Введення антипіренів в розплав поліефірів дає можливість отримувати матеріали, більш

					НУЦЗУ.2.19-18.СХтаХТ.РПЗ-08	Лист
						25
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

стійкі до різних видів обробки (прання, хімчистки), ніж матеріали, апретірованні тими ж антипіренами.

Для вогнезахисту ПЕ волокон використовується клас галогенсодержащих органічних сполук, галогенфеніл- і полігалогенфенілентерефталати, бромвмісні фосфатні і фосфітні ЗГ, термостійкі властивості яких залежать від їх лінійної структури.

Пряме бромовання або хлорування ПЕ призводить до підвищення розчинності полімерів в органічних розчинниках. Тому для волокнистих матеріалів такий спосіб зниження горючості не знайшов практичного застосування.

Використовувані ароматичні бромвмісні добавки, наприклад, бромбензол [40], тетрабромдифенілолпропан [41], декабромдифенілоксід [42] і його похідні мають вищу термостабільність і більш низьке димоутворення в порівнянні з хлорвмісними добавками з класу галогенвмісні. Вони мають температуру плавлення 300 ° С, а значення кисневого індексу коливається від 25 до 28%.

Однак зниження корозійної стійкості, виділення токсичних продуктів горіння, зниження таких експлуатаційних властивостей, як стійкість до дії УФ променів, міцності і забарвлення стримують їх застосування. Зазначені недоліки можуть бути усунені шляхом підбору відповідних спеціальних добавок - барвників, фотостабілізаторів і ін., Але це буде пов'язано з великими додатковими витратами.

Результати узагальнення досліджень з вивчення механізму дії галогенвмісних з'єднань показали, що зазначений клас сполук діє як ЗГ. якщо в області розкладання полієфіру втрачає галогенводород, який вступає в реакцію у фронті полум'я і перериває радикально-ланцюгову реакцію в газовому середовищі, пригнічуючи окислювальні процеси, ефективно зменшуючи залишкове, що повертається в зону піролізу, тепло. Швидкість інгібування процесів в предпул'яній зоні визначається швидкістю протікання хімічної взаємодії і дифузії пального та інгібіторів за рахунок реакцій, які сприяють видаленню високоактивних радикалів Н, О, ОН з полум'я і пригнічують тим самим процеси горіння [43, 44]. Поряд з вищевикладеним, можливе значне зниження теплоти згорання продуктів

					НУЦЗУ.2.19-18.СХтаХТ.РПЗ-08	Лист
						26
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

розкладання на рахунок розведення фронту полум'я продуктами розкладання галогенвмісних антипіренів.

Всіх перерахованих вище недоліків в більшій мірі позбавлені фосфор-містять сполуки.

Незважаючи на численні переваги фосфорвмісних сполук, їх вибір для вогнезахисту поліефірів утруднений, тому що вимоги, що пред'являються до них вельми вибагливі і численні:

- необхідно використовувати якомога меншу кількість добавок з найкращим ефектом вогнезахисту. Це пов'язано з тим, що робоча концентрація фосфору в поліефірі становить не менше 1%. Крім того, масове зміст фосфорвмісного антипірену не повинно перевищувати 10%;

- використовувані антипірени повинні бути стійкі до гідролізу. Відомо, що сполуки з розгалуженою структурою більш стійкі до гідролізу, ніж строго лінійні; фосфонати більш стабільні, ніж фосфати; серед циклічних з'єднань найбільш стабільні до гідролізу з'єднання з гексагональної структурою;

- ПЕ волокно в присутності фосфорвмісного антипірену не повинно мати великий у порівнянні з вихідним волокном димоутворенням. У зв'язку з цим, на думку багатьох авторів, перспективним є застосування антиоксидантів, оскільки розкладання полімеру і антипірену і димоутворення відбувається в присутності кисню і води повітря;

- антипірени повинні мати високу термостабільність. З цієї точки зору найбільш підходять з'єднання з Р-С-зв'язками (фосфіни, похідні фосфіноксидів) або з'єднання з Р-С-зв'язками. При цьому фосфіти і фосфонати мають практично однакову температуру початку розкладу; амідатні похідні і з'єднання з гексагональної структурою термічно стабільні;

- і, нарешті, загальні вимоги: антипірени не повинні бути токсичні, погіршувати експлуатаційні властивості і повинні мати відносно низьку вартість.

Очевидно, підібрати вогнезахисні склади, що задовольняють всім перерахованим вимогам практично неможливо.

					НУЦЗУ.2.19-18.СХтаХТ.РПЗ-08	Лист
						27
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

В результаті аналізу патентної інформації та науково-технічної літератури за останні роки можна говорити про досить широке застосування різного виду фосфорорганічних сполук. Більшої уваги заслуговують вогнезахиснені ПЕ волокна, що випускаються в промисловому масштабі.

До таких матеріалів можна віднести вогнезахисне ПЕ волокно «Тоjobo Gn», випускається Японською фірмою "Тоjo Bosehi" [45] на основі полімеру, одержуваного сополіконденсацією фосфорвмісного модифікатора з діметілтерафтілітом, терефталевої кислотою і етиленгліколь. Відомо, що модифікатор і полімер термостабільним, а умови синтезу і переробки, а також фізичні і хімічні властивості полімеру ідентичні умовам отримання і властивостями звичайного поліетіленететрафталата, за винятком більш високу здатність волокна «Тоjobo GN» до фарбування.

Німецька фірма "Hoechst" випускає ПЕ волокно і нитки під різними торговими марками, найбільш поширене волокно марки Trevira CS. Як антипірену в виробництві Trevira CS використовується 2 - карбокси-етил-метил-фосфінових кислота [46, 47]. Волокна добре фарбуються в яскраві соковиті тони, несприйнятливі до дії сонячних променів. За оцінкою займистості має кисневий індекс рівний 27-29%.

У питанні механізму взаємодії фосфорвмісних ЗГ з полієфіром в процесі його вогнезахисту думки фахівців дещо розходяться. Раніше існували дві основні концепції цього механізму [48]. За однією передбачалося прояв ефективності сполук фосфору в твердій фазі, можливо через реакцію розгалуження в процесі піролізу, що приводить до зменшення вмісту, або гальмування утворення горючих газів, що часто супроводжується збільшенням виходу продукту карбонізації ароматичних залишків коксу в зоні піролізу. При цьому встановлюється інертний бар'єр, що перешкоджає дифузії залишився органічного палива до фронту полум'я і приводить, таким чином, до ізоляції зони піролізу. За іншою концепції містять фосфор з'єднання діють в газовій фазі аналогічно галогенвмісним з'єднанням через залучення фрагментів P, PB, HPO, які є основою антипірену, в реакції, зменшують

					НУЦЗУ.2.19-18.СХтаХТ.РПЗ-08	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		28

рухливість водневих радикалів. Прямих доказів цієї концепції відсутні, а в якості непрямих, крім підвищення ефективності впливу фосфоровмісних органічних ЗГ в порівнянні з неорганічними, наводиться летючість різних фосфоровмісних добавок і незначний вміст фосфору в продукті карбонізації [44, 48-50].

Автор роботи [49] вважає, що містять фосфор ЗГ впливають на склад продуктів піролізу, але по-різному, в залежності від природи ЗГ. Наприклад, червоний фосфор і фосфориста кислота підвищують кількість коксового залишку, тріфенілфосфоксид - знижує його. Причому присутність фосфоровмісних ЗГ викликає зниження температури плавлення полімеру. Це сприяє скапуванню розплаву в разі тканини, що вільно висить, що є важливим вогнезахисним механізмом в ПЕ виробках [51]. Він може привести до припинення горіння, так як із зони горіння відводиться тепло. З іншого боку, його явище не безпечно, так як підвищується можливість опіку людини капає палаючим розплавом.

При дослідженні механізму дії фосфоровмісних ЗГ важливим моментом є визначення фази їх активності. У зв'язку з цим, доречно послатися на роботу [52], в якій показано, що значення КІ ПЕТФ, що містить 5% фосфору, впровадженого в ланцюг полімеру у вигляді фенілфосфільних груп, вище значення КІ ПЕТФ, що містить ту ж кількість фосфору у вигляді летючого адитивного тріфенілфосфіноксиду (ТФФО). З цього випливає, що механізм вогнезахисту в конденсованій фазі ПЕ може бути більш ефективний, ніж в газовій.

Слід зазначити, що такі високостабільні леткі сполуки, як ТФФО, для яких виявлено механізм вогнезахисту в газовій фазі, не є типовими ЗГ, випуск яких налагоджено промисловістю. Таким чином, прояв механізму вогнезахисту в газовій фазі можливо, але рідко реалізується на практиці.

Підводячи підсумки результатам розглянутих робіт, присвячених вивченню механізму вогнезахисту полієфірів фосфоровмісними ЗГ, можна зробити висновок, що, незважаючи на відсутність загальної теорії із зазначеної проблеми, особливих протиріч в результатах досліджень немає. Більш широке застосування отримали фосфоровмісні ЗГ - більшість з яких виявляють вогнезахисне дію в конденсованій

					НУЦЗУ.2.19-18.СХтаХТ.РПЗ-08	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		29

фазі, впливають на вторинні реакції піролізу, відповідальні за освіту підтримують горіння легколетких фрагментів. При цьому можливо фосфорилювання ПЕ, зменшення теплоти згорання і швидкості виділення тепла, утворення захисного високовуглецевого шару, посилення структурування і коксоутворення за рахунок введення фосфору, зміна фізичних властивостей ПЕ і пов'язаного з цим ефекту скапування розплаву.

Найцікавіші дослідження з вивчення ефективності вогнезахисту ЗГ спільної дії. До таких вогнезахисним складом відносяться фосфоразотвмісні органічні сполуки і синергічні з'єднання на їх основі, щоб забезпечити зниження горючості досить широкого класу полімерних матеріалів, в тому числі, і поліефірів [52]. Вони збільшують швидкість структурування ароматичних кілець, зменшують швидкість утворення горючих газів і збільшують швидкість утворення термічного бар'єру з поліароматичного залишку. Крім того, такі ЗГ сприяють зменшенню утворення токсичних газоподібних продуктів горіння.

Аналіз робіт з дослідження механізму дії ЗГ для матеріалів з бавовни і ПЕ показав, що одними їх найбільш ефективних і універсальних по вогнезахисної дії сполук є фосфоразотвмісні органічні сполуки.

Питання вогнезахисту тканин з суміші волокон «поліефір-хлопок», «поліефірвіскоза» з різним кількісним співвідношенням складових вимагають подальшого вивчення.

Вивчення результатів аналізу і узагальнення робіт з дослідження закономірностей процесу терморозкладання і зміни механізму термодеструкції і термоокисленню різними класами сполук ЗГ тканин з бавовняних, ПЕ і суміші волокон дозволяють зробити висновки про ступінь вогнезахисту. Однак, обґрунтований вибір ТА параметрів, які могли б певною мірою бути критеріями оцінки ефективності вогнезахисту ТМ і відповідати нормативним, до сих пір не розроблені.

Можна припустити, що комплекс ТА параметрів для тканин з бавовни, ПЕ і суміші волокон в присутності ЗГ буде відрізнятися, а їх використання в якості

					НУЦЗУ.2.19-18.СХтаХТ.РПЗ-08	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		30

критеріїв ступеня вогнезахисту, допоможе не тільки розробляти ефективні вогнезахисні засоби, але і перевіряти якість вогнезахисних робіт на об'єктах.

До сих пір не розроблений підхід до вибору ефективних засобів вогнезахисту ТМ різного складу, які могли б повною мірою забезпечувати пожежну безпеку їх застосування в тій чи іншій області. До кінця не вивчено питання впливу вогнезахисних засобів для ТМ на димоутворення і токсичність продуктів термічного розкладання. Більшість ЗГ є токсичними і здатними виділяти газоподібні токсичні продукти горіння модифікованими ними текстильними матеріалами, тому розробка нових типів ЗГ, що дозволили вирішити комплексно проблему зниження пожежної небезпеки, є актуальною.

Таким чином, виявлено доцільність вивчення механізму і кінетики термолізу вихідних ТМ і ТМ з вогнезахисною обробкою антипіренами, встановлення параметрів, що характеризують ефективність вогнезахисту і впливу ЗГ на їх основні експлуатаційні властивості.

Розділ 3. МЕТОДИ ОЦІНКИ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Для визначення ефективності вогнезахисту ТМ і виробів необхідно удосконалювати і розробляти методи оцінки їх пожежної небезпеки, а також розвивати нормативну базу, що регламентує пожежобезпечний застосування ТМ, в тому числі і вогнезахищених.

У практиці всіх національних законодавств, правила і норми пожежної безпеки є невід'ємною частиною більш загальних (наприклад, будівельних) норм і правил, які гарантують безпеку і здоров'я людей. При цьому відповідні законодавчі акти базуються на критеріях пожежонебезпеки матеріалів, встановлених міжнародними або національними методами. З огляду на сучасний стан нормативної бази в Росії, зорієнтоване на технічне регулювання (технічні регламенти), що визначає вимоги до параметрів безпеки, видається особливо важливим обґрунтувати і сформулювати вимоги до пожежної безпеки ТМ.

Однак тут відразу виникають труднощі, так як такі показники не постійні. Вони залежать не тільки від хімічної структури матеріалів, але і від розмірів, геометрії виробів або зразків, природи навколишнього середовища, умов застосування, джерел запалювання, часу його впливу та багатьох інших факторів. Саме ця обставина є причиною створення величезної кількості прикладних методів оцінки потенційної пожежонебезпеки матеріалів. Але так як кожен з існуючих методів дозволяє оцінювати вплив лише деяких чинників на ступінь пожежонебезпеки, жоден з них в самостійному вигляді не може дати інформацію про справжню пожежонебезпеку полімерних матеріалів.

Для визначення власне характеристик горіння, займистості і ефективності вогнезахисту ТМ можливо. проведення маломасштабних і великомасштабних випробувань. Найбільшого поширення набули лабораторні методи з використанням низькокалорійних джерел запалювання, що володіють високою відтворюваністю і

сопоставимостью при відносно невеликих витратах і найбільш часто зустрічаються в реальних можливих умовах виникнення пожежі.

У світовій практиці оцінка характеристик горіння і займистості ТМ здійснюється більш ніж 100 лабораторними методиками (національні, ISO, EN, ІМО). Маломасштабні методи хоча і не дають можливості прогнозувати розвиток пожежі за участю тканин, але дозволяють отримати корисну інформацію про порівняльних характеристиках нових матеріалів, здійснити контроль якості вогнезахисних засобів, а за умови коректного моделювання - прогнозувати горючості в початковій стадії пожежі і в укрупнених випробуваннях. Як правило, критеріями оцінки займистості тканин є:

- легкість займання, яка характеризується часом з моменту впливу джерела запалювання до стійкого самостійного горіння (тління);

- швидкість поширення полум'я по поверхні матеріалу, що визначається за досягнення фронту полум'я контрольних відміток на зразку тканини і часу його проходження.

Аналіз стандартів на методи оцінки займистості показав, що в основному ТМ випробовуються у вертикальному положенні. Це пояснюється тим, що при вертикальному положенні зразка і впливі на нього полум'я знизу нагрів обумовлений перенесенням тепла від полум'я в результаті природно конвективних процесів. В цьому випадку швидкості піролізу і поширення полум'я збігаються. Для того, щоб у випробуваннях враховувалася структура матеріалу, в деяких методах тканину відчують по качку і по основі, беручи в якості результату найгірший.

3.1 Оцінювання пожежної небезпеки текстильних елементів інтер'єру

Для оцінки займистості штор, завіс, драпіровок застосовуються, як правило, методи [53, 54, 55] з вертикальним розташуванням зразка. Крім того, існують методи випробувань, в яких зразок розташований під кутом 45° до горизонталі. У деяких стандартах, наприклад в DIN 54331 [56], пропонується дугоподібне розташування зразка. При цьому напрямок поширення полум'я поступово

					НУЦЗУ.2.19-18.СХтаХТ.РПЗ-08	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		33

змінюється від вертикального знизу вгору до горизонтального і потім до вертикального зверху вниз.

Для випробувань відносної займистості полімерних матеріалів, в тому числі і текстильних, широке поширення отримав метод кисневого індексу (KI) [57].

Для отримання порівнянних результатів при випробуванні ТМ необхідне застосування стандартизованих джерел запалювання. Як джерело запалювання в багатьох методиках використовується газовий пальник. У різних міжнародних і національних стандартах висота полум'я пальника коливається від 16 до 40 мм і застосовуються різні варіанти розташування газового пальника відносно поверхні випробуваного зразка: вертикальне, горизонтальне, під кутом 45 ° і 60 °. Камери для випробувань зразків тканин найчастіше мають розмір $(300 \pm 50) \times (300 \pm 50) \times (700 \pm 50)$ мм.

При випробуванні на займистість драпіровок, штор і завіс в залежності від методики, зразки виготовляють розміром від 50x160 мм до 315x760 мм.

В процесі випробувань, як правило, фіксують час до займання, самостійного горіння, стійкого тління, час поширення полум'я, довжину пошкодженої полум'ям поверхні.

При всьому різноманітті стандартів класифікація матеріалів по займистості існує лише в декількох стандартах: ДСТУ 4155 «Матеріали текстильні. Метод випробування на займистість» [53], ГОСТ 12.1.044-89 «Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения» [58], стандарт ВІАМ [59] і стандарт Іспанії UNE 40306-75 [60].

Виходячи з вищесказаного, впливає, що різне призначення тканин зумовлює певні вимоги до способів вогнезахисту, критеріям оцінки і вибору методів випробувань ТМ.

3.2 Методи випробувань постільних речей

В даний час для виготовлення постільних речей використовуються в основному натуральні природні матеріали (бавовна, льон, шовк і ін.). Володіючи

хорошими гігієнічними характеристиками, ці матеріали мають підвищену пожежну небезпеку, так як легко спалахують, швидко горять, мають значну площу охоплення полум'ям, часто спостерігається значне димоутворення і виділення токсичних продуктів горіння. За статистикою певне місце серед причин виникнення пожежі, що веде до загибелі людей, в побутовому секторі займає неакуратне куріння, в тому числі куріння в ліжку.

Створення ТМ зниженою пожежною небезпеки для такої області трансформаційних змін, як постільні приналежності, може бути пов'язане з деякими труднощами. Використання в якості постільної білизни тканин з натуральних волокон з додаванням синтетики, модифікованої ЗГ, або оброблених вогнезахисними складами, не завжди можливо через досить високу вартість або невідповідності вимогам гігієни. Одним з напрямків для вирішення даного питання можуть знаходити різні поєднання вогнезахисних і невогнезахисних тканин для композицій постільних речей зниженої горючості. Тому впровадження в вітчизняну нормативну практику методик оцінки пожежонебезпеки постільних речей, які враховують композиційне розташування виробів і умови впливу джерела запалювання найбільш наближених до реальних умов експлуатації, є вельми важливою проблемою.

Для оцінки пожежонебезпеки матеріалів, використовуваних в якості постільних речей, існує ряд методів, одним з найбільш об'єктивних є метод ІСО ДІС 12952 [61], який визначає займистість текстильних виробів (простирадло, матрац, наматрачник, і ін.), Які входять до складу композиції постільних приладдя. Випробувальний стенд являє собою майданчик, на яку поміщена мінераловолокниста плита товщиною 25 мм і щільністю від 80 до 200 кг/м розміром $(450 + 10) * (450 + 10)$ мм. Принцип методу полягає у впливі на поверхню випробуваного зразка матеріалу джерела займання, що представляє або запалену сигарету, або полум'я газового пальника, що імітує запалений сірник.

В результаті випробувань фіксується наявність тління або горіння поверхні зразка, а так само ступінь пошкоджень від впливу джерел займання. Отримані

					НУЦЗУ.2.19-18.СХтаХТ.РПЗ-08	Лист
						35
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

результати дослідження дозволяють зробити порівняльну оцінку займистості композицій постільних речей або кожного елементу окремо.

3.3 Методи випробувань спеціального робочого одягу

У зв'язку з різними умовами, що оточують людину під час роботи і зумовленими специфікою його професії, до матеріалів спеціального захисного одягу висувають певні вимоги, наприклад, до бойовому одязі пожежників, робочому одязі працівників гарячих цехів металургійної промисловості, захисному одязі автогонщиків, рятувальників і т.д.

Методи оцінки показників пожежної небезпеки матеріалів спеціального захисного одягу, прийняті в різних країнах, засновані часто на різних кількісних критеріях. Відповідно до діючих нормативних вимог в залежності від призначення матеріалів захисного одягу встановлені методи випробувань, що визначають, в основному, такі параметри:

- стійкість до впливу теплового випромінювання, методом визначення теплозахисної ефективності тканини захисного одягу, що полягає в оцінці коефіцієнта ослаблення проходить через зразок матеріалу певної потужності радіаційного теплового потоку [62];

- стійкість до впливу полум'я, методами, що полягають в оцінці можливості займання та розповсюдження полум'я по поверхні матеріалу від низькокалорійного джерела запалювання [63];

- теплопередачу при дії відкритого полум'я [64], методом побічно пов'язаних з визначенням умов, що виключають можливість нагріву внутрішньої поверхні одягу до температури 45-500 °С, тому що це значення температури тіла людини є гранично допустимим при тепловій дії;

- стійкість до контакту з нагрітими поверхнями, газовим середовищем, розплавленими краплями металу і ін. [65].

Існуючі в даний час вітчизняні нормативні вимоги сформульовані тільки стосовно бойовому одязі пожежників [66] і враховують специфіку робіт підрозділів

					НУЦЗУ.2.19-18.СХтаХТ.РПЗ-08	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		36

протипожежної служби, при цьому розглядається весь пакет матеріалів - і теплоізоляційний пакет, і покривний матеріал.

Для робочого одягу, використовуваної в умовах підвищеної пожежної небезпеки в інших областях, окремі параметри визначаються відповідно до галузевих стандартів або технічних умов на матеріали або вироби, що встановлюють до них спеціальні вимоги. Наприклад, для одягу зварників оцінюється стійкість до прожигу матеріалу краплею розплавленого металу [67], для одягу автогонщиків - комплекс параметрів - стійкість до впливу відкритого полум'я, променистого теплового потоку і температуропровідність при дії відкритого полум'я і т.п. [68].

Аналізуючи представлену інформацію про контрольовані параметри пожежонебезпеки матеріалів, використовуваних для спеціального робочого одягу, очевидно, що узагальнюючими якісними параметрами, визначальними ступінь вогнезахисту ТМ, є стійкість до впливу відкритого полум'я, впливу теплового потоку і теплопередача при дії відкритого полум'я. Доцільно в подальшому розглянути питання уніфікації методів випробувань даних параметрів з урахуванням індивідуальних умов застосування спеціального захисного одягу. Крім того, певні труднощі виникають при розробці вогнезахисних матеріалів захисного одягу. До сих пір не зрозуміле питання які пожежно-технічні критерії можливо використовувати для оцінки ефекту вогне- та теплозахисту на стадії відпрацювання рецептур матеріалів або їх пакетів для різних областей застосування.

3.4 Методи випробувань елементів м'яких меблів

Оцінка займистості м'яких меблів здійснюється по численним методам, призначеним для визначення здатності елементів м'яких меблів чинити опір займання, стійкого горіння від низькокалорійних джерел запалювання: тліючої цигарки або полум'я газового пальника.

Такі методи застосовуються в багатьох країнах для всіх комбінацій матеріалів, що використовуються для виготовлення елементів м'яких меблів, і оцінюють

займанність оббивного, прокладки і набивочного (наповнювача) матеріалів, укріплених на випробувальному стенді.

Як правило, випробувальний стенд являє собою фрагмент м'яких меблів - макет крісла, що складається з двох елементів - один розміщується на нижній рамі стенда, а інший на його вертикальній рамі. Кожен з елементів являє собою композицію з набивочного, прокладки і оббивного матеріалів. Методи, представлені в міжнародних і національних стандартах, відрізняються розмірами набивочного і прокладки матеріалів, а також товщиною.

За результатами випробувань комбінації матеріалів фіксується ступінь поширення горіння (тління) за час випробувань, а також залишкове тління або стійке горіння після припинення дії джерела запалювання.

У законодавстві більшості країн регламентується пожежобезпечний використання м'яких меблів в громадських будівлях і місцях з масовим перебуванням людей.

Наприклад, в Німеччині в приміщеннях громадських будівель, де дозволено паління, матеріал покриття сидінь повинен мати клас В1 (низькою займистості) згідно DIN 4102 частина 1 [69]. У Франції згідно, вимог правил [70], якщо синтетичний матеріал з пожежної небезпеки не потрапляє в клас М1, то застосування його можливо тільки в тому випадку, якщо в складі газоподібних продуктів розкладання не містяться такі сполуки, як ціаністий водень і хлористий водень.

Найбільш розвинені принципи підходу до оцінки і нормування пожежної безпеки щодо м'яких меблів у Великобританії і США.

Ряд державних організацій США, таких як Американський Департамент Комерції, Бюро Домашніх Приладдя штату Каліфорнії, Комісія з безпеки продуктів для споживача, Рада виробників меблів беруть участь в розробці методів оцінки та дослідженнях пожежонебезпечних характеристик складових компонентів м'яких меблів - набивного матеріалу, декоративно-оздоблювального покривного матеріалу або композиції, в цілому [71, 72]. Методи мають відмінності за масштабом

					НУЦЗУ.2.19-18.СХтаХТ.РПЗ-08	Лист
						38
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

проведення експерименту, теплопродуктивності і місцем розташування джерел запалювання, компонування зразків для випробувань, але принцип результуючої оцінки однаковий - визначення параметрів ступеня пошкодження елементів м'яких меблів, можливості горіти і поширювати полум'я по поверхні або оцінити рівень димоутворення і виходу токсичних продуктів терморозкладання після вогневого впливу.

Найбільш поширеним методом оцінки займистості елементів м'яких меблів в даний час є стандарт ISO 8191 [73] і аналогічні стандарти Великобританії BS 5852 [74], Бельгії [75], Швеції [76], Австрії [77], Італії [78]. У деяких з них [79] передбачена класифікація меблевих композицій за класами пожежної небезпеки для застосування в громадських будівлях відповідно до існуючих вимог. Так, наприклад, у Великобританії з 1980 року діють Правила безпеки м'яких меблів [79], згідно з якими в залежності від результатів випробувань за методом [74] - м'які меблі незалежно від галузі використання повинна мати спеціальне маркування, що вказує на ступінь її пожежної небезпеки. Зазначені правила поширюються на всі м'які меблі, що поставляється споживачеві.

У Росії вимоги до методів випробувань елементів м'яких меблів і параметрам їх пожежної безпеки встановлені в нормативних документах тільки для деяких видів транспорту.

У діючих нормах пожежної безпеки НПБ 109-96 [80] викладено вимоги пожежної безпеки до матеріалів і конструкцій для внутрішньої обробки вагонів метрополітену, в тому числі оббивки сидінь і спинок диванів, що виготовляються з текстильних і нетканих матеріалів. Регламентацій пожежної безпеки проводиться за такими показниками, як токсичність продуктів горіння, коефіцієнт димообразовання і індекс поширення полум'я по поверхні, що визначається за ГОСТ 12.1.044-89 [57]. При цьому показник токсичності не повинен бути нижче 40 г / м³, коефіцієнт димоутворення не повинен перевищувати 1000 м² / кг і матеріали повинні не поширювати або повільно поширювати полум'я про поверхні.

					НУЦЗУ.2.19-18.СХтаХТ.РПЗ-08	Лист
						39
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Оцінка пожежної небезпеки конструкції диванів вагонів метрополітену визначається на підставі визначення їх здатності чинити опір займання при впливі теплового імпульсу нормованої потужності (100 г газетного паперу або газового пальника).

Вимоги до матеріалів, що застосовуються у внутрішньому обладнанні при будівництві пасажирських вагонів і при їх ремонтах різних обсягів залежно від призначення, повинні задовольняти наступним положенням. Матеріали штор, оббивки диванів, спальних полиць і крісел, покриття підлог та облицювання меблів повинні повільно поширювати полум'я по поверхні. Конструкції диванів, полиць і крісел мають бути поширювати горіння згідно з методами, викладеними в НПБ [81].

У Авіаційних правилах [82] існують обов'язкові вимоги до пожежонебезпеки застосовуваних ТМ, використовуваних в літакобудуванні. Так, покриття підлоги, ТМ подушок крісел, набивка, декоративні та недекоративних тканини з покриттям, шкіра повинні задовольняти вимогам спеціальних випробувань в вертикальному положенні при дії полум'я пальника Бунзена або Тіррені, після чого реєструються тривалість самостійного горіння, довжина обвуглене ділянки і тривалість горіння крапель, якщо вони є. Критеріями придатності є середня довжина обвуглене ділянки не перевищує 203 мм, середня тривалість горіння після видалення джерела запалювання не більше 15 с, горіння розплаву в середньому не більше 5 с.

Займистість подушок крісел літаків оцінюється за методом, який передбачає вплив паливного пальника пістолетного типу певного розміру і форми з витратою 7,6 л/год на комплект зразків подушки сидіння і подушки спинки протягом 2 хвилин. Після випробувань фіксують втрату маси зразка і довжину обвуглене ділянки. Якщо після проведення випробувань середня втрата маси зразка не перевищує 10%, а довжина обвуглення не перевищує 432 мм, дане поєднання композиції крісла вважається таким, що випробування.

					НУЦЗУ.2.19-18.СХтаХТ.РПЗ-08	<i>Лист</i>
						40
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

3.5 Методи випробувань підлогових текстильних килимових покриттів

Килимові текстильні покриття (НТКП) знаходять все більш широке застосування в приміщеннях громадських, адміністративних, житлових будинках, офісах фірм. Однак традиційні матеріали (вовна, нейлон, поліпропілен та ін.), з яких виготовляються НТКП, вельми пожежонебезпечні. В умовах теплового впливу НТКП здатні займатися, поширювати вогонь по поверхні, виділяти дим і токсичні продукти горіння.

Існує різноманіття підходів до оцінки пожежонебезпеки НТКП, однак, як правило, ступінь пожежної небезпеки ґрунтується на випробуваннях, що визначають ті параметри, які окремо або в сукупності характеризують безпеку ТМ. До таких параметрів належать легкість займання, швидкість поширення полум'я по поверхні матеріалу, кількість виділеного тепла, рівень димоутворення і токсичність продуктів горіння при горінні і тлінні. У деяких зарубіжних методах також оцінюється рівень виділення сльозоточивих газів і ступінь вигорання атмосферного кисню.

Оцінка такого параметра, як легкість займання проводиться в умовах вертикального розташування зразка матеріалу і впливу на нього низькокалорійного джерела запалювання протягом фіксованого часу [82].

Швидкість розповсюдження полум'я по НТКП після впливу джерела запалювання може визначатися різними методами від досить простого випробування при впливі низькокалорійного джерела запалювання [83] (метенамінової таблетки, розпеченій гайки і т.п.) до більш складного - впливу теплового потоку [84].

Лабораторні і середньомасштабні методи, в основному, припускають використання зразків НТКП в горизонтальному положенні з розмірами до (1100x250) мм, укріплених на негорючій основі та поміщених в камеру, оснащену радіаційної панеллю, розташованої під кутом 60 ° і забезпечувати стандартний профіль зміни поверхневої густини теплового потоку по довжині зразка, і газовим пальником. Після певної часової витримки зразок піддається впливу (в зоні

"нульовий" позначки) пілотного полум'я газового пальника протягом часу випробувань. Вимірюванню підлягають час займання зразка, довжина поширення полум'я по його поверхні і динаміка димовидалення. За допомогою тарировочної таблиці, яка описує профіль зміни поверхневої густини променистого потоку, визначаються, як правило, величина критичної поверхневої густини теплового потоку і оптична щільність диму.

У ряді національних стандартних методів випробувань використовують різне розташування зразка підлогового текстильного покриття щодо тепловипромінюючої панелі. Так, в Британському стандарті СБ 476, частина 7 [85] передбачено вертикальне положення зразка перпендикулярно до площини тепловипромінюючої панелі, нагрітої до 800 °С, у Французькому стандарті 92-506 [86] горизонтально орієнтований зразок килимового покриття розташовується паралельно горизонтально розташованій тепловипромінюючої панелі, що має температуру 850 °С, а Французький метод «Епірадіатор» [87], який є офіційним Правилком у Франції для випробувань деяких типів НТКП, призначених для громадських приміщень, передбачає кріплення зразка під кутом 45 ° С до площини випромінює панелі, тим самим , імітуючи килим, покладений на сходах. У ряді країн швидкість поширення полум'я по поверхні НТКП визначають шляхом впливу відкритого полум'я [88].

Згідно з Національним Будівельному Кодексу Канади [89] НТКП, що застосовуються для коридорів, сходів, сходових майданчиків і холів громадських будівель, повинні відповідати певним вимогам в системі оцінки балів. Зазначені НТКП повинні мати максимальну швидкість поширення полум'я не вище 300 балів, а максимальний рівень освіти диму не вище 500 балів. Метод, застосовуваний для оцінки даних параметрів - ULC102.2 1975 «Випробування в тунелі», дозволяє визначати швидкість розповсюдження полум'я і рівень димоутворення за зразком килима, розташованого на підлозі тунелю.

У більшості розглянутих методів випробувань [82-89] проводиться класифікація НТКП на різні класи (групи) в залежності від ступеня поширення

полум'я по поверхні, яка регламентує їх пожежобезпечний застосування згідно з національними вимогами пожежної безпеки, викладених у відповідних нормативних документах.

Ряд НТКП при горінні утворюють значну кількість тепла, що робить їх більш небезпечними при зіткненні з іншими матеріалами, тому що вони грають роль джерел запалювання. Тому в ряді країн використовуються методи визначення рівня можливого тепловиділення [90].

Європейською класифікацією за методами, що дозволяє оцінити тепловиділення при горінні, димоутворювальну здатність, поширення полум'я по поверхні, легкість займання і можливість каплепадіння палаючого розплаву, матеріали підлогових покриттів, зокрема килимових, поділяються на класи пожежної безпеки від А1 до Е за якими визначається область їх пожежобезпечного застосування.

Таблиця 3.1.

Класи пожежної безпеки підлогових покриттів згідно з класифікацією Європейських норм

Клас	Метод випробування (випробувань)	Критерії класифікації (середні значення)	Обов'язкове додаткове декларування
A1	EN ISO 1182 ⁽¹⁾	$\Delta T < 30^{\circ}\text{C}; i$ $\Delta m < 50 \%; i$ $t = 0$ (тобто немає самостійного горіння)	
	EN ISO 1716	$\text{PCS} < 2,0 \text{ МДж/кг}^{(1)}; i$ $\text{PCS} < 2,0 \text{ МДж/кг}^{(2)(2a)}; i$ $\text{PCS} < 1,4 \text{ МДж/м}^2^{(3)}; i$ $\text{PCS} < 2,0 \text{ МДж/кг}^{(4)}$	
A2	EN ISO 1182 ⁽¹⁾ або	$\Delta T < 50^{\circ}\text{C}; i$	

		$\Delta m < 50 \%$; i $t = -20$ с.	
	EN ISO 1716 та	PCS < 3,0 МДж/кг ⁽¹⁾ , и PCS < 4,0 МДж/кг ⁽²⁾ и PCS < 4,0 МДж/м ² ⁽³⁾ , і PCS < 3,0 МДж/кг ⁽⁴⁾	
	EN ISO 9239-1 ⁽⁵⁾	Критичний потік ⁽⁶⁾ > 8,0 кВт/м ²	Димоутворення ⁽⁷⁾
B	EN ISO 9239-1 ⁽⁵⁾ та	Критичний потік ⁽⁶⁾ > 8,0 кВт/м ²	Димоутворення ⁽⁷⁾
	EN ISO 11925-2 ⁽⁸⁾ тривалість впливу=15 с	$F_s < 150$ мм за 20 с	
C	EN ISO 9239-1 ⁽⁵⁾ і	Критичний потік ⁽⁶⁾ > 4,5 кВт/м ²	Димоутворення ⁽⁷⁾
	EN ISO 11925-2 ⁽⁸⁾ тривалість впливу=15 с	$F_s < 150$ мм за 20 с	
D	EN ISO 9239-1 ⁽⁵⁾ і	Критичний потік ⁽⁶⁾ > 3,0 кВт/м ²	Димоутворення ⁽⁷⁾
	EN ISO 11925-2 тривалість впливу=15 с	$F_s < 150$ мм за 20 с	
E	EN ISO 11925-2 ⁽⁸⁾ тривалість впливу=15 с	$F_s < 150$ мм за 20 с	
F	Немає характеристик		

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

НУЦЗУ.2.19-18.СХтаХТ.РПЗ-08

Лист

44

Незважаючи на багатофакторну оцінку пожежної небезпеки підлогових покриттів, в Європейських нормах передбачено метод оцінки найбільш небезпечних з них з точки зору можливого поширення полум'я по поверхні матеріалу від низькокалорійного джерела запалювання [91].

У Росії нормування НТКП в будівлях різного функціонального призначення приділяється досить пильну увагу [92-95]. Пожежобезпечний застосування підлогових покриттів, в тому числі текстильних, регламентується в громадських будівлях за димоутворювальною здатністю, за токсичністю продуктів горіння, займистості і розповсюдження полум'я по поверхні.

Найбільш пожежонебезпечними є НТКП які здатні займатися і поширювати полум'я від малопотужних джерел запалювання, часто застосовуються в громадському і житловому секторі. Відсутність об'єктивної методики оцінки не дозволяє внести зміни в існуючі нормативні документи, які могли б надалі регламентувати пожежобезпечний використання подібних легкозаймистих матеріалів. Тому створення і впровадження в існуючу нормативну практику об'єктивного методу і параметрів, що визначають легкість займання НТКП, є актуальним завданням.

Особливе місце в дослідженнях пожежонебезпечності матеріалів, в тому числі і текстильних, займають великомасштабні випробування. Відомі досить великі наукові огляди провідних зарубіжних наукових центрів UL, LPC, VTT, SP по великомасштабним дослідженням динаміки розвитку пожежі в різних приміщеннях в залежності від їх розмірів і геометрії, величини пожежного навантаження, наявності вентиляції та систем пожежогасіння. Також відомі окремі дослідження реальних конструкцій ТМ, таких як комплекту захисного одягу [96], елементів м'яких меблів [97]. Дані дослідження дозволяють підтвердити достовірність лабораторних і розрахункових методів. Однак, практично відсутні результати великомасштабних випробувань, в яких би вивчався вплив ефективності вогнезахисту ТМ на динаміку розвитку пожежі і можливі небезпечні наслідки.

Розділ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ПОРІВНЯЛЬНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІЇ ВОГНЕЗАХИСНИХ СКЛАДІВ НА ТКАНИНАХ З ЦЕЛЮЛОЗНИХ І ПОЛЕФІРНИХ ВОЛОКОН І ЇХ СУМІШЕЙ

Для дослідження порівняльної ефективності вогнезахисних складів при поверхневій обробці тканин різних за хімічним складом були обрані фосфорвмісні ЗГ.

Обробка тканин вогнезахисними речовинами "МС-Т", ТУ 2182-001-05841276-97, що представляє собою водний розчин солей (амоній фосфорнокислий, амоній сірчаноокислий) проводилася згідно з технологічним регламентом методом занурення. Температура просочувального складу не перевищувала 60 °С. Після просочення текстильний матеріал віджимався на 85-90% на плюсовки і сушився при температурі 100-150 °С.

Витрата просочувального складу "МС-Т" залежить від хімічного складу, щільності та структури текстильного матеріалу і коливається від 160 до 500 г/м.

Також для досліджень був обраний склад «АМФ» (водний розчин амонійних солей амінотрісметіленфосфонової кислоти), що володіє підвищеною термостійкістю, як показали проведені в розділі 2.1. дослідження. Просочення тканин проводилася додавально-термофіксаційним методом.

Суша суміш вогнезахисного складу «АМФ» складається з двох компонентів, а водний його розчин - суміш сухої частини і води. Для отримання вогнезахищених тканин обрані оптимальні концентрації складу: - для бавовни - 15%, для суміші «хлопок - синтетика» - 20% і для тканини «синтетика» - 25%. Склад і його водні розчини також призначені і для поверхневої обробки та наноситься на ТМ методом розпилення, зануренням, кистю в залежності від виду оброблюваного матеріалу. Наприклад, при використанні кисті або фарбопультів, в тому числі агрегатів безповітряного розпилення, робочі водні розчини вогнезахисного складу «АМФ» можуть наноситися в 2-4 шари, час висихання одного шару становить не більше 24 годин.

					НУЦЗУ.2.19-18.СХтаХТ.РПЗ-08	<i>Лист</i>
						46
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Слід зазначити, що зазначені вогнезахисні склади серійно виробляються, мають відповідні сертифікати та санітарно-гігієнічні висновки. Результати експериментальних досліджень оцінки ефективності зазначених складів на тканинах з натуральних волокон представлені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Результати експериментальних досліджень оцінки ефективності складів на тканинах з натуральних волокон

Найменування матеріалу	Поверхнева щільність, г/м ²			Приріст вогнезахисного складу, %		Результати випробувань по ГОСТ Р 50810-95	
	до просочування	після просочування «МС-Т»	після просочування «АМФ»	"МС-Т"	«АМФ»	"МС-Т"	«АМФ»
«Тік матрацний»	182	254	243	12,9	7,5	ТВ	ТВ
«Тік матрацний»	182	242	230	10,2	4,9	ЛВ	ЛВ
«Юнона»	215	242	237	8,7	6,7	ТВ	ТВ
«Юнона»	215	235	232	6,6	4,8	ЛВ	ЛВ
Парусина полульняна	530	588	567	8,4	4,8	ТВ	ТВ
Парусина полульняна	530	545	560	6,6	3,5	ЛВ	ЛВ

Як видно з представлених даних, при обробці тканин досліджуваними складами займистість тканин залишається однаковою. Це підтверджує можливість отримання важкозаймистих матеріалів (ВЗ) при обробці зазначеними складами. Однак, досягнення ефекту вогнезахисту відбувається при різних за кількістю витратах (приростах) при однаковій технології просочення складами «МС-Т» та «АМФ», що свідчить про перевагу використання останнього засобу. Крім того, проведені дослідження показали, що зі збільшенням поверхневої густини тканини, витрата вогнезахисного засобу зменшується. Це пов'язано з тією обставиною, що тканини більшої щільності, що має, як показали раніше проведені дослідження, характерна менша за величиною швидкість поширення полум'я по поверхні, через різних умов теплообміну в реакційному шарі при впливі джерела запалювання з огляду на різної товщини матеріалу. Тому для придушення процесу термоокислення необхідно менше за кількістю (витраті) вогнезахисного засобу. Цю обставину необхідно враховувати при рекомендації кількості використовуваного кошти для досягнення вогнезахисного ефекту на тканинах різної поверхневої густини.

Виготовлення тканин з суміші натуральних і синтетичних волокон дозволяє підвищити експлуатаційні властивості матеріалів і розширити області їх застосування, зокрема, для виготовлення нових видів спеціальної за-захисної одягу. Тому розробка умов підвищення вогнезахисних характеристик сумішевих тканин має велике практичне значення. З цією метою була вивчена ефективність вогнезахисного дії складів «МС-Т» та «АМФ» і вплив на ефект вогнезахисту співвідношення компонентів «полієфір / бавовна» в складі тканин. У таблиці 4.2 представлені результати досліджень вогнезахисного ефекту на тканинах із суміші волокон, оброблених зазначеними вище вогнезахисними просочувальними складами.

Результати досліджень порівняльної ефективності дії вогнезахисних складів
«МС-Т» та «АМФ» на тканинах із суміші волокон

Найменування матеріалу	Склад волокон, %		Поверхнева щільність, г/см ² / витрата вогнезахисного складу, %			Результат випробувань за ГОСТ Р50810-95	
	бавовна	ПЕ	До просочування	Після просочування МС-Т	Після просочування АМФ	МС-Т	АМФ
«Лідер-комфорт»	67	33	180	227/12	195/8,0	ЛВ	ЛВ
«Лідер-комфорт»	67	33	180	232/14	201/12	ТВ	ТВ
«Гобелен	50	50	362	421/24,8	423/15,0	ЛВ	ЛВ
«Гобелен	50	50	362	430/25,6	470/20,0	ЛВ	ТВ
Фейерверк	51	49	220	261/18,9	252/18,9	ЛВ	ЛВ
«Фейерверк»	51	49	220	273/25,1	266/20,8	ЛВ	ТВ
«Мебельна»	35	65	270	345/29,3	332/18,5	ЛВ	ЛВ
«Мебельна	35	65	270	465/42,7	370/22,5	ЛВ	ТВ
«Лідер 285»	33	67	285	350/20,5	325/13,5	ЛВ	ЛВ
«Лідер 285»	33	67	285	380/25,8	336/15,0	ЛВ	ТВ
«Лідер 180»	33	67	180	201/19,8	208/15,0	ЛВ	ЛВ
«Лідер 180»	33	67	180	211/25,3	202/18,5	ЛВ	ТВ

Як впливає з отриманих експериментальних даних, для тканин з суміші «поліефір-хлопок» з вмістом поліефірної складової, що перевищують 33%, ефект вогнезахисту при рекомендованих і допустимих витратах коштів спостерігається тільки при використанні вогнезахисного складу «АМФ». Це пояснюється механізмом дії зазначеного антипирена полягає не тільки в модифіцированні бавовняної складової зазначених вогнезахисною сумішшю, яка має суттєвий вплив на піроліз термопластичного полімеру, що входить до складу тканини з суміші волокон, а й в інгібуванні терморозкладення самого поліефіру. Склад «МС-Т» переважно ефективний тільки для целюлозних тканин. На рис. 4.1 представлені залежності впливу змісту поліефірної складової в сумішевих тканинах «поліефір-хлопок» (близьких по чисельному значенням поверхневої густини) від витрати вогнезахисних засобів «АМФ» і «МС-Т» при досягненні ефекту ТБ за методом ГОСТ. Якщо для тканин з різним вмістом ПЕ використовувалося рекомендоване, згідно з нормативною документацією, кількість складу «АМФ», то при обробці тканин складом «МС-Т» використовувалися завищені його витрати, і в даному випадку не бралася до уваги втрата зовнішнього вигляду тканини після обробки, зміна кольору, жорсткість, висолювання розчину на поверхні і т.д. Зазначені дослідження проводились з метою порівняння вогнезахисного ефекту просочувальних складів. Слід зазначити, що за допомогою отриманої залежності можна оптимізувати необхідну кількість витрати складу «АМФ» для отримання ефекту вогнезахисту на тканинах з різним вмістом ПЕ. Аналогічні залежності можна отримувати для тканин з суміші волокон різної щільності і складу для обґрунтування необхідного кількісного витрати ефективних вогнезахисних засобів.

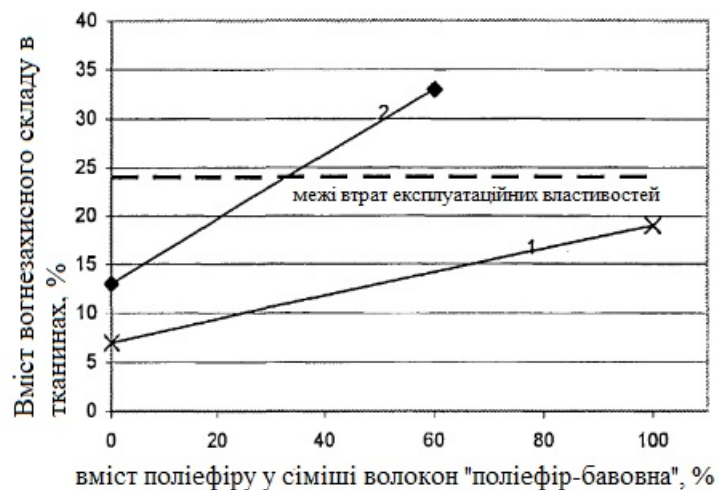


Рис. 4.1. – Залежність необхідного для ефективної вогнезахисту витрати складу в тканинах від змісту поліакрилонітрилу в суміші волокон «поліакрилонітрил-хлопок». 1 - тканини, оброблені вогнезахисною сумішшю «АМФ»; 2 - тканини, оброблені вогнезахисною сумішшю «МС-Т».

Крім того, отримані експериментальні дані показали, що при оцінці вогнезахисного ефекту є принциповим вибір способу запалювання і орієнтації зразка по текстильному напрямку при домінуючому вмісті поліакрилонітрильної складової частини. В результаті численних досліджень встановлено, що вогнезахисна поліакрилонітрильно-целюлозна тканина з більш ніж 35%-ним вмістом поліакрилонітрилу в складі, розташованого по напрямку запалюється і самостійно горить переважно в напрямку напрямку при запалюванні з поверхні. Ця обставина наочно проілюстровано рис. 4.2, Де представлені зразки оброблених вогнезахисною сумішшю «МС-Т» тканини «Гобелен» після проведення випробувань. На малюнку видно, що перевищення допустимого значення класифікаційного параметра - довжини обуглене ділянки після самостійного горіння відбувається тільки в одному випадку - при випробуваннях в напрямку напрямку і запалюванні з поверхні. Це пояснюється умовами запалювання, тому що полум'я палика відповідно до методики проведення випробувань впливає, по-перше, перпендикулярно до поверхні, що дозволяє акумулювати тепло в реакційній зоні, і, по-друге, з питомим тепловим потоком, що

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

перевищує значення питомої теплового потоку полум'я пального при запалюванні з кромки.

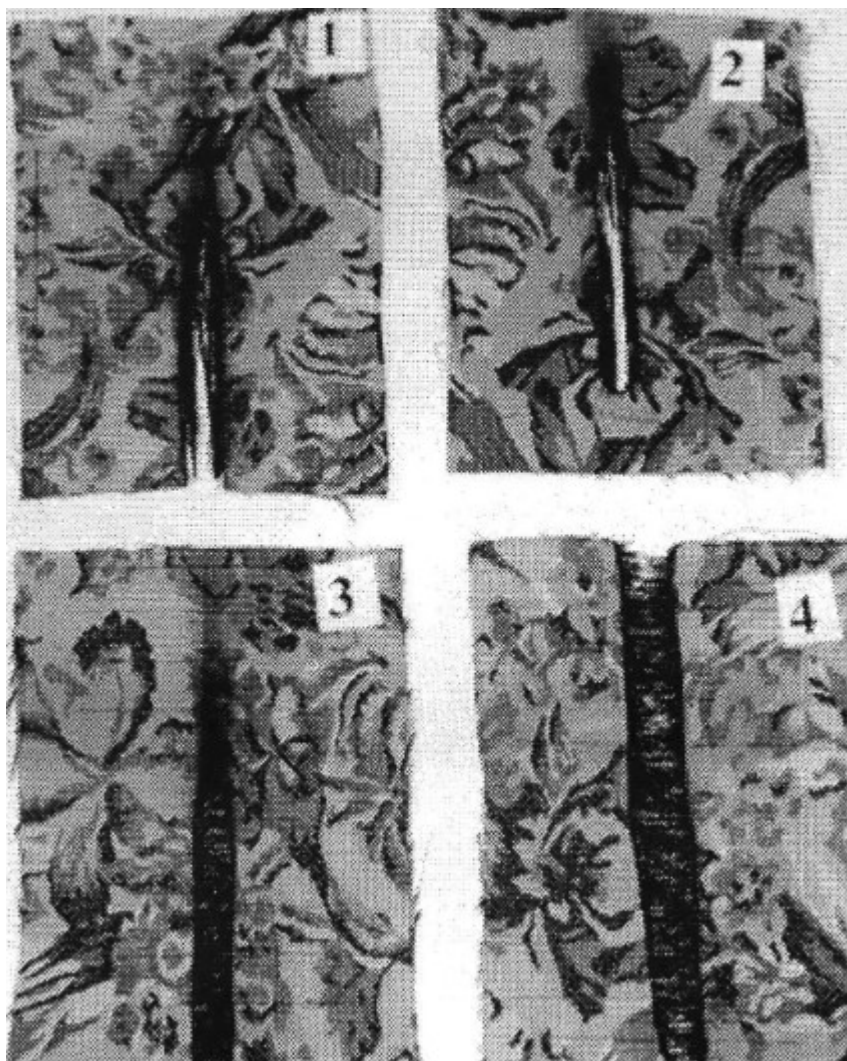


Рис. 4.2. – Зовнішній вигляд зразків тканини «Гобелен» (50% ПЕ / 50% бавовна) після проведення випробувань за методикою: 1 - при запалюванні з кромки по основі; 2 - при запалюванні з поверхні по основі; 3 - при запалюванні з кромки по утку; 4 - при запалюванні з поверхні по утку.

В ході проведених досліджень було встановлено, що ефективність дії антипіруючого складу залежить не тільки від його реакційної здатності, але і від кількості витрати при обробці сумішевих тканин в залежності від співвідношення в них складових «поліефір / бавовна». На рис. 4.3 представлені залежності впливу витрати складу «АМФ» на займістість від змісту поліефірної компоненти в

сумішевих тканинах. При збільшенні ПЕ в суміші «поліефір-хлопок» кількість витрачається вогнезахисного засобу «АМФ» зростає.

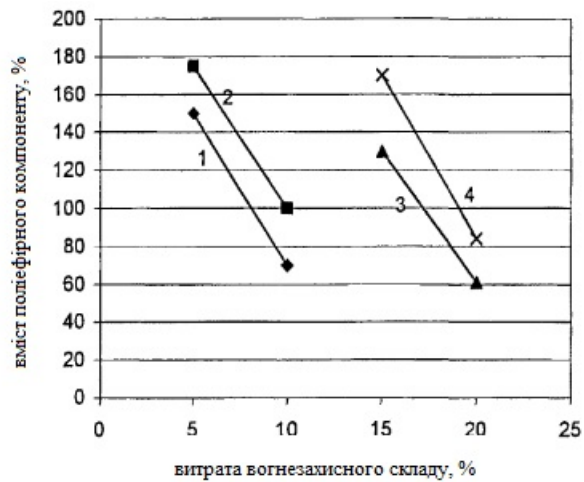


Рис. 4.3. – Залежність впливу витрати вогнезахисного складу «АМФ» на займистість від змісту поліефірної компоненти в тканинах. 1 - тканина «Тік матрацний» (100% бавовна); 2 - тканина «Лідер-комфорт» (67% бавовна, 33% поліефір); 3 - тканина «Лідер-180» (33% бавовна, 67% поліефір); 4 тканину «Розмір» (100% поліефір)

Таблиця 4.3.

Результати досліджень оцінки ефективності дії вогнезахисного складу «АМФ» на тканинах з ПЕ волокна.

Найменування матеріалу	Склад волокон, %	Поверхнева щільність, г/см ² / витрата вогнезахисного складу, %		Результат випробувань за ГОСТ Р50810-95
		До просочування	Після просочування «АМФ»	
Портьерна	100	145	170/18,1	ЛВ
Портьерна	100	145	190/21,4	ТВ

«Габарит»	100	160	187/14,4	ЛВ
«Габарит»	100	160	192/19,6	ТВ
«Сабіна»	100	310	389/23,1	ЛВ
«Сабіна»	100	310	403/25,3	ТВ

Дані таблиці 4.2 підтверджують ту обставину, що, хімічний склад антипірену «АМФ», що представляє собою складне з'єднання аммонійметілфосфоната, досить ефективний для вогнезахисту ПЕ тканин, що повністю узгоджується з результатами досліджень, наведеними в розділі 2.2.3. Крім того, також як і при проведенні досліджень впливу щільності матеріалу на кількість введеного антипірену для досягнення необхідного ефекту з вогнезахисту, у тканин на основі поліефіру спостерігається аналогічна залежність - зменшення кількості введеного антипірену в залежності від збільшення щільності тканини. Виняток становить тканину «Сабіна», що має відмінну від порівнюваних тканин «Порт'єрні» і «Розмір» структуру, можна припустити, що для тканин зі складними структурними характеристиками при ворсової або петлевої поверхні потрібно більший за кількістю витрата вогнезахисного засобу.

Отримані закономірності впливу хімічного складу тканин, її щільності (поверхневої, лінійної) і структури важливі для вибору об'єктивної оцінки займистості і розробки ефективних способів і засобів вогнезахисту.

В результаті проведених досліджень підтверджена можливість використання методу ГОСТ Р 50810-95 для оцінки ефективності вогнезахисних засобів для тканин. Метод дозволяє визначити легкість займання тканини від низькокалорійного джерела запалювання при його впливі з кромки і поверхні, передбачає можливість випробування зразка в вертикальному положенні, в різних текстильних напрямках (качок і основа), тим самим, з огляду на різноманіття чинників, особливо впливають на процес виникнення горіння по вогнезахисному ТМ.

Вивчено вплив поліефірної складової в тканинах з суміші волокон (поліефір-бавовна, поліефір-віскоза) на виникнення і поширення горіння від низькокалорійного джерела запалювання, показано, що в залежності від кількісного співвідношення «поліефір-хлопок» потрібен різний підхід до вибору за кількістю і реакційної здатності ефективних засобів вогнезахисту. Крім того, виявлено необхідність обліку текстильного напрямку домінуючою поліефірної складової при оцінці вогнезахисту тканин з суміші волокон, тому що ця обставина є визначальним при виборі способу і орієнтації зразка при його запаленні, а значить і об'єктивної оцінки пожежонебезпеки матеріалу.

Проведено порівняльні випробування різних зразків ТМ на основі натуральних (бавовна, віскоза), поліефірних і з суміші волокон з різним процентним вмістом «поліефір / бавовна» і «поліефір / віскоза» волокон, оброблених різними вогнезахисними складами. За результатами досліджень складено таблицю даних порівняльних випробувань вогнезахищених ТМ.

Розділ 5. ВИБІР ЗАСОБІВ ВОГНЕЗАХИСТУ ДЛЯ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ СПЕЦІАЛЬНОГО РОБОЧОГО ОДЯГУ

Як вже було зазначено, для підприємств, де існує особливий ризик виникнення пожежі (нафтова і газова промисловості, металургія, машинобудування) необхідно підвищувати вогнезахисні властивості захисного робочого одягу без втрати основних експлуатаційних показників, таких як зносостійкість, ергономічні та гігієнічні властивості, стійкість до забруднення, можливість виробляти чистку. У зв'язку з цим, існує завдання розробки вогнезахисних ТМ, що задовольняють всім експлуатаційним показниками.

З огляду на те, що існуюча в даний час сировинна база ТМ використовуваних при створенні тканин захисної спеціального одягу ґрунтується на сумішевих складах волокон бавовни і ПЕ або терmostійких волокон (СВМ, Номекс), представляється доцільним сконцентрувати вивчення закономірностей горіння для створення найбільш ефективних способів захисту саме таких тканин .

5.1. Обґрунтування вибору оптимального співвідношення компонентів в тканинах з суміші волокон для ефективної вогнезахисту при наявності сповільнювачів горіння

Перспективним напрямком є використання тканин з суміші натуральних (целюлозних, віскозних) і синтетичних волокон, наприклад, ПЕ, що дозволяють підвищити експлуатаційні властивості ТМ і розширити області їх застосування, зокрема, для виготовлення нових типів спецодягу. Збереження гігієнічних властивостей забезпечується за рахунок целюлозної складової, а високі фізико-механічні показники - за рахунок введення

ПЕ. Крім того, розширення обсягів виробництва ПЕ. волокон дозволяє отримувати недорогі матеріали з доступної сировини, що є визначальним при виборі тканин для робочого одягу.

					НУЦЗУ.2.19-18.СХтаХТ.РПЗ-08	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		56

Дослідження, проведені в розділі 2, встановили закономірності термолізу матеріалів на основі целюлози та ПЕ в присутності різних за реакційної здатності ЗГ, що дозволило вибрати найбільш ефективний з розглянутих - вогнезахисний склад «АМФ».

У даній частині роботи представлені результати досліджень отриманих вогнезахисних тканин з суміші волокон шляхом обробки антипіреном з одночасним вибором кількісного співвідношення складу волокон.

Нами було відмічено, що при введенні ЗГ («АМФ»), при певному змісті полімеру в тканини, її вогнезахисні показники підвищуються, що зумовило необхідність підбору оптимального співвідношення складу тканини для ефективної вогнезахисту [98].

Була досліджені зразки тканин робочого одягу, з різним вмістом бавовни і ПЕ. Для випробувань були відібрані зразки п'яти матеріалів, оброблених складом «АМФ» однієї і тієї ж концентрації, але розрізняються вмістом бавовни і поліефіру: (100% - бавовна; 60% - бавовна + 40% - ПЕ; 35% - бавовна + 65% - ПЕ, 20% - бавовна + 80% - ПЕ; 100% - ПЕ).

Зразки зазначених тканин обробляли водним розчином ЗГ по термофіксаційному методу [52].

Дослідження з оцінки ефективності вогнезахисту проводилися комплексом методів.

При випробуваннях за методом фіксувалися такі показники: довжина обвуглене ділянки, наявність самостійного горіння, прогорання до кромки, поверхнева спалах і займання бавовняної вати для виявлення більш стійкого з даних матеріалів до впливу відкритого полум'я.

За результатами проведених досліджень всі зразки матеріалів з вогнезахисною обробкою мали довжину обвуглене ділянки менше 150 мм, відсутнє прогорання до крайок і освіту розплавлених палаючих крапель, що відповідає класифікації тканин, як важкозаймистих відповідно до вимог державних стандартів. Однак, за результатами вимірювання довжини обвуглене ділянки (рис. 5.1) видно, що крива

залежності довжини обвуглене ділянки від складу тканини має екстремальний характер. Максимальна довжина обвуглене ділянки (100мм) відзначена для тканини, яка містить 65% ПЕ. Подальше збільшення вмісту ПЕ складової призводить до різкого зниження досліджуваного параметра, який при співвідношенні "ПЕ: бавовна" - 80:20 становить 65 мм.

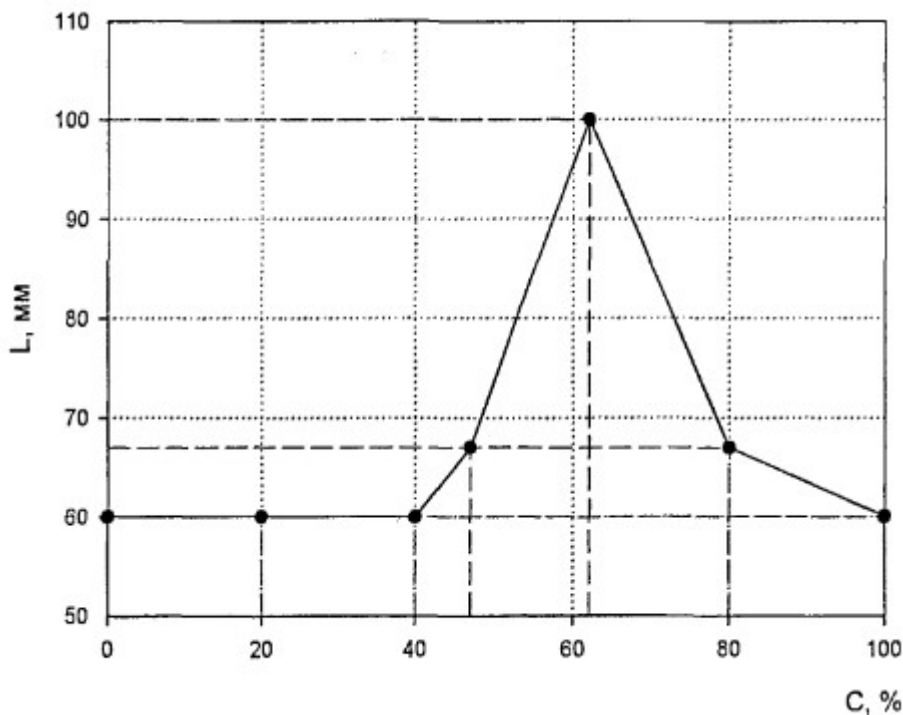


Рис. 5.1. – Залежність довжини обвуглене ділянки від кількісного вмісту ПЕ складової в тканини з суміші волокон «ПЕ-хлопок»

Отримані дані корелюють з результатами визначення КІ. Показано, що зі збільшенням частки ПЕ в тканини, КІ модифікованого матеріалу зменшується з 51% для бавовняної тканини до 29% - для ПЕ тканини. Однак, збільшення КІ модифікованих тканин в порівнянні з КІ вихідних тканин має неаддитивну характер зі збільшенням ПЕ складової в тканини. Відхилення збільшення КІ від адитивного значення починається при введенні до складу тканини більше 40% ПЕ; максимальне відхилення характерно для тканини, яка містить 65% ПЕ (рис. 5.2.).

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

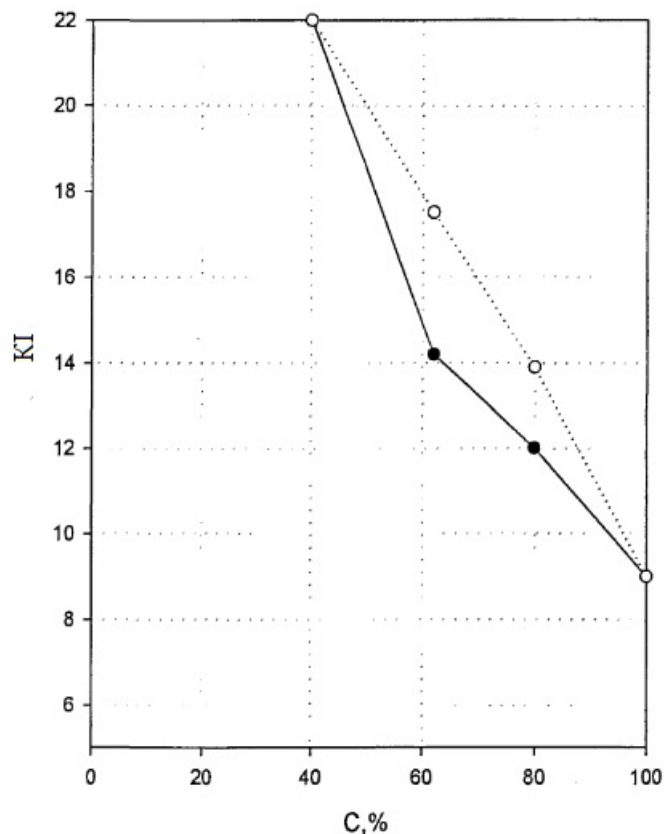


Рис. 5.2. – Залежність значення КІ від кількісного вмісту ПЕ складової в тканини з суміші волокон «ПЕ-хлопок»

Отримані дані підтверджують той факт, що негативний вплив термопластичного полімеру - ПЕ, що входить до складу тканини з суміші волокон, на її вогнезахисні показники проявляється в більшій мірі при утриманні його в суміші 40 ... 80%.

З метою пояснення отриманих закономірностей було проведено термогравіметричний аналіз на термоаналітичному комплексі «Du Pont- 9900», результати якого наведені в таблиці 5.1.

Результати термогравіметричного аналізу і визначення КІ вогнезахищених
тканин різного складу

Тканина	Втрата маси, % при T, °C			T _{макс} , °C	V _{макс} , %/хв	КІ, %
	300	400	500			
Бавовна (100%)	38,36	44,61	56,83	281	19,2	51
ПЕ (100%)	7,45	38,53	72,07	410	27,8	29
Бавовна:ПЕ (20:80)	14,48	38,76	69,15	285* 395	3,3 19,3	32
Бавовна:ПЕ (35:65)	17,04	35,65	68,23	288* 404	4,9 20,9	34
Бавовна:ПЕ (60:40)	29,55	41,13	64,82	286* 437	11,9 9,4	42

Термоліз бавовняної вогнезахищеної тканини протікає в низькотемпературній області, і максимальна швидкість розкладання 19,2% хв спостерігається при температурі 281 ° С. ПЕ вогнезахищена тканина починає інтенсивно розкладатися при температурі вище 300 ° С, і максимальна швидкість виділення летючих сполук 27,8% хв має місце при температурі 410 ° С. Криві ДТА тканин з суміші волокон мають два піки, характерних для розкладання кожної зі складових, але відрізняються від максимумів для незмішаних тканин.

Для тканини з 40% -ним вмістом ПЕ волокна характерно найістотніше зниження максимальної швидкості розкладання поліефірної складової (9,4% / хв у порівнянні з 27,8% / хв для 100% ПЕ).

Результати термогравіметричного аналізу і визначення КІ вогнезахищених тканин різного складу

					НУЦЗУ.2.19-18.СХтаХТ.РПЗ-08	Лист
						60
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таким чином, бавовна, модифікований фосфоровмісних з'єднанням, є полімерним сповільнювачем горіння, має суттєвий вплив на термоліз термопластичного волокнуутворюючого полімеру, який входить до складу тканини, пригнічуючи його розкладання.

При термолізі тканини, що містить 65% ПЕ, визначальним є розкладання поліефірної складової, максимальна швидкість розкладання якої 20,9% / хв. Швидкість розкладання бавовняного волокна низька (максимум 4,9% / хв). Цим пояснюється невисока значення КІ (34%), вказаної тканини, де частка ПЕ становить 40%.

Оптимальною з точки зору гігієнічних властивостей по максимальному вмісту бавовни в тканини згідно з проведеними дослідженнями (рис 5.3) за методикою [99] є тканина з співвідношенням «ПЕ: бавовна» - 60:40.

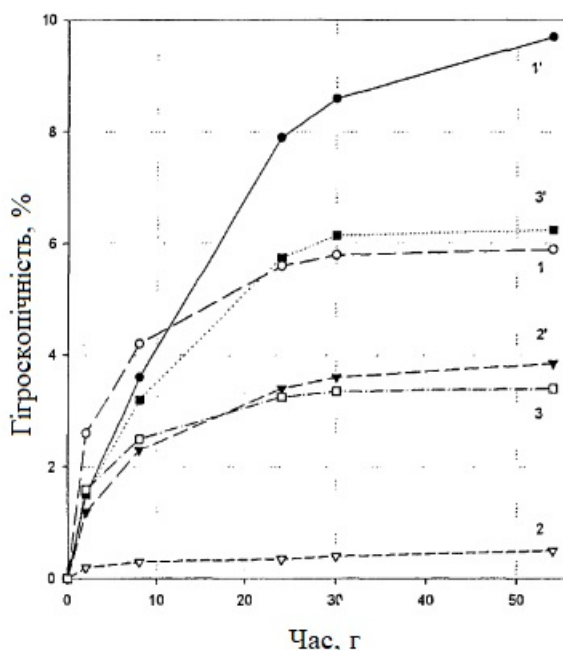


Рис. 5.3. – Дослідження гігієнічних властивостей по максимальному вмісту бавовни

Обрані тканини досліджували також на стійкість до впливу теплового потоку, для чого були сформовані пакети матеріалів, що відрізняються тільки тканиною верху, аналогічні конструкції використовуваної захисного одягу, що складаються з 4-х шарів.

Зразки пакетів матеріалів піддавалися впливу радіаційного теплового потоку щільністю 40 кВт / м протягом 5 секунд. В ході проведення випробувань фіксувалися: коефіцієнт ослаблення, наявність димоутворення або займання, характер і розміри пошкоджень після впливу променистого теплового потоку.

За результатами проведених досліджень, відповідно до вимог, можуть вважатися такими, що витримали випробування тільки два пакети матеріалів з представлених зразків (табл. 5.2). При цьому коефіцієнт ослаблення, який визначається як середнє арифметичне значення за результатами трьох випробувань, у всіх досліджуваних пакетів матеріалів з різним по вогнезахисної ефективності поверхневим шаром становив величину $0,68 \pm 0,02$.

Таблиця 5.2

Результати досліджень зразків пакетів матеріалів з оцінки теплозахисної ефективності

№ досліджу	Тканина матеріалу	Димоутворення	Займання	Наявність пошкоджень
1	100% бавовна +АМФ	-	-	-
2	60% бавовна 40% ПЕ +АМФ	-	-	-
3	35% бавовна 65% ПЕ +АМФ	+	-	+
4	20% бавовна	+	-	+

	80% ПЕ +АМФ			
5	100% ПЕ +АМФ	+	-	+

«+» - наявність димоутворення, поверхневої спалаху, займання, будь-які зміни зовнішньої поверхні - прогар, обвуглювання, оплавлення, руйнування.

«-» - відсутність зазначених вище характеристик.

В результаті проведення досліджень стійкості до впливу відкритого полум'я, яка визначається за методом [100], зразки матеріалів мають однакові характеристики часу досягнення температури на зворотному боці поверхні, які становлять для пакетів матеріалів 23 секунди, а для поверхневого шару - 12 секунд.

З наведеної таблиці видно, що серед тканин з суміші волокон кращі результати показав зразок матеріалів з співвідношенням бавовни і полієфіру - 60% і 40%, відповідно. Таким чином, це співвідношення даних волокон є кращим у виробництві вогнезахисних тканин з суміші волокон для пошиття робочого одягу.

Зіставлення теплозахисних властивостей широко використовуваних тканин з термостійких волокон типу «Терлон», «Номекс», «Терус» і тканин з вогнезахисною обробкою (табл. 5.3.) Показали високу ефективність запропонованого способу вогнезахисту.

Проведені в таблиці 3.3 дані порівняльних експериментальних досліджень показали, що вогнезахисну тканину з суміші целюлозних і ПЕ волокон має фактично однакові показники теплозахисних властивостей, що і деякі відомі термостійкі тканини «Терлон», «Номекс», «Терус». Для порівняння наведені також дані для парусини напівлляних, обробленої методом ОП. Дана тканина використовується для серійно випускається бойового одягу пожежників (БОП) з термостійких матеріалів ТУ 8570-367-05824192-96.

Порівняльні дані вогне- та теплозахисних властивостей зразків термостійких тканин (пакетів) і тканин, які оброблені вогнезахисними складами

Найменування зовнішнього шару матеріалу, поверхнева щільність, ρ (г/м ²)	КІ, %, ДСТУ 12.1.044-89	Займистість, ДСТУ Р 50810-95		Теплозахисна ефективність, ISO 6942-89 для пакетів матеріалів				Теплопередача при взаємодії в відкритим вогнем, ISO/DIS 9151	
		L, мм	Група	5кВт	Тср	40кВ т	Тср		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
«Терлон», $\rho=195$ кг/м ²	29	60	ТВ	0,68	36,7	0,65	28,7	11	24
«Номекс», ТУ8370-032-41114558-97, $\rho=200$ г/м ²	31	57	ТВ	0,65	37,4	0,60	29,5	12	23
«Теруса», ТУ 8380-00118024452-96, $\rho=192$ г/м ²	30,2	55	ТВ	0,67	36,9	0,63	31,0	11	21
Парусина напівлляна, ДСТУ 15530-93 з вогнезахисною пропиткою	26	90	ТВ	0,86	31,6	0,75	26,7	8	18

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

методом ОП $\rho=600 \text{ г/м}^2$									
Матеріал із суміші волокон бавовни і ПЕ (60:40) з пропиткою АМФ $\rho=200 \text{ г/м}^2$	42	50	ТВ	0,70	35,8	0,65	31,5	12	23

За методом оцінки займистості [129] досліджені зразки тканин відносяться до класу важкозаймистих, мають близькі за значенням параметри займистості (довжину обвуглене ділянки, втрату маси). Дані експериментів по визначенню теплозахисної ефективності досліджуваних пакетів матеріалів показали незначний розкид чисельних значень коефіцієнта ослаблення для термостійких і вогнезахищених тканин. Поверхня тканини, що представляє суміш ПЕ і бавовни, оброблена складом «АМФ», незважаючи на досить високу ступінь складової поліефіру (40%), в умовах випробувань за методом [62] не оплавляється і не обвуглюється, на відміну від зразка вогнезахищеної парусини напіввлляних, що має деякий потемніння зовнішньої поверхні. Результати досліджень з оцінки часу досягнення 24°C на внутрішній поверхні матеріалу при дії відкритого полум'я [64] показали, що вогнезахищена складом «АМФ» тканину з суміші волокон «ПЕ - бавовна» має чисельне значення цього параметра -13 секунд, тоді як у термостійких тканин воно становить 10-12 с, і також не спостерігалось будь-яких змін зовнішньої поверхні. Експериментальні дані, отримані в результаті дослідів з пакетами матеріалів, свідчать про можливість використання вогнезахищеної тканини з суміші волокон в якості захисного шару спеціального одягу.

5.2 Вплив вогнезахисної обробки на основні експлуатаційні властивості тканин спеціального захисного одягу

Експлуатаційні властивості тканин для захисного одягу не обмежуються тільки вимогами вогнестійкості, а в більшій мірі визначаються характеристиками міцності і гігієнічними вимогами. При цьому за доцільне оцінити вплив пропонованого принципу вогнезахисту на ці параметри. Як характеристик, що визначають експлуатаційні властивості тканин для захисного одягу відповідно до положень з НПБ 157-97, пропонується використовувати міцності вихідних зразків тканин і пройшли випробування на вплив теплового променистого потоку за методом [62], а також визначення їх гігроскопічності.

Характеристики міцності (розривна і роздирає навантаження) до і після теплового впливу різної потужності, визначалися за методиками, викладеними в ГОСТ 3812-72. Отримані експериментальні дані наведені в таблиці 5.4

					НУЦЗУ.2.19-18.СХтаХТ.РПЗ-08	<i>Лист</i>
						66
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Таблиця 5.4.

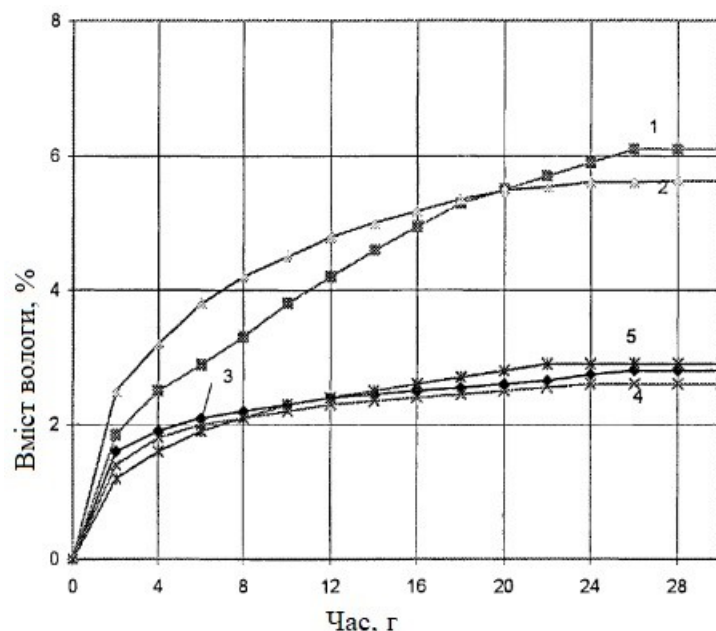
Порівняльні дані міцності тканин з термостійких волокон і вогнезахищених тканин з суміші волокон на основі полієфіру і бавовни.

Найменування матеріалу	Характеристики міцності											
	Роздираюче навантаження, Н		Розривне навантаження, Н		Роздираюче навантаження при 5 кВт/м ²		Розривне навантаження при 5 кВт/м ²		Роздираюче навантаження при 40 кВт/м ²		Розривне навантаження при 40 кВт/м ²	
	Основа	Куток	Основа	Куток	Основа	Куток	Основа	Куток	Основа	Куток	Основа	Куток
«Терлон»	83	80	1068	850	60	73	958	810	80	76	953	806
«Номекс»	115	155	1248	1147	108	139	1209	1056	97	114	1216	1048
«Теруса»	301	248	2253	1827	273	238	2180	1791	293	220	2179	1755
Парусина напівлляна, вогнезахищена	109	101	810	748	60	75	683	626	124	92	834	776
Матеріал із суміші волокон бавовни і ПЕ (60:40) з пропиткою АМФ	98	86	1145	920	94	83	1114	890	91	80	1120	880

Порівняльний аналіз експериментальних даних міцності показав, що існує певна відмінність в численних значних показників розривної і роздирають навантажень. Однак дана розбіжність не носить принципового характеру, тому що воно незначно і відповідає нормативним вимогам, викладеним в НПБ 157-97. Суттєвим є те, що, по-перше, початкова тканина з суміші целюлозного і ПЕ волокон має показники міцності на рівні термостійких матеріалів, по-друге, її вогнезахист складом «АМФ» практично не знижує міцних показників після теплового впливу на тканину.

Важливими показниками, що визначають можливість використання тканин для виготовлення спеціального одягу, є гігієнічні властивості, зокрема, гігроскопічність [135]. Проведені дослідження гігроскопічність досліджуваних матеріалів показали суттєву перевагу тканини з суміші бавовни і ПЕ, модифікованої «АМФ», в порівнянні з тканинами з таких термостійких матеріалів, як «Терлон», «Номекс» і «Терус» (рис. 5.11).

Використовуючи в якості порівняльного критерію вартісні показники, слід зазначити, що вартість термостійких тканин перевищує в чотири рази вартість тканин з суміші волокон, вогнезахисених складом «АМФ».



Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

Рис. 5.11. – Криві сорбції парів води вогнезахисними і термостійкими тканинами: 1 - бавовна: ПЕ (60:40), модифікований «АМФ»; 2 - качка; 3 - «Номекс»; 4 - «Терлон»; 5 - «Терус».

В результаті проведення досліджень, що враховують як механічні та гігієнічні показники, так і вогнезахисні властивості тканин, встановлено, що для виготовлення спецодягу доцільно використовувати оптимальне співвідношення суміші волокон «хлопок - поліефір», яке при проведенні вогнезахисної обробки запропонованим складом дозволяє отримати тканини зниженою пожежної небезпеки з необхідними параметрами по міцності і гігроскопічності.

ВИСНОВКИ

У даній роботі виконано дослідження, що спрямовано на вивчення особливостей вогнезахисту текстильних матеріалів. До числа основних результатів, отриманих в роботі, належать такі.

- досліджені закономірності кінетики термолізу ряду ТМ, їх взаємозв'язок з виникненням і розвитком горіння;

- досліджені закономірності зміни кінетики ТМ під впливом ЗГ, механізм вогнезахисного дії різних ЗГ і оцінили їх ефективність;

- в залежності від кількісного співвідношення «поліефір-бавовна (віскоза)» потрібен різний підхід до вибору за кількістю і реакційної здатності засобів вогнезахисту;

- виявлена необхідність обліку текстильного напрямку домінуючою поліефірної складової при оцінці ефективності вогнезахисту тканин з суміші волокон;

- встановлено, що для суміші волокон «поліефір-хлопок» у порівнянні з вихідними волокнами характерна зміна динаміки і температурного інтервалу виділення горючих газів, що обумовлює високу горючість зазначених сумішей волокон;

- встановлено, що зниження пожежної небезпеки для спеціального захисного одягу отримано при оптимальному співвідношенні компонентів в суміші тканини з волокон «поліефір: бавовна» (40:60) в присутності антипірену.

					НУЦЗУ.2.19-18.СХтаХТ.РПЗ-08	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		70

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Кодекс цивільного захисту України від 02.10.2012 № 5403-VI
2. Айзенштейн Э.М., Ефремов В.Н., Шнайдер Р. Ретроспективный анализ состояния текстильного сырья в 2001 г. // Химические волокна. - 2003. - № 1. - С. 3-10.
3. «Аналитична довідка про пожежі та їх наслідки в Україні за 12 місяців 2020 року», <https://idundcz.dsns.gov.ua/ua/Analitichni-materiali.html>.
4. Перепёлкин К.Е. Горючесть текстиля, как одна из его важнейших характеристик// Лег. Пром Бизнес Директор. - 2001.- № 8. - С. 36-37.
5. Ксандопуло Г.И. Химия пламени. - М. Химия, 1980. - 256 с.
6. Wall L.A. In: Flammability of Solid Plastics, Wesport. - 1976. - Vol.7. - 323 p.
7. Эфрос Л.С., Ушевский Л.Е. Водородный показатель для критерия термостойких полимеров // Высокомолекулярные соединения. - 1975. - Т. 17Б. - №4.- С. 309-310.
8. Moos E.K., D.Y. Skinner. Modified isocyanurate Foames. Part 2. // J. Cell.Plast. - 1977. - Vol. 13, N 4. - P. 276-280.
9. Fish R.H., Parker J.A. // J. Appl. Polymer Sei. Symposia. - 1973. - N 2. - P. 22-24.
10. Vankrevelen D.W. // Polymer. - 1975. - Vol. 16, N 8. - P. 615-621.
11. Асеева Р.М., Заиков Е.Г. Горение полимерных материалов,- М.: Наука, 1981. 280 с.
12. Horrosks A.R. Develorments in flame ratordauts for heat and fire resistant textile - the role of char formation and intumescence // Pol. Degrad and Stab. - 1996.-N54.-P. 143-154.
13. Влияние волокнистого состава пряжи на огнезащитные свойства тканей из смешанных волокон / Пузикова Н.П., Лукьянова В.А., Журавлева Н.В. и др. // Межвузовский сборник научных трудов. - М.: - 1992. - С. 55-63.
14. Sposcker Oliver. Comfort combinet with protection // Fire. - 2002. - Vol. 94, N 1159.-P.22.

					НУЦЗУ.2.19-18.СХтаХТ.РПЗ-08	Лист
						71
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

15. Перепёлкин К.Е. Структура и свойства волокон. - М.: Химия, 1985. - 208 с.
16. Перепёлкин К.Е. Основные мировые тенденции в производстве и потреблении волокон // Текст, химия. Спец. выпуск РСХТК. - 2003. - № 1(21). - С. 31.
17. Методы получения текстильных материалов со специальными свойствами / Козинда З.Ю., Горбачева И.Н., Суворова Е.Г., Сухова Л.М. - М.: Лер-промбытиздат, 1988. - 112 с.
18. Тюганова М.А. Разработка теоретических основ огнезащиты волокнообразующих полимеров и технологии получения огнезащищенных текстильных материалов: Дисс. на соискание ученой степени д-ра хим. наук /: НПО Химволокно. -М., 1988. - 307 с.
19. Lyons J.W. The chemistry and uses of fire retardants, N.Y.: Wiley Intersci., 1970. - 462 p.
20. Снижение горючести тканей из смеси хлопчатобумажной пряжи и полиэфирного волокна / Болодьян Г.И., Константинова Н.И., Зубкова Н.С., Бутылкина Н.Г. // Химическая технология. - 2001. - № 8. - С. 17-20.
21. Вогман Л.П., Скляренко Ж.В., Константинова Н.И. Новая бумага пониженной горючести // Бумажная промышленность. - 1984. - № 3.- С. 14.
22. Flammability of Fabric / Ed. C.J. Hilado. N.Y.: Technomic Publ. Co., 1974. - 200 p.
23. Термо-, жаростойкие и негорючие волокна. / Под ред. Конкина А.А. - М.: Химия, 1978. 422 с.
24. Brenda J., Traek and John V. Beninate. Therrmal Analyses of Flame Retardaut Fwills Containing Cotton, Polyester and Wool // J. Appl. Polym. Sci. - 1986. - Vol. 32, N 5. - P.945.
25. Vorater Monty. Ammonium polyphosphate - the maltipurpose fiame retardant // Spect. Chem. - 1984. - Vol. 4, N 4. - P. 17-20.
26. A.Richard Horrocks, Shend Zwang. Enhancind Flame Retardancy by Reaction with Phosphorylated Polyols. Part 2. Cellulos Freated with Phosponium Salt Urea Condensate (Proban CC®) Flame Retardant // Fire Mater.- 2002. - Vol. 26. -P. 173-182.

					НУЦЗУ.2.19-18.СХтаХТ.РПЗ-08	Лист
						72
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

27. Hofmann P., Raschdorf F. Beitrag zur Beschreibung der Reantionen von Flammschutz mittein mit Baumwolle and Polyester im Berichte der Pyrolise // Textilveredlung. - 1970. - Vol. 6. - P. 486-497.
28. Walner C., Needles H.L. Flammability characteristics of lightweight cellulosic and polyester - cellulosic blend Fabrics // J. Fire Sei. - 1985, Vol. 6. - N 6. - P. 461-471.
29. Зубкова Н.С. Высокоэффективный отечественный замедлитель горения для придания огнезащитных свойств волокнистым текстильным материалам // Химические волокна. - 2000, - № 6. - С. 38-40.
30. Роговин З.А., Гольбрайх Л.С. Химические превращения и модификация целлюлозы. - М.: Химия, 1979. - 208 с.
31. Пат. 2070626, Россия МКИ^бД06Ы 1/74. Месник В.М., Волков И.В., Мамаева Н.П. и др. Состав для придания огнезащитных свойств текстильным материалам. № 95121239/04, Заявл. 14.12.95. Опубл. 20.12.96.
32. Wang M.Y., Horrocks A.R., Horrocks S., Hall M.E. Flame Retardaut Textile Bask-Coatings. Part 1: Antimony-Halogen System Interations and the Effect Perlacement by Phosphorus-Containing Agents // J. Fire Sei. - 2002. - Vol. 18. -P. 265-294.
33. Перепёлкин К.Е. Физико-химическая природа и структурная обусловленность уникальных свойств полиэфирных волокон // Химические волокна. - 2001. -№ 5. - С.8.
34. Айзенштейн Э.М. Полиэфирные волокна. / В кн.: Хим. Энциклопедия.- М.: БРЭ. -Т.4. - 1995. -С.87-91.
35. Коварская Б.М., Блюменфельд А.Б., Левантовская И.И. Термическая стабильность гетероцепных волокнообразующих полимеров. - М.: Химия, 1977.-С.263.
36. Зубкова Н.С., Бутылкина Н.Г., Л.С. Гальбрайх Л.С. Принципы выбора замедлителей горения для снижения пожарной опасности гетероцепных волокнообразуюнщх полимеров // Хим. волокна .- 1999. - №4. - С.17.
37. Брык М.Т. Деструкция наполненных полимеров. - М.:Химия, 1989.-192 с.

38. Кодолов В. И. Замедлители горения текстильных материалов. М.: Химия, 1980.-274 с.
39. Селиванов С. Е., Шиян А. А. Кинетика сшивки молекул полимерного материала - влияние флуктуаций термодинамических параметров. // II Межд. конф. по полимерным, матер, пониж. горючести.: Тез. докл. - Волгоград, 1999.- Т.1.-С.9.
40. Dimov K., Alba J., Lasarova R., e.a. // Angew. Makromol. Chem. - 1982. - Bd. 102. - S.87-101.
41. Seymour R.B.// Polym. News. - 1984. Vol. 9, № 10. - P. 310.
42. Баранова Т. Л., Крапоткин В. П., Айзеннггейн Э.М. Огнестойкие полиэфирные волокна. // Хим. волокна. - 1982. - №4. - С.5-9.
43. Grobe A. e.a. // Chemiefasern/Text. Ind., - 1978, - № 11. - S. 957-960.
44. Selly E., Vaccarella W. // Plast. Eng. - 1979. - Vol. 35, № 2. - P. 43-47.
45. Phosphorus-containing Flame retardent Polyester // J. Appl. Polim. Sei. - 1997. -Vol. 63.-P. 1511-1516.
46. Полиэфирное волокно с пониженной горючестью / Э.М.Айзенштейн, Л.А.Ананьева, О.П. Окунева и др.// Текст, пром. - 2002. -№2. - С.19-21.
47. Haberstock H. Einsatz von flammhemmenden / Maschen Ind. -2002. - №2,- С. 24.
48. Einsele U. Über die Flammfest anrusting von Textilien // Text. Praxis. - 1972. - Bd. 27, N 3. - S. 172-175.
49. Troev K., Crozeva A.T., Borisov G. // Europen Polumer J. - 1979. - Vol.15. - P. 1143-1147.
50. Bäsch A.e.a. //J. Polum. Sei., Polum. Chem. Ed.- 1979. - Vol. 17. -P. 39-47.
51. Well K.D.//Flame Retardant. Polum. Mat. - 1979. -Vol. 2.- P. 103-131.
52. Зубкова Н.С. Регулирование процессов термоллиза и горения термопластичных волокнообразующих полимеров и создание материалов с пониженной горючестью: Дисс. на соискание ученой степени д-ра хим. наук / ВНИИПВ. - Мытищи, 1998.-280 с.

53. IMO Resolution A.471 (XII): Improved test method for qualifying marine construction materials as non-combustible.
54. ISO 6940 -1984. Textile fabrics - Burning behaviour - Determinations of ease of ignition of vertically oriented specimens.
55. ISO/DIS 6941-1984. Textile fabrics - Measurement of flame spread properties of vertically oriented specimens.
56. DIN 54331-74. Prüfung von Textilien. Bestimmung des Brennverhaltens Bodenprüfverfahren.
57. ГОСТ 12.1.044-89. ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.
58. ГОСТ 15898-70. Ткани льняные и полульняные. Метод определения огнеупорных свойств.
59. Стандарт ВИАМ. Материалы текстильные для авиастроения. Определение горючести.
60. UNE 40-306-75. Norma Española. Determinación de la resistencia a la Llama en los tejidos.
61. ISO 12952-1998. Textiles - Burning behaviour of bedding items.
62. ISO 6942-81. Clothing for protection against heat and fire - Method of evaluation of thermal behaviour of materials and material assemblies when exposed to a source of radiant heat.
63. Филин Л.Г., Михайлова Е.Д. Методы оценки воспламеняемости текстильных материалов //Обзорная информ. - М.: ВНИИПО МВД СССР, 1991. - 45 с.
64. ISO/DIS 9151. Protective clothing heat and fire - Determination of heat transmission on exposure to flame.
65. ГОСТ 15967-70. Ткани льняные и полульняные для спецодежды. Метод определения стойкости к истиранию по плоскости.
66. НПБ 157-97. Боевая одежда пожарных. Общие технические требования. Методы испытаний. -М.: ВНИИПО МВД России, 1997. - 28 с.

67. ГОСТ 12.4.105-81. ССБТ. Ткани и материалы для спецодежды сварщиков. Общие технические условия.
68. Стандарт РАФ 1995 г. Комбинезоны огнезащитные для автоспортсменов.
69. DIN 4102. Part 1. Fire performance of building materials and components. Building materials.
70. Réglementation de l'utilisation de certains matériaux et produits dans les établissements recevant du public/ Journal officiel No. 7.01.1976/77.
71. Techn. Information Bulletin No 116. State of California, Department of Consumer Affairs Bureau of Home Furnishings, Jan.80.
72. Techn. Information Bulletin No 117. Requirements, test procedure and apparatus for testing the flame retardance of resilient filling materials used in upholstered furniture. State of California, Department of Consumer Affairs Bureau of Home Furnishings, Jan.80.
73. ISO 8191-1987. Furniture - Assessment of the ignitability of upholstered furniture - ignition source.
74. BS 5852-1979. Fire tests for furniture.
75. NBN S 21-302. Cigarette and match type flame test. Draft 1982.
76. NT Fire 014. Furniture upholstered seats ignitability. May 1986.
77. ONORM B 3825. Brandverhalten von Ausstattungsmaterialien. Prufung von Möbelbezugen. July 1985.
78. Metodo CSE RF 4/83. Supplemento ordinario della gazetta Ufficiale n. 234 del 25. agosto 1984.
79. The Upholstered Furniture (Safety) (Amendment) Regulations 1983/519 HMSO.
80. НПБ 109-96. Вагоны метрополитена. Требования пожарной безопасности. - М.: ГосНИИВ, 1996.-24 с.
81. ВНПБ-97.Вагоны пассажирские. Требования пожарной безопасности. - М.: МПС РФ, 1997.-59 с.
82. FAR 25.853. Part 25. Airworthiness Standards: Transport category airplanes.

83. ISO 6925-1982. Textile floor coverings - Burning behaviour - Tablet test at ambient temperature.
84. EN ISO 9239. Reaction to fire tests - Horizontal surface spread of flame on floor-covering systems - Part: Flame spread using a radiant heat ignition source.
85. BS 476. Fire Tests on Building Materials and Structures. Part 7: 1987: Method for the Classification of the Surface Spread of Flame of Products.
86. NF P 506. Essai au panneau radiant pour revetements de sol.
87. NF P 501. Essai par rayonnement applicable aux materiaux rigides ou renqus tels (materiaux de revetement) de toute epaisseur et aux materiaux souples d'epaisseur superieure a 5 mm.
88. NT Fire 007. Floorings: Fire spread and smoke generation (1985-11. Identical with INSTA 414).
89. The BOCA National Building Code/1987. Tenth Edition. Building Offitials & Code Administrators International. Inc. 4051 W. Flossmoor Road. Country Club Hills, Illinois 60477-5795.
90. EN ISO 1716. Reaction to fire tests for building products - Determination of the calorific value.
91. EN 13823. Single burning item test.
92. СНиП 2.8.02-89. Общественные здания и сооружения.
93. МГСН 1-93. Многофункциональные здания и комплексы.
94. Blomqvisti Per, Lonnermark Anders. Characterization of the combustion products in large - scale fire tests: Comparison of three experimental configurations // Fire and Mater. - 2001. - Vol. 25, N 2. - P. 71-81.
95. СНиП 21-02-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений. - М.: Госстрой России, 1999.
96. Логинов В.И. Общие принципы и особенности разработки различных видов специальной защитной одежды пожарных // Пожарная безопасность. - 2002.-№ 5.-С. 51-57.

97. James G. Qvintiere. Principles of fire behavior // Delmer Publishers. - 2000. - P. 71-81.
98. Константинова Н.И., Болодьян Г.И. Огнезащита тканей для рабочей одежды из смесевых волокон // Комплексная безопасность России - исследования, управление, опыт: Сб. материалов Международного симпозиума. - М., 2002. - С.318-319.
99. Методические указания к лабораторным работам по курсу "Теоретические основы переработки полимеров". - М.: МГТУ, 2004. - С.22-27.
- 100.ГОСТ Р 50810-95. Пожарная опасность текстильных материалов. Ткани декоративные. Метод испытания на воспламеняемость и классификация.
- 101.Константинова Н.И. Огнезащита текстильных материалов / Диссертация. Москва – 2004.
- 102.Феноменологічна модель вогнезахисту деревини із застосуванням водної вогнебіозахисної речовини ДСА-2 [Електронний ресурс] / С. В. Жартовський // Пожежна безпека: теорія і практика. - 2013. - № 13. - С. 20-27.
- 103.Феноменологічна модель вогнезахисту деревини із застосуванням водної вогнебіозахисної речовини ДСА-2 [Електронний ресурс] / С. В. Жартовський // Пожежна безпека: теорія і практика. - 2013. - № 13. - С. 20-27.
104. Використання солей полігексаметиленгуанідину в складах водних вогнегасних речовин для протипожежного захисту об'єктів із целюлозовмісних матеріалів [Електронний ресурс] / С. В. Жартовський // Науковий вісник НЛТУ України. - 2018. - Т. 28, № 6. - С. 93-98.
105. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту /роботи освітньо-кваліфікаційного рівня «спеціаліст» за напрямом підготовки 05.13.01 – «Хімічна технологія» спеціальність 7.05130106 «Природоохоронні хімічні технології» / Уклад. О.В. Тарахно, В.Д. Калугін, М.А. Чиркіна . – Х. : НУЦЗУ, 2015 . – 38 с.

					НУЦЗУ.2.19-18.СХтаХТ.РПЗ-08	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		78