

*В. І. Товарянський, І. І. Адольф, В. Л. Петровський
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУР ЗАЙМАННЯ І САМОЗАЙМАННЯ ТКАНИН З БАВОВНИ ТА ПОЛІЕСТЕРУ

Постановка проблеми. Більшість тканин, що використовуються в технологічних процесах швейних підприємств, класифікуються як горючі матеріали, і є складовою пожежного навантаження, яка створює загрозу виникнення та швидкого поширення пожеж в приміщеннях швейних підприємств. Тому актуально досліджувати показники пожежної небезпеки тканин з метою встановлення найбільш небезпечних з них, а також для підвищення ефективності забезпечення пожежної безпеки швейних підприємств.

Метою роботи є отримання залежностей значень температур займання та самозаймання бавовняних тканин від відсоткового вмісту бавовни.

Методи дослідження. Дослідження проводили з використанням методів аналізу, узагальнення, порівняння, термометрії, регресійного аналізу.

Основні результати дослідження. Виявлено, що найкраще займалась подрібнена 100%-ва бавовняна тканина бавовни, а найгірше – цілісний поліестер як тканина без вмісту бавовни. Найменше значення температури, за якої спостерігалось займання, становило 215°C для бавовни (100%, подрібнена тканина), а за умови зменшення цієї величини – спостерігалися відмови, які спричинені зокрема тим, що за нижчих температур не утворюються горючі пари в концентраціях, достатніх для горіння. Встановлено, що температури займання/самозаймання для цілісного зразка тканини зі складом бавовни 100% становлять 235°C/420°C, а для цілісного зразка тканини зі складом поліестеру 100% – 360°C/500°C відповідно. Температури займання/самозаймання для тканин з подрібненою структурою є нижчими на 8,5%/4,78% (бавовняна тканина) і 2,8%/6% (поліестер) порівняно із значеннями, отриманими для цілісних тканин.

Висновки. За результатами аналізу найбільш поширених тканин (табл. 1), які застосовуються на швейних підприємствах, виявлено, що найбільша пожежна небезпека властива тканинам, в складі яких міститься бавовна. Найменша температура займання спостерігається для бавовни (100%, подрібнена тканина) і становить 215°C, що в 1,63 раза менше за температуру займання поліестеру (0% бавовни, подрібнена тканина). Найменша температура самозаймання спостерігається також для бавовни (100%, подрібнена тканина) і становить 400°C, що в 1,18 раза менше за температуру самозаймання поліестеру (0% бавовни, подрібнена тканина).

Ключові слова: швейна промисловість, пожежна безпека, тканина, бавовна, поліестер, температура займання, температура самозаймання.

*V. I. Tovarianskyi, I. I. Adolf, V. L. Petrovskyi
Lviv State University of Life Safety*

RESEARCH TEMPERATURES OF IGNITION AND SELF-IGNITION OF COTTON AND POLYESTER FABRICS

Formulation of the problem. Most of the fabrics used in the technological processes of garment enterprises are classified as combustible materials and are part of the fire load, which threatens the outbreak and rapid spread of fires in the premises of garment factories. Therefore, it is important to study the indicators of the fire hazard of fabrics to identify the most dangerous of them, as well as to increase the efficiency of fire safety at sewing enterprises.

The purpose of the work is to obtain the dependences of the values of ignition and self-ignition temperatures of cotton fabrics on the composition of cotton.

Results. It was found that the crushed 100% cotton fabric flamed best, and the worst – solid polyester as a fabric without cotton. The lowest value of the temperature at which ignition was observed was 215°C for cotton (100%, shredded fabric), and if this value is reduced - there were failures, which are caused in particular by the fact that at lower temperatures flammable vapours are no formed in concentrations sufficient for combustion. It was found that the ignition / spontaneous combustion temperatures for a solid sample of the fabric with a composition of 100% cotton are 235°C/420°C, and for a

solid sample of the fabric with a composition of 100% polyester – 360°C/500°C, respectively. Ignition / spontaneous combustion temperatures for finely divided fabrics are 8,5%/4,78% (cotton fabric) and 2,8%/6% (polyester) lower than the values obtained for whole fabrics.

Results. According to the results of the analysis of the most common fabrics (table 1) used in garment enterprises. Identified that the biggest fire hazard is inherent containing cotton. The lowest ignition temperature is observed for cotton (100% shredded fabric) and is 215°C, which is 1,63 times less than the ignition temperature of polyester (0% cotton, shredded fabric). The lowest self-ignition temperature is also observed for cotton (100% shredded fabric) and is 400°C, which is 1,18 less than the self-ignition temperature of polyester (0% cotton, shredded fabric).

Keywords: garment industry, fire safety, fabric, cotton, polyester, ignition temperature, self-ignition temperature.

Постановка проблеми. У процесі діяльності швейних підприємств, де виготовляють широкий асортимент продукції, у технологічних процесах виробництва обертаються тканини різних видів. В сукупності з виробничим обладнанням тканини входять до складу пожежного навантаження та створюють загрози виникненню та поширенню пожеж. Такі загрози можуть виникати внаслідок порушення правил пожежної безпеки, недотримання умов технологічних процесів, а також в моменти виникнення джерел займання [1]. Джерела займання можуть виникати як за нормальних умов роботи виробничого обладнання, так і за умов виникнення аварійних ситуацій чи інших позарегламентних процесів [2].

Дослідженням [3] встановлено, що залежно від походження волокон тканини бувають природні, штучні та синтетичні. Природні тканини поділяються на мінеральні (азбест), рослинні (абака, бавовна, бамбук, деревне волокно, джут, капок, кенаф, койр, коноплі, льон, пінья, рафія, рамі, сизаль), тваринні (альпака, ангора, бісус, вовна верблюда, вікунья, вовна гуанако, кашемір, кетгут, ківіют, криль, лама, мохер, павутина, пашміна, собача вовна, сухожиля, шовк та ін.). Штучні тканини поділяють на мінеральні (базальтове волокно, мінеральна вата, скловолокно) та целюлозні (ацетат, бамбук, віскоза, ліоцелюлоза, модал, штучний шовк). До синтетичних тканин належать полімерні, зокрема: акрилік, анід, арселон, арамід, тварон, kevlar, technoga, pomex, віналон, вуглеволокно, тепах, дерклон, еластан, зейлон, лайкра, мікрофібра, модакрил, нейлон, олефінове волокно, поліестер, поліетилен, дунеета, spectra, поліпропілен, пролен, полігліколід, спандекс, фторволокно).

Враховуючи широке різноманіття та пожежну небезпеку тканин, дослідженням їх фізико-хімічних параметрів займалися багато науковців. А. С. Пушкаренко та А. А. Чернуха в [4] проводили дослідження займистості та горючості текстильних матеріалів, які оброблялися вогнезахисною гелеутворюючою системою силікат натрію – хлорид кальцію, розробленою в НУЦЗУ, де авторами підтверджена ефективність застосування цієї суміші. Н. І. Коровникова та ін. [5] проводили дослідження за напрямком зниження горючості воло-

книстих матеріалів, в яких автори підтвердили актуальність проблеми горючості тканин та провели роботу з пошуку найбільш ефективних та екологічно безпечних антипіренів. Сірко З. С. та ін. [6], враховуючи пожежонебезпечні властивості тканин, виконували дослідження з аналізу антипіренів для просочування целюлозовмісних матеріалів та розроблення більш ефективних композицій. В [7] Н. І. Осипенко, Д. В. Колчева удосконалили методику оцінки якості декоративних тканин, призначених для порт'єр, за показниками займистості. У даній роботі також порівнювалась займистість як оброблених, так і не оброблених вогнезахисною речовиною тканин.

В роботах [8–11] іноземні автори також досліджували процеси займання бавовняних тканин, вивчали способи підвищення стійкості до займання цих тканин з допомогою антипіренів та інгібіторів горіння. Отримані у цих роботах результати дають змогу краще зрозуміти процеси займання та горіння бавовняних тканин. Однак дослідження в [8–11] проводилось за методиками 1979-1996 років, які на сьогодні є дещо застарілими. Тому, зважаючи на відмінність методик досліджень та вимоги часу, виникає необхідність проведення подальших досліджень бавовняних тканин з метою актуалізації результатів та отримання нових залежностей.

На підставі аналізу досліджень, представлених у [4–11], встановлено, що автори розглядають тканини в основному як матеріали для облицювання внутрішнього простору приміщень різного призначення. Поруч з цим, у всіх вище зазначених роботах як спосіб підвищення пожежної безпеки розглядається зменшення величин займистості та горючості тканин, однак не проводилось досліджень щодо виявлення найбільш пожежонебезпечних тканин та не досліджували взаємозалежності температур займання і самозаймання від відсоткового вмісту компонентів. Це дає підстави стверджувати, що виконання наукових досліджень властивостей пожежної небезпеки бавовняних тканин є актуальними, і дасть змогу більш якісно обирати, застосовувати та вдосконалювати заходи із запобігання виникненню та поширенню пожеж підприємств швейної промисловості.

Метою досліджень є отримання залежностей значень температур займання та самозаймання бавовняних тканин від відсоткового вмісту бавовни.

Прилади і обладнання. В процесі проведення випробувань експериментальних зразків використовувались ваги ВТУ-210/С3, прилад ОТП, сушильна камера 2Ш-0-01, РТ 0102 з ТХА, секундомір СОП.

Виклад матеріалу. З метою виявлення найбільш пожежонебезпечних тканин, а також інших складових пожежного навантаження, які можуть обертатись в технологічних процесах швейних підприємств, необхідно досліджувати показники їх пожежної небезпеки. Важливими інформативними показниками пожежної небезпеки речовин і матеріалів є температури займання та самозаймання [12]. Відповідно, пожежна небезпека речовини зростає поруч із зниженням температури займання та самозаймання.

В [13, 14] визначено температури займання деяких тканин та матеріалів, в тому числі тканин, які найчастіше використовуються у технологічних процесах швейних підприємств.

Як видно з табл. 1, найнижча температура займання властива бавовні. Також зауважено, що найчастіше продукція з бавовняних тканин містить волокна бавовни та поліестеру із широким діапазоном їх відсоткового вмісту [3]. Це дає підстави для проведення експериментальних досліджень температури займання та самозаймання для бавовняних тканин з різноманітним відсотковим складом.

Таблиця 1

Температури займання деяких тканин та матеріалів [13, 14]

| № з/п | Назва тканини, матеріалу | Температура займання t , °С |
|-------|--------------------------|-------------------------------|
| 1 | целюлоза | 275 |
| 2 | деревина | 240–270 |
| 3 | бавовна | 210 |
| 4 | каучук | 220–285 |
| 5 | поліпропілен | 325–343 |
| 6 | поліестер | 390 |
| 7 | вовна | 580 |
| 8 | капрон | 395 |
| 9 | нейлон | 355 |
| 10 | полістирол | 310 |

Експериментальні дослідження проводились в науково-дослідній лабораторії пожежної безпеки ЛДУБЖД згідно з [12]. Досліджувані зразки формували з бавовни (100%) та поліестеру (100%). Для зручності укладання зразки тканин подрібнювали. Суміші тканин отримували шляхом змішування бавовни та поліестеру таким чином, щоб відсотковий склад бавовни у них становив 100%, 80%, 60%, 40%, 20% та 0% відповідно, де за 0% бавовни взято подрібнену тканину поліестеру (100%). Додатково, згідно з [12], досліджували температури займання і самозаймання бавовни та поліестеру в неподрібненому стані. Приклади зразків тканин зображено на рис. 1.

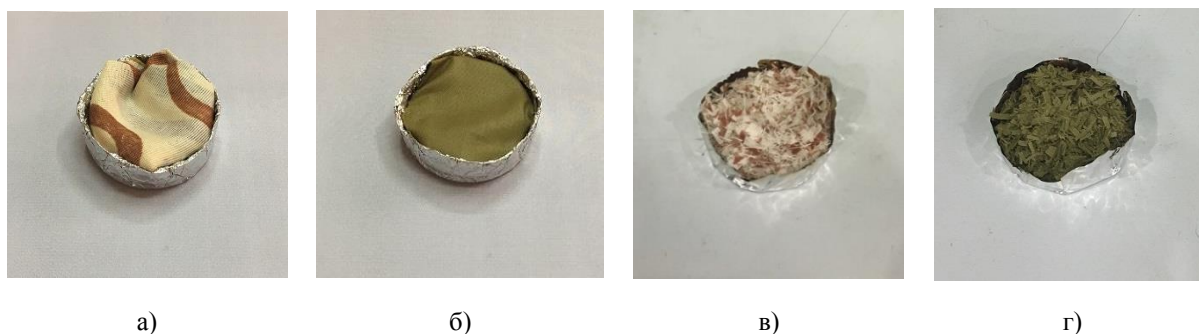


Рисунок 1 – Приклади дослідних зразків:

а) цілісний поліестер; б) цілісна бавовна; в) подрібнений поліестер; г) подрібнена бавовна

В процесі досліджень виявлено, що найкраще займалась подрібнена 100%-ва тканина бавовни, а найгірше – цілісний поліестер як тканина без вмісту бавовни. Найменше значення температури, за якої спостерігалось займання, становило 215°С для бавовни (100%, подрібнена тканина), а за умови зменшення цієї величини – спостерігалися відмови. Це пояснюється тим, що за нижчих температур не утворюються горючі пари в концентраціях,

достатніх для горіння. Тому врахування температур займання та самозаймання для тканин, які містять бавовну, забезпечуватиме створення передумов для зниження пожежної небезпеки ділянок, на яких вони обертаються.

За результатами досліджень встановлено, що температури займання/самозаймання для цілісного зразка тканини зі складом бавовни 100% становлять 235°С/420°С, а для цілісного зразка тканини зі

складом поліестеру 100% – 360°C/500°C відповідно. Зауважено, що температури займання/самозаймання для тканин з подрібненою структурою є нижчими на 8,5%/4,78% (бавовняна тканина) і 2,8%/6% (поліестер) порівняно із значеннями, отриманими для цілих тканин, що пояснюється

особливостями процесів розкладу та окиснення [13]. Значення діапазону температур займання та самозаймання зразків тканин, отриманих за результатами експериментальних досліджень, наведені в табл. 2.

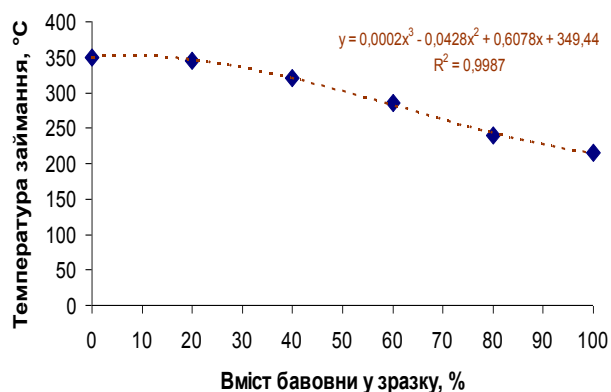
Таблиця 2

Значення діапазону температур займання та самозаймання для досліджуваних зразків тканин

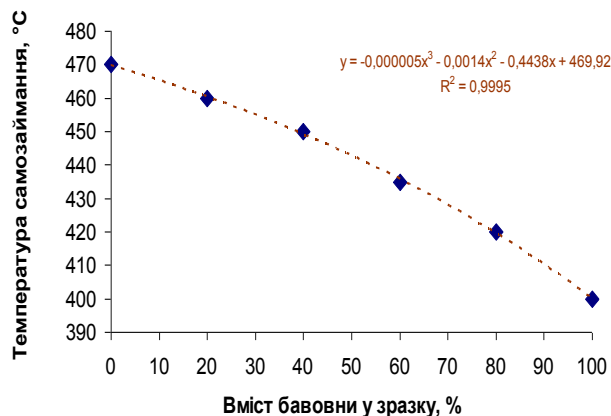
| № досліджу | Температура займання/самозаймання, °C | | | | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| | Зразки тканин | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| | бавовна (100%, подрібнена тканина) | бавовна (80%, подрібнена тканина) | бавовна (60%, подрібнена тканина) | бавовна (40%, подрібнена тканина) | бавовна (20%, подрібнена тканина) | бавовна (0%, подрібнена тканина) |
| 1 | 228/414 | 248/421 | 300/443 | 334/463 | 357/471 | 351/482 |
| 2 | 224/407 | 249/435 | 289/446 | 332/458 | 351/468 | 359/480 |
| 3 | 225/413 | 251/431 | 296/449 | 326/464 | 359/467 | 365/471 |
| 4 | 217/409 | 253/421 | 298/439 | 321/452 | 358/462 | 361/473 |
| 5 | 220/405 | 245/425 | 290/440 | 325/455 | 350/465 | 355/475 |
| 6 | 215/400 | 240/420 | 285/435 | 320/450 | 345/460 | 350/470 |
| Усереднені значення температур | 222/408 | 248/426 | 293/442 | 326/457 | 353/466 | 357/475 |

На рис. 2 зображено залежності температур займання та самозаймання досліджуваних

зразків від відсоткового вмісту бавовни у них.



а)



б)

Рисунок 2 – Залежності температур займання (а) та самозаймання (б) від відсоткового вмісту бавовни у зразку

Отримані поліноміальні регресійні моделі для температури займання $t_3 = 0,0002\varphi^3 - 0,0428\varphi^2 + 0,6078\varphi + 349,44$ з коефіцієнтом достовірності апроксимації $R^2 = 0,9987$ та температури самозаймання $t_{сз} = -0,000005\varphi^3 - 0,0014\varphi^2 - 0,4438\varphi + 469,92$ ($R^2 = 0,9995$), де φ – відсотковий склад

бавовни у зразку, вказують на те, що із зменшенням відсоткового вмісту бавовни зростають значення температур займання та самозаймання досліджуваних зразків. Похибки між результатами вимірювань та регресійними моделями наведено у табл. 3.

Експериментальні значення та результати регресійної моделі досліджуваних зразків

| Номер зразка | Відсотковий склад бавовни (φ) у зразках, % | Значення температур займання та самозаймання, °С | | Абсолютні відхилення результатів вимірювань, °С |
|--------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------|
| | | отримані експериментально | поліноміальної регресійної моделі | |
| 1 | 100 | 215/400 | 182/406 | 33/6 |
| 2 | 80 | 240/420 | 226/423 | 14/3 |
| 3 | 60 | 285/435 | 275/437 | 10/2 |
| 4 | 40 | 320/450 | 318/449 | 2/1 |
| 5 | 20 | 345/460 | 346/460 | 1/0 |
| 6 | 0 | 350/470 | 349/469 | 1/1 |

Отримані регресійні моделі дають змогу визначати температури займання і самозаймання для зразків із різним відсотковим вмістом бавовни в діапазоні значень, що різняться з експериментальними. Мінімальні значення температур займання та самозаймання бралися для оцінювання пожежної небезпеки досліджуваних тканин. Спостерігається тенденція до зменшення температур займання та самозаймання із збільшенням відсоткового вмісту бавовни, що спричинює збільшення пожежної небезпеки досліджуваних тканин.

Висновки

1. За результатами аналізу різноманітних тканин, які застосовуються на швейних підприємствах, виявлено, що найбільша пожежна небезпека властива тканинам, в складі яких міститься бавовна.

2. Проведеними експериментальними дослідженнями в лабораторних умовах встановлено, що найменша температура займання спостерігається для бавовни (100%, подрібнена тканина) і становить 215°C, що в 1,63 раза менше за температуру займання поліестеру (0% бавовни, подрібнена тканина). Найменша температура самозаймання спостерігається також для бавовни (100%, подрібнена тканина) і становить 400°C, що в 1,18 раза менше за температуру самозаймання поліестеру (0% бавовни, подрібнена тканина).

3. Найменші похибки між температурами займання/самозаймання, отриманими за результатами експериментальних досліджень, а також встановленими з використанням поліноміальних регресійних моделей, властиві для: бавовни (0%, подрібнена тканина) – 1/1°C; бавовни (20%, подрібнена тканина) – 1/0°C та бавовни (40%, подрібнена тканина) – 2/1°C, що підтверджує адекватність застосування моделей отриманим значенням. У випадку температур займання та самозаймання зразків бавовни (100%, 80%, 60% – подрібнена тканина), виникає необхідність врахування отриманих похибок.

Список літератури:

1. Настанова з організації роботи дослідно-випробувальної лабораторії територіального органу Держтехногенбезпеки України. Затв. Наказом Держтехногенбезпеки від 21.12.2012 року № 273. Київ, 2012. 45 с.
2. Степаненко С. Г., Яник Я. М., Тимошук Ю. Т. Дослідження пожеж: довідково-методичний посібник. Київ: УкрН-ДПБ МВС України, 1998. 233 с.
3. Гуралюк А.Г., Куштан Г.В., Нежур В. С. та ін. Товарознавство непродовольчих товарів. URL: https://comexpert.pto.org.ua/index.php?option=com_k2&view=item&layout=item&id=1373&Itemid=102 (дата звернення 11.03.2021).
4. Пушкаренко А. С., Чернуха А. А. Зниження займистості текстильних і паперових матеріалів шляхом обробки вогнезахисними складами. Сборник научных трудов УГЗУ. 2008. Вип. 24. С. 140–143.
5. Коровникова Н. І., Олійник В. В., Рипало, Ю. Ю., Звірков С. П. Зниження горючості волокнистих матеріалів. Сборник научных трудов УГЗУ. 2011. Вип. 29. С. 92–97.
6. Сірко З. С., Стариш Є. А., Цірень Н. Л., Цапко О. Ю., Торчиловський Д. П., Кісіль Л. Л. Антипіренна композиція для вогнезахисту целюлозовмісних матеріалів. Наукові доповіді НУБіП України. Київ, 2021. Вип. 1 (89). С. 1–7.
7. Осипенко Н. І., Колчева Д. В. Оцінювання якості декоративних тканин за показниками займистості. Збірник наукових праць "Товарознавство та інновації". ДонНУЕТ. Донецьк, 2009. Вип. 5. С. 108–117.
8. Wilson A. Reeves and Yvonne B. Marquette Lightweight, Durable-Press Cotton and Polyester/Cotton with Ignition Resistance. Textile Research Journal, 1979. Vol. 49, Issue 3. P. 163–169.
9. Elissa M. Pintauro, David R. Buchanan Ignition Process in Single and Multicomponent Polyester/Cotton Textile Structures. Textile Research Journal, 1979. Vol. 49, Issue 6. P. 326–334.

10. M. A. Khattab Spontaneous Ignition Behavior of Cotton Fabric Having Different Amounts of Polyester. *Journal of Applied Polymer Science*, 1996. Vol. 62. P. 1503–1507.

11. Khattab M. A., Price D., Horrocks A. R. The inhibition of spontaneous ignition by flame-retarding cotton fabrics. *Journal of Applied Polymer Science*, 1990. Vol. 41, Issue 1112. P. 3069–3078.

12. ДСТУ 8829:2019. Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. Вид. офіц. Київ : ДП УкрНДНЦ, Київ, 2020. 75 с.

13. Корольченко А. Я., Корольченко Д. А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Ч. 2. И-во. «Пожнаука». М., 2004. 774 с.

14. Баратов А. Н., Корольченко А. Я., Кравчук Г. Н. и др. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Книга 2. М., 1990. 384 с.

References:

1. Guidelines for the organization of the research and testing laboratory of the territorial body of the State Technogen Security of Ukraine. Order of the Derzhztekhnogenbezpeka № 273 from 21.12.2012. Kyiv, 2012. 45 p.

2. Stepanenko S., Yanik Ya., Timoshchuk. Yu. (1998). Research of fires: reference and methodical manual. Kyiv: UkrN-DIPB MIA of Ukraine, 1998. 233 p.

3. Guralyuk A. G., Kushtan G. V., Nezhur V. S. and others. (2016) URL: https://comexpert.pto.org.ua/index.php?option=com_k2&view=item&layout=item&id=1373&Itemid=102 (accessed 11.03.2021).

4. Pushkarenko A. S., Chernukha A. A., (2008), "Reducing the flammability of textile and paper materials by treatment with flame retardants". *Zbirnyk naukovykh prats' Universytetu tsyvil'noho zakhystu Ukrainy*, vol. 24, pp. 140–143.

5. Korovnikova N. I., Oliynyk V. V., Rypalo Yu. Yu., Zvirkov S. P., (2011) "Reduction of flammability of fibrous materials", *Zbirnyk*

naukovykh prats' Universytetu tsyvil'noho zakhystu Ukrainy, vol. 29, pp. 92–97.

6. Sirko Z. S., Starysh E. A., Tsiren N. L., Tsapko O. Y., Torchilevsky D. P., Kisil L. L., (2021) "Flame retardant composition for fire protection of cellulose-containing materials", *Naukovi dopovidi Natsional'noho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrainy*, vol. 1. no. 89, pp. 1–7.

7. Osipenko N. I., Kolcheva D. V., (2009) «Evaluation of the quality of decorative fabrics on the indicators of flammability». *Zbirnyk naukovykh prats' DonNUET*, vol. 5, pp. 108–117.

8. Wilson A. Reeves and Yvonne B. Marquette Lightweight, Durable-Press Cotton and Polyester. Cotton with Ignition Resistance. *Textile Research Journal*, 1979. Vol. 49, Issue 3. P. 163–169.

9. Elissa M. Pintauro, David R. Buchanan Ignition Process in Single and Multicomponent Polyester. Cotton Textile Structures. *Textile Research Journal*, 1979. Vol. 49, Issue 6. P. 326–334.

10. Khattab M. A. Spontaneous Ignition Behavior of Cotton Fabric Having Different Amounts of Polyester. *Journal of Applied Polymer Science*, 1996. Vol. 62. P. 1503–1507.

11. Khattab M. A., Price D., Horrocks A. R. The inhibition of spontaneous ignition by flame-retarding cotton fabrics. *Journal of Applied Polymer Science*, 1990. Vol. 41, Issue 1112. P. 3069–3078.

12. DSTU 8829:2019 Fire and explosion safety of substances and materials. Nomenclature of indicators and methods of their definition. Classification. UkrNDNTS. Kyiv, 2020. 75 p.

13. Korolchenko A. Ya., Korolchenko D. A., (2004). *Pozharovzryvoopasnost' veshchestv i materialov i sredstva ikh tusheniya* [Fire and explosion hazard of substances and materials and extinguishing agents]. М., 2004. 774 p.

14. Baratov A. N., Korolchenko A. Ya., Kravchuk G. N., and other, (1990). *Pozharovzryvoopasnost' veshchestv i materialov i sredstva ikh tusheniya* [Fire and explosion hazard of substances and materials and extinguishing agents]. М., 1990. 384 p.

* Науково-методична стаття