



*I. I. Адольф, В. І. Товарянський, В. Л. Петровський*

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів, Україна*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9132-673X> – I. I. Адольф

<https://orcid.org/0000-0002-4484-8164> – В. І. Товарянський

<https://orcid.org/0000-0002-5323-7824> – В. Л. Петровський



[adolfov@ukr.net](mailto:adolfov@ukr.net)

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОЖЕЖІ НА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ШВЕЙНО-ВИРОБНИЧІ ДІЛЯНКИ, ЕКРАНОВАНІ ЗАХИСНИМИ ПАНЕЛЯМИ

**Постановка проблеми.** Підприємства швейної промисловості охоплюють процеси підготовки сировини, зберігання, технологічної обробки та складування продукції. Пожежі, що виникають на таких підприємствах, швидко поширюються на великих площах, і спричинюють значні матеріальні збитки. Крім розроблення заходів, спрямованих на швидке виявлення та ліквідацію таких пожеж, уваги заслуговує також розроблення і застосування ефективних протипожежних перешкод в середовищі виробничих приміщень швейних цехів.

**Мета роботи** – дослідити поведінку експериментальних швейно-виробничих ділянок, екранованих захисними панелями в умовах пожежі.

**Методи дослідження.** Для проведення досліджень застосовували такі методи: аналітичні, натурального експерименту та регресійного аналізу.

**Основні результати дослідження.** За пожежної навантаги макетного вогнища величиною 1200 МДж температура самозаймання бавовни 400°C була зафіксована на 345-ій с від початку горіння в точці розміщення термометри №3. Щодо ділянки з розміщенням тканин з поліестеру, температура самозаймання 500°C виникла на 348-ій с від початку горіння. При горінні макетного вогнища з пожежною навантагою 600 МДж встановлено, що час виникнення температури самозаймання 400°C для ділянки з тканинами з бавовни становив 870 с в точці розміщення термометри №3, а температура самозаймання ділянки з поліестером набула значення 500°C на 890-ій с в точці розміщення термометри №7.

**Висновки.** Встановлено, що за пожежної навантаги макетного вогнища величиною 600 МДж горіння на захищеній екрануючою панеллю сусідній ділянці з тканинами відбувалось на 870-ій с від початку випробувань, що в 3,1 рази перевищує час до займання на незахищеній ділянці. Під час горіння макетного вогнища з навантагою величиною 1200 МДж займання захищеної ділянки з тканинами відбулось на 345-ій с від початку випробувань, що в 1,44 рази перевищує час до займання на незахищеній ділянці. При однаковій висоті екрануючих панелей зниження пожежної навантаги макетного вогнища від 1200 МДж до 600 МДж призводить до збільшення часу до займання експериментальної ділянки в 2,52 рази.

**Ключові слова:** швейні підприємства, екрануюча захисна панель, пожежна безпека, робоче місце, тканина, температура самозаймання.

*I. I. Adolf, V. I. Tovarianskyi, V. L. Petrovskyi*

*Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine*

## STUDY OF THE EFFECT OF FIRE ON EXPERIMENTAL SEWING AND PRODUCTION AREAS SCREENED WITH PROTECTIVE PANELS

**Formulation of the problem.** Garment industry enterprises cover the processes of preparation of raw materials, storage, technological processing and warehousing of products. Fires that occur at such enterprises quickly spread over large areas and cause significant material damage. In addition to the development of measures aimed at quickly identifying and eliminating such fires, the development and use of effective fire barriers in the environment of industrial premises of sewing shops deserves attention.

**The purpose of the work** is to study the behaviour of experimental sewing production areas shielded with protective panels in fire conditions.

**Research methods.** The following methods were used to conduct the research: analytical, full-scale experiment and regression analysis.

**The main results of the study.** When the fire load of the mock-up fire was 1200 MJ, the spontaneous combustion temperature of cotton was 400°C, which was recorded at 345 s from the start of combustion at the point where thermocouple №3 was placed. Regarding the area with polyester fabrics, the spontaneous combustion temperature of 500°C occurred at 348 s from the start of combustion. When burning a mock-up fire with a fire load of 600 MJ, it was found that the time of occurrence of the spontaneous combustion temperature of 400°C for the section with cotton fabrics was 870 s at the point where thermocouple №3 was placed, and the spontaneous combustion temperature of the section with polyester acquired a value of 500°C at 89 s at the point placement of thermocouples №7.

**Conclusions.** It was established that with a fire load of a mock-up fire of 600 MJ, combustion in the adjacent area with fabrics protected by a shielding panel occurred 870 s from the beginning of the tests, which is 3,1 times longer than the time before the fire in the unprotected area. During the combustion of a prototype fireplace with a load of 1200 MJ, the ignition of the protected area with tissues occurred 345 s from the beginning of the tests, which is 1,44 times longer than the time before the ignition in the unprotected area. With the same height of shielding panels, reducing the fire load of the mock fireplace from 1200 MJ to 600 MJ leads to an increase in the time before the fire of the experimental section by 2,52 times.

**Keywords:** garment enterprises, shielding protective panel, fire safety, workplace, fabric, spontaneous combustion temperature.

**Постановка проблеми.** Швейні підприємства належать до виробництв із високим ризиком виникнення пожеж. Пожежі, що виникають на таких підприємствах, мають тенденцію до швидкого поширення значними площами, і становлять загрозу для життя та здоров'я працюючого персоналу, знищення сировини, готової продукції, а також технологічного обладнання.

Пожежна небезпека швейних підприємств зумовлюється такими чинниками:

- використання у технологічному процесі горючих матеріалів, зокрема різноманітних тканин, ниток, спеціальних розчинників для додаткової обробки, що може сприяти швидкому поширенню пожежі за умови виникнення джерела займання;

- наявність технологічного обладнання, такого як швейні машини та парові праски, які схильні до перегріву під час їхньої експлуатації, а за умов порушення правил пожежної безпеки чи нормальних умов експлуатації можуть слугувати джерелами пожежі;

- перенавантаження у швейних цехах значною кількістю споживачів електромережі;

- наявність великої кількості працюючого персоналу, що створює додаткові ризики виникнення пожежі у випадку недотримання правил пожежної безпеки під час виробничого процесу.

Для запобігання пожежам на швейних підприємствах важливо контролювати дотримання правил пожежної безпеки, здійснювати регулярну перевірку справності виробничого обладнання, систем автоматичної пожежної сигналізації та пожежогасіння, проводити планові навчання з правил пожежної безпеки для працюючого персоналу. Додатковим запропонованим заходом, важливим для зменшення площ потенційних пожеж, що можуть виникати у швейних цехах підприємств, є застосування місцевих протипожежних перешкод – екрануючих панелей, призначених для захисту окремих робочих місць від впливу факторів пожежі.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Дослідженню поведінки різноманітних

протипожежних перешкод, які застосовуються для запобігання поширенню пожеж різними за призначенням приміщеннями, присвячено низку наукових праць як закордонних, так і українських науковців. Автори у представлених роботах досліджували вплив факторів пожежі на несучу здатність, цілісність та теплоізоляційні властивості різноманітних протипожежних перешкод, а також їх вплив на поширення пожеж. Зокрема в [1] автором досліджувались протипожежні властивості металоорганічних решіток на основі: цирконію (Zr-MOF), розгалуженого поліетиленіміну (BPEI) та вінілтріетоксисилану (VTES), які були внесені в структуру целюлозних волокон, для дослідження їх бар'єрних властивостей. Автором встановлено, що у порівнянні з необробленим вогнезахисною речовиною зразком бавовни, температура максимальної швидкості втрати маси ( $T_{max}$ ) C-Zr-MOF/BPEI/VTES збільшилася з 479°C до 523,3°C, а максимальна швидкість втрати маси ( $R_{max}$ ) при  $T_{max}$  знизилася з 37,6 до 17,2 мас.%/хв. При 800°C чиста бавовна згоріла без залишків, тоді як залишковий вміст вугілля у зразку C-Zr-MOF/BPEI/VTES становив 7,26 мас.%. Результати випробувань вертикального горіння показали, що зразок C-Zr-MOF/BPEI/VTES має кращі бар'єрні ефекти завдяки зниженню швидкості розповсюдження полум'я та створенню більшої кількості захисних шарів вугілля. В роботі [2] представлено тестування фасадних систем в реальному розмірі. Дослідження було проведено з метою порівняння поведінки системи ETICS при різних термічних ізоляційних шарах (горюча ізоляція, горюча ізоляція з протипожежним бар'єром із негорючого матеріалу, негорючий утеплювач) в умовах пожежі. Результати випробувань підтвердили, що перешкода з негорючого матеріалу (наприклад, мінеральної вати), навіть на порівняно невеликій висоті 20 см над отвором, може сповільнити поширення пожежі та знизити температури в процесі

нагрівання фасаду. В роботах [3-4] автори досліджували поведінку вогнестійких тканин, які використовують в обшивці меблів. Враховуючи те, що для отримання вогнестійких тканин застосовується низка хімічних речовин – антипіренів, інгібіторів горіння, то виникає питання щодо впливу таких тканин на здоров'я людей. Водночас під час проведення експериментальних досліджень авторами встановлено, що тканини, оброблені антипіренами, запобігають швидкому прогріванню інших тканинних шарів та можуть застосовуватись для сповільнення швидкості поширення горіння. В роботі [5] автори досліджували поведінку систем зовнішньої теплоізоляції під час експериментального горіння. Зокрема представлено результати експериментів вогневих випробувань, які проводилися для вивчення впливу протипожежних бар'єрів на вертикальне поширення пожежі. Протипожежною перешкодою була горизонтальна смуга з мінеральної вати шириною 300 мм. Термопары використовувалися для вимірювання температури ззовні та всередині системи. Встановлено, що значення температур над протипожежним бар'єром були значно нижчими, ніж під ним, що підтверджує ефективність застосування протипожежних бар'єрів у системах зовнішньої теплоізоляції. В роботі [6] проведено дослідження протипожежних перешкод на основі спучених перлітових композитів. Отримані результати досліджень стосуються визначення впливу різноманітних мінеральних в'язучих, які використовуються при виготовленні теплоізоляційних плит зі спученого перліту на вогнестійкість і, як наслідок, на підвищення вогнестійкості в умовах горіння целюлози та вуглеводнів. Найкращі теплоізоляційні та вогнестійкі властивості спостерігалися у перлітових плит, зв'язаних в'язучим із найменшим вмістом лужних речовин, для яких коефіцієнт теплопровідності був найнижчим, а вогнестійкість в умовах пожежі целюлози становила 98 хв. Автори роботи [7] досліджували пожежну небезпеку стелажних складів, які характеризуються значною кількістю пожежної навантаги. Для мінімізації поширення пожежі запропоновано облаштовувати стелажі горизонтальними перешкодами та внутрішньо-стелажними спринклерами. Авторами встановлено, що застосування горизонтальних протипо-жежних перешкод дозволяє знизити вертикальне розповсюдження вогню по конструкції стелажу приблизно на 30%, зменшивши при цьому час спрацювання спринклера системи пожежогасіння. В роботі [8] авторами досліджено процес поширення пожежі в закритих приміщеннях виробничо-складських об'єктів, а також розроблено метод

визначення оптимальних розмірів захищених об'єктів. Формування захищених об'єктів досягається застосуванням протипожежних завіс. Авторами встановлено, що застосування протипожежних завіс знижує швидкість пожежі в 1,8 рази. В роботі [9] автори досліджували вплив застосування протипожежних перегородок на поширення пожежі виробничо-складськими об'єктами. За результатами дослідження встановлено, що протипожежні перегородки зменшують імовірність розповсюдження пожежі між ділянками приміщень виробничо-складських об'єктів приблизно в 3 рази. В роботі [10] автором досліджено вплив зовнішніх вертикальних огорожувальних конструкцій на розповсюдження горіння поверхнею стін, облаштованих фасадною теплоізоляцією. Встановлено, що застосування в якості утеплювача плит з мінеральної вати в конструкціях протипожежного поясу сприяє уповільненню поширення вогню фасадами будинків.

Проте, варто зазначити, що досліджень щодо поведінки поширення пожеж в середині різних за призначенням приміщень швейних виробництв, які враховують використання протипожежних перешкод у вигляді екрануючих захисних панелей, сьогодні проведено недостатньо.

**Мета досліджень.** Дослідити поведінку експериментальних швейно-виробничих ділянок, екранованих захисними панелями в умовах пожежі.

**Наукова новизна роботи.** Вперше встановлено, що зниження пожежної навантаги макетного вогнища величиною від 1200 МДж до 600 МДж, облаштованого екрануючими захисними панелями висотою 0,95 м, призводить до збільшення часу до займання експериментальної ділянки в 2,52 рази.

**Методи досліджень.** Для проведення досліджень в середовищі експериментального полігону застосовували макетне вогнище, обладнане металевими екрануючими панелями; сформовані ділянки з тканинами з бавовни та поліестеру. Дослідження температур нагрівання проводили за допомогою РТ 0102 з ТХА та безконтактного інфрачервоного пірометра марки HoldPeak НР – 1300. Опрацювання результатів досліджень здійснювали, використовуючи методи регресійного аналізу та електронні таблиці MS Excel.

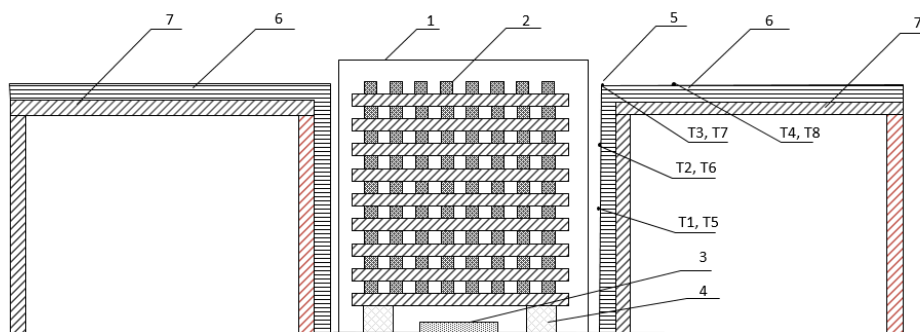
Методика проведення дослідження запропонована авторами та виконана на основі [11], із врахуванням розмірів та пожежної навантаги окремих швейно-виробничих місць, особливостей виникнення та поширення горіння промисловими підприємствами. Сутність методики полягає у визначенні проміжку часу від моменту займання макетного вогнища пожежі, яке розміщене в підготовленому експериментальному

полігоні, до виникнення горіння на ділянках, що межують з ділянкою розміщення макетного вогнища. Перелік обладнання та засобів вимірювальної техніки: макетне вогнище пожежі; екрануючі металеві панелі; засоби вимірювальної техніки; сусідні ділянки.

Експериментальний полігон імітує фрагмент середовища швейного підприємства з розмірами, достатніми для розміщення макетного вогнища із сусідніми ділянками, а також для забезпечення вимірювальних операцій. Полігон виконано розмірами 6×2,5×2,5 м. З трьох сторін і згори експериментальний полігон облицьовано листами з оцинкованої сталі товщиною 0,00045 м. Одна зі сторін експериментального полігону залишена відкритою для забезпечення достатнього повітрообміну та зручності проведення спостережень за дослідженням.

З метою створення пожежного навантаження швейно-виробничої ділянки застосовували макетне вогнище, горіння якого формує умови температурного режиму, що наближений до умов

горіння реальної ділянки. У випадку даних випробувань питома пожежна навантага змінювалась від 600 МДж до 1200 МДж. Макетне вогнище пожежі формували з брусків деревини хвойних порід. Вологість дерев'яних брусків не перевищувала 15 %. Бруски макетного вогнища укладали у вигляді решітчастої кладки, розміщуючи на бетонних блоках висотою 200±10 мм над рівнем підлоги експериментального полігону. Для підпалювання макетного вогнища застосовували деко, в якому поміщається не менше 3,0±0,2 л палива відповідно до [12]. Екрануючі панелі виконали з негорючого матеріалу – металевого листа з оцинкованої сталі, який закріплено на металевий каркас, розмірами: висота – 0,95 м; ширина – 1,1 м; товщина металевого листа панелі – 0,00045 м. Загальний вигляд експериментальної ділянки, яка складається з макетного вогнища, обладнаного екрануючими захисними панелями та двох сусідніх ділянок, представлено на рис. 1.



**Рисунок 1** – План-схема експериментальної ділянки, де:

- 1) екрануючі захисні панелі; 2) макетне вогнище; 3) ємність з паливом; 4) бетонні блоки;
- 5) термопари T1 – T8; 6) шар тканини; 7) дерев'яна конструкція сусідньої

**Результати досліджень.** На основі запропонованої методики з використанням зведеного полігону та розміщеної в ньому експериментальної ділянки було проведено вогневі випробування. За 5 хв перед початком випробувань виміряли значення температури навколишнього середовища, яка становила 25°С. Випробування проводили для двох значень пожежної навантаги – 600 МДж та 1200 МДж. Площа розміщення ділянки макетного вогнища

становила до 1 м<sup>2</sup>. Відстань розміщення сусідніх ділянок з тканинами від екрануючих панелей становила 0,1 м. Після підготовки експериментальних ділянок з допомогою факела здійснювали підпал макетних вогнищ. Далі спостерігали за горінням експериментальних ділянок. Фото макетних вогнищ, сусідніх ділянок з тканинами бавовни та поліестеру до моменту підпалу та в процесі горіння зображено на рис. 2.



а)



б)



а)



б)



в)



г)

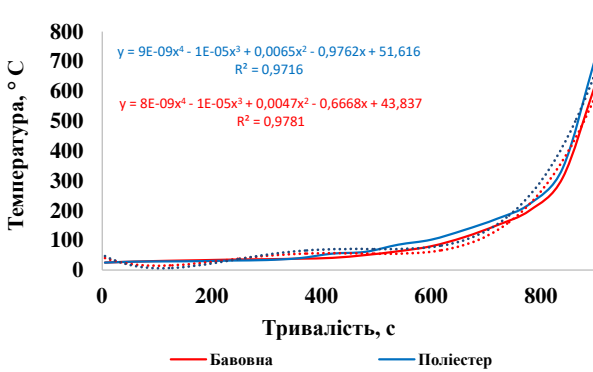
**Рисунок 2** – Процес горіння експериментальних ділянок:

а) ділянка з пожежним навантаженням 1200 МДж до моменту підпалу; б) ділянка з пожежним навантаженням 600 МДж до моменту підпалу; в) горіння ділянки з 1200 МДж пожежної навантаги на 65-ій с від моменту підпалу; г) горіння ділянки з 600 МДж пожежної навантаги на 68-ій с від моменту підпалу; д) горіння ділянки з 1200 МДж пожежної навантаги на 490-ій с від моменту підпалу; е) горіння ділянки з 600 МДж пожежної навантаги на 480-ій с від моменту підпалу

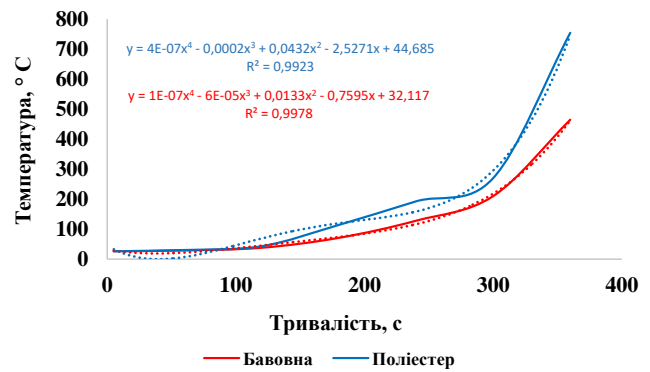
а) вигляд ділянки до початку горіння; б) горіння на 20-ій хв від початку горіння

Залежності зміни температур від часу горіння бавовни та поліестеру на експериментальних

ділянках при пожежній навантазі 600 та 1200 МДж відображено на рис. 3.



а)



б)

**Рисунок 3** – Залежності температур від часу нагрівання ділянок з досліджуваними зразками тканин:

а) з пожежною навантагою модельного вогнища 600 МДж;

б) з пожежною навантагою модельного вогнища 1200 МДж

Результати свідчать, що при пожежній навантазі макетного вогнища величиною 1200 МДж температура самозаймання бавовни (400°C) [13] була зафіксована на 345-ій с від початку горіння в точці розміщення термопари №3, після чого відбулось подальше нагрівання термопари до значень температури полум'я в межах 550–625°C.

Що стосується ділянки розміщення тканин з поліестеру, то температура самозаймання, а саме 500°C [13] виникла на 348-ій с від початку горіння, після чого відбувалось займання та зростання температури в точці розміщення термопари №7 до значень в межах 650–724°C. При горінні макетного вогнища з пожежною навантагою 600 МДж



встановлено, що час виникнення температури самозаймання величиною 400°C для ділянки з тканинами з бавовни становив 870 с в точці розміщення термопари №3, а температура самозаймання ділянки з поліестером набула значення 500°C на 890-ій с в точці розміщення термопари №7, після чого в обох випадках виникало відкрите горіння та продовжувалось зростання температур в місцях розміщення термопар. Для незахищених ділянок з бавовною та поліестером час виникнення горіння становив 240 с при пожежній навантазі макетного вогнища 1200 МДж, а для величини 600 МДж — 280 с. В обох випадках швидше займання зразків спостерігалось для тканин з бавовни.

За пожежної навантаги макетного вогнища 600 МДж залежність температури від тривалості нагрівання ділянки тканин з бавовни описується виразом  $t=0,000000008\tau^4-0,00001\tau^3+0,0047\tau^2-0,6668\tau+43,837$  з коефіцієнтом достовірності апроксимації  $R^2 = 0,9781$ , а для ділянки тканин з поліестеру –  $t=0,000000009\tau^4-0,00001\tau^3+0,0065\tau^2-0,9762\tau+51,616$  ( $R^2 = 0,9716$ ). Тоді як за пожежної навантаги макетного вогнища 1200 МДж залежність температури від тривалості нагрівання ділянки тканин з бавовни описується виразом  $t=0,0000001\tau^4-0,00006\tau^3+0,0133\tau^2-0,7595\tau+32,117$  ( $R^2 = 0,9978$ ), а для ділянки тканин з поліестеру  $t=0,0000004\tau^4-0,0002\tau^3+0,0432\tau^2-2,5271\tau+44,685$  ( $R^2 = 0,9923$ ).

Враховуючи отримані результати досліджень температур для різних значень пожежної навантаги Q, які змінювались в межах від 600 МДж до 1200 МДж отримано регресійну залежність, яка характеризує час до виникнення займання  $\tau$ , в залежності від зміни пожежної навантаги та має вигляд  $\tau=-2,5271Q+1395$ . Залежність отримана для тканин з бавовни, оскільки ці тканини мають нижчу температуру самозаймання порівняно з тканинами з поліестеру та становлять більшу пожежну безпеку.

### Висновки

1. Встановлено, що за пожежної навантаги макетного вогнища величиною 600 МДж горіння на захищеній екрануючою панеллю сусідній ділянці з тканинами відбувалось на 870-ій с від початку випробувань, що в 3,1 раза перевищує час до займання на незахищеній ділянці.

2. Під час горіння макетного вогнища з навантагою величиною 1200 МДж займання захищеної ділянки з тканинами відбулось на 345-ій с від початку випробувань, що в 1,44 раза перевищує час до займання на незахищеній ділянці.

3. При однаковій висоті екрануючих панелей зниження пожежної навантаги макетного вогнища від 1200 МДж до 600 МДж призводить до

збільшення часу до займання експериментальної ділянки в 2,52 раза.

4. Отримано регресійну залежність  $\tau=-2,5271Q+1395$ , яка дозволяє визначати час до займання тканин в межах значень пожежної навантаги від 600 МДж до 1200 МДж при висоті захисної екрануючої панелі 0,95 м та відстані від панелі до сусідньої ділянки 0,1 м.

### Список літератури

1. Wu Q. & Lis M. J. (2022) "Barrier Effects of Cellulosic Fibers with Hybrid Coating Based on Zirconium Metal-Organic Framework". *Polymers*. Т. 14. №. 15. 3071. DOI: 10.3390/polym14153071.

2. Bjegović D., Pečur I., Milovanović B., Rukavina M., Alagušić M. (2016) "Comparative full-scale fire performance testing of ETICS systems". *Gradevinar*. Т. 68. №. 05. 357–369. DOI:10.14256/JCE.1347.2015.

3. Shonali Nazaré, William M Pitts, Szabolcs Matko and Rick D Davis. (2014) "Evaluating smoldering behavior of fire-blocking barrier fabrics". *Journal of Fire Sciences* published online. DOI: 10.1177/0734904114543450

4. Nazaré S. & Davis R. D. (2012) "A review of fire blocking technologies for soft furnishings". *Fire science reviews*. Т. 1. №. 1. 1–23.

5. Xin H., Zhaopeng N., Lei P., Ping Z. (2013) "Experimental study of fire barriers preventing vertical fire spread in ETISs". *MATEC Web of Conferences (EDP Sciences)*. Т. 9. 04003. 1–6. DOI: 10.1051/mateconf/20130904003.

6. Kusiorowski R., Witek J., Majchrowicz I., Kleta A., Jirsa-Ociepa A. (2019) "Fire barrier based on expanded perlite composites". *13th International Conference Modern Building Materials, Structures and Techniques*. 16–17. DOI: 10.3846/mbmst.2019.047.

7. In-Hwan Yeo & Gyu-Hwan Cho (2017) "Application of Horizontal Barrier on a Rack to Reduce Fire Spread. *Journal of Korea Fire Protection Society*". 31(4), 71-79. DOI: 10.7731/kifse.2017.31.4.071.

8. Гуліда, Е.М, Шарий, В. В. Вплив протипожежних завіс на швидкість розповсюдження пожежі в закритих приміщеннях виробничоскладських об'єктів. *Пожежна безпека: Збірник наукових праць. ЛДУ БЖД. Львів, 2019, №35, 23-29.*

9. Гуліда Е.М, Шарий В. В. Вплив протипожежних перегородок на швидкість розповсюдження пожежі в закритих приміщеннях виробничо-складських об'єктів. *Пожежна безпека: Збірник наукових праць. ЛДУ БЖД. Львів, 2020, №37, 44-51.*

10. Яковчук Р. С. Дослідження впливу зовнішніх вертикальних огорожувальних конструкцій на поширення вогню поверхнею стін із фасадною теплоізоляцією. *Пожежна безпека:*

Збірник наукових праць. ЛДУ БЖД. Львів, 2021, №38, 38-48. DOI: 10.32447/20786662.38.2021.06.

11. ДСТУ Б В.1.1-4-98 "Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги" [Чинний від 1998-10-28]. Київ: Держбуд України, 1998. (Національні стандарти України).

12. ДСТУ 3868-99 "Паливо дизельне. Технічні умови" [Чинний від 2023-01-21]. Київ: Держстандарт України, 1999. (Національні стандарти України).

13. Товарянський В. І., Адольф І. І., Петровський В. Л. Дослідження температур займання і самозаймання тканин з бавовни та поліестеру. Пожежна безпека: Збірник наукових праць. ЛДУ БЖД. Львів, 2021, №38, 32-37. DOI: 10.32447/20786662.38.2021.05.

#### References

1. Wu Q., & Lis M. J. (2022) "Barrier Effects of Cellulosic Fibers with Hybrid Coating Based on Zirconium Metal-Organic Framework". *Polymers*. Т. 14. №. 15. 3071. DOI: 10.3390/polym14153071.

2. Bjegović D., Pečur I., Milovanović B., Rukavina M., Alagušić M. (2016) "Comparative full-scale fire performance testing of ETICS systems". *Gradevinar.*. Т. 68. №. 05. 357–369. DOI: 10.14256/JCE.1347.2015.

3. Shonali Nazaré, William M Pitts, Szabolcs Matko and Rick D Davis. (2014) "Evaluating smoldering behavior of fire-blocking barrier fabrics". *Journal of Fire Sciences* published online. DOI: 10.1177/0734904114543450

4. Nazaré S. & Davis R. D. (2012) "A review of fire blocking technologies for soft furnishings". *Fire science reviews*. Т. 1. №. 1. 1–23.

5. Xin H., Zhaopeng N., Lei P., Ping Z. (2013) "Experimental study of fire barriers preventing vertical fire spread in ETISs". *MATEC Web of Conferences*

(EDP Sciences). Т. 9. 04003. 1–6. DOI:10.1051/mateconf/20130904003.

6. Kusiorowski R., Witek J., Majchrowicz I., Kleta A., Jirsa-Ociepa A. (2019) "Fire barrier based on expanded perlite composites". *13th International Conference Modern Building Materials, Structures and Techniques*. 16–17. DOI: 10.3846/mbmst.2019.047.

7. In-Hwan Yeo & Gyu-Hwan Cho (2017) "Application of Horizontal Barrier on a Rack to Reduce Fire Spread. *Journal of Korea Fire Protection Society*". 31(4), 71-79. DOI: 10.7731/kifse.2017.31.4.071.

8. Gulida, E.M. & Sharyi, V.V. (2019). The influence of fire curtains on the speed of fire spread in closed rooms of industrial warehouse facilities. *Fire safety*, 35, 23-29.

9. Gulida, E.M. & Sharyi, V.V. (2020). The influence of fire barriers on the speed of fire spread in closed premises of industrial warehouse facilities. *Fire safety*, 37, 44-51.

10. Yakovchuk R. S. (2021). Study of the effect of external vertical enclosing structures on the spread of fire through the surface of walls with facade thermal insulation. *Fire safety*, 38, 38-48. DOI: 10.32447/20786662.38.2021.06.

11. Fire protection. Building structures. Test methods for fire resistance. General requirements. (1998). DSTU B V.1.1-4-98 from 28 October 1998. Kyiv: Derzhbud of Ukraine [in Ukrainian].

12. Diesel fuel. Technical conditions (1999). DSTU 3868-99 from 21th January 2023. Kyiv: Derzhstandart Ukraine [in Ukrainian].

13. Tovaryansky V. I., Adolf I. I., Petrovsky V. L. (2021) Investigation of ignition temperatures and self-ignition of cotton and polyester fabrics. *Fire safety*, 38, 32-37. DOI: 10.32447/20786662.38.2021.05.

© I. І. Адольф, В. І. Товарянський, В. Л. Петровський, 2023.

**Науково-методична стаття.**

Надійшла до редакції 19.10.2023.

Прийнято до публікації 06.12.2023.