

## **В ОГНЕЗАХИСТ ЛЕГКО ЗВЕДЕНИХ КОНСТРУКЦІЙ З ТЕКСТИЛЬНИХ ЗАЙМИСТИХ ВИРОБІВ**

**М.С. Мошковський<sup>1</sup>, Ю.О.Сарапін<sup>2</sup>, Ю. В. Цапко<sup>3</sup>, О. Ю. Цапко<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки  
Збройних Сил України  
cndi\_ovt@mil.gov.ua

<sup>2</sup>Центральне управління безпеки військової служби Збройних Сил України

<sup>3</sup>Науково-дослідний інститут в'язучих речовин і матеріалів ім. В.Д.Глуховського  
Київський національний університет будівництва і архітектури  
juriyts@ukr.net

<sup>4</sup>Український державний науково-дослідний інститут "Ресурс"  
alekseysapko@gmail.com

Текстильні вироби з природних волокон все частіше використовуються в різних типах будівельних конструкцій, як у постійних, так і зокрема в тимчасових спорудах. Під час проживання і опалювання таких споруд можливе займання та швидке поширення пожежі, оскільки, тканина утворює значне пожежне навантаження. З огляду на той факт, що саме цей матеріал чутливий до впливу високої температури, підвищити рівень пожежної безпеки об'єктів, де використовуються будівельні конструкції з текстильних матеріалів, можливо за допомогою їх вогнезахисного оброблення.

Для комплексного захисту текстильних матеріалів від загоряння запропоновано використовувати суміші водорозчинних неорганічних солей, але вогнезахисне оброблення цими речовинами для текстильних матеріалів не придатне, тому що на поверхні спостерігається утворення висолів, які осипаються, а з часом матеріал втрачає захисні властивості, що приводить до займання горючих конструкцій при дії високотемпературного полум'я.

Необхідність вогнезахисту актуальна для об'єктів масового перебування людей, які виготовлені з горючих текстильних матеріалів. Нижче наведені приклади пожеж характерних для наметових містечок у Збройних Силах України.

Зокрема, 23 лютого 2017р. на Прикарпатті (Івано-Франківська обл., м. Коломия) сильна пожежа виникла в наметовому містечку 10-ї окремої гірсько-штурмової бригади на території військової частини (рис.1).

Однією з причин швидкого розвитку пожежі була відсутність протипожежного захисту подібних виробів з текстильних матеріалів.

В результаті загорання знищені 15 50-містних великих польових наметів, де бійці проживали поки йшов ремонт стаціонарних казарм. з причини прилягання до димової труби клапана отвору для її встановлення. Під час гасіння пожежі 2 військовослужбовця отримали травми. Пожежею знищено 15 наметів УСБ-56, майно служб РАО, КЕС, зв'язку, а також речової та медичної служб.

Збитки від пожежі становлять 8 млн. 113 тис. 679 грн. Швидкому поширенню вогню сприяв сильний вітер.

Незначні травми (легкі опіки рук) при рятуванні майна отримали п'ять військовослужбовців, які забирали особисті речі і частину майна та техніку.



Рис. 1 Наслідки пожежі 23 лютого 2017 р о 04.58 в Прикарпатті (Івано-Франківська обл. м. Коломия) у військовому містечку на території в/ч 3950 10-ї окремої гірсько-штурмової бригади

Статистика пожеж у Збройних Силах України свідчить про те, що не припиняються пожежі з причини порушення правил обладнання й експлуатації печей. З цієї причини у 2017 року сталося 15 % пожеж.

Так, 26 січня сталася пожежа в наметі для розміщення особового складу в/ч А4279 (СВ ЗС України). В наслідок пожежі отримав опіки 1 військовослужбовець. Збитки від пожежі становлять 10 тис. 769 грн.

18 лютого з причини застосування легкозаймистих речовин під час розпалювання печі сталася пожежа в наметі УСБ-56 для розміщення особового складу на території наметового містечка в/ч А4590 (СВ ЗС України). На пожежі загинули 2 військовослужбовця та 1 військовослужбовець отримав опіки. Пожежею знищено намет УСБ-56 та інше майно речової та квартирно-експлуатаційної служб. Збитки від пожежі становлять 338 тис. 777 грн.

З причини необережного поводження з вогнем сталося 12 % пожеж.

Так, 08 березня 2017 р. з цієї причини сталася пожежа у наметі УСТ-56 медичного пункту, розташованого на території наметового містечка “Вольдорф” Міжнародного центру миротворчості та безпеки (СВ ЗС України). У наметі розміщувалися військовослужбовці військової частини А4520, які були направлені до наметового містечка для проведення санітарної обробки. На пожежі травмовано 2 військовослужбовці військової частини А4520. Пожежею знищено намет медичного пункту УСТ-56. Збитки від пожежі становлять 66 тис. 142 грн.

Вивчення обставин загибелі людей на пожежах свідчить, що більшість з них загинула під час пожеж у житлових будинках, розташованих у військових містечках. Прогнозування основних причин виникнення пожеж свідчить про те, що головними з них залишається: необережне поводження з вогнем, порушення правил монтажу та експлуатації електрообладнання та електро побутових приладів. Основним об'єктом виникнення пожеж залишиться житловий сектор.

Крім того, через проведення бойових дій в зоні конфлікту на сході України, з'явилася нова категорія характерних пожеж у наметових містечках, пов'язаних із застосуванням пічного опалення у зимовий період та пожежі викликані застосуванням різних запальновальних сумішей з використанням ударних БПЛА (таблиця 1).

Таблиця 1 - Приклади пожеж в брезентових наметах для розміщення військовослужбовців у Збройних Силах України в 2019-2020 рр.

№ з/п	Подія	Дата, час	Ймовірна причина	Наслідки
1	пожежа у наметі військової частини А2802	19.01.2019, 09 год. 45 хв.	порушення правил обладнання й експлуатації печей	знищено 2 намети УСТ-56, особисті речі військовослужбовців
2	пожежа у наметі військової частини А1872	24.03.2019, 01 год. 43 хв.	порушення правил обладнання та експлуатації печей	знищено намет УСТ-56, особисті речі військовослужбовців
3	пожежа у наметі військової частини А1516	27.11.2019, 00 год. 22 хв.	порушення правил обладнання та експлуатації печей	знищено намет УСТ-56, особисті речі військовослужбовців
4	пожежа у наметі військової частини А0139	28.02.2020, 01 год. 45 хв.	порушення правил обладнання та експлуатації печей	отримали опіки 3 військовослужбовця, знищений намет УСБ-56, майно речової служби та служби зв'язку. Збитки від пожежі становлять 106 тис. 43 грн.
5	пожежа у наметі військової частини А3546	08.03.2020, 12 год. 30 хв.	порушення правил обладнання та експлуатації печей	знищено намет ПМХ, 2 намети УСБ-56, 3 намети УСТ-56, майно продовольчої служби. Збитки від пожежі становлять 90 тис. 872 грн.
6	пожежа у наметі військової частини А0998	04.04.2020, 00 год. 30 хв.	порушення правил обладнання та експлуатації печей	отримали опіки різного ступеню важкості 2 військовослужбовця, знищений намет УСБ-56, майно речової служби та служби зв'язку. Збитки від пожежі становлять 30 тис. 97 грн.

Значна кількість пожеж та загорянь на об'єктах Збройних Сил України виникає у нічний час, що свідчить про недостатній контроль за особовим складом

з боку посадових осіб військових частин та низьку організацію служби добовим нарядом.

Статистика пожеж у Збройних Силах України свідчить про необхідність формування ефективної системи забезпечення живучості та вибухопожежобезпеки військових об'єктів, особливо місць зберігання запасів боєприпасів, приведення її до стану, спроможного забезпечити надійний захист особового складу та об'єктів Збройних Сил України від пожеж і вибухів [7].

Велике значення для покращення стану техногенної безпеки, живучості, вибухопожежобезпеки, запобігання та своєчасного і ефективного реагування на такого роду події, має проведення спеціальних заходів по охороні і захисту військових об'єктів в зоні ООС, а на іншій території обладнання спеціальними системами технічних засобів охорони, оборони, захисту, пожежної сигналізації, системами раннього виявлення надзвичайних ситуацій та оповіщення про них людей, а також проведення заходів профілактичного спрямування, насамперед вогнезахисна обробка целюлозних горючих матеріалів [8].

Тому дослідження, що направлені на визначення закономірностей шляхів вогнезахисту брезентових тканин, що використовуються для виготовлення військових наметів є актуальним. Одним з таких перспективних напрямів є вивчення утворення шару пінококсу при вогнезахисті тканини композицією на основі модифікованих фосфорно-амонійних солей.

#### **Аналіз літературних даних та постановка проблеми**

Робота [1] зосереджена на поведінці текстильних мембран на реакцію вогню. Класифікаційні випробування проводились із типовими текстильними виробами. Асортимент продукції був випробуваний двома різними тестами малого полум'я, на які чинні шведські класифікаційні тести. Деякі продукти були випробувані згідно з EN 13823 що являє середній метод випробування для визначення швидкості виділення тепла, утворення диму та розповсюдження полум'я. Крім того, були проведені широкомасштабні випробування, щоб отримати інформацію про поведінку вогню в реальному застосуванні та використовуватись як еталон при оцінці інформації, отриманої в результаті класифікаційних випробувань. Були розроблені різні сценарії тестування, які моделювали поведінку зразків в будівлях та захисту від кліматичних впливів. Масштабні випробування показали важливість вимірювання димоутворення та виникнення цюм'яних крапель у класифікаційній схемі. Але не наведені відповідні фізико-хімічні дані щодо зміни тканини в процесі експлуатації.

У статті [2] розглядається використання водно-спиртового розчину тетраетоксисилану, водного розчину силікату натрію, фосфоровмісних антипіренів для надання вогнезахисних властивостей целюлозним текстильним матеріалам. Досліджуються швидкість тепловиділення, час та пікова швидкість тепловиділення, які є найважливішими факторами при прогнозуванні швидкості зростання пожежі. Однак не вказано, як витримують дані композиції зміну температурно-вологісних впливів.

В роботі [3] показано, що смоли на основі меламіну, широко використовуються в тканинах для надання вогне- і теплостійкості. Змодельовані експерименти з пранням зразків припускають, що за один цикл прання водою 76–90% меламіну було видалено з одягу. А тому постає задача стабілізувати і зафіксувати антипірен у матеріалі.

Розкладання вогнестійких матеріалів через підвищену температуру або контакт з полум'ям призводить до виділення ряду хімічних продуктів, деякі з яких можуть бути досить токсичними для людини [4]. У минулому проводились невеликі або стендові випробування продуктів розкладання, але завжди виникали питання щодо того, чи були вони репрезентативними для повномасштабних результатів випробувань на горіння. Щоб визначити, чи достатньо для вимірювання продуктів розпаду та чи будуть різні вогнестійкі матеріали утворювати “класичний фірмовий” набір сполук, було проведено повномасштабне тестування. Однак механізм спучення покриття при цьому не вказаний та не виявлені умови експлуатації покриття.

Досліджено вплив ступеня однорідності золю  $\text{SiO}_2$  на тривалість періоду індукції та якість вогнестійких покриттів на текстильних матеріалах [5]. Перспективи використання ІЧ-спектроскопії як експрес-методу для вивчення фазового складу гелевого покриття, ступеня завершення гідролізу кремнійорганічного компонента та коригування параметрів для отримання високоякісного вогнестійкого бінарного покриття золі показана на прикладі системи антипірену  $\text{SiO}_2$ . Однак не наведені сфери застосування цих виробів.

Таким чином, з літературних джерел встановлено, що вогнезахисні покриття здатні захищати поверхню текстильного матеріалу від впливу вогню при експлуатації, але не визначені параметри, які забезпечують стійкість до втрати вогнезахисних властивостей. Недостатньо розроблено математичних моделей для пояснення і опису процесу вогнезахисту тканин, недостатньо широке застосування органічних речовин для утворення еластичних покриттів, призводить до загорання конструкцій з деревини а також текстильних матеріалів під дією полум'я [6-7]. Тому встановлення параметрів захисту текстильних матеріалів і впливу покриттів на цей процес, обумовило необхідність проведення досліджень у даному напрямку.

#### **Мета досліджень**

Метою роботи є визначення вогнезахисної ефективності зразків елементів намету, виготовлених з парусинової (брезентової) тканини. Це дає можливість обґрунтувати застосування вогнезахисного покриття на неорганічній основі з додаванням полімерного в'язучого на об'єктах з застосуванням текстильних матеріалів.

**Об'єкт випробувань:** модельні зразки елементів намету, виготовлених з парусинової (брезентової) тканини (рис. 2, 3), які було оброблено вогнезахисними засобами:– необроблений контрольний (експериментальний зразок 2а);

– оброблений зразок вогнезахисним покриттям на неорганічній основі з додаванням полімерного в'язучого (експериментальний зразок 2б). В якості пального для випробувань використовувалась рідка запалювальна суміш (бензин).

#### **Методика визначення показників вогнезахисту елемента намету**

Визначення вогнезахисної ефективності проводили за тимчасовою робочою методикою.

Метод експериментального визначення ефективності вогнезахисту елементів намету, виготовлених з парусинової тканини, які було оброблено вогнезахисними засобами полягає у впливі на зразок полум'я бензину (модельна запалювальна речовина) з заданими параметрами та реєструванні часу до займання і визначення втрати маси зразка після випробування.

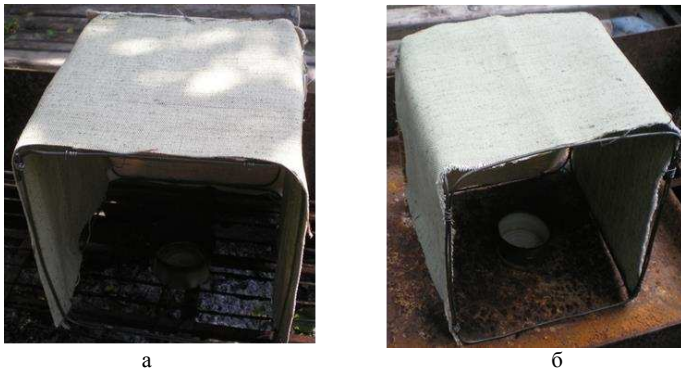


Рис. 2. Модельні зразки елементів намету, виготовлених з парусинової тканини:  
а – необроблений контрольний; б – зразок який було оброблено вогнезахисним засобом на неорганічній основі з додаванням полімерного в'язучого.

Зразок намету, що виготовлений з парусинової тканини встановлювали на підставку. Під зразок елемента намету встановлювали ємність діаметром 40 мм і висотою 30 мм, в якій поміщали запалювальну суміш у кількості 30 г (Рис. 3).

Підпалювали пальне і зразок намету витримували у полум'ї пального протягом часу вигорання та до відсутності самостійного горіння і тління.

Критерієм визначення ефективності вогнезахисту зразка намету є відсутність займання та поширення полум'я поверхнею, значення показника втрати маси зразка намету, яка повинна становити не більше 10%.



Рис. 3. Модельний осередок пожежі

#### **Результати дослідження процесу вогнезахисту елементів намету**

На рис. 4 показано результати вогневих випробувань вихідного необробленого зразка елементів намету, виготовлених з парусинової тканини, на

рис. 5, 6 – зразка елементів намету, виготовлених з парусинової тканини, обробленого неорганічним засобом з додаванням полімерного в'язучого.



Рис. 4. Результати вогневих випробувань необробленого модельного зразка елементів намету, виготовлених з парусинової тканини: а – запалювання модельного вогнища; б – початок розкладу тканини; в – займання тканини;

г – горіння тканини; д – вогнище після горіння; е – повністю згорілі залишки тканини у вигляді попелу.



Рис. 5. Результати вогневих випробувань вогнезахисного модельного зразка елементів намету, виготовлених з парусинової тканини: а – запалювання модельного вогнища; б – початок розкладу покриття; в – руйнування конструкції; г – вогнище після горіння

В таблиці 2 приведено результати втрати маси та час горіння модельного вогнища.

Таблиця 2 - Результати вогневих випробувань модельного зразка елементів намету, виготовлених з парусинової тканини

Модельний зразок намету виготовленого з парусинової тканини	Маса зразка, кг		Час горіння зразка, с	Втрата маси зразка після випробувань $\Delta m, \%$	Спучення, мм
	до випробувань	після випробувань			
необроблений	0,2140	0,002	114	100	-
Оброблений засобом на неорганічній основі з додаванням полімерного в'язучого	0,374	0,345	576 (час повного вигорання пального)	7,75	3...5



Рис. 6. Результати вогневих випробувань вогнезахисного модельного зразка елементів намету, виготовлених з парусинової тканини: утворення захисного шару коксу при дії полум'я пожежі

В результаті проведених вогневих випробувань встановлено:

– при дії полум'я на необроблені модельні зразки елементів намету, виготовлених з парусинової тканини призводить до займання на 40÷45 с та поширення полум'я поверхнею, що призводить до його швидкого і повного згорання протягом 105÷120 с з повною втратою механічної цілісності зразка тканини;

– модельний зразок елементів намету, виготовлених з парусинової тканини, обробленого неорганічним засобом з додаванням полімерного в'язучого, при запалюванні речовиною на основі бензину, не загорівся, поширення полум'я не відбулося. При цьому зафіксовано остаточне горіння протягом всього 3 с, а також спучення захисного покриття, що сягало 3...5 мм товщиною та відбулося обуглення поверхні тканини на площі близько 80 % з внутрішньої сторони, без значної втрати її механічної цілісності.

### **Висновки**

1. Проведено натурні вогневі випробування елемента намету та встановлено повне згорання необробленого зразка тканини за короткої проміжок часу від 40 до 120 сек., що фактично унеможливило безпечну евакуацію особового складу без ризику загинути чи травмуватися, особливо в нічний час під час сну.

2. Натомість для вогнезахищеного зразка встановлено відсутність загорання та стійкого поширення полум'я протягом всього процесу підпалювання (10 хвилин), що дозволить здійснити своєчасну евакуацію особового складу та здійснювати ефективні заходи щодо пожежогасіння та локалізації пожежі.

3. Показано особливості гальмування процесу передавання тепла до матеріалу, що оброблений композицією на основі модифікованих фосфорно-амонійних з'єднань, які полягають в утворенні на поверхні тканини теплозахисного шару спіненого коксу товщиною 3-5 мм.

### **Список літературних джерел**

1. Blomqvist, P., Bergstrand, A., Neumann, N., Thureson, P., Bengtsson, S. [Text]. Fire safety of textile membranes in temporary structures. Fire and Materials. 14th International Conference and Exhibition, Proceedings. 2015. 554-567.

2. Takey, Y., Taussarova, B.R., Burkytbay, A. [Text]. Investigation of heat processed cellulose textile materials of sol-gel composition. Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2020. (6). 236-240.

3. Zhu, H., Kannan, K. [Text]. Determination of melamine and its derivatives in textiles and infant clothing purchased in the United States. Science of the Total Environment. 2020. 710. 136396.

4. Ackerman, M., Batcheller, J., Paskaluk, S. [Text]. Off gas measurements from FR materials exposed to a flash fire. AATCC Journal of Research. 2015. 2(2). 1-12.

5. Skorodumova, O., Tarakhno, O., Chebotaryova, O., Hapon, Y., Emen, F.M. [Text]. Formation of fire retardant properties in elastic silica coatings for textile materials. Materials Science Forum. 2020. 1006 MSF. 25-31.

6. Цапко Ю.В., Цапко О.Ю. Встановлення ефективності вогнезахисту деревини органо-неорганічною композицією. Науковий Вісник НЛТУ України, 2018, т.28., №5, с.88-92.

7. Браун М.П. Пожарная профилактика. - М., Воениздат, 1960, -704 с.

8. Мошковський М.С., Беспалов А.В., Климчук В.І. Обґрунтування рекомендацій щодо підвищення пожежної безпеки у Збройних Силах як складової частини воєнної безпеки України // 36. наук. праць. Національний науково-дослідний центр оборонних технологій і воєнної безпеки України. – 2004. – Вип. 3(23). – С. 141-149.

9. Мошковський Н.С., Анпёнов В.В., Мончаковский В.Л., Подольский В.И., Зеленов Н.Б. Приоритетные направления повышения эффективности функционирования системы пожарной безопасности на взрывоопасных военных объектах Вооруженных Сил Украины // Артиллерийское и стрелковое вооружение. – К., 2008. – Вип. 2(23). –С. 48-52.