

## ДОСЛІДЖЕННЯ ОКРЕМИХ АСПЕКТІВ ЩОДО ВОДОПРОНИКНЕННЯ ВОГНЕЗАХИЩЕНИХ ТКАНИН ДЛЯ НАМЕТІВ

Юрій ЦАПКО<sup>1</sup>, Ольга БОНДАРЕНКО<sup>2</sup>, Олексій ЦАПКО<sup>3</sup>,

<sup>1</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України  
15, вул. Героїв Оборони, Київ, Україна, 03041

<sup>2</sup>Київський національний університет будівництва і архітектури,  
<sup>2</sup>Науково-дослідний інститут в'язучих речовин і матеріалів ім. В. Д. Глуховського  
31, просп. Повітрофлотський, Київ, Україна, 03037

<sup>3</sup>Український державний науково-дослідний інститут "Ресурс"  
84, вул.Казимира Малевича, Київ, Україна, 03150

<sup>1</sup>juryts@ukr.net, <http://orcid.org/0000-0003-0625-0783>

<sup>2</sup>bondolya3@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-8164-6473>

<sup>3</sup>alekseysapko@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0003-2298-068X>

**Анотація.** Розробка надійних методів дослідження умов вогнезахисту тканин призводить до створення нових типів вогнезахисних матеріалів. При цьому виникає необхідність визначення умов утворення бар'єру для масопереносу води і встановлення механізму гальмування водопроникнення через матеріал. В результаті проведених досліджень визначено вплив інтумесцентного покриття на стійкість до дії води та отримані критеріальні співвідношення, що дозволяють одержувати зміну водопроникнення на поверхні тканини, тобто значення при впливі води в часі, що характеризується кількістю поглинутої води. Час водопроникнення зразка вогнезахисного елемента намету перевищує дані, порівняно з необробленим зразком більше, ніж у 30 разів.

Особливості гальмування процесу масопереносу при дії води полягають в ізолюванні поверхні вогнезахисної тканини нерозчинними комплексами інтумесцентного покриття. Так, зразок вогнезахисної тканини інтумесцентним покриттям з оберненої сторони після експозиції води показав кількість поглинутої води не більше 0,00011 кг, а зразок тканини без покриття поглинув 0,01 кг води.

Таким чином, отримані дані щодо впливу інтумесцентного покриття на процес гальмування



**Юрій ЦАПКО**  
Провідний науковий співробітник  
д.т.н., професор



**Ольга БОНДАРЕНКО**  
доцент кафедри  
будівельних матеріалів  
к.т.н., доцент



**Олексій ЦАПКО**  
старший науковий співробітник  
к.т.н.

водопоглинання дозволяють стверджувати, що основним регулятором процесу є не стільки формування значної кількості водонерозчинних комплексів, оскільки окремі вогнезахисні покриття руйнуються під впливом дії вологи. При цьому суттєвий вплив на процес захисту природного горючого матеріалу при застосуванні вогнезахисного покриття здійснюється у напрям

водоізолювання поверхні тканини полімерною оболонкою, стійкою до руйнування під дією вологи.

**Ключові слова.** Захисні засоби; тканина; водонепроникнення; втрата маси; оброблення поверхні тканини; гідрофобні покриття.

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Аналіз напрямків використання легкозведених конструкцій з текстильних займистих виробів свідчить про стійку тенденцію до збільшення їх використання під час тимчасового виконання тих чи інших завдань Збройних сил України та підрозділів державної служби з надзвичайних ситуацій. Під час опалювання таких споруд можливе займання та швидке поширення пожежі. Статистика експлуатації легкозведених конструкцій з текстильних займистих виробів виявила низький рівень безпеки у зв'язку з використанням природних волокон (наприклад льону, бавовни та сумішей), які високочутливі до впливу високої температури і вогню. Крім того під час експлуатації таких споруд можливе затікання води в приміщення, що приводить до необхідності застосування гідрофобізаторів [1, 2].

В зв'язку з цим визначається необхідність розвитку робіт в даному напрямку та використання ефективних вогнезахисних матеріалів, оскільки використання сольових антипіренів для деревини малоефективне, так як конструкція не жорстка та поглинає воду. А тому врахувати умови експлуатації, зокрема водонепроникнення. І постає необхідність створення вогнезахисних матеріалів для конструкцій з текстильних виробів за рахунок направленої формування інтумесцентного покриття, стійкого до дії перемінних температурно-вологісних факторів, так і за рахунок функціональних добавок і гідрофобізаторів, здатних впливати на процеси термостійкості, фізико-хімічні та спеціальні властивості [3, 4].

Тому дослідження, що направлені на визначення гальмування процесу водопоглинання вогнезахисного елемента намету, є актуальними.

## АНАЛІЗ ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

В роботі [5] показано, що протипожежні покриття на неорганічній основі дуже ефективно підвищують вогнестійкість текстильних матеріалів при виробництві конструкцій. Даний композит, зміцнений тканиною на основі цементу, приготований шляхом заповнення пористої поверхні тривимірної тканини. Даний матеріал має широке застосування та величезний потенціал застосування в аварійній техніці, такий як захист аварійних наметів та укриттів, аварійний ремонт та будівництво покриття аеропорту та позиційні проекти. Проте, необхідно покращити міцність на стиск, міцність на вигин, зносостійкість, ефективність проти проникнення.

В роботі [6] було модифіковано текстиль шляхом прищеплення диметилфосфіту та перфторгексил йоду. Гідрофільність поверхні та гідрофобність поверхні тканини характеризувалася статичним кутом контакту, а стійкість тканини до УФ-випромінювання представлялася величиною UPF. За даними мініатюрних калориметрів згоряння, як значення максимальної швидкості тепловіддачі, так і загального тепловиділення було приблизно на 65% нижчим, ніж у необробленої бавовняної тканини. Бавовняна тканина, стійка до ультрафіолетових випромінювань, була як зразок для використання у зовнішніх видах спорту, таких як одяг та намети. Модифікована тканина має вогнезахисні, стійкі до ультрафіолету провідні та провідні властивості. Але для підтвердження цього процесу не наведені відповідні фізико-хімічні дані, щодо вимивання в процесі експлуатації.

Дослідження [7] спрямовані на модифікацію оксиду графену шляхом прищеплення диметилфосфіту та перфторгексил йоду. Під час тесту на сірники захист зберігав оригінальні контури тканини. На знімках із скануючою електронною мікроскопією, що випромінюють поля, було виявлено, що залишок тканини, спалений методом сірників, був більш компактним, а пластинчаста структура графену залишалася більш повною.

Модифікована тканина має вогнезахисні, стійкі до УФ та гідрофобні властивості. Але не сказано, для яких класів експлуатації дані речовини належать.

В роботі [8] наведені дослідження, направлені на захист від ультрафіолетового випромінювання та встановлення гідрофобних властивостей шляхом модифікації бавовняної тканини оксидом графену та силановим зв'язковим агентом. Оксид графену та силановий сполучний агент були закріплені на бавовняній тканині стабільним хімічним зв'язком. Зразок тканини обробляли оксидом графену та силановим сполучним агентом, використовуючи простий метод занурення-прокладки-сушіння. Незважаючи на те, що сполучні агенти оксиду графену та силану успішно наділили бавовняну тканину хорошими захистом від ультрафіолетових променів та гідрофобними властивостями, оксид графену та силан є дорогими й використовуються у великих кількостях. Після обробки силановим сполучним агентом гідрофільна тканина, оброблена оксидом графену, переводиться в гідрофобну, а оксид графену з'єднується з бавовною. Модифіковані тканини мають як захист від ультрафіолетових променів, так і гідрофобні властивості. Але залишаються невирішеними питання, які пов'язані з механізмом захисту. Причиною цього можуть бути тонкощі відносно утворення захисного шару, що відповідно робить такі дослідження складними.

В роботі [9] описано нанокompозити, утворені з катіонного крохмалю глини, які наносили на чисту бавовняну тканину пошарово. Оптичні властивості та маса плівок точно контролювалися кількістю шарів. Конусова калориметрія показала нижчі показники загального тепловиділення та тепловіддачі тканини, покритої у два шари. Однак, не сказано про вплив зміни середовища на покриття, його руйнування в часі.

В роботі [10] запропоновано метод, що полягає у вирішенні системи двох рівнянь, що відповідають даним часово-температурних характеристик: модель Арреніуса в поєднанні з принципом суперпозиції часу і температури, і трипараметричне рівняння

Хілла. Результат аналізу даних за допомогою цього методу надається з точки зору чотирьох параметрів: температурного ефекту, швидкості, середнього часу деградації та граничної міцності. Він був використаний для порівняння ефекту прискореного термічного старіння на міцність на розрив семи різних тканин, що використовуються у протипожежному захисті. Однак, жодна з досліджених тканин, не відображала всіх характеристик, які були б ідеальними для тривалого протипожежного захисту.

В роботі [11] використовували золь-гелевий метод, беручи тетраетил-ортосилікат та етанол як розчинник і соляну кислоту як каталізатор, метакрилоксипропілтриметоксисилан як сполучний агент для препаратів SiO<sub>2</sub>, фосфорний антипірен і золи для поліпшення вогнестійкості та термостійкості бавовняних тканин. Процес занурення-випікання застосовувався для обробки бавовняних тканин. Морфологію поверхні, поверхневу функціональну групу та розподіл елементів, внутрішню кристалічну структуру, характеристики піролізу та вогнестійкість бавовняних тканин характеризували після випробування. Результати показують, що оброблені тканини мають хороший синергетичний ефект вогнезахисту. Гібридний золь, що містить фосфорний антипірен, може сприяти утворенню тривимірного мікроскопічного гелевого покриття та залишкового вугілля в конденсованій фазі. Однак, не наведено сфери застосування приведених виробів.

В роботі [12] дослідження було спрямовано на обговорення щодо використання двох різних вогнезахисних сполук на основі DOPO-APTES, що були синтезовані та нанесені на поверхні тканин з поліаміду за допомогою золь-гелевого методу для поліпшення термостабільності та антипіренів. Підготовлені покриття демонстрували набагато більший відсоток виходу вугільних речовин, порівняно з чистим матеріалом і одночасно пригнічували тенденцію капання у процесі вертикального горіння. Зразок тканини, модифікований 20% DOPO-APTES, продемонстрував значне зниження пікової швидкості тепловиділення на 36%, тоді як інший тільки

на 20%. Більше того, оброблені тканини демонструють певну стійкість до прання, і серед них зразок тканини, оброблений 20%. Вогнезахисні сполуки на основі DOPO-ARTES можуть протистояти жорсткому відмиванню. Проте, виконання даних робіт потребує спеціального устаткування на стадії виготовлення матеріалів.

В роботі [13] широко досліджувались два основні підходи, а саме покриття, отримані золь-гелем, і пошарові вузли. Обидва ці підходи здатні надавати обробленим тканинам високі вогнезахисні властивості. Незважаючи на це, відповідно до складу рецептур золь-гелю та типу нанесених шарів, можна розробити багатофункціональні (наприклад, гідрофобні та електропровідні) покриття. Однак, не сказано як витримують дані композиції зміну температурно-вологісних полів.

У приміщеннях з масовим перебуванням людей за стандартами слід використовувати матеріали зі зниженою горючістю. Матеріали, що містять целюлозу, небезпечні для пожежі. В роботі [14] представлені результати дослідження показників текстильних матеріалів, оброблених антипіренами для приміщень, де проживають люди. Досліджено вплив типу та тривалості просочення на зниження горючості та температури висихання просочених текстильних матеріалів на час їх полум'я горіння. Тому постає задача зафіксувати антипірен у матеріалі.

В роботі [15] показано, що для отримання достатньої вогнестійкості в покритті потрібно використовувати до 60% гідроксидів металів. Це призводить до обмеження використання гідроксидів металів кількома текстильними додатками, такими як килимові підкладки та брезенти. Результати наукових досліджень щодо розробки вогнезахисних нанокompatитів, що складаються з поліолефінів або поліаміду з включеними нанорозмірними гідроксидами металів, показують, що розмір частинок нанодобавок має вирішальний вплив на вогнезахисний ефект. Чим дрібніші частинки гідроксиду, тим швидше зв'язана вода відокремлюється, і у

випадку пожежі виділяється водяна пара. Крім того, поєднання з антипіренами синергістів, таких як наночарові силікати (бентоніти, монтморилоніти), що становить кілька відсотків за вагою, може зменшити необхідну кількість субмікронних гідроксидів металів.

Таким чином, з літературних джерел встановлено, що вогнезахисні покриття здатні вимиватися з поверхні текстильного матеріалу під впливом води при експлуатації, але потребують значної кількості захисту та застосування гідрофобізаторів. Крім того, не визначені параметри, які забезпечують стійкість до втрати вогнезахисних властивостей. Нехтування застосуванням органічних речовин для утворення гідрофобних покриттів призводить до неефективного застосування засобів захисту. Тому встановлення параметрів вогнестійкості тканин і впливу покриттів на цей процес обумовило необхідність проведення досліджень у даному напрямку.

## ОСНОВНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою роботи є дослідження окремих аспектів щодо водонепроникнення вогнезахисних тканин для наметів. Це дає можливість обґрунтувати застосування інтумесцентного покриття на об'єктах з застосуванням тканин.

Для встановлення вогнезахисної ефективності текстильного матеріалу використовували зразки парусинової тканини, які представлено на (рис. 1).

Зразки обробляли покриттям, що утворює на поверхні захисну плівку та здатне під дією високої температури створити на поверхні пінококсовий захисний шар. Така композиція представлена покриттям «ФАСР-ВОЛ-ВУД». Отриману масу перемішували і наносили на зразок текстильного матеріалу у кількості 47,0...50,0 г/м<sup>2</sup>. При цьому вогнезахисне покриття проникало у структуру тканини та утворювало еластичну плівку на поверхні товщиною близько 20 мкм. Після висихання покриття проводили випробування на поглинання води.

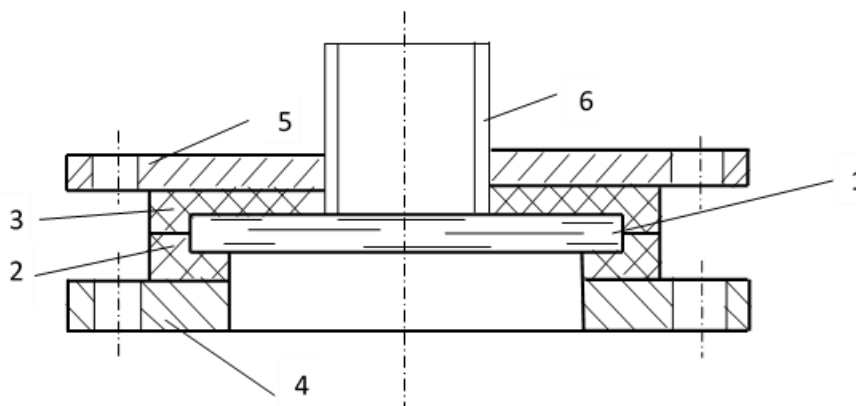


**Рис.1.** Модельні зразки тканини для випробувань:  
*a* – зовнішня сторона, *б* – внутрішня вогнезахисна сторона.

**Fig.1.** Model samples of fabric for testing:  
*a* – outer side; *b* – inner flame retardant side.

Для проведення дослідження використували установку з визначення ступеня гідрофобизації тканин, яка додатково була

оснащена пристроєм для вимірювання вологи на поверхні зразка в ході випробувань (рис. 2).



**Рис.2.** Пристрій для випробувань водоникнення вогнезахисної тканини:

1 – випробувальний зразок тканини; 2, 3 – гумові прокладки;  
 4, 5 – фланці; 6 – фторопластова труба.

**Fig.2.** Device for testing the water penetration of fire-retardant fabric:  
 1 – test sample of fabric; 2, 3 – rubber gaskets; 4, 5 – flanges; 6 – fluoroplastic pipe.

Зразок тканини, оброблений вогнезахисним засобом, вставляли між гумовими прокладками так, щоб він контактував необробленою стороною з водою, та закріплювали за допомогою фланців (рис. 2). Після чого заливали воду у кількості 100 мл у фторопластову трубку і одночасно вмикали секундомір і

визначити час утворення крапель води на оберненій поверхні зразка візуально. По вимірним величинам визначали водоникнення та фіксували зміни покриття на поверхні тканини. Для встановлення водоникнення зразка вогнезахисної тканини при при дії дослідження (рис. 3).



**Рис.3.** Випробування тканини на водопроникнення.  
**Fig.3.** Tissue penetration test.

Результати досліджень із водопроникнення необробленого та обробленого зразка

тканини, проведених у лабораторних умовах, наведено в табл. 1.

**Табл. 1.** Результати визначення часу водопроникнення при дії води на тканину

**Table 1.** The results of determining the time of water penetration under the action of water on the fabric

Вогнезахищений зразок	Час водопроникнення при дії води $\tau$ , с	Кількість поглинутої води, кг
Тканини без покриття	406	0,010
Тканини, зворотна сторона яких оброблена покриттям	12860	0,00011

В результаті проведених досліджень встановлено, що час водопроникнення зразка вогнезахищеного елемента намету перевищує необроблений у понад 30 разів. При дослідженні процесу водопроникнення вогнезахищеного елемента намету, як витікає з отриманих результатів (табл. 1), закономірним є продовження часу руйнування інтумесцентного покриття і збільшення часу водопроникнення. Це обумовлено стійкістю інтумесцентного покриття та утворення заслону на поверхні вогнезахищеної тканини, які уповільнюють процеси просочення води.

Слід зазначити, що присутність інтумесцентного покриття призводить до закупорки поверхні тканини від проникнення вологи. Вочевидь такий механізм впливу інтумесце-

нтного покриття є тим фактором регулювання процесу, завдяки якому зберігається цілісність об'єкту. В цьому сенсі має місце інтерпретація результатів визначення водопроникнення тканиною після експозиції води, а саме кількість поглинутої води. Оскільки кількість поглинутої води не перевищила 0,00011 кг, а для тканини без покриття становила 0,01 кг, це свідчить про утворення заслону для масопереносу при дії води, який можливо ідентифікувати за методом впливу води на дослідженні зразки.

#### ВИСНОВКИ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

В результаті проведених досліджень визначено вплив інтумесцентного покриття на

стійкість до дії води та отримані критеріальні співвідношення, що дозволяють одержувати зміну водопоглинання на поверхні тканини, тобто значення при впливі води в часі, що характеризується кількістю поглинутої води. Час водопоглинання зразка вогнезахищеного елемента намету перевищує дані, порівняно з необробленим зразком більше, ніж у 30 разів.

Особливості гальмування процесу масопереносу при дії води полягають в ізолюванні поверхні вогнезахищеної тканини нерозчинними комплексами інтумесцентного покриття. Так, зразок вогнезахищеної тканини інтумесцентним покриттям з оберненої сторони після експозиції води показав кількість поглинутої води не більше 0,00011 кг, а зразок тканини без покриття поглинув 0,01 кг води.

Таким чином, отримані дані щодо впливу інтумесцентного покриття на процес гальмування водопоглинання дозволяють стверджувати наступне:

- основним регулятором процесу є не стільки формування значної кількості водонерозчинних комплексів, оскільки окремі вогнезахисні покриття руйнуються під впливом дії вологи;
- суттєвий вплив на процес захисту природного горючого матеріалу при застосуванні вогнезахисного покриття здійснюється у напрямку водоізолювання поверхні тканини полімерною оболонкою, стійкою до руйнування під дією вологи.

Подальші дослідження можуть бути спрямовані на встановлення взаємозв'язку між складовими і властивостями вогнезахисних покриттів, а також їх оптимізацію.

## ЛІТЕРАТУРА

1. **Wang Y.** Effect of polydimethylsiloxane viscosity on silica fume-based geopolymer hybrid coating for flame-retarding plywood. // *Construction and Building Materials*. 2020. Vol. 239. 117814. 7 p.
2. **Tsapko Yu.** Research of the process of spread of fire on beams of wood of fire-protected intumescent coatings. // *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2019. Vol. 708. 012112. 7 p.  
<http://doi.org/10.1088/1757-899X/708/1/012112>.
3. **Tsapko Yu.** Determination of the laws of thermal resistance of wood in application of fire-retardant fabric coatings. // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 2. No 10 (104). pp. 13-18.  
<http://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.200467>.
4. **Tsapko Yu.** Modeling of thermal conductivity of reed products. // *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2020. Vol. 907. 012057. 9 p.  
<http://doi.org/10.1088/1757-899X/907/1/012057>.
5. **Jun Z.** Application and research status of concrete canvas and its application prospect in emergency engineering. // *Wei X., Xingzhong W., Lihai S., Jiang W. // Journal of Engineered Fibers and Fabrics*. 2020. 15 p.
6. **Xu J.,** Design of functional cotton fabric via modified carbon nanotubes. // *Zhang J.Y., Xu J., Zhang Z., Zhang H. // Pigment and Resin Technology*. 2020. Vol. 49 (1). pp. 71-78.
7. **Xu J.** Synthesis and properties of cotton fabric functionalized by dimethyl phosphite and perfluorohexyl group grafted graphene oxide. // *Zhang J., Xu J., Zhang Z., Zhang H. // Pigment and Resin Technology*. 2020. Vol. 48 (6). pp. 515-522.
8. **Shi F.** Study on UV-protection and hydrophobic properties of cotton fabric functionalized by graphene oxide and silane coupling agent. // *Xu J., Zhang Z. // Pigment and Resin Technology*. 2019. Vol. 48 (3). pp. 237-242.
9. **Choi K.** Fire protection behavior of layer-by-layer assembled starch-clay multilayers on cotton fabric. // *Seo S., Kwon H., Kim D., Park Y.T. // Journal of Materials Science*. 2018. Vol. 53 (16). pp. 11433-11443.
10. **Dolez P.I.** A quantitative method to compare the effect of thermal aging on the mechanical performance of fire protective fabrics. // *Tomer N.S., Malajati Y. // Journal of Applied Polymer Science*. 2019. Vol. 136 (6). 47045. 7 p.
11. **Zhou S.** Flame Retardancy and Mechanism of Cotton Fabric Finished by Phosphorus Containing SiO<sub>2</sub> Hybrid Sol. // *Huangfu W., You F., Li D., Fan D. // 9th International Conference on Fire Science and Fire Protection Engineering*. 2019. 9055847. 7 p.

12. **Kundu C.K.** Sol-gel coatings from DOPO-alkoxysilanes: Efficacy in fire protection of polyamide 66 textiles. /Song L., Hu Y. // *European Polymer Journal*. 2020. Vol. 125. 109483.
13. **Malucelli G.** Sol-Gel and layer-by-layer coatings for flame-retardant cotton fabrics: Recent advances. // *Coatings*. 2020. Vol. 10 (4). pp. 333.
14. **Vachnina T.N.** Improvement of fire protection of wood board and textile materials for premises with a massive stay of people. /Susoeva I.V., Titunin A.A. // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020. Vol. 962 (2). 022008.
15. **Dietzel Y.** Development of a environmentally friendly, halogen-free flame-retardant coating on the basis of high-performance submicron metal hydroxides. // *Gummi, Fasern, Kunststoffe*. 2015. Vol. 68 (7). pp. 490-496.
7. **Xu J.** Synthesis and properties of cotton fabric functionalized by dimethyl phosphite and perfluorohexyl group grafted graphene oxide. /Zhang J., Xu J., Zhang Z., Zhang H. // *Pigment and Resin Technology*. 2020. Vol. 48 (6). pp. 515-522.
8. **Shi F.** Study on UV-protection and hydrophobic properties of cotton fabric functionalized by graphene oxide and silane coupling agent. /Xu J., Zhang Z. // *Pigment and Resin Technology*. 2019. Vol. 48 (3). pp. 237-242.
9. **Choi K.** Fire protection behavior of layer-by-layer assembled starch-clay multilayers on cotton fabric. /Seo S., Kwon H., Kim D., Park Y.T. // *Journal of Materials Science*. 2018. Vol. 53 (16). pp. 11433-11443.
10. **Dolez P.I.** A quantitative method to compare the effect of thermal aging on the mechanical performance of fire protective fabrics. /Tomer N.S., Malajati Y. // *Journal of Applied Polymer Science*. 2019. Vol. 136 (6). 47045. 7 p.

#### REFERENCES

1. **Wang Y.** Effect of polydimethylsiloxane viscosity on silica fume-based geopolymer hybrid coating for flame-retarding plywood. /Zhao J., Chen J. // *Construction and Building Materials*. 2020. Vol. 239. 117814. 7 p.
2. **Tsapko Yu.** Research of the process of spread of fire on beams of wood of fire-protected intumescent coatings. /Tsapko A., Bondarenko O., Sukhanevych M., Kobryn M. // *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2019. Vol. 708. 012112. 7 p.  
<http://doi.org/10.1088/1757-899X/708/1/012112>.
3. **Tsapko Yu.** Determination of the laws of thermal resistance of wood in application of fire-retardant fabric coatings. /Tsapko A., Bondarenko O. // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 2. No 10 (104). pp. 13-18.  
<http://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.200467>.
4. **Tsapko Yu.** Modeling of thermal conductivity of reed products. /Tsapko A., Bondarenko O. // *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2020. Vol. 907. 012057. 9 p.  
<http://doi.org/10.1088/1757-899X/907/1/012057>.
5. **Jun Z.** Application and research status of concrete canvas and its application prospect in emergency engineering. /Wei X., Xingzhong W., Lihai S., Jiang W. // *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*. 2020. 15 p.
6. **Xu J.,** Design of functional cotton fabric via modified carbon nanotubes. /Zhang J.Y., Xu J., Zhang Z., Zhang H. // *Pigment and Resin Technology*. 2020. Vol. 49 (1). pp. 71-78.
11. **Zhou S.** Flame Retardancy and Mechanism of Cotton Fabric Finished by Phosphorus Containing SiO<sub>2</sub> Hybrid Sol. /Huangfu W., You F., Li D., Fan D. // *9th International Conference on Fire Science and Fire Protection Engineering*. 2019. 9055847. 7 p.
12. **Kundu C.K.** Sol-gel coatings from DOPO-alkoxysilanes: Efficacy in fire protection of polyamide 66 textiles. /Song L., Hu Y. // *European Polymer Journal*. 2020. Vol. 125. 109483.
13. **Malucelli G.** Sol-Gel and layer-by-layer coatings for flame-retardant cotton fabrics: Recent advances. // *Coatings*. 2020. Vol. 10 (4). pp. 333.
14. **Vachnina T.N.** Improvement of fire protection of wood board and textile materials for premises with a massive stay of people. /Susoeva I.V., Titunin A.A. // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020. Vol. 962 (2). 022008.
15. **Dietzel Y.** Development of a environmentally friendly, halogen-free flame-retardant coating on the basis of high-performance submicron metal hydroxides. // *Gummi, Fasern, Kunststoffe*. 2015. Vol. 68 (7). pp. 490-496.



**RESEARCH OF SOME ASPECTS OF  
WATER PERMEABILITY OF  
FIRE-RETARDANT FABRIC  
FOR TENTS**

*Yuriy TSAPKO,  
Olga BONDARENKO,  
Oleksiy TSAPKO*

**Summary.** The development of reliable methods for studying the conditions of fire protection of fabrics leads to the creation of new types of fire-proof materials. At the same time, there is a need to determine the conditions for the formation of a barrier to water mass transfer and to establish a mechanism for inhibiting water penetration through the material. As a result of the conducted researches the influence of intumescent coating on water resistance was determined and the criterion relations were obtained, which allow to obtain the change of water permeability on the fabric surface, ie the value of water exposure over time, characterized by the amount of absorbed water. . The water penetration time of the sample of the fireproof element of the

tent exceeds the data, compared to the untreated sample by more than 30 times.

Peculiarities of inhibition of the mass transfer process under the action of water are the isolation of the surface of the fire-retardant fabric by insoluble complexes of the intumescent coating. Thus, a sample of fire-retardant fabric with an intumescent coating on the reverse side after exposure to water showed the amount of absorbed water not more than 0.00011 kg, and a sample of uncoated fabric absorbed 0.01 kg.

Thus, the obtained data on the influence of intumescent coating on the process of inhibition of water absorption suggest that the main regulator of the process is not so much the formation of a significant number of water-insoluble complexes, as some fire-retardant coatings are destroyed by moisture. In this case, a significant impact on the process of protection of natural combustible material in the application of fire-retardant coating is carried out in the direction of waterproofing the fabric surface with a polymer shell resistant to destruction by moisture.

**Keywords.** Protective equipment; fabric; water penetration; weight loss; fabric surface treatment; hydrophobic coatings.

*Стаття надійшла до редакції 06.05.2022*