

**Міністерство України  
з питань надзвичайних ситуацій  
та у справах захисту населення від наслідків  
Чорнобильської катастрофи**

**Львівський державний університет  
безпеки життєдіяльності**

**Український науково-дослідний  
інститут пожежної безпеки**

# **ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА**

**збірник  
наукових праць**



**№14, 2009**



МАТЕРІАЛИ ДРУКУЮТЬСЯ УКРАЇНСЬКОЮ,  
РОСІЙСЬКОЮ, ПОЛЬСЬКОЮ, НІМЕЦЬКОЮ  
ТА АНГЛІЙСЬКОЮ МОВАМИ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

## ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА

ЛДУ БЖД, УкрНДІПБ  
МНС України

**№ 14, 2009**

заснований у 2002 році

### РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

- |                      |   |
|----------------------|---|
| канд. техн. наук     | <b>Ковалишин В.В.</b> - головний редактор           |
| канд. техн. наук     | <b>Антонов А.В.</b> - заступник головного редактора |
| д-р техн. наук       | <b>Семсрак М.М.</b> - науковий редактор             |
| канд. фіз.-мат. наук | <b>Кузик А.Д.</b> - заступник наукового редактора   |
| д-р техн. наук       | <b>Гудим В.І.</b>                                   |
| д-р техн. наук       | <b>Гуліда Е.М.</b>                                  |
| д-р техн. наук       | <b>Гивлюд М.М.</b>                                  |
| д-р техн. наук       | <b>Жартовський В.М.</b>                             |
| д-р пед. наук        | <b>Козяр М.М.</b>                                   |
| канд. пед. наук      | <b>Коваль М.С.</b>                                  |
| д-р техн. наук       | <b>Кузьо І.В.</b>                                   |
| д-р техн. наук       | <b>Маргин Є.В.</b>                                  |
| д-р хім. наук        | <b>Михалічко Б.М.</b>                               |
| д-р техн. наук       | <b>Мичко А.А.</b>                                   |
| канд. техн. наук     | <b>Откідач М.Я.</b>                                 |
| д-р техн. наук       | <b>Пашковський П.С.</b>                             |
| д-р техн. наук       | <b>Рак Ю.П.</b>                                     |
| д-р техн. наук       | <b>Сидорчук О.В.</b>                                |
| д-р хім. наук        | <b>Сушко В.О.</b>                                   |
| д-р фіз.-мат. наук   | <b>Тацій Р.М.</b>                                   |
| д-р фіз.-мат. наук   | <b>Юзевич В.М.</b>                                  |
| канд. техн. наук     | <b>Юзьків Т.Б.</b>                                  |

**ЗАРЕЄСТРОВАНО** Міністерством юстиції України 26.06.2008 р. Серія КВ №14342-3313ПР

**ВКЛЮЧЕНО ВАК ДО ПЕРЕЛІКУ ФАХОВИХ ВИДАНЬ В ГАЛУЗІ ТЕХНІЧНИХ НАУК**,  
в яких можуть публікуватись результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора  
і кандидата наук (*Постанова ВАК від 12 червня 2002 року № 1-05/6*)

**ПОШТОВИЙ ІНДЕКС** 94657

**РЕКОМЕНДОВАНО ДО ВИДАННЯ** рішенням Вченої ради ЛДУ БЖД  
(*Протокол № 8 від 21.05.2009 р.*)

**Літературний редактор** Падик Г.М.

**Редактор англійської мови** Іванів О.В.

**Технічний редактор** Сорочич М.П.

**Комп'ютерна верстка та  
відповідальний за друк** Фльорко М.Я.

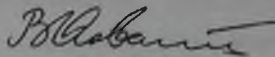
**АДРЕСА РЕДАКЦІЇ:** ЛДУ БЖД, вул. Клепарівська, 35, м. Львів, 79007  
**Контактні телефони:** (032) 233-24-79, 233-14-97, тел/факс 233-00-88  
**E-mail:** mail@ubgd.lviv.ua, ndr@ubgd.lviv.ua

Інформуємо Вас, що збірник наукових праць „Пожежна безпека” з 2006 року став передплатним виданням. Його поштовий індекс 94657, ціна одного примірника 52,02 грн; річна передплата – 104,04 грн.

„Пожежна безпека” видається з 2002 року у Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності двічі на рік. Збірник внесено ВАК до переліку фахових видань у галузі технічних наук. У ньому публікуються статті, які є актуальними для працівників МНС і стосуються безпеки життєдіяльності людини.

Передплатити названий збірник можна у будь-якому поштовому відділенні України.

З повагою  
проректор з науково-дослідної роботи  
полковник служби цивільного захисту



**В.В.Ковалишин**

- В.В. Ковалишин, Р.Я. Лозинський,  
Я.Б. Кириліо*  
ТАКТИКО-ТЕХНІЧНІ ДІЇ ПОЖЕЖНО-  
РЯТУВАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛІВ ПРИ  
ДИСТАНЦІЙНОМУ ГАСІННІ ПОЖЕЖІ  
ПАРОГАЗОВОЮ СУМІШШЮ
- Р.А. Бунь, О.П. Галюк*  
МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОСТОРОВИЙ  
АНАЛІЗ ЕМІСІЇ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ  
В РЕЗУЛЬТАТІ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ В  
УКРАЇНІ
- М.М. Семерак, Р.С. Яцишин*  
ПОЖЕЖНІ СПОВІЩУВАЧІ ІЗ  
ПРОТЯЖНИМИ РЕЗИСТИВНИМИ  
ПЕРЕТВОРЮВАЧАМИ
- Я.І. Хом'як, О.П. Якименко, Р.В. Климаць*  
ЗАСТОСУВАННЯ РИЗИК-ОРІЄНТОВНИХ  
ПІДХОДІВ У ЗДІЙСНЕННІ НАГЛЯДОВОЇ  
ДІЯЛЬНОСТІ
- В.І. Згуря*  
ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ПРОВЕДЕННЯ  
ВИПРОБУВАНЬ ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ  
МЕЖИ ВОГНЕСТІЙКОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ  
КОНСТРУКЦІЙ
- В.І. Гудим, П.Г. Столярчук, В.М. Ванько,  
Ю.І. Рудик*  
ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ  
НОРМАТИВНОГО РІВНЯ БЕЗПЕКИ  
ПОБУТОВИХ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖ
- М.М. Гивлюд, С.Я. Вовк, В.Б. Лоїк,  
Д.Л. Дубина*  
ВОГНЕЗАХИСНІ ПОКРИТТЯ НА ОСНОВІ  
НАПОВНЕНИХ ОКСИДНИМИ  
КОМПОНЕНТАМИ СИЛІЦІЙОРГАНІЧНИХ  
СПОЛУК
- А.П. Кушнір, Б.Л. Копчак*  
РЕАЛІЗАЦІЯ ПОЖЕЖНОГО  
СПОВІЩУВАЧА З ВИКОРИСТАННЯМ  
НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ
- 7  
*V.V. Kovalyshyn, R.Ya. Lozynskiy,  
Ya.B. Kyryliv*  
TACTICAL AND TECHNICAL ACTIONS OF  
THE FIRE-RESCUE SUBDIVISIONS WHILE  
DISTANT FIRE EXTINGUISHING BY  
STEAM-GAS MIXTURE
- 12  
*R.A. Bun, O.P. Halyuk*  
MODELING AND SPATIAL ANALYSIS OF  
EMISSION OF GREENHOUSE GASES  
AS RESULT OF FOREST FIRES IN  
UKRAINE
- 20  
*M.M. Semerak, R.S. Yatsyshyn*  
FIRE DETECTORS WITH LINEAR  
RESISTIVE TRANSDUCERS
- 25  
*Ya.I. Hom'yak, O.P. Yakymenko, R.V. Klymas'*  
APPLICATION OF RISK-ORIENTED  
APPROACHES IN REALIZATION OF  
SUPERVISION ACTIVITIES
- 31  
*V.I. Zgurya*  
ESTIMATION OF QUALITY OF CARRYING  
OUT OF TEST FOR THE DETERMINATION  
OF FIRE RESISTANCE RATING OF  
BUILDING CONSTRUCTIONS
- 39  
*V.I. Hudym, P.G. Stolarchuk, W.M. Wanko,  
Yu.I. Rudyk*  
TECHNICAL PROVIDENCE  
STANDARDIZES QUALITY LEVEL AND  
SAFETY OF ELECTRICAL NETWORKS OF  
EVERYDAY USE
- 44  
*M.M. Hyvlyud, S.Ya. Vovk, V.B. Loik,  
D.L. Dubyna*  
FIRE-RESISTANT MATERIALS BASED ON  
OXIDE COMPONENTS-FILLED SILTISIUM-  
ORGANIC COMPOSITIONS
- 50  
*A.P. Kushnir, B.L. Kopchak*  
REALIZATION OF FIRE-ALARM BOX  
WITH THE USAGE OF FUZZY LOGIC

*С.В. Поздєєв, В.И. Осипенко, А.В. Поздєєв, В.М. Нуанзин*  
МЕТОДИКА ВИВЧЕННЯ РОБОТИ  
СТИСНУТИХ ЕЛЕМЕНТІВ  
ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ПІСЛЯ  
ТРИВАЛОГО КЛІМАТИЧНОГО ВПЛИВУ  
ПРИ ПОЖЕЖІ

56

*S.V. Pozdveyev, V.I. Osypenko, A.V. Pozdveyev, V.M. Nuyanzin*  
TECHNIQUE OF STUDYING THE WORK  
OF COMPRESSION MEMBERS OF  
CONCRETE STRUCTURES AFTER LONG-  
TIME CLIMATIC INFLUENCE DURING  
THE FIRE

*М.С. Коваль, Р.І. Сірко*  
ВРАХУВАННЯ ОСОБЛИВОСТІ  
ПСИХОЛОГІЧНОЇ ПОВЕДІНКИ ЛЮДЕЙ  
ПІД ЧАС НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ТА  
ПРИ ПРОЄКТУВАННІ ГОТЕЛЬНИХ  
КОМПЛЕКСІВ

62

*M.S. Koval, R.I. Sirko*  
PECULARITIES OF PSYCHOLOGICAL  
BEHAVIOUR OF PEOPLE DURING THE  
PROJECTING OF EMERGENCY SITUATIONS  
AND HOTEL COMPLEXES

*Ю.А. Абрамов, А.А. Тарасенко*  
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗОНЫ  
УЯЗВИМОСТИ ОБЪЕКТА «ЗАБОТЫ»  
ПОРАЖАЮЩИМИ ФАКТОРАМИ  
ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ

67

*Yu.A. Abramov, A.A. Tarasenko*  
MATHEMATICAL MODEL OF  
VULNERABILITY OBJECTS AREA  
"TURBOTA" WITH THE AFFECTING  
FACTORS OF EMERGENCY SITUATIONS

*І.М. Ольховий, Х.І. Ліщинська*  
ПРО НАПРУЖЕНИЙ СТАН ТА МІЦНІСТЬ  
ЦИЛІНДРИЧНИХ РЕЗЕРВУАРІВ ПРИ ДІЇ  
ТЕМПЕРАТУРИ, ЩО ЗМІНЮЄТЬСЯ ЗА  
ЛІНІЙНИМ ЗАКОНОМ

74

*I.M. Olkhovyi, K.I. Lishchinska*  
ABOUT STRESS CONDITION AND  
DURABILITY OF CYLINDRICAL TANKS  
AT ACTION OF TEMPERATURE WHICH  
CHANGES UNDER THE LINEAR LAW

*А.А. Мичко, М.М. Клим'юк, А.С. Лин*  
ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМОСТІЙКОСТІ  
СПЕЦІАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ ДІЇ  
ВІДКРИТОГО ПОЛУМ'Я

79

*A.A. Mychko, M.M. Klymyuk, A.S. Lyn*  
THE INVESTIGATION OF THERMAL  
STABILITY OF SPECIAL MATERIALS IN  
AN OPEN FIRE

*Н.М. Годованець, Б.М. Михалічко, О.М. Щербина*  
УТВОРЕННЯ КОМПЛЕКСУ  
[H<sub>2</sub>NC<sub>4</sub>H<sub>8</sub>NH<sub>2</sub>]<sub>2</sub>CuCl<sub>3</sub> В СИСТЕМІ CuCl-  
піперазин-НСІ ЯК ЕФЕКТИВНИЙ ЧИННИК  
ІНГІБУВАННЯ ГОРІННЯ ОРГАНІЧНИХ  
АМІНІВ

84

*N.N. Godovanets, B.M. Mykhalichko, O.M. Shcherbyna*  
FORMATION OF [H<sub>2</sub>NC<sub>4</sub>H<sub>8</sub>NH<sub>2</sub>]<sub>2</sub>CuCl<sub>3</sub>  
COMPLEX IN A SYSTEM CuCl-  
PIPERAZINUM-HCL AS THE EFFECTIVE  
FACTOR OF INHIBITION OF BURNING OF  
ORGANIC AMINES

*А.Д. Кузик, В.В. Попович*  
ДІЯЛЬНІСТЬ ДЕРЖАВНИХ І  
МІЖНАРОДНИХ ОРГАНІЗАЦІЙ У СФЕРІ  
ЗАХИСТУ ЛІСІВ, ЛАНДШАФТНОГО  
БІОРІЗНОМАНІТТЯ ТА ДОВКІЛЛЯ

91

*A.D. Kuzyk, V.V. Popovych*  
THE COLLABORATION CONCERNING  
FORESTS PROTECTION, LANDSCAPE  
BIODIVERSITY AND ENVIRONMENT

*Ю.В. Цапко, В.М. Жартовський, М.Є. Карташов*  
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ  
ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ  
ВОГНЕЗАХИЩЕНОЇ ДЕРЕВ'ЯНОЇ ТАРИ  
ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ ОЗВРОЄННЯ ТА  
БОЄПРИПАСІВ

97

*Yu.V. Tsapko, V.M. Zhartovs'kyu, M.E. Kartashov*  
RESEARCH OF HEAT CONDUCTIVITY OF  
FIRE PROTECTIVE WOODEN  
CONTAINERS FOR ARMAMENT AND  
AMMUNITION STORAGE



- О.І. Башинський, В.В. Артеменко, Т.Б. Боднарчук, В.М. Андрієнко**  
ГОЛОВНІ ВІДМІННОСТІ РОБОТИ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ІЗ СТРІЧКОВОЮ ТА СТЕРЖНЕВОЮ АРМАТУРОЮ ПРИ ЗГІНІ ПІД ДІЄЮ ПОПЕРЕЧНИХ СИЛ ТА ВИСОКИХ ТЕМПЕРАТУР
- 104** **O.I. Bashinskiy, V.V. Artemenko, T.B. Bodnarchuk, V.M. Andrienko**  
MAIN DIFFERENCES OF WORK OF CONCRETE STRUCTURES ELEMENTS WITH BEND AND REINFORCEMENT ROOL UNDER THE ACTION OF TRANSVERSE FORCES AND HIGH TEMPERATURES
- С.Д. Муравьев, А.В. Бабич**  
ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДУШНЫХ ПОТОКОВ В ПОМЕЩЕНИЯХ СО СЛОЖНЫМ ВОЗДУХООБМЕНОМ
- 110** **S.D. Muravyov, A.V. Babich**  
RESEARCH OF AIR FLAW IN APARTMENTS WITH DIFFICULT VENTILATION
- О.Б. Зачко, Ю.П. Рак**  
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РІВНЯ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ В ПРОЕКТАХ РЕГІОНАЛЬНОГО РОЗВИТКУ
- 116** **O.B. Zachko, Yu.P. Rak**  
A MATHEMATICAL MODELLING OF LEVEL LIFE SAFETY IN THE PROJECTS OF REGIONAL DEVELOPMENT
- В.М. Баланюк**  
ЗАЛЕЖНІСТЬ ВОГНЕГАСНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ АЕРОЗОЛЮ НА ОСНОВІ СОЛЕЙ КАЛІЮ ВІД ЗНАЧЕНЬ КОНЦЕНТРАЦІЙНИХ МЕЖ ПОШИРЕННЯ ПОЛУМ'Я
- 122** **V.M. Balanyuk**  
THE INFLUENCE OF CONCENTRATION BOUNDARIES AND THE WAY OF AEROSOL DELIVERY ON ITS MINIMAL FIRE EXTINGUISHING CONCENTRATION ON A BASIS OF INORGANIC POTASSIUM SALTS
- А.В. Камінський**  
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ВИСОТНОГО ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ З ДИСИПАТОРОМ КІНЕТИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ
- 127** **A.V. Kaminskyi**  
THE EXPERIMENTAL STUDIES OF THE INDIVIDUAL HIGH-RISE FIRE AND RESCUE DEVICE WITH A KINETIC ENERGY DYSYPATOR
- М.М. Семерик, Н.М. Козяр, В.В. Ковалишин**  
ІДЕНТИФІКАЦІЯ ПІННИХ ЗАРЯДІВ ВОГНЕГАСНИКІВ
- 133** **M.M. Semerak, N.M. Kozyar, V.V. Kovalyshyn**  
IDENTIFICATION OF FOAMY CHARGES OF FIRE-EXTINGUISHERS
- І.Г. Маладика, О.І. Дядченко**  
ВПЛИВ ОСНОВНИХ СКЛАДОВИХ ТРИКОМПОНЕНТНИХ ВОГНЕГАСНИХ ПОРОШКОВИХ СУМІШЕЙ НА ЇХ ЕФЕКТИВНІСТЬ
- 139** **I.H. Maladyka, O.I. Dyudchenko**  
THE INFLUENCE OF BASIC INGREDIENTS OF THREE COMPONENT OF FIRE-EXTINGUISHING POWDER COMPOSITIONS ON THEIR EFFICIENCY
- С.П. Назарчук, Д.О. Чалий, С.Д. Кухарішин**  
ОБЧИСЛЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛОСКИХ ПОПЕРЕЧНИХ ПЕРЕРІЗІВ КОЛІН ПОЖЕЖНОЇ АВТОДРАБИНИ «BERLIET»
- 144** **S.P. Nazarchuk, D.O. Chalyi, S.D. Kukharishyn**  
THE CALCULATION OF GEOMETRIC CHARACTERISTICS OF FLAT SECTIONS OF BENDS OF EXTENSION LADDER «BERLIET»
- В.П. Диденко**  
ОЦЕНКА ИСКРОБЕЗОПАСНОСТИ ОМИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ
- 151** **V.P. Didenko**  
AN ASSESSMENT OF INTRINSICALLY SAFETY OF OHMIC CHAINS

*О.О. Тригуба, Б.О. Білінський, П.О. Ішук*  
ДО ПИТАННЯ СТВОРЕННЯ БЕЗПЕЧНИХ  
ТА НЕШКІДЛИВИХ УМОВ ПРАЦІ ПРИ  
УТИЛІЗАЦІЇ ГІДРОЛІЗНОЇ СУЛЬФАТНОЇ  
КИСЛОТИ НА ЗАТ «КРИМСЬКИЙ  
ТИТАН»

159

*O.O. Tryguba, B.O. Bilinsky, P.O. Ischuk*  
TO QUESTION OF CREATION OF SAFE  
AND HARMLESS TERMS OF LABOUR  
DURING UTILIZATION OF HYDROLIZED  
SULFATE ACID ON JOINT-STOCK  
COMPANY OF «KRIMSKIY TITAN»

*В.В. Ковалишин, Т.В. Бойко, І.М. Зінченко*  
МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ВПЛИВУ  
ПРОДУКТІВ ГОРІННЯ НА ОСЕРЕДОК  
ПОЖЕЖИ У ЗАМКНУТОМУ КОНТУРІ

166

*V.V. Kovalyshyn, T.V. Boyko, I.M. Zinchenko*  
DESIGN OF PROCESSES OF INFLUENCING  
OF PRODUCTS OF BURNING ON THE  
CELL OF FIRE IN THE RESERVED  
CONTOUR

*А.А. Мичко, А.Д. Кузик, А.С. Лин*  
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ  
ТЕПЛОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ДЛЯ  
ВИПРОБУВАННЯ ЗАХИСНОГО ОДЯГУ  
ПОЖЕЖНИКІВ-РЯТУВАЛЬНИКІВ

171

*A.A. Mychko, A.D. Kuzyk, A. S. Lyn*  
MATHEMATICAL MODELLING OF  
THERMAL RADIATION FOR PROBATION  
OF PROTECTIVE CLOTHES OF FIRE MEN

*Е.М. Гуліда, Д.П. Войтович*  
ПРОГНОЗУВАННЯ ОБСТАВИН В ЗОНІ  
ВИНИКНЕННЯ ПОЖЕЖИ В МІСТАХ

177

*E.N. Gulida, D.P. Vojtovich*  
PROGNOSTICATION OF CIRCUMSTANCES  
IN AREA OF ORIGIN OF FIRE IN CITIES

*Р.М. Василів*  
ПИЛОВЛОВЛЕННЯ – ЯК МЕТОД  
ЗНИЖЕННЯ ЙМОВІРНОСТІ  
ВИНИКНЕННЯ ПОЖЕЖ ТА ВИБУХІВ  
СПРИЧИНЕНИХ ПИЛОМ

188

*R.M. Vasyliv*  
DUST EXTRACTION AS THE METHOD  
OF DECREASE OF FIRE EXPLOSIVE  
DUST QUALITIES

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМОСТІЙКОСТІ СПЕЦІАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ ДІЇ ВІДКРИТОГО ПОЛУМ'Я

В статті проаналізовані результати досліджень, стійкості до дії відкритого полум'я, синтетичних матеріалів на основі полієфіуретанового та поліакрилінїтрильного покриття з використанням бромовмісних та фосфоровмісних антипіренів різних концентрацій

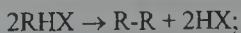
**Ключові слова:** термостійкість, синтетичні матеріали, полієфіуретанове та поліакрилінїтрильне покриття, бромовмісні та фосфоровмісні антипірени

**Вступ.** Під поняттям «горіння», розуміють швидкий самоприскорений екзотермічний процес, який охоплює окисно-відновні перетворення речовин і матеріалів і характеризується наявністю летких продуктів і світлового випромінювання. На практиці процес горіння поділяють на гомогенне та гетерогенне. При гомогенному горінні поверхня розподілу фаз між компонентами реакції відсутня, а при гетерогенному, навпаки, присутня і прикладом для цього може бути горіння металу. Щодо полімерних матеріалів, то слід зазначити, що тут є одночасна наявність гомо- і гетерогенних процесів і це зумовлено тим, що їх високотемпературне розкладання супроводжується утворенням нової фази – карбонізованого пару [1]. Окрім цього, момент загорання і власне процес горіння залежить, в першу чергу, від таких факторів, як природа полімерного покриття і текстильної основи, оптичні характеристики взірця (наявність віддзеркалення, поглинання або проходження теплової енергії), інтенсивність високотемпературного джерела тощо.

Тому вивчення термостійкості матеріалів проводять експериментальним способом, використовуючи при цьому газовий паливник, за вимогами ДСТУ EN 532, та газ пропан, бутан або їх суміш із ступенем очищення не меншим за 95% [7].

**Постановка проблеми.** Відомо, що жоден матеріал на органічній основі не може протистояти вогню, а тому таке поняття, як «негорючі полімери» слід розуміти як «полімери із підвищеною термостійкістю», виготовлення та розробка яких і сьогодні є питанням проблематичним. Так, і досі відсутня загальна теорія горіння полімерних матеріалів, тому що немає детального механізму реакцій перетворення всіх компонентів їх складових у кожній окремо взятій зоні процесу. Тому для запобігання запалювання, а також сповільнювання чи погашення процесу горіння, використовують різні способи та хімічні реактиви - антипірени [2]. Використання антипіренів – найбільш розповсюджений метод зниження горючості полімерних матеріалів. Це, як правило, органічні і неорганічні сполуки, до складу яких входять галогени (хлор, фтор, бром, йод), фосфор, азот тощо, але залежно від того, як вони взаємодіють з полімером, антипірени розділяються на інертні (адитивні) та реакційно здатні. В нашому випадку було використано антипірени восьми найменувань, чотири із яких відносяться до галогеновмісних (броманти), один – до гідроксиду алюмінію (всі випускаються КНПО «Йодобром» м. Саки), а три інших (екзоліт AP 422, OP 550 і пекофлам NPP) в своєму складі мають фосфор (табл. 1).

Антипірени як інгібітори переважно діють при підвищених температурах, утворюючи продукти, які характеризуються слабким загоранням, в порівнянні з вихідним полімером. Процес інгібування полум'я галогеновмісними реагентами протікає за схемою:



де R – органічний радикал; X – галоген.



Слід зазначити, що для вказаних однотипних антипіренів зміщується в такій послідовності:

йодні → бромисті → хлорні → фтористі.

Таблиця 1

Деякі характеристики антипіренів, взятих для інгібування процесу горіння

Найменування антипірену	Агрегатний стан	Масова частка, %	Температура плавлення, °С	Розчинник
Бромант Д-50	рідина	60 брому	60-70	толуол
Бромант Д-31	порошок	78 брому	230-255	толуол
Гідроксид алюмінію	порошок	-	-	-
Бромант Д-50 +Фазант-1	кристалічна речовина	-	80-90	толуол
Бромант Р-36	кристалічна речовина	70 брому	52-67	толуол
Екзоліт АР 422	порошок	32 фосфору	-	нерозчинний
Екзоліт ОР 550	рідина	17 фосфору	-	вода
Пексодлам NPP	рідина	50 фосфору	-	вода

Фосфоровмісні антипірени також мають широке застосування, особливо при виготовленні термостійких поліуретанів, поліефірів, епоксидних смол тощо. Механізм дії вказаних антипіренів до кінця не вивчений, але є припущення, що інгібування процесу горіння протікає за наявності радикалів  $\text{HPO}_2$ , які обривають ланцюгову реакцію [3].

**Експериментальні дослідження.** Оскільки для створення взуття різного призначення більше рекомендуються синтетичні шкіри на основі поліуретанового та поліакрилонітрильного покриття, то нами і були проведені експерименти з указаними перспективними представниками полімерів. Для проведення експериментів було виготовлено п'ять зрізків синтетичних шкір (СШ). Три зрізки на основі поліефіруретанового покриття (СШ ПУЕ+100% поліефірна тканина з оздобленням; СШ ПУЕ +неткане полотно без оздоблення; СШ ПУЕ +бавовняна тканина без оздоблення) і два зрізки на основі поліакрилонітрильного покриття (СШ ПАН +неткане полотно без оздоблення і СШ ПАН+каркасна основа). Фізико-механічні, геометричні та деякі гігієнічні характеристики даних матеріалів, для верху спеціального взуття, вивчені за допомогою 14 показників [4].

Експерименти проводились згідно з умовами розробленого методичного забезпечення [5] та вимогами стандарту [6]. Час дії відкритого полум'я дорівнює 4 с, а критерієм оцінки вибрані тривалість залишкового горіння і залишкового тління, які повинні бути в межах неж 4 с. Попередні дослідження показали, що для цього слід взяти матеріали типу СШ ПАН+НТ полотно та СШ ПУЕ+100% ПЕ тканина [4]. Товщина полімерного покриття для всіх зрізків була в межах 0,2 і 0,4 мм, а для інгібування процесу їх загорання були використані антипірени, до складу яких входив бром і фосфор у різних концентраціях (табл. 1), як і до складу робочих розчинів (табл. 2).

При проведенні аналізу отриманих результатів (табл. 2), у першу чергу слід зазначити, що така сполука, як гідроксид алюмінію  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , незалежно від його концентрації в робочих розчинах, товщини і природи полімерного покриття, не може бути використаний як антипірен при заданих умовах дослідження. Що стосується інших сполук, до складу яких окремо входить бром і фосфор, то їх вплив на процес загорання проб, швидкість горіння, залишкове горіння та тління, суттєвий.

Найменування антипіренів і їх концентрація, %	Товщина полімерного покриття, мм	Матеріали для верху спеціального взуття					
		СШ ПАН+НТ полотно			СШ ПУЕ+100% ПЕ тканина		
		швидкість горіння, мм/с	залишкове горіння, с	залишкове тління, с	швидкість горіння, мм/с	залишкове горіння, с	залишкове тління, с
Бромант Д-50	0,2	2,4	горить	тліє	1,3	14,1	6,0
	0,4	1,9	горить	тліє	1,2	12,3	5,8
	0,2	1,7	горить	тліє	1,1	10,0	5,2
	0,4	1,6	18,3	відсутнє	0,7	8,5	5,0
Бромант Д-31	0,2	1,5	14,0	відсутнє	0,3	5,7	відсутнє
	0,4	1,3	13,8	відсутнє	0,3	5,2	відсутнє
	0,2	1,2	13,2	відсутнє	0,3	5,0	відсутнє
	0,4	1,0	12,0	відсутнє	0,3	4,8	відсутнє
Гідроксид алюмінію	0,2	3,2	горить	тліє	1,7	горить	тліє
	0,4	3,0	горить	тліє	1,6	горить	тліє
	0,2	2,8	горить	тліє	1,4	горить	тліє
	0,4	2,1	горить	тліє	1,2	горить	тліє
Бромант Д-50 +фазант-1	0,2	2,4	горить	тліє	0,8	11,7	7,6
	0,4	1,7	18,6	відсутнє	0,8	10,0	7,0
	0,2	1,7	13,0	відсутнє	0,8	8,8	6,1
	0,4	1,6	11,3	відсутнє	0,5	6,3	5,0
Бромант Р-36	0,2	1,7	16,3	6,0	1,0	8,0	відсутнє
	0,4	1,7	15,0	5,1	1,0	7,2	відсутнє
	0,2	1,7	14,1	відсутнє	0,6	6,1	відсутнє
	0,4	1,6	13,4	відсутнє	0,3	5,8	відсутнє
Екзоліт АР 422	0,2	1,6	11,7	7,7	1,2	8,0	4,2
	0,4	1,1	10,0	4,2	0,8	6,7	3,3
	0,2	0,9	10,0	4,8	0,4	5,2	відсутнє
	0,4	0,9	9,2	3,2	0,3	5,2	відсутнє
Екзоліт ОР 550	0,2	2,0	21,4	12,0	1,0	9,5	5,4
	0,4	1,8	15,0	9,4	1,0	9,0	5,2
	0,2	1,4	16,7	9,6	0,8	6,8	5,0
	0,4	1,0	12,1	6,8	0,6	5,2	5,0
Пекофлам NPP	0,2	1,2	7,8	відсутнє	0,3	3,2	відсутнє
	0,4	1,0	6,0	відсутнє	0,2	2,8	відсутнє
	0,2	1,0	5,3	відсутнє	0,1	1,6	відсутнє
	0,4	0,9	4,4	відсутнє	0,1	1,0	відсутнє

Так, якщо проаналізувати результати експериментів, отриманих при дослідженні проб матеріалів із СШ ПАН+НТ полотна, то тільки антипірени бромант Д-31, бромант Д-50+фазант-1 і бромант Р-36 частково захищає від впливу відкритого полум'я, залишкового горіння та тління. Але швидкість розповсюдження полум'я знаходиться в межах 1,3-2,4 мм/с, залишкове горіння (найменше за значенням) спостерігається для антипірену бромант Р-36 20% концентрації. Товщина ПАН полімерного покриття дорівнює 0,4 мм, залишкове горіння проби дорівнює 8,6 с, а залишкове тління при цьому дорівнювало 8,0 с для товщини полімерного покриття 0,2 мм і 8,3 с – для товщини, 0,4 мм (табл. 2).

якщо узагальнити отримані результати, то можна зробити висновки про те, що антипірени, до складу яких входять галоген-бром, можуть виконувати роль інгібіторів для СШ ПАН+НТ полотно. Причому швидкість розповсюдження полум'я вздовж проби, а також час залишкового горіння зменшується при збільшенні масової долі бромів як у рецептурі антипірену (60...78%), так і в робочому розчині (10% і 20%) та товщині полімерного покриття (табл. 2). Щодо залишкового тління, то воно спостерігалось тільки при дії 10% антипірену бромант Р-36 і при товщині покриття 0,2 мм дорівнювало 6,0 с, а при товщині покриття 0,4 мм – 5,1 с. В усіх інших випадках залишкового тління не було, але причина цих закономірностей не вивчалася.

Аналогічні дослідження були проведені і відносно СШ ПАН+НТ полотно та антипіренів на основі фосфору. Було встановлено, що збільшення масової долі фосфору в антипіренах (17%, 32% і 50%), а відтак і в робочих розчинах (10%, 20%) та товщині матеріалу від 0,2 мм до 0,4 мм призводять до зменшення швидкості горіння проб від 2,0 мм/с до 0,9 мм/с (табл. 2). Причому найменше її значення спостерігається при дії антипірену екзоліт АР 422, до складу якого входить 32% фосфору і робочого розчину 20% концентрації. Така ж закономірність була встановлена, коли до полімерної композиції додавали 20% розчин антипірену пекофлам NPP, що містить 50% фосфору. Проведені дослідження, відповідно до зазначених умов, показали, що фосфоровмісні антипірени за результатами залишкового горіння і залишкового тління відносно проб матеріалів із СШ ПАН+НТ полотно не спроможні виконувати інгібуючу функцію до дії відкритого полум'я (табл. 2). Дослідження, які були проведені із пробами матеріалів, виготовлених на основі СШ ПУЕ+100% ПЕ тканина, показали, що бромвмісні полімери можуть бути ефективними інгібіторами, особливо при збільшенні бромів в розчинах, але в тому випадку, коли значення критеріїв оцінок будуть іншими, тобто завищеними. Так, під час експериментів було встановлено, що швидкість розповсюдження полум'я залежить від кількості бромів в структурі антипірену. При концентрації 78% бромів (бромант Д-31) швидкість горіння для 10% і 20% робочого розчину та товщини полімерного ПУ покриття 0,2 мм і 0,4 мм дорівнює 0,3 мм/с. Залишкове горіння при цьому зменшується від 5,7 с до 4,8 с, а залишкове тління – відсутнє (табл. 2). Якщо кількість бромів в антипірені зменшити, наприклад, до 60% (бромант Д-50), то у 10% робочому розчині швидкість горіння полімерного покриття товщиною 0,2 мм дорівнює 1,3 мм/с, а залишкове горіння і залишкове тління дорівнюватиме, відповідно, 14,1 с і 6,0 с. Такі ж закономірності простежуються і для антипірену бромант Р-36, до складу якого входить 70% бромів, а саме, якщо масову частку в реактиві збільшувати, то інгібування процесу горіння зростає.

Нами було проведено також експерименти з указаними пробами матеріалу, до полімерної композиції якого були включені фосфоровмісні антипірени різної концентрації. Аналіз отриманих результатів показав, що, як і у випадку з бромвмісними антипіренами, збільшення концентрації фосфору як в готовому реагенті, так і в робочих розчинах, призводить до ефективного захисту від дії відкритого полум'я, наприклад, антипірен екзоліт ОР 550, до складу якого входить 17% фосфору і при 20% концентрації робочого розчину та товщині полімерного покриття 0,2 мм і 0,4 мм швидкість горіння дорівнює 0,8 мм/с і 0,6 мм/с. Залишкове горіння при цьому дорівнює 6,8 с і 5,2 с, а величина залишкового тління має значення 5,0 с.

Якщо концентрацію фосфору збільшити до 32% (екзоліт АР 422), то при робочому розчині, концентрація якого становить 20%, швидкість горіння для проби товщиною 0,2 мм уже дорівнює 0,4 мм/с, а для проби 0,4 мм – 0,3 мм/с, тобто зменшується у 17 разів. Залишкове горіння дорівнює 5,2 с, а залишкове тління відсутнє (табл. 2).

Найбільш результативні дані були отримані при використанні для експерименту антипірену пекофлам NPP, до складу якого входить 50% фосфору. Проведений аналіз показав, що при 10% концентрації робочого розчину, швидкість горіння полімерного



покриття, товщиною 0,2 мм, дорівнює 0,3 мм/с, а товщиною 0,4 мм – 0,2 мм/с, а залишкове горіння в першому випадку дорівнює 3,2 с, а в другому – 2,8 с, при відсутності залишкового тління (табл. 2).

#### **Висновки.**

1. Проведені дослідження показали, що в процесі впливу відкритого полум'я швидкість горіння (мм/с) має зворотну залежність від концентрації антипірену в робочому розчині та від товщини полімерного покриття, незалежно від їх природи і складу.
2. Швидкість горіння зменшується при збільшенні кількості інгібітора (бром, фосфор) в такому готовому продукті антипірену, як бромант Д-31(78% бром) і лекофлам NPP (50% фосфору).
3. Залишкове тління для синтетичних шкір, з використанням поліефіуретанового і поліакрилонітрильного полімерного покриття, нехарактерне.
4. Синтетичну шкіру, СШ ПУЕ+100% ПЕ тканина, оздоблену антипіреном лекофлам NPP, можна вважати термостійкою до впливу відкритого полум'я. Але слід зазначити, що вказаний антипірен дає позитивні результати тільки в тому випадку, коли полімерна композиція створена на основі ПУЕ і поліефірної (100%) тканини, теж просоченої «Лекофламом NPP», та з двох сторін (лицевої і зворотної) покрита полімером, тобто був отриманий двошаровий матеріал.
5. Антипірен на основі гідроксиду алюмінію не відповідає вимогам інгібуючого реактиву, не залежно від концентрації робочого розчину, природи полімерного покриття та його товщини.

#### **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:**

1. Асеева Р. М. Горение полимерных материалов / Р. М. Асеева, Г. Е. Заиков. – М. : Наука, 1981. – 280 с.
2. Качановская Л. Д. Огнестойкие полимерные композиции / Л. Д. Качановская, Л. М. Самохвалова, Л. П. Синчук. – М. : НИИТЭХИМ, 1974. – 66 с.
3. Green B.I. Plast compaund. – 1984. – V. 7. – № 7. – P. 30-38.
4. Клим'юк М. М. Характеристика спеціальних матеріалів верху захисного взуття пожежників-рятувальників / М. М.Клим'юк, А.А. Мичко // Пожежна безпека: Зб. наук. праць. – Львів, 2008. – №13. - С. 30-35.
5. Клим'юк М. М. Удосконалення існуючих та розробка нових методів вибору і оцінки захисних властивостей матеріалів верху взуття пожежників: Дис. ... канд. техн. наук: 21.06.02 / М. М. Клим'юк. – Л., 2007. – 176 с.
6. Взуття пожежника захисне. Загальні технічні вимоги та методи випробувань: ДСТУ 4446: 2005. – [Чинний від 2005-09-07]. – К. : Держспоживстандарт, 2004. – 37 с.
7. ДСТУ 4047-2001. Гази вуглеводневі скраплені паливні для комунально-побутового споживання. Технічні умови.

*А.А. Мичко, д.т.н., проф., М.М. Клим'юк, к.т.н., А.С. Лын*

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОРЕСТОЙКОСТИ СПЕЦИАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ОТКРЫТОГО ПЛАМЯ**

В статье проанализированы результаты исследований, устойчивости к воздействию открытого пламени, синтетических материалов на основе полиефиуретанового и полиакрилонитрильного покрытия с использованием бромовмисных и фосфоровмисных антипиренов различных концентраций.

**Ключевые слова:** термостойкость, синтетические материалы, полиефиуретановое и полиакрилонитрильное покрытие, бромовмисные и фосфоровмисные антипирены