

ISSN 2078-6662

Державна служба України з надзвичайних ситуацій

Львівський державний університет  
безпеки життєдіяльності

# ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА

*збірник  
наукових праць*



№22 2013



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

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

## ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА

ЛДУ БЖД

№ 22, 2013

заснований у 2002 році

### РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

- канд. техн. наук Рак Т.Є. – головний редактор  
канд. техн. наук Антонов А.В. – заступник головного редактора  
д-р техн. наук Семерак М.М. – науковий редактор  
канд. фіз.-мат. наук Кузик А.Д. – заступник наукового редактора  
д-р техн. наук Єжи Волянїн (Республіка Польща)  
д-р техн. наук Гащук П.М.  
д-р техн. наук Грицюк Ю.І.  
д-р техн. наук Гудим В.І.  
д-р техн. наук Гуліда Е.М.  
д-р техн. наук Гивлюд М.М.  
д-р техн. наук Жартовський В.М.  
д-р техн. наук Ковалишин В.В.  
д-р пед. наук Козяр М.М.  
д-р хім. наук Михалічко Б.М.  
д-р техн. наук Мичко А.А.  
д-р техн. наук Пашковський П.С.  
д-р техн. наук Рак Ю.П.  
д-р техн. наук Сидорчук О.В.  
д-р хім. наук Сушко В.О.  
д-р фіз.-мат. наук Тацій Р.М.  
д-р фіз.-мат. наук Юзевич В.М.  
канд. техн. наук Баланюк В.М.  
канд. техн. наук Болібрух Б.В.  
канд. техн. наук Бабаджанова О.Ф.  
канд. техн. наук Гуцуляк Ю.В.  
канд. техн. наук Клімкін В.І. (Російська Федерація)  
канд. пед. наук Коваль М.С.  
канд. техн. наук Откідач М.Я.

ISSN 2078-6662

**ЗАСНОВНИК ТА ВИКОНАВЕЦЬ** Львівський державний університет безпеки життєдіяльності (ЛДУ БЖД)

**ЗАРЕЄСТРОВАНО** Міністерством юстиції України 26. 06. 2008 р. Серія КВ №14342-3313ПР

**ВКЛЮЧЕНО 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 27 травня 2009 року № 1-05/2*)

**РЕКОМЕНДОВАНО ДО ВИДАННЯ** рішенням Вченої ради ЛДУ БЖД (*Протокол № 7 від 08. 05. 2013 р.*)

Літературний редактор	Падик Г.М.
Редактор англійської мови	Маслюк Д.М.
Технічний редактор	Сорочич М.П.
Комп'ютерна верстка та відповідальний за друк	Хлевой О.В.
Друк на різнографі	Климус М.В.

**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

Здано в набір 27. 05. 2013. Підписано до друку 06. 06. 2013.  
Формат 60x84<sup>1/2</sup>. Папір офсетний. Ум. друк. арк. 19.  
Гарнітура Times New Roman. Друк на різнографі.  
Наклад: 100.  
Друк: ЛДУ БЖД  
вул. Клепарівська, 35, м. Львів, 79007.

**В.М. Балаюк, Д.А. Журбинський, А.С. Лин**  
ВПЛИВ ВИДУ АЕРОЗОЛЬ-  
УТВОРЮВАЛЬНИХ СПОЛУК НА  
ОСНОВІ СОЛЕЙ КАЛІЮ ТА ДОБАВОК  
ІНЕРТНИХ ГАЗІВ НА  
ФЛЕГМАТИЗУВАЛЬНУ  
ЕФЕКТИВІСТЬ АЕРОЗОЛЮ

7

**V.M. Balanyuk, D.A. Zhurbynskyy,  
A.S. Lyn**  
INFLUENCE OF THE AEROSOL  
COMPOSITION TYPE BASED ON  
POTASSIUM SALTS AND INERT GAS  
ADDITIVES ON PHEGMATIC  
EFFICIENCY OF AEROSOL

**О.І. Башинський, М.З. Пелешко,  
В.Й. Кузиляк**  
КУЛЬТОВІ СПОРУДИ – ПРОБЛЕМИ  
СЬОГОДЕННЯ: ПОЖЕЖНА  
НЕБЕЗПЕКА ТА СУЧАСНИЙ СТАН  
ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ

12

**O.I. Bashynskiy, M.Z. Peleshko,  
V.J. Kuzlyak**  
MODERN PROBLEMS OF RELIGIOUS  
BUILDINGS: FIRE HAZARD AND  
CURRENT FIRE PROTECTION STATE

**Г.Й. Боднар, О.В. Шаповалов**  
ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ  
НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ  
СИСТЕМИ ВНУТРІШНЬОГО  
ПРОТИПОЖЕЖНОГО  
ВОДОПОСТАЧАННЯ

17

**G.I. Bodnar, O.V. Shapovalov**  
DETERMINATION OF RELIABILITY  
INDICES OF POWER SUPPLY SYSTEM  
OF INTERNAL FIRE WATER SUPPLY

**Б.В. Болібрех, Б.В. Штайн,  
Р.Я. Лозинський, А.С. Лин, А.О. Васютяк**  
ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ  
РЕЖИМІВ ПІДКОСТИЙНОГО  
ПРОСТОРУ ТЕПЛОЗАХИСНОГО  
ОДЯГУ ПОЖЕЖНИКА ПІД ЧАС  
ГАСІННЯ ПОЖЕЖ В ЗАКРИТИХ  
ПРИМІЩЕННЯХ

24

**B.V. Bolibrukh, B.V. Stayn,  
R.Ya. Lozynskyy, A.S. Lyn, A.O. Vasyutyak**  
DETERMINATION OF UNDERSUIT  
SPACE TEMPERATURE REGIMES OF  
HEAT RESISTANT CLOTHING OF A  
FIREFIGHTER WHILE FIGHTING FIRES  
IN ENCLOSURES

**Д.П. Войтович**  
ОПЕРАТИВНІ ДОКУМЕНТИ ЯК  
НЕВІД'ЄМНА СКЛАДОВА  
ПРОВЕДЕННЯ РОЗВІДКИ ДЛЯ  
ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЩОДО  
ЗАСТОСУВАННЯ СИЛ І ЗАСОБІВ  
НА ВИРІШАЛЬНОМУ НАПРЯМКУ  
ОПЕРАТИВНИХ ДІЙ

32

**D.P. Voytovych**  
OPERATING FILES AS AN INTEGRAL  
PART OF RECONNAISSANCE FOR  
DECISION MAKING ON APPLICATION  
CAPABILITIES IN DECISIVE  
DIRECTION OF OPERATIONAL  
ACTIVITIES

**П.М. Гащук**  
ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕБІГУ  
УЗАГАЛЬНЕНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
ЗЧІПНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОЛЕСА  
ПОЖЕЖНОГО АВТОМОБІЛЯ

38

**P.M. Hashchuk**  
COURSE FEATURES OF THE  
GENERALIZED CHARACTERISTIC OF  
FRICTION COUPLING PROPERTIES OF A  
FIRE ENGINE WHEEL

**М.М. Гивлюд, Ю.В. Гуцуляк, С.Я. Вовк**  
ВПЛИВ МОДИФІКАТОРІВ НА  
ПРОЦЕСИ ФАЗОУТВОРЕННЯ  
В ВОГНЕЗАХИСНИХ ПОКРИТТЯХ

51

**N.N. Hvylyud, Yu.V. Hutsulyak, S.Y. Vovk**  
THE INFLUENCE OF MODIFIERS ON  
PHASE FORMATION PROCESSES IN  
FIRE PROTECTIVE COATINGS

*В.І. Гудим, О.Б. Назаровець, О.А. Кузін*  
ОСОБЛИВОСТІ МІКРОСТРУКТУРИ  
МІДНИХ ДРОТІВ, НАГРІТИХ  
ЕЛЕКТРИЧНИМ СТРУМОМ І  
ВІДКРИТИМ ПОЛУМ'ЯМ

55

*V.I. Hudym, O.B. Nazarovets, O.A. Kuzin*  
PECULIARITIES OF MICROSTRUCTURE  
OF COPPER WIRE HEATED BY  
ELECTRIC CURRENT AND OPEN  
FLAME

*Е.М. Гуліда, А.А. Ренкас*  
ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ  
НАГРІВАННЯ ПОВЕРХНІ  
ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ  
ПРИ ПОЖЕЖІ В ПРИМІЩЕННІ

61

*E.M. Gulida, A.A. Rencas*  
DETERMINATION OF TEMPERATURE OF  
HEATING OF SURFACE OF REINFORCED-  
CONCRETE CONSTRUCTIONS AT FIRE IN  
APARTMENT

*Ю. В. Гуцуляк, В.В. Артеменко,  
С. Я. Вовк, О.М. Коваль*  
ДО ВИЗНАЧЕННЯ МЕЖІ  
ВОГНЕСТІЙКОСТІ МЕТАЛЕВИХ  
НЕЗАХИЩЕНИХ КОЛОН З  
УРАХУВАННЯМ ЗМІНИ  
МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК  
МЕТАЛУ ПРИ НАГРІВАННІ

70

*Yu. V. Hutsulyak, V.V. Artemenko,  
S.Y. Vovk, O.M. Koval*  
DETERMINING UNPROTECTED METAL  
COLUMN FIRE RESISTANCE LIMIT  
WITH CONSIDERING CHANGES OF  
MECHANICAL METAL PROPERTIES  
UNDER HEATING

*С.О. Смельяненко, А.Д. Кузык,  
О.О. Карабин, Т. Є. Рак*  
УДОСКОНАЛЕННЯ  
ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ  
ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ

75

*S.O. Emelianenko, A.D. Kuzyk,  
O.O. Karabyn, T.Ye. Rak*  
IMPROVEMENT OF FIRE PROTECTION  
DWELLING HOUSE

*С.В. Жартівський*  
СУЧАСНІ ЗАСОБИ АКТИВНОГО І  
ПАСИВНОГО ЗАХИСТУ ОБ'ЄКТІВ  
КУЛЬТОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

81

*S.V. Zhartovskiy*  
MODERN EQUIPMENTS OF ACTIVE  
AND PASSIVE FIRE-PREVENTION  
DEFENCE FOR RELIGIOUS OBJECTS

*В.І. Желяк, А.Я. Регуш, О.В. Лазаренко*  
ВРАХУВАННЯ АНОМАЛІЙ В'ЯЗКОСТІ  
РІДИН ПРИ РОЗРАХУНКУ СИСТЕМ  
АВАРІЙНОГО ЗЛИВУ

87

*V.I. Zhelyak, A.Yu. Regush, A.V. Lazarenko*  
TAKING INTO ACCOUNT ANOMALIES  
OF LIQUID VISCOSITY DURING  
CALCULATION OF EMERGENCY  
DUMPING SYSTEMS

*Л.А. Кавецький, О.В. Меньшикова,  
Л.Ф. Дзюба*  
ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ РЯТУВАЛЬНОГО  
ПРИСТРОЮ З ПОТЕРПІЛИМ ПО  
ПОХИЛІЙ ПЕРЕПРАВІ

94

*L.A. Kavetskiy, O.V. Menshykova,  
L.F. Dzyuba*  
RESEARCH OF RESCUE DEVICE  
MOTION WITH A CASUALTY  
ON THE INCLINED CROSSING

*В.Д. Калугін, В.В. Коврегін, В.В. Тютюнник,  
Л.Ф. Чорногор, Р.І. Шевченко*  
ОЦІНКА РІВНЯ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ  
ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ НА ОСНОВІ  
АНАЛІЗУ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ  
СТАНУ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

99

*V.D. Kalugin, V.V. Kovregin, V.V. Tyutyunik,  
L.F. Chornogor, R.I. Shevchenko*  
ASSESSMENT OF FIRE DANGER LEVEL  
OF UKRAINE ON THE BASIS OF  
ANALYSIS OF POWER INDICATORS OF  
CONDITION ACTIVITY

*В.В. Ковалишин, А.В. Антонов,  
І.М. Зінченко, С.І. Гончаренко*  
МОДЕЛЮВАННЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ В  
ЗАКРИТИХ ОБ'ЄМАХ  
ІНГІБІТОРАМИ ГОРІННЯ

113

*V.V. Kovalyshyn, A.V. Antonov,  
I.M. Zinchenko, S.I. Honcharenko*  
SIMULATION OF FIRE EXTINGUISHING  
IN CLOSED CAPACITIES BY  
COMBUSTION INHIBITORS



*О.М. Коваль*  
ПРОЦЕС РОЗВИТКУ ТА ПОШИРЕННЯ  
ПОЖЕЖИ В ПРИМІЩЕННЯХ  
БУДІВЕЛЬ ДЕРЕВООБРОБНИХ  
ПІДПРИЄМСТВ

121

*O.M. Koval*  
A PROCESS OF FIRE DEVELOPMENT  
AND DISTRIBUTION INSIDE THE  
BUILDINGS OF WOODWORKING  
ENTERPRISES

*В.М. Ковальчук, В.Б. Лоїк*  
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІ  
ТЕХНОЛОГІЇ, АВАРІЙНО-  
РЯТУВАЛЬНІ РОБОТИ ПРИ  
ПЕРЕВЕЗЕННІ ПОЖЕЖО-  
ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ РЕЧОВИН  
АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ

128

*V.M. Kovalchuk, V. B. Loik*  
INFORMATION COMMUNICATION  
TECHNOLOGIES, RESCUE  
OPERATIONS DURING  
TRANSPORTATION OF EXPLOSIVE  
SUBSTANCES BY MOTOR TRANSPORT

*В.В. Корнійчук, Ю.І. Грицюк,  
Т.Г. Бережанський*  
КОНЦЕПЦІЯ РОЗРОБЛЕННЯ  
АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ  
ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ  
ДЛЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ НА  
ЗЕРНОВИХ ЕЛЕВАТОРАХ

135

*V.V. Korniychuk, Yu.I. Hritsyuk,  
T.G. Berezhanskiy*  
CONCEPTION OF ELABORATION OF  
AUTOMATED DECISION SUPPORT  
SYSTEM FOR EXTINGUISHING FIRES  
ON GRAIN ELEVATORS

*П.Г. Круковський, І.В. Чала*  
АНАЛІЗ ТЕПЛООВОГО СТАНУ  
МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ НАВІСУ  
НАД ТРИБУНАМИ НСК  
«ОЛІМПІЙСЬКИЙ» ДЛЯ  
ОЦІНЮВАННЯ ЇХ ВОГНЕСТІЙКОСТІ В  
УМОВАХ РЕАЛЬНИХ ПОЖЕЖ

140

*P.G. Krukovsky, I.V. Chala*  
ANALYSIS OF CANOPY STEEL  
STRUCTURES THERMAL STATE OVER  
THE STADIUM NSC "OLYMPIC"  
UNDER REAL FIRE CONDITIONS

*В.Й. Кузиляк, М.З. Пелешко*  
УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОЮ  
СУЧАСНОГО ПРОМИСЛОВО-  
НЕБЕЗПЕЧНОГО ОБ'ЄКТА ТА  
КОМПЕТЕНТНІСТЬ ДИСПЕТЧЕРА В  
УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

148

*V.J. Kuzylyak, M.Z. Peleshko*  
SAFETY MANAGEMENT OF MODERN  
INDUSTRIAL HAZARDOUS OBJECT  
AND DISPATCHER'S COMPETENCE IN  
TERMS OF UNCERTAINTY

*А.П. Кушнір, Б.Л. Копчак, І.П. Кравець*  
СИНТЕЗ БЛОКА НЕЧІТКОЇ КОРЕКЦІЇ  
ДЛЯ ДИМОВО-ТЕПЛООВОГО  
ПОЖЕЖНОГО СПОВІЩУВАЧА

155

*A. Kushnir, B. Kopchak, I. Kravets*  
SYNTHESIS OF FUZZY CORRECTION  
BLOCK FOR SMOKE-HEAT DETECTOR

*О.І. Лавренюк*  
ЗАСТОСУВАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ  
НАПОВНЮВАЧІВ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ  
ГОРЮЧОСТІ ЕПОКСИПОЛІМЕРІВ

163

*O.I. Lavrenyuk*  
APPLICATION OF MINERAL FILLERS  
TO DECREASE COMBUSTIBILITY OF  
EPOXY POLYMERS

*А.С. Лин, А.А. Мичко, Б.В. Штайн,  
А.М. Бормецький*  
ОБГРУНТУВАННЯ РОЗМІЩЕННЯ  
КОНТРОЛЬНИХ ТОЧОК  
ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ  
ПІДКОСТЮМНОГО ПРОСТОРУ  
НА МАНЕКЕНІ

167

*A.S. Lyn, A.A. Mychko, B.V. Shtain,  
A.M. Bormetsky*  
JUSTIFICATION OF CHECKPOINTS'  
LOCATION FOR DETERMINING  
UNDER SUIT SPACE TEMPERATURE  
ON A DUMMY

**В.М. Лобойченко**  
ЕКСПРЕСС-ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ  
В УСТАНОВКАХ ПОЖАРОТУШЕНИЯ  
ПО ПОКАЗАТЕЛЮ ЭЛЕКТРО-  
ПРОВОДНОСТИ

173

**V.M. Loboychenko**  
EXPRESS-ASSESSMENT OF WATER  
QUALITY IN FIRE EXTINGUISHING  
SYSTEMS BY ELECTRICAL  
CONDUCTIVITY

**В.І. Луц**  
ПОЛІГОН ДЛЯ ПІДГОТОВКИ  
ГАЗОДИМОЗАХИСНИКІВ ДО  
ВЕДЕННЯ ОПЕРАТИВНИХ ДІЙ У  
ВАЖКИХ УМОВАХ

177

**V. I. Lusch**  
POLYGON FOR TRAINING GAS AND  
SMOKE FIGHTERS TO OPERATE IN  
DIFFICULT CONDITIONS

**Б. М. Михалічко, О. М. Шербина,  
Н. М. Годованець, В. Л. Петровський**  
МЕТОДИКА  
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО  
ВИЗНАЧЕННЯ ВОГНЕГАСНОЇ  
ЕФЕКТИВНОСТІ ВОДНИХ РОЗЧИНІВ  
МІНЕРАЛЬНИХ СОЛЕЙ

183

**B. M. Mykhalitchko, O. N. Shcherbina,  
N. N. Godovanets, V. L. Petrovskii**  
EXPERIMENTAL DETERMINATION  
TECHNIQUE OF EXTINGUISHING  
EFFICIENCY OF AQUEOUS  
SOLUTIONS OF MINERAL SALTS

**І.О. Мовчан, М.І. Васильєв, Е.М. Гуліда,**  
ОПТИМІЗАЦІЙНА МОДЕЛЬ  
ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ  
МІСТА ДЛЯ ДОПУСТИМОГО  
ЗНАЧЕННЯ ПОЖЕЖНОГО РИЗИКУ

188

**I.O. Movchan, M.I. Vasiljev, E.M. Hulida**  
OPTIMIZATION MODEL OF FIRE  
PROTECTION OF CITY FOR  
LEGITIMATE VALUE OF FIRE RISK

**І. М. Ольховий, Х. І. Ліщинська**  
ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ  
ГОРИЗОНТАЛЬНИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ  
РЕЗЕРВУАРІВ, ОПЕРТИХ ПО  
ТВІРНИХ І НАВАНТАЖЕНИХ  
РІДИНОЮ І ГАЗОВИМ ТИСКОМ

194

**I.M. Olkhovyy, Kh. I. Lishchynska**  
STRENGTH EXAMINATION OF  
HORIZONTAL CYLINDRICAL TANKS,  
LEANED LENGTHWISE OF  
GENERATRICES AND LOADED WITH  
FLUID AND GAS PRESSURE

**Я.І. Підгородецький, Є. В. Мартин,  
М.І. Сичевський**  
УЗГОДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ  
ДВИГУНА І НАСОСА  
ПОЖЕЖНОГО АВТОМОБІЛЯ

200

**Ya. I. Pidgorodetsky, Ye.V. Martyn,  
M.I. Sychevskyy**  
MATCHING OF WORKING  
PARAMETERS OF FIRE TRUCK'S  
ENGINE AND PUMP

**В. В. Попович, В. М. Гвоздь**  
ПРОДУКТИ ГОРІННЯ СМІТТЯ ІЗ  
ПІДВИЩЕНИМ ВМІСТОМ  
ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ

209

**V. V. Popovych, V. N. Gvozd'**  
GARBAGE COMBUSTION PRODUCTS  
WITH INCREASED CONTENT OF  
POLYMER MATERIALS

**С.В. Семичаєвський, Д.В. Мартюк,  
О.В. Міллер, Ю.Є. Шелюх**  
ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ  
ПОЖЕЖНОГО НАВАНТАЖЕННЯ  
МАШИННИХ ЗАЛІВ АТОМНИХ І  
ТЕПЛОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

215

**S.V. Semichaevskyy, D. V. Martiuk,  
O. V. Miller, Yu.Ye. Shelyukh**  
RESEARCH OF FIRE LOAD  
PARAMETERS OF ENGINE ROOMS OF  
NUCLEAR AND HEAT POWER PLANTS

**Р.С. Яковчук, Р.В. Пархоменко,  
М.М. Гивлюд, Н.П. Сташко**  
ВОГНЕЗАХИСНА ЗДАТНІСТЬ  
НАПОВНЕНИХ СИЛІЦІЙОРГАНІЧНИХ  
ПОКРИТТІВ ДЛЯ БЕТОНУ

222

**R.S. Yakovchuk, R.V. Parkhomenko,  
M.M. Hyvlyud, N.P. Stashko**  
FIRE RESISTANT ABILITY OF FILLED  
SILICONE ORGANIC COATINGS FOR  
CONCRETE

В.М. Баланюк<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доцент, Д.А. Журбинський<sup>2</sup>, А.С. Лип<sup>1</sup>, канд. техн. наук  
 (<sup>1</sup>Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)  
 (<sup>2</sup>Академія пожежної безпеки імені Героїв Чорнобилья)

## ВПЛИВ ВИДУ АЕРОЗОЛЬУТВОРЮВАЛЬНИХ СПОЛУК НА ОСНОВІ СОЛЕЙ КАЛІЮ ТА ДОБАВОК ІНЕРТНИХ ГАЗІВ НА ФЛЕГМАТИЗУВАЛЬНУ ЕФЕКТИВНІСТЬ АЕРОЗОЛЮ

Відомо, що флегматизувальна здатність аерозоллю залежить від багатьох факторів, зокрема від виду окисників та палива в складі аерозольуютьовувальної сполуки. Розглянуто процеси, які призводять до підвищення флегматизаційної ефективності газоаерозольної системи. Виявлено, що аерозоль має флегматизувальні властивості, ефективність впливу яких залежить від співвідношення компонентів, які входять до його складу. Проведено експеримент з визначення флегматизаційної ефективності аерозоллю, отриманого з різних рецептур аерозольуютьовувальних сполук. Зроблено висновок, що для подальшого підвищення флегматизаційної ефективності в аерозольній системі необхідно збільшити концентрацію газів –  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ , пари  $\text{H}_2\text{O}$ .

**Ключові слова:** Флегматизатор, інгібітор горіння, вогнегасний аерозоль, аерозольуютьовувальна сполука.

**Постановка проблеми:** Сучасний стан застосування флегматизаторів в системі пожежної безпеки потребує подальшого підвищення ефективності, враховуючи зростаючі вимоги до рівня пожежної безпеки в установках, резервуарах та посудинах, де обертаються, зберігаються горючі гази, рідини, тверді речовини. Основними та найбільш поширеними в наш час флегматизаторами є гази  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{Ar}$ , хладони та їх суміші. Але вони мають ряд недоліків, які актуалізують пошук нових ефективних недорогих флегматизаторів для застосування в сучасних умовах технологічних процесів з наявністю горючих речовин. Відомо, що вогнегасний аерозоль має широкий спектр характеристик, які дозволяють використовувати його в якості альтернативного до порошків вогнегасного засобу, а наявність таких характеристик, як час існування, інгібувальні властивості, складна аерозольногазова структура привертає увагу до флегматизаційних властивостей газоаерозольної системи, які представляють значний інтерес.

### Виклад основного матеріалу:

Відомо, що структура аерозоллю змінюється під час його існування: від моменту утворення аерозоллю при повному спалюванні аерозольуютьовувальної суміші (АУС) до його знищення. В момент утворення аерозоллю при спалюванні АУС з кожного грама АУС утворюється 3-5 л газоаерозольної суміші, яка складається з дисперсних частинок солей калію, натрію або кальцію. При згорянні АУС утворюються також і інертні гази флегматизатори -  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ , водяна пара та ін., і дисперсні частинки солей, які утворюються при згорянні АУС. При взаємодії цих частинок утворюється складна система, структура якої постійно змінюється в часі. Так, в момент утворення газоаерозольної системи складається з ультрадисперсних часточок солей калію, які можуть формувати структури з вмістом води та  $\text{CO}_2$ . Такі структури будуть чинити набагато ефективнішу вогнепригнічувальну дію завдяки комбінованій дії інгібіторів та флегматизаторів [1]. Так, вогнегасний аерозоль який утворюється при згорянні рецептур, які містять додатково газифікатор – ДЦДА, ДФА та інші. Нами було проведено дослідження з вогнепригнічувальної ефективності таких складів за методикою [2].

Як було сказано попередньо, характер зміни залежності  $\tau_{\text{гор}}$  від  $M_b$  ( $C_b$ ) в цих випадках описується лінійною залежністю в часовому діапазоні до 50 с. Результати цих досліджень для складів АУС, які найбільш характерно відображають загальну тенденцію залежності  $\tau_{\text{гор}}$  від  $M_b$  ( $C_b$ ), представлені на рис 1. Виявилось, що із зменшенням концентрації кисню і одночасним збільшенням концентрації ( $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ) ефективність всіх аерозолів зростає, що відображається у зменшенні необхідної вогнегасної маси АУС і вогнегасної концентрації газоаерозоль-



ної суміші. Але різні склади АУС і відповідно різні склади одержаних аерозолів по-різному реагують на зміну концентрації  $O_2$  і ( $CO_2 + H_2O$ ), що відображається нахилом прямих (рис. 1). Так, найбільш чутливими до зменшення концентрації кисню є всі аерозолі, що містять тільки  $KCl$  (одержані із АУС на основі окисника  $KClO_4$ ), що відображається більш пологим нахилом прямих. А аерозолі, одержані із АУС, де окисником є тільки  $KNO_3$ , мають дещо менший нахил. Введення до складу АУС поряд з  $KNO_3$  додатково  $KClO_4$  суттєво не впливає на нахил прямих, які залишаються практично паралельними до прямих, що відображають залежність  $\tau_{гор}$  від  $C_v$  для АУС на основі окисника  $KNO_3$ . Згідно з роботою [3], концентрація утворених інертних газів мала, отже, їх самостійний вплив на процес припинення горіння є мінімальним, зниження концентрації кисню також є мінімальним і достатнім для підтримання горіння. Відповідно роль газової фази щодо підвищення вогнегасної ефективності аерозолів може бути пояснена тим, що компоненти газової фази  $CO_2$  і  $H_2O$  сприяють утворенню карбонатних і гідратованих форм твердої фази. Як вказано в роботі [4], при збільшенні вологості вогнегасна ефективність солей металів  $K, Na$  зростає. При горінні заряду АУС утворюється  $K_2O$ , який може прореагувати з  $CO_2$  або з  $H_2O$  з утворенням  $K_2CO_3$  або  $KOH$ , або одночасно з  $CO_2$  і  $H_2O$  з утворенням  $KHCO_3$ . У цих випадках об'єм газової фази, а відповідно і аерозолу, зменшується, що призводить до збільшення концентрації твердої фази в одиниці об'єму аерозолу.

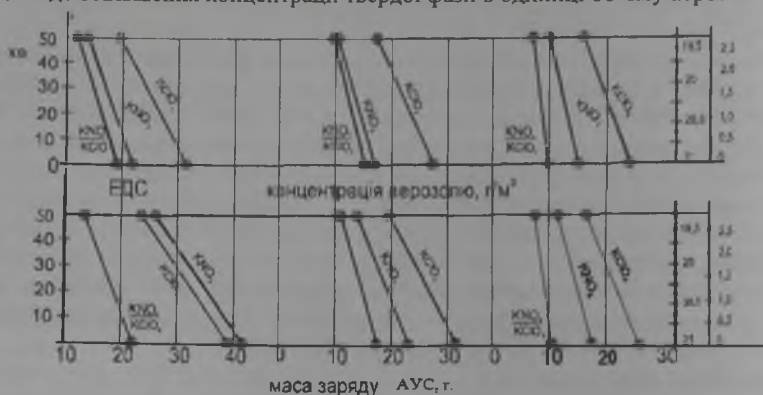


Рис. 1. Залежність часу горіння метану від концентрації аерозолу та наважки заряду АУС.

Крім того, в роботі [5] вказується, що гідрофільні частинки аерозолів дуже швидко взаємодіють з парами  $H_2O$ , утворюючи комплекси з набагато більшою кількістю води, ніж потрібно для утворення твердих кристалогідратів. Це є цілком зрозумілим, оскільки відомо, що із зменшенням ступеня подрібнення твердих речовин різко зростає їх адсорбційна здатність. Горіння АУС, де основним окисником є  $KClO_4$ , супроводжується значно більшим виділенням тепла і більшою температурою горіння, ніж АУС на основі  $KNO_3$ , а будь-яке підвищення температури горіння АУС, відповідно з даними роботи [6], призводить до підвищення ступеня дисперсності таких аерозолів порівняно з аерозолями, де основним окисником є  $KNO_3$ . Отже, газоаерозольна система буде мати достатньо розвинуту поверхню, чим і пояснюється той факт, що аерозолі, в яких тверда фаза представлена тільки  $KCl$ , знаходячись в більш подрібненому стані, проявляють більшу адсорбційну здатність відносно  $CO_2$  і  $H_2O$ , що відображається більш пологим нахилом прямих залежності  $\tau_{гор}$  від  $M_v$ .

Із результатів цих дослідів випливає пояснення складної ролі  $KClO_4$  в підвищенні ефективності АУС де  $KClO_4$  не тільки дає змогу компенсувати втрати тепла на розкладання  $KNO_3$ , але й сприяє утворенню більш дрібніших (диспергованіших) твердих частинок аерозолу. Вогнегасна ефективність всіх аерозолів підвищується навіть при незначному зменшенні концентрації кисню, тобто, при створенні умов збагачених сумішей, а солі металів проявляють високу рекомбінуючу здатність відносно до атомів кисню і особливо високу здатність до рекомбінації

мають хлориди металів, це і є поясненням більш пологого нахилу прямих залежностей  $\tau_{гор}$  від  $M_n$  для веретонів, де основним твердофазовим компонентом є  $K_2CO_3$ , це підтверджує ефект синергізму при одночасній наявності хлоридів та карбонатів в аерозолі.

Також доцільно згадати, що такі інгібітори як галогеновуглеводні також проявляють більшу вогнегасну ефективність в області збагачених сумішей [7,8, 9]. Крім того, як відомо, бромпохідні вуглеводнів проявляють набагато більшу вогнегасну здатність, ніж хлорпохідні, ще не виключено, що і в цьому випадку суттєвими є чисто теплові фактори, бо бромпохідні легше дисоціюють [10] і тим самим можуть впливати на температуру горіння. Ще один автор [11] також не виключає можливості суттєвої зміни теплофізичних властивостей горючої суміші при введенні "важких молекул" хімічних інгібіторів. Так, 2-3% такої теплоємної речовини, як тетрафтордїбромтан:  $M=260$ , з теплоємністю парів  $0,38$  кДж/моль, енергією розпаду молекули, що починається при  $450-500^\circ\text{C}$  становить  $273$  кДж/моль, дійсно може суттєво змінити теплофізичні параметри горючої суміші.

Все це свідчить про те, що вогнегасна дія аерозолів має комбіновану природу як інгібіторів, так і одночасно теплових флегматизаторів.

Оскільки досліди відображають залежність ефективності аерозолів від сумарної концентрації  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  при одночасному зниженні концентрації кисню, то виникло питання про вплив індивідуальних газових розріджувачів ( $\text{CO}_2$  і  $\text{N}_2$ ) на вогнегасну ефективність аерозолів. З цією метою досліджувався вплив  $\text{CO}_2$  і  $\text{N}_2$  на ефективність газозаповненої суміші. Встановлювали концентрацію  $\text{CO}_2$  і  $\text{N}_2$ , потім вводили в камеру визначений об'єм цих газів, причому умови дослідів змінювали, а саме – спочатку вводили в камеру  $\text{CO}_2$  і  $\text{N}_2$ , а потім спалювали наважку АУС і наважки – спочатку спалювали наважку АУС, а потім вводили певний об'єм  $\text{CO}_2$  і  $\text{N}_2$ . В роботі [12] результати досліджень показали, що вогнегасна ефективність аерозолів не залежить від порядку введення інертних газів, а залежить тільки від їх концентрації.

Очевидно ця розбіжність пов'язана з тим, що під час горіння метану частина аерозолу після контакту з факелом дезактивується і виноситься вгору гарячими конвективними потоками, а для їх регенерації, завдяки взаємодії з навколишнім повітрям, необхідний певний проміжок часу і, в першу чергу, час на охолодження. Крім того, частина цього аерозолу після охолодження може осісти на стінках камери і буде виведена з процесу гасіння. Все це призводить до зменшення концентрації аерозолу. Введення відносно холодних інертних газів ( $\text{CO}_2$  чи  $\text{N}_2$ ) з температурою  $20-24^\circ\text{C}$  сприяє швидкому встановленню такого теплового режиму, при якому вогнегасна дія аерозолу проявляється більш ефективно.

Окремо досліджували вплив водяної пари. Спалювання наважок АУС проводили в атмосфері попередньо осушеного повітря. Осушення здійснювали методом циркуляції, пропускаючи повітря через прожарений  $\text{CaCl}_2$ . Результати показали, що мінімальна вогнегасна концентрація аерозолу в осушеному повітрі збільшується на 17-18%, тобто вогнегасна ефективність аерозолу погіршується. Після заповнення камери повітрям з відносною вологістю 75% (вологість контролювали психрометром), ефективність аерозолу збільшувалась до попереднього значення. Подальше збільшення вмісту вологи, аж до насичення, практично не впливало на ефективність аерозолу. Ці результати дають підставу стверджувати, що теплофізичні параметри газової фази істотно впливають на ефективність аерозолу, а аерозоль необхідно розглядати як комбінований засіб гасіння. На користь комбінованого характеру гасіння, як приклад, можна привести дані робіт, [12,14] в яких говориться, що наявність інертних газових розріджувачів значно підвищує ефективність аерозолу. Крім того, результати цих дослідів показали ще один немаловажний ефект. При одночасному використанні інертних розріджувачів сумісно з аерозолем, а саме з присутністю  $\text{CO}_2$  чи  $\text{N}_2$ , збільшується оптична проникність аерозолу, тобто збільшується видимість. Особливо це відчутно при концентраціях  $\text{CO}_2$  від 2% і більше. З практичної точки зору це має важливе значення. При вирішенні питання, який інертний газ краще використовувати, стає очевидним те, що азот, завдяки його малій токсичності, має безумовну перевагу над  $\text{CO}_2$ , хоча його допоміжна дія дещо нижча від  $\text{CO}_2$ . Так, наприклад, введення 5%  $\text{N}_2$  дає змогу знизити мінімальну вогнегасну масу заряду в 3,5 раза, при цьому концентрація кисню знизиться до 20% об. [14]. Зниження мінімальної вогнегасної маси заряду АУС в 3,5 разів завдяки введенню  $\text{CO}_2$  досягається при його концентрації 3,0% об.

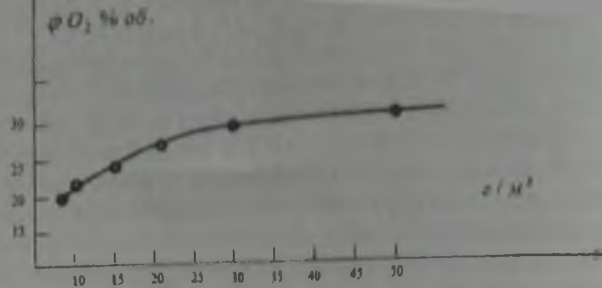


Рис. 2. Вплив концентрації  $O_2$  на вогнегасну ефективність аерозолі.

Як видно, з рис. 2 підвищення концентрації кисню суттєво зменшує вогнегасну ефективність аерозолі, причому спостерігається не лінійна, а степенева залежність.

Так, збільшення концентрації кисню в 1,4 раза з 21 до 30% об., призводить до збільшення мінімальної вогнегасної маси заряду АУС в 7 разів (від 7 до 50 г/м<sup>3</sup>).

Із залежності випливає, що з моменту досягнення концентрації кисню 30% об. і вище, аерозоль втрачає вогнегасну ефективність. З цього приводу доцільно привести дані роботи [13], де вказується, що порошки на основі бікарбонату і хлориду калію проявляють вогнегасну здатність при концентрації кисню не більше 30-33% об., але вогнегасна концентрація порошків набагато більша, ніж аерозолів результати якої корелюють за результатами роботи [14].

Це явище можна пояснити тим фактом, що в середовищах з підвищеним вмістом кисню процеси горіння характеризуються великими швидкостями і що найголовніше – високим рівнем тепловиділення. Тобто, створюються умови, які потребують більшої кількості теплового флегматизатора, в ролі якого виступає аерозоль і настає момент, коли теплопоглинальні властивості аерозолі не задовольняють умови гасіння, а тверді частинки  $K_2CO_3$  і  $KCl$  також не здатні виконувати функції інгібітора.

**Висновки:** Розглянуті особливості взаємодії та процесу гасіння газоаерозольними сумішами свідчать про те, що природа вогнегасної здатності аерозолів є комбінованою – аерозоль діє одночасно як тепловий флегматизатор і як хімічний інгібітор. При спалюванні АУС на основі вуглеводів та внесенні вуглекислого газу, азоту та водної пари в аерозоль спостерігалось підвищення вогнегасної ефективності вогнегасного аерозолі. Ці результати дають підставу стверджувати, що теплофізичні властивості газової фази значно більше впливають на вогнегасну ефективність аерозолів, ніж зміна концентрації  $O_2$ .

Таким чином, газова фаза значно впливає на вогнепригнічувальну ефективність аерозолі і її роль в процесах флегматизування газоаерозольними сумішами визначальною.

#### Література:

1. **Баланюк В.М.**, Грималюк Б.Т., Кіт Ю.В., Левуш С.С. Вплив газової фази на ефективність вогнегасних аерозолів // Вісник НУ "Львівська політехніка". – 2004. – №497. – С 11-12.
2. **Удосконалення** аерозольної вогнегасної речовини на основі солей калію та обґрунтування умов її застосування. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Львів – 2007.
3. **Тарадайко В.** Особенности аерозольного пожаротушения // Бюлетень пожежної безпеки. – 1999. – №1. – С. 24-30.
4. **Balanjuk V.M.**, Grymanjuk B. T., Kit J.V., Levus J.S. The influence of gas phases on fire-extinguish aerosol effect // 5<sup>th</sup> International Conference "Fireco2003" Fire Protection. – Trencin, 2003. – P.10-12.
5. **Грин Х.**, и Лейн В., Аэрозоли – пыли, дымы и туманы., пер. с англ. под редакцией д-ра хим. наук Н.А. Фукса, Л. 1969 г. 427 С.
6. **Бахман Н.Н.**, Беляев А.Ф. Горение гетерогенных конденсированных систем. – М.: Наука, 1967. – 226 с.



7. Антонов А.В. Проблема заміни озоноруйнівних хлоридів на екологічно безпечні альтернативні вогнегасні речовини // Пожежна безпека. – 2003. – №3. – С. 9–12.
8. Исавнин Н.В. Средства порошкового пожаротушения. – М.: Стройиздат, 1983. – 154 с.
9. Котов А.Г., Андрейченко П.А. Газовые огнетушащие составы. Практическое пособие по применению. – К.: Изд. дом “Репро-Графіка”, 2004. – 215 с.
10. Абдурагимов И.М., Говоров В.Ю., Макаров В.Е. Физико-химические основы развития и тушения пожаров. – М.: ВПТШ МВД СССР, 1980. – 255 с.
11. Вогнегасні речовини. Посібник / Антонов А.В., Боровиков В.О., Орел В.П. та ін. – К.: Пожінформтехніка, 2004. – 176 с.
12. Баланюк В.М., Грималюк Б.Т., Кіт Ю.В., Левущ С.С. Вплив газової фази на ефективність вогнегасних аерозолів // Вісник НУ “Львівська політехніка”. – 2004. – №497. – С. 11–12.
13. Тищенко А.М. Комбинированное пожаротушение инертными газами с одновременным ингибированием очагов горения порошковыми смесями // Проблема пожарной безопасности. – 1999. – Выпуск 6. – С. 159–162.
14. Баланюк В.М., Грималюк Б.Т. Дослідження впливу інертних розріджувачів на ефективність вогнегасних аерозолів // Пожежна безпека. – 2005. – №5. – С. 113–116.

*V.M. Balanyuk, A.S. Lyn, D.A. Zhurbyuskyu*

### INFLUENCE OF THE AEROSOL COMPOSITION TYPE BASED ON POTASSIUM SALTS AND INERT GAS ADDITIVES ON PHLEGMATIC EFFICIENCY OF AEROSOL

It is known that the phlegmatic ability of aerosol depends on many factors in particular the type of oxidants and fuel within the aerosol composition. The processes that increase phlegmatic efficiency of gas aerosol system were studied. It was also discovered that aerosol possesses phlegmatic properties, efficiency of which depends on the ratio of components which make its composition. It was carried out an experiment to define the phlegmatic efficiency of aerosol, obtained according to different formulas of aerosol compositions. It is concluded that for further enhancing of phlegmatic efficiency in aerosol system it is necessary to increase the concentration of gases – CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O vapour.

**Key words:** phlegmatizer, flame retardant, fire extinguishing aerosol, fire extinguishing aerosol compound

*V.M. Balanyuk, A.S. Lyn, D.A. Zhurbin'skiy*

### ВЛИЯНИЕ ВИДА АЭРОЗОЛЬОБРАЗУЮЩИХ СОСТАВОВ НА ОСНОВАНИИ СОЛЕЙ КАЛИЯ И ДОБАВОК ИНЕРТНЫХ ГАЗОВ НА ФЛЕГМАТИЗИРУЮЩУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ АЭРОЗОЛЯ

Известно, что флегматизирующая способность аэрозоля напрямую зависит от многих факторов, в частности от вида окислителей и топлива в составе аэрозоль образующего соединения. Рассмотрены процессы, которые приводят к повышению флегматизирующей эффективности газоаэрозольной системы. Обнаружено, какие структуры в аэрозоле эффективней всего действуют флегматизации горючей системы. Проведен эксперимент из определения флегматизирующей эффективности аэрозоля при разных рецептурах составов. Обнаружено, что аэрозоль владеет флегматизирующими свойствами, эффективность которых зависит от соотношения компонентов входящих в это состав. Сделан вывод, что для последующего повышения флегматизирующей эффективности в аэрозольной системе необходимо увеличить концентрацию газов – CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, водяного пара.

**Ключевые слова:** флегматизатор, огнетушащий аэрозоль, ингибитор горения, инертные газы.

