

ISSN 2079-9969



# Науковий вісник

Українського  
науково-дослідного  
інституту  
пожежної безпеки

Науковий журнал

№ 1 (23), 2011



ISSN 2079-9969



# НАУКОВИЙ ВІСНИК УкрНДІПБ

## № 1 (23), 2011

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

### Редакційна колегія:

*головний редактор*  
канд. психол. наук  
*заст. головного редактора*  
канд. техн. наук  
*науковий редактор*  
д-р техн. наук  
*заступник наукового редактора*  
канд. техн. наук

д-р фіз.-мат. наук  
д-р техн. наук  
д-р техн. наук  
д-р техн. наук  
д-р техн. наук  
д-р техн. наук  
д-р хім. наук  
канд. хім. наук  
канд. хім. наук  
канд. техн. наук  
канд. техн. наук  
канд. техн. наук  
канд. техн. наук  
канд. техн. наук  
канд. техн. наук  
канд. техн. наук  
канд. фіз.-мат. наук  
технічний редактор

**Євсюков О.П.**

**Откідач М.Я.**

**Круковський П.Г.**

**Антопов А.В.**

**Акіншин В.Д.**

**Володарський Є.Т.**

**Губарев О.П.**

**Жартовський В.М.**

**Кашуба О.І.**

**Пашковський П.С.**

**Сушко В.О.**

**Білжун Д.Г.**

**Білошицький М.В.**

**Боровиков В.О.**

**Довбиш А.В.**

**Дунюшкін В.О.**

**Згуря В.І.**

**Коваленко В.В.**

**Ковалишин В.В.**

**Новак С.В.**

**Огурцов С.Ю.**

**Сізіков О.О.**

**Цапенко А.С.**

**Полуян П.В.**

Заснований у 2000 році

Виходить 2 рази на рік

*Засновник і видавець*

Український науково-дослідний інститут  
пожежної безпеки (УкрНДІПБ) МНС України

Журнал зареєстровано Державним комітетом  
інформаційної політики України  
*Свідоцтво від 11.01.2000 серія КВ № 3943*

Журнал внесено до Переліку фахових видань  
у галузі технічних наук, в яких можуть публікува-  
тись результати дисертаційних робіт на здобуття  
наукових ступенів доктора і кандидата наук  
*Постанова ВАК України від 26.01.2011 № 1-05/1*

У разі передрукування матеріалів письмовий  
дозвіл УкрНДІПБ МНС України є обов'язковим

Рекомендовано до видання рішенням науково-  
технічної ради УкрНДІПБ МНС України  
*Протокол від 28.07.2011 № 7*

### Адреса редакції:

01011, м. Київ, вул. Рибальська, 18

### Телефони:

(+380 44) 280 3312; 280 2402; 280 1801

<http://firesafety.at.ua>

Підписано до друку 28.07.2011

Формат 60 × 84/8.

Наклад 200 прим.

**ЗМІСТ**

**В.В. Ніжнік, С.Ю. Огурцов, А.В. Антонов**  
Застосування методу аналізу ієрархій при обґрунтуванні вибору водних вогнегасних речовин в системах пожежогасіння підкупольного простору культових споруд.

**А.В. Антонов, В.В. Коваленко, Р.В. Климаць**  
Дослідження пожежі в торговельному центрі АТ «Нова лінія».

**О.І. Бондар, Н.Ю. Голубцова, Ю.С. Лапшин**  
Технологія вилучення паливовмісних матеріалів із аварійних об'єктів ядерної енергетики.

**О.В. Черневич, С.М. Малащенко, С.М. Палубець**  
Тушение пожаров в резервуарах с использованием системы оперативной врезки.

**О.А. Демченко**  
Анализ условий обеспечения пожарной безопасности гибких экранированных шахтных кабелей.

**В.О. Дунюшкін, С.Ю. Огурцов, А.В. Антонов, П.В. Пивовар, О.А. Семенцов**  
Дослідження з підвищення вогнегасної ефективності модулів порошкового пожежогасіння «Спрут».

**В.О. Дунюшкін, С.Ю. Огурцов, С.З. Цимбалістий**  
Дослідження параметрів горіння модельних вогнищ класу А.

**О.Н. Гайковая, В.В. Коваленко, А.О. Несенюк, О.В. Савченко**  
Некоторые аспекты сохранения огнезащитной эффективности вспучивающихся покрытий для металлических конструкций.

**О.И. Кашуба, О.А. Демченко, Л.А. Муфель**  
Обеспечение взрывопожаробезопасности в шахтах при коротком замыкании в кабельных проходках.

**О.В. Кириченко**  
Залежність вмісту неокисленого алюмінію в продуктах згоряння піротехнічних нітратно-алюмінієвих сумішей від співвідношення компонентів і зовнішнього тиску.

**О.Є. Безуглов**  
Вплив занять з висотної підготовки на готовність рятувальників до ризику.

**А.А. Король**  
Оценка гравитационного напора движущегося огнетушащего порошка в наклонной горной выработке.

**CONTENTS**

**V. Nizhnik, S. Ogurtsov, A. Antonov**  
Application of hierarchies analyzing method in substantiation of the selection of water-based fire extinguishing substances for fire extinguishing systems for the protection of the spaces below cupolas of the religious erections.

**A. Antonov, V. Kovalenko, R. Klimas**  
Research of the fire in the trade center of JSC "Novaya Liniya".

**O. Bondar, N. Golubtsova, Yu. Lapshin**  
A technology for the extraction of fuel-containing materials from nuclear power objects upon emergency.

**O. Chernevich, S. Malashenko, S. Palubets**  
Extinguishing of fires in reservoirs using a system for operative incision.

**O. Demchenko**  
Analyzing of the conditions for the ensuring fire safety of flexible screened mine cables.

**V. Dunyushkin, S. Ogurtsov, A. Antonov, P. Pivovarov, O. Sementsov**  
Researches for the raising fire extinguishing efficiency of "Sprut" dry chemical fire fighting modules.

**V. Dunyushkin, S. Ogurtsov, S. Tsybalistyy**  
Research of burning parameters of class a model fire-seats.

**O. Gaykovaya, V. Kovalenko, A. Nesenjuk, O. Savchenko**  
Some aspects of preservation of fire retardant efficiency of swelling coatings for metal constructions.

**O. Kashuba, O. Demchenko, L. Mufel**  
Ensuring of explosion safety in mines at shortcut in cable trays.

**O. Kirichenko**  
Dependency of non-oxidized aluminum content in burning products of pyrotechnic nitrate and aluminum mixtures on the components ratio and external pressure.

**O. Bezuglov**  
Influence of exercises on height training upon readiness of rescuers to risk.

**A. Korol**  
Estimation of the gravitational pressure of a moving dry chemical along an inclined mine working.

**1**  
**7**  
**13**  
**19**  
**25**  
**30**  
**37**  
**47**  
**56**  
**60**  
**69**  
**72**

*А.П. Ковалёв, И.И. Лехтман*

Вопросы обеспечения взрывобезопасности квартир.

77

*A. Kovalev, I. Lekhtman*

Some matters concerned with the ensuring of explosion safety of flats.

*В.В. Ковалишин*

Квазистационарные процессы тепло-массопереносу під час пожеж у протяжних каналах.

82

*V. Kovalishin*

Quasi-stationary heat and mass transfer processes at fires in prolonged channels.

*П.Г. Круковский, А.И. Ковалёв*

Методика определения характеристики огнезащитной способности покрытий многопустотных железобетонных плит перекрытий.

87

*P. Krukovskiy, A. Kovalev*

A method for the determination of the characteristic of fire retardant capability of the coatings of multi-hollow ferroconcrete floor slabs.

*О.В. Лазаренко*

Анализ эффективности работы ствола РС-70 під час гасіння пожеж з тепловим випромінюванням понад 500 Вт/м<sup>2</sup>.

102

*A. Lazarenko*

An analysis of the efficiency of functioning of "RS-70" fire-hose barrel at fighting fires with heat emission of over 500 W/m<sup>2</sup>.

*О.М. Мазилін, С.В. Новак, Л.М. Неведченко*

Анализ методов оценивания огнезащитной способности материалов.

107

*A. Mazilin, S. Novak, L. Nefedchenko*

An analysis of methods for the estimation of fire retardant capability of materials.

*В.В. Ніжнік, О.П. Гутник, О.О. Диннік*

Вплив хімічного складу на дисперсність розпилю деяких водних вогнегасних речовин.

113

*V. Nizhnik, A. Gutnik, A. Dynnik*

Influence of the chemical composition on the dispersity of spraying of some water-based fire extinguishing substances.

*С.В. Новак, Л.М. Неведченко, О.П. Якименко*

Спосіб визначення вогнезахисної здатності вогнезахисних покриттів та облицювань для залізобетонних перекриттів.

118

*S. Novak, L. Nefedchenko, Ye. Yakimenko*

A method for the determination of fire retardant capability of fire retardant coatings and linings for ferroconcrete ceilings.

*Н.И. Поступальский*

Моделирование развития пожара в производственном цехе судостроительного завода.

122

*N. Postupalskiy*

Modeling of fire development in a production shop of shipyard.

*Ю.П. Рак, В.М. Скомаровський, Т.Є. Рак*

Моделирование слабоформализованных систем оцінювання дій пожежно-рятувальних підрозділів на автоматизованих складах.

126

*Yu. Rak, V. Skomarovskiy, T. Rak*

Modeling of slightly formalized systems for the estimation of the operations of fire and rescue divisions at automated storehouses.

*С.В. Жартовський*

Дослідження фізико-хімічних властивостей водної вогнегасної речовини ФСГ-2 і механізму її вогнегасної дії під час гасіння пожеж класу А.

132

*S. Zhartovskiy*

Research of physical and chemical properties of "FSG-2" water-based fire extinguishing substance and the mechanism of its fire-extinguishing action at extinguishing of class A fires.

*В.М. Жартовський, С.В. Жартовський, Є.Ю. Шеверєв*

Експериментальні дослідження поглинання водних розчинів антипіренів при просоченні торцевих та бокових граней стандартизованих зразків деревини.

143

*V. Zhartovskiy, S. Zhartovskiy, Ye. Sheverev*

Experimental researches of absorption of water-based solutions of fire retardants while impregnating front and side edges of standard wood specimens.

*В.І. Згуря, Є.Ю. Шеверєв, С.А. Ткач*

Аспекти застосування методичних рекомендації з оцінки придатності нестандартизованих методик випробувань у сфері пожежної безпеки.

150

*V. Zgurya, Ye. Sheverev, S. Tkach*

Some aspects of application of the methodical recommendations for the estimation of the adaptability of non-standard methods of tests in the sphere of fire safety.

УДК 004.3:614.842.86

Ю.П. Рак, д-р техн. наук, В.М. Скомаровський, Т.Є. Рак, канд. техн. наук

### **МОДЕЛЮВАННЯ СЛАБОФОРМАЛІЗОВАНИХ СИСТЕМ ОЦІНЮВАННЯ ДІЙ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛІВ НА АВТОМАТИЗОВАНИХ СКЛАДАХ**

Розроблено математичну модель і методику оцінювання успішності дій пожежних та аварійно-рятувальних підрозділів під час гасіння пожеж на автоматизованих складах великих підприємств.

*Ключові слова:* система управління пожежно-рятувальними підрозділами; система масового обслуговування; стохастична мережева модель.

*Yu. Rak, Dr. of Sc. (Eng.), V. Skomarovskiy, T. Rak, Cand. of Sc. (Eng.)*

### **MODELING OF SLIGHTLY FORMALIZED SYSTEMS FOR THE ESTIMATION OF THE OPERATIONS OF FIRE AND RESCUE DIVISIONS AT AUTOMATED STOREHOUSES**

A mathematical model and a method of estimation of the successfulness of the operations of fire and fire and rescue divisions at fire extinguishing at automated storehouses of large plants has been developed.

*Keywords:* control system for fire rescue units; system of Queuing; stochastic network model.

Сталий економічний розвиток держави чи суспільства забезпечується множиною складових, з поміж яких чільне місце належить цивільному захисту. Оцінка стану дій учасників процесу забезпечення на належному рівні умов цивільного захисту характеризує ефективність функціонування підприємств в умовах глобальної інформатизації. Цивільний захист включає в себе одну із головних складових – це проектування високоефективних систем оцінювання дієздатності пожежно-рятувальних підрозділів при ліквідації пожежі на підприємствах. Досягнути системності в підходах можливо лише до умов моделювання високоефективних систем оцінки дій учасників процесу ліквідації пожеж на підприємствах, з врахуванням скінченої множини чинників, пізнання та встановлення причинно-наслідкових зв'язків між ними.

Розв'язанню наукових проблем з проектування складних систем управління пожежно-рятувальними підрозділами здатних ефективно ліквідувати пожежу на підприємствах присвячено роботи [2–4]. Створено відповідний нормативний документ [1], який регламентує часові характеристики надзвичайної ситуації, тощо. Водночас, не в повній мірі проводять роботи з проектування систем дій пожежника-рятувальника при ліквідації пожеж на підприємствах.

На сьогодні не в повній мірі синхронізується нормативно-правова база, здатна забезпечити оптимізацію часових інтервалів в управлінні інформаційними матеріально-технічними та людськими ресурсами щодо забезпечення чіткої взаємодії всіх учасників процесу ліквідації пожежі чи надзвичайної ситуації на підприємстві. Окремі наукові праці [4] свідчать про необхідність організації масштабних та системних досліджень щодо розробки методології моделювання високоефективних систем оцінки дій пожежно-рятувальних підрозділів.

Мета роботи полягає в розробці моделей високоефективних систем оцінювання дій пожежно-рятувальних підрозділів на підприємствах в умовах глобалізації.

Розглянемо систему «пожежно-рятувальні підрозділи – підприємство з об'єктами у вигляді автоматизованого складу, що потерпають від пожежі» як систему масового обслуговування.

Приймемо, що число учасників ліквідації пожежі на відповідних об'єктах відповідає існуючим нормативним документам. А також враховуючи те, що тактико-технічні характеристики пожежної та аварійно-рятувальної техніки перевищують фізичні можливості рятувальника при виконанні ним оперативно-рятувальних робіт (включаючи розгортання техніки) при гасінні пожежі залучається особовий склад інших підрозділів, що також прибувають на пожежу. Це враховується при визначенні кількості пожежних підрозділів, необхідних для виконання оперативно-рятувальних робіт.

Кількість пожежних підрозділів  $N$  визначається за формулою (1):

$$N = \frac{1}{t_B}, \quad (1)$$

де  $t_B = F(T_B)$ ;

$T_B$  – випадкова величина інтервалу часу надходження в потоці пожежних підрозділів, яка визначається:

$$T_B = t_n + t_T + t_{np}, \quad (2)$$

де  $t_n$  – часовий інтервал від початку виникнення пожежі до сповіщення про неї в оперативно-диспетчерську службу;

$t_T$  – часовий інтервал збору особового складу по тривозі;

$t_{np}$  – часовий інтервал прибуття оперативно-рятувальних підрозділів на пожежу.

Крім цього,  $T_B$  відповідає показниковому закону розподілу з параметром  $\mathfrak{Z}_p$ , як:

$$f(t) = \mathfrak{Z}_p e^{-\mathfrak{Z}_p t}. \quad (3)$$

Одним із важливих факторів впливу на час ліквідації пожежі є тривалість розгортання оперативно-рятувальних підрозділів, яка визначається як інтенсивність розгортання  $\mathfrak{Z}_p$  у вигляді:

$$\mathfrak{Z}_p = \frac{1}{t_{cp}}, \quad (4)$$

де  $t_{cp}$  – середнє значення часового інтервалу розгортання оперативно-рятувальних підрозділів, що є випадковою величиною і описується наступною залежністю:

$$f(t) = \mathfrak{Z}_p e^{-\mathfrak{Z}_p t}; \quad (t > 0). \quad (5)$$

Параметр  $\mathfrak{Z}_p$  розраховується виходячи з умови розгортання необхідної кількості пожежних машин мінімальною кількістю особового складу оперативно-рятувального підрозділу.

У процесі гасіння пожежі визначена кількість поданих стволів діють як один ствол, що можна представити у вигляді функції  $\mathfrak{Z}_c = \lambda(n)$ , де  $\mathfrak{Z}_c$  – інтенсивність елементарного потоку вогнегасних речовин для гасіння пожежі,  $n$  – кількість засобів пожежогасіння, що одночасно приймають участь при гасінні пожежі на об'єкті.

Часовий інтервал гасіння пожежі є випадковою величиною, що описується залежністю у вигляді степеневі функції:

$$f(t) = \mathfrak{Z}_1 e^{-\mathfrak{Z}_1 t} = K \mathfrak{Z}_1 e^{-K \mathfrak{Z}_1 t} \quad \text{за } t > 0, \quad (6)$$

де  $\mathfrak{Z}_1$  – інтенсивність гасіння пожежі одним засобом пожежогасіння;  
 $K$  – кількість стволів, необхідних для гасіння пожежі, тоді:

$$\mathfrak{Z}_1 = \frac{1}{K_1 t_c}, \quad (7)$$

де  $t_c$  – середнє значення часового інтервалу (визначається експериментальним шляхом).

Часовий інтервал охолодження  $T_{ox}$  об'єкта є також випадковою величиною, яка піддається степеневій функції і описується залежність:

$$f(t) = \mathfrak{Z}_{ox} e^{-\mathfrak{Z}_{ox} t} = K_{ox} \mathfrak{Z}_{ox} e^{-K_{ox} \mathfrak{Z}_{ox} t} \quad \text{за } t > 0, \quad (8)$$

де  $\mathfrak{Z}_{ox}$  – інтенсивність охолодження одним засобом подавання охолоджувальної речовини;  
 $K_{ox}$  – кількість засобів подавання охолоджувальної речовини, тоді:

$$\mathfrak{Z}_{ox} = \frac{1}{K_{ox} t_{ox}}, \quad (9)$$

де  $t_{ox}$  – середній часовий інтервал охолодження об'єкта.

Гасіння пожежі та охолодження об'єкта здійснюється негайно після розгортання пожежної та аварійно – рятувальної техніки.

Дуже важливою характеристикою об'єкта є ще й часовий інтервал його перебування в зоні пожежі до руйнування. Цей інтервал також є випадковим і піддається степеневому розподілу з параметром  $\mu$ :

$$\mu = \frac{1}{t_p}, \quad (10)$$

де  $t_p = M(T_p)$ ;

$T_p$  – часовий інтервал до руйнування об'єкта.

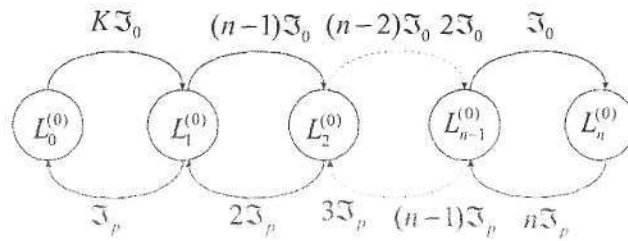
Враховуючи те, що об'єкт який ми розглядаємо є автоматизованими складськими приміщеннями великого підприємства, розглянемо його як систему масового обслуговування (в подальшому будемо називати Система). Така Система представляє собою накопичувач з обмеженим терміном обслуговування замовлень.

Кількість місць  $K_\mu$  у накопичувачі рівна сумі кількості пожежних підрозділів  $K_n$  необхідних для гасіння пожежі  $K_n$  та охолодження об'єкта  $K_{ox}$ :

$$K_\mu = K_n + K_{ox}. \quad (11)$$

Система масового обслуговування, яка моделює оперативну – рятувальні та пожежі підрозділи, що прибувають на пожежу, представляє собою  $n$ -канальну Систему без черги з деякою інтенсивністю обслуговувати  $\mathfrak{Z}_0$ .

Граф переходів такої  $n$ -канальної системи можна представити у вигляді (рис. 1):



$L_0^{(0)}$  – система вільна від заявок;  $L_1^{(0)}$  – у системі є одна заявка;  $L_n^{(0)}$  – у системі є  $n$  заявок.

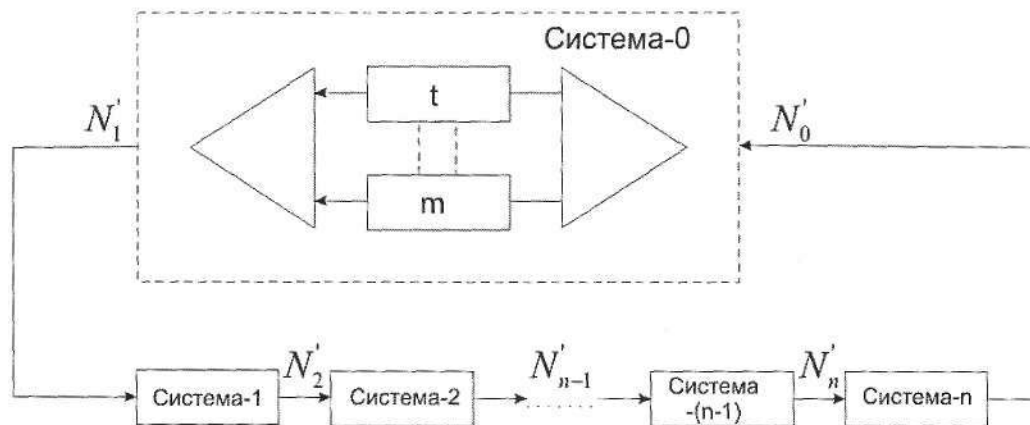
Рисунок 1 – Граф переходів Системи (станы Системи нумеровані по числу заявок, які знаходяться у ній)

Ймовірнісний стан такої Системи описується системою алгебраїчних рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} n\lambda_p C_0^{(0)} &= \lambda_p C_1^{(0)} \\ \left( (n-1)N_0 + \lambda_p \right) C_1^{(0)} &= n\lambda_p C_0^{(0)} + 2\lambda_p C_2^{(0)} \\ \left( (n-2)N_0 + 2\lambda_p \right) C_2^{(0)} &= (n-1)N_0 C_1^{(0)} + 3\lambda_p C_3^{(0)} \\ \dots & \\ (N_0 + (n-1)) C_{n-1}^{(0)} &= 2N_0 C_2^{(0)} + n\lambda_p C_n^{(0)} \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

де  $\sum_{i=1}^n C_i^{(0)} = 1$ .

Спільну роботу системи масового обслуговування в контексті «пожежні та аварійно-рятувальні підрозділи – підприємство (об’єкт – автоматизований склад), що потерпає від пожежі», можна представити у виді стохастичної мережевої моделі (рис. 2).



$n$  – число об’єктів, в яких виникла пожежа;  
 $m$  – кількість пожежних та аварійно-рятувальних підрозділів необхідних (згідно нормативів) на ліквідацію пожежі на  $m = \sum_1^l m_j$ ,  $j$ -му об’єкті.

Рисунок 2 – Схеми функціонування Системи (пожежні та аварійно-рятувальні підрозділи – об’єкт (автоматизований склад)) у вигляді стохастичної мережі





**Висновок**

Запропонована математична модель та методика оцінювання успішності дій пожежних та аварійно – рятувальних підрозділів при ліквідації пожежі та об'єктах, що представляють собою автоматизований склад великого підприємства.

**СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. ДСТУ 2272. Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять.
2. Клюс П.П. та ін. Пожежна тактика: Підручник. – Харків: Основа, 2002. – 592 с.
3. Рак Ю.П., Зачко О.Б. Оцінка стану життєдіяльності регіонів України: інтегрований підхід // Пожежна безпека: Збірник наукових праць. – Львів: ЛДУБЖД, УкрНДІПБ, 2008. – № 13. – С. 86–90.
4. Кулешов М.М. Про деякі аспекти взаємодії та координації дій під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій // Організація управління в надзвичайних ситуаціях: X Науково-практична конференція. – Київ: ІДУЦЗ, 2008. – С. 36–43.
5. Коршунов Ю.М. Математические основы кибернетики. – М.: Энергоиздат, 1987. – 496 с.
6. Кристофилес Н. Теория графов: алгоритмический подход. – М.: Мир, 1978. – 327 с.
7. Молчанов А.А. Моделирование и проектирование сложных систем. – К.: Вища школа, 1988. – 359 с.

