



**ЗМІСТ**

**CONTENTS**

**Ю.Л. Фещук**  
Методичні підходи щодо визначення місць дислокації пожежно-рятувальних підрозділів **4**

**С.В. Новак, П.Г. Круковський, М.С. Перепелиця**  
Визначення розподілу температури у сталевих конструкціях в умовах вогневого впливу розрахунковими методами **9**

**О.П. Борис**  
Встановлення концептуальних основ розвитку системи пожежного спостереження в Україні **16**

**І.А. Рева**  
Дослідження нормативно-правових актів та документообігу лісопромислової галузі з метою розроблення проекту форми паспорта потенційно небезпечного об'єкта на лісову ділянку **21**

**Л.В. Сухорецька**  
Вдосконалення процесів паспортизації потенційно небезпечних об'єктів та ведення державного реєстру потенційно небезпечних об'єктів **30**

**О.М. Нуянзін, М.А. Кришталь, К.В. Болжаларський, С.О. Сідней**  
Дослідження впливу конфігурації вогневої печі на рівномірність температурного поля по обігрівальній поверхні залізобетонної стіни при її випробуваннях на вогнестійкість **38**

**Р.В. Ліхньовський**  
Дослідження поверхні вогнезахищеної деревини методом скануючої електронної мікроскопії **44**

**Б. Б. Поспелов**  
Системная модель пожара в помещении как нелинейная динамическая система **49**

**А.І. Ковальов, Н.В. Зобенко**  
Методика попередньої оцінки вогнезахисної здатності покриттів для сталевих конструкцій в умовах температурного режиму вуглеводневої пожежі **59**

**О.М. Ларін, Г.О. Чернобай, С.Ю. Назаренко.**  
Визначення дисипативних властивостей матеріалу напірного пожежного рукава типу «Т» з внутрішнім діаметром 51 мм в поперечному напрямку **66**

**А.О. Биченко, В.М. Нуянзін, М.О. Пустовіт, М.Ю. Удовенко, А.А. Нестеренко**  
Основні засади створення інформаційно-аналітичної системи для забезпечення дій за призначенням підрозділів ОРСЦЗ **73**

**Y. Feshhuk**  
Methodical approaches to determining the locations of fire-rescue units **4**

**S. Novak, P. Krukovskyi, M. Perepelytsia**  
Determination of the temperature distribution in steel construction in terms of fire exposure calculation methods **9**

**O. Borys**  
Determination of the conceptual foundations of the development of the fire supervision system in Ukraine **16**

**I. Reva**  
Research of regulations and document flow of the forest industry for the purpose of development of a passport form project of hazardous facility for a forest site **21**

**L. Suhoretska**  
Improvement of the certification processes of potentially dangerous objects and conduct of the state register of potentially dangerous objects **30**

**O. Nuianzin, M. Kryshstal, K. Bolzhalarskyi, S. Sidney**  
Study of configuration firing furnace at the temperature field uneven heating on surface reinforced concrete walls in its fire resistance test **38**

**R. Likhnyovskiy**  
Research of the surface of the wood treated with fire retardant by scanning electron microscopy **44**

**B. Pospelov**  
The system model of the indoor fire as a nonlinear dynamic system **49**

**A. Kovaliov, N. Zobenko**  
Preliminary assessment technique of coating flame retardant capacity for steel structures under hydrocarbon fire temperature conditions **59**

**A. Larin, G. Chernobay, S. Nazarenko**  
Determination dissipative material properties type pressure fire hoses "T" with an inner diameter of 51 mm in the transverse direction **66**

**A. Bychenko, V. Nuyanzin, M. Pustovit, M. Udovenko, A. Nesterenko**  
Main concepts of information analysis system creation for supporting civil defense units service **73**

- В.В. Ніжник, О.М. Тесленко, С.З. Цимбалістий, Н.В. Кравченко**  
Щодо розрахунку часу евакуації дітей з шкільних і дошкільних закладів у разі пожежі
- 81**
- V. Nizhnyk, O. Teslenko, S. Thimbalisty, N. Kravchenko**  
Concerning calculation of time needed for evacuation of children from school and pre-school institutions in case of fire
- Н.В. Пазинич, Л.П. Ліщенко, Г.Б. Крилова, В.С. Філіпович, М.С.Лубський**  
Дослідження та моніторинг пожежонебезпечних торфовищ на основі матеріалів дистанційного зондування землі
- 88**
- N. Pazynych, L. Lishchenko G Krylova, V. Filipovych, M. Lubsyy**  
Peat fire research and monitoring based on of remote sensing data
- О.О. Попов, В.О. Ковач, А.В. Яцишин, Є.Б. Краснов, М.В. Малков**  
Розробка інформаційно-технічного методу попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних із забрудненням водного середовища
- 95**
- O. Popov, V. Kovacs, A. Yatsishin, E. Krasnov, M. Malkov**  
Development of informational and technical method of emergencies prevention connected with aquatic environment pollution
- С.М. Малащенко, О.О. Смиловенко**  
Выбор рациональных параметров тушения резервуаров подслонным способом
- 105**
- C. Malashenko, O. Smilovenko**  
Choice of rational parametres extinguishing in the tanks by subsurface method
- А.Н. Скрипко, Л.В. Мисун, В.В. Кобяк**  
Обоснование характеристик средства молниезащиты с разработкой технических решений и рекомендаций по снижению влияния грозových проявлений на здания
- 110**
- A. Skripko, L. Misun, V. Kobyak**  
Study of lightning protection characteristics and development of technical solutions and recommendations on reduction of lightning stroke consequences on buildings
- О.О. Ларін; О.О. Водка, Р.О. Кайдалов, В.М. Баштовий**  
Розрахункові дослідження показників плавності ходу спеціалізованого транспортного засобу з системою підресорювання що має квазінульову жорсткість при випадкових збуреннях нерівностями дороги
- 117**
- O.Larin, O.Vodka, R. Kaidalov, V. Bashtovyi**  
Researching estimate indicators of specialised vehicle on mooth riding with cushion system that has quasi-zero stiffness in case of influence, caused by the uneven road surface
- О.О. Ларін**  
Аналіз експлуатаційної міцності гумокордного рукава, що має додаткове посилення спірально намотаним металевим дротом
- 127**
- O.Larin**  
Analysis of operational strength of rubber-cord hose, with additional reinforcement of spirally wound on metal wire

УДК 614.51-74

## МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЬ ДИСЛОКАЦІЇ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛІВ

Ю.Л. Фещук\*

Український науково-дослідний інститут цивільного захисту, Україна

### ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції 25.04.2016

Пройшла рецензування: 06.07.2016

#### Ключові слова:

місце дислокації, критерій часу, виїзди пожежних автомобілів, швидкість руху.

### АНОТАЦІЯ

Проведено аналіз документів, які регламентують критерії утворення пожежно-рятувальних підрозділів (частин) в Україні. Встановлено відсутність методики визначення місць дислокації пожежно-рятувальних підрозділів по часовому критерію. Проведено аналіз виїздів пожежних автомобілів в м. Васильків Київської області. Розроблено пропозиції щодо методичних підходів по визначенню місць дислокації пожежно-рятувальних підрозділів.

Сучасний етап реформування ДСНС України характеризується збільшенням кількості завдань, висунутих перед пожежно-рятувальними підрозділами, збільшенням спектра виконуваних робіт і вдосконаленням методів їх здійснення, в тому числі за рахунок мобільності підрозділів. Від зони обслуговування пожежного депо залежить настільки швидко прибудуть пожежно-рятувальні підрозділи на місце виклику для порятунку життя людини.

Аналіз нормативно-правової бази показав, що в Україні є два основні критерії визначення місць дислокації пожежно-рятувальних підрозділів: просторовий та часовий. Просторовий критерій вказує, що радіус обслуговування одним державним пожежно-рятувальним підрозділом не повинен перевищувати 3 км. Однак, як показує практика, існує ряд проблем у визначенні місць дислокацій і зон обслуговування пожежно-рятувальних підрозділів на основі просторового критерія. Виходячи з цього, з урахуванням світового досвіду запропоновано в [1] при обґрунтуванні місць дислокації і відповідних зон обслуговування використовувати не тільки просторовий нормативний критерій, а й часовий. Тобто дислокація пожежно-рятувальних підрозділів в населених пунктах визначається виходячи з умови, що час прибуття першого підрозділу до місця виклику в міських населених пунктах не повинний перевищувати 10 хв., а в сільських - 20 хв.

Варто зазначити, що міжнародне співтовариство давно займається проблемами пов'язаними з місцем розташування пожежних депо. В англійських державах існує ряд праць присвячених даній проблемі [2-4], в радянський

період та в Україні ці проблеми розглянуто, наприклад, в [5,6].

Однак, в Україні повністю не досліджено як саме використовувати часовий критерій при проектуванні і розміщенні пожежно-рятувальних підрозділів. Тобто й досі не розкрито питання, яку ж відстань може подолати пожежний автомобіль за встановлені нормативні часові критерії. При цьому для визначення відстані необхідно знати з якою швидкістю може пересуватися пожежний автомобіль. Обчислення швидкості руху пожежного автомобіля дозволяє визначити просторові зони розміщення пожежних депо на основі розрахунку максимально допустимої відстані від об'єкта, що захищається до пожежного депо.

Для вирішення вище зазначених проблем постає питання запропонувати процедуру визначення швидкості руху пожежних автомобілів. З цією метою було проведено дослідження особливості руху пожежної техніки на прикладі м. Васильків. Дане дослідження дає змогу встановити середню швидкість руху пожежного автомобіля в населеному пункті з кількістю населення до 50000 чоловік і відповідно дає змогу використовувати часовий критерій, що так необхідний для обґрунтування місця дислокації пожежних депо, з метою оперативного реагування на пожежі.

Швидкість руху пожежно-рятувальних підрозділів на місце пожежі можна визначити виходячи з таких методичних підходів.

Перший заснований на аналізі статистичної інформації по виїздах пожежно-рятувальних підрозділів на виклики за певний проміжок часу, наприклад, протягом 1 року.

\* E-mail: soldat01101@yandex.ru (Y. Feshhuk)



В основі другого підходу лежить експериментальний метод. Дані про швидкість руху пожежних автомобілів отримують шляхом вимірювання швидкостей їх руху по ділянках транспортної мережі населеного пункту в певні проміжки часу.

В обох випадках здійснюється побудова емпіричних функцій розподілу досліджуваної швидкості проходження на основі гістограм, з відповідною оцінкою параметрів розподілів (середнє значення і середньоквадратичне відхилення).

Загальні теоретичні засади до побудови гістограм і обчисленню їх параметрів описані в [7], а практична реалізація цього підходу в [8].

Обчислення параметрів розподілу швидкості руху проводяться наступним чином. Формується вибірка випадкових величин швидкості руху  $\{v\} = \{v_1, v_2, \dots, v_N\}$ , де  $N$  - розмір вибірки. По ній будується згрупований статистичний ряд. Для визначення кількості інтервалів груп ( $L$ ) використовується формула Брукса або формула Старджесса, про те більш точно розбиття отримуємо за формулою Брукса:

$$L = 5 \lg N \quad (1)$$

Довжину інтервалу угруповання (крок гістограми)  $\Delta v$  визначається з різниці між мінімальним  $v_{\min} = \min \{v_1, v_2, \dots, v_N\}$  і максимальним значеннями вибірки  $v_{\max} = \max \{v_1, v_2, \dots, v_N\}$ . Розрахунок проводиться за формулою:

$$\Delta v = (v_{\max} - v_{\min}) / (L - 1) \quad (2)$$

Межі  $k$ -го інтервалу гістограми визначаються за формулами:

$$v_{k-1} = v_{\min} - 0,5\Delta v, \quad (3)$$

$$v_k = v_{k-1} + \Delta v \quad (4)$$

Визначається число  $n$  випадкових величин з вибірки  $\{v\}$ , які потрапили в  $k$ -й інтервал  $[v_{k-1}, v_k + \Delta v]$ . Межі інтервалів можуть округлятися, але обов'язково повинна дотримуватися сталість кроку гістограми  $\Delta v$ .

Для побудови групованого статистичного ряду відносних частот обчислюються відносні частоти  $p_k = n_k / N$ , які повинні задовольняти умову:

$$\frac{1}{N} \sum_{k=1}^L n_k = 1 \quad (5)$$

Для графічного представлення гістограми обчислюються висоти ( $H_k$ ) прямокутників гістограми:

$$H_k = n_k / \Delta v \quad (6)$$

$i$  визначається максимальне значення висоти  $H_{\max} = \max \{H_1, H_2, \dots, H_L\}$ .

На осі абсцис графіків гістограм вибирається початкова точка  $v_0$  і такий масштаб, щоб повністю помістився відрізок  $[v_0, v_L]$ . На осі ординат вибирається початок відліку в точці 0 і такий масштаб, щоб повністю помістився відрізок  $[0, H_{\max}]$ . Для кожного інтервалу  $[v_{k-1}, v_k]$  будується прямокутник висотою  $H$  з основою  $\Delta v$ . Отримаємо графічну форму у вигляді гістограми абсолютних частот. Для побудови гістограми відносних частот в якості висоти  $k$ -го прямокутника використовується величина  $p_k / \Delta v = n_k / N / \Delta v$ .

Математичний запис гістограми ( $v_{cp}$ ) має наступний вигляд:

$$v_{cp} = x_0 + \Delta x \left( \sum_{k=1}^L p_k k - \frac{1}{2} \right) \quad (7)$$

Дисперсія гістограми ( $d$ ) визначається за формулою:

$$d = (\Delta x)^2 + \left[ \frac{1}{12} + \sum_{k=1}^L p_k k^2 - \left( \sum_{k=1}^L p_k k \right)^2 \right] \quad (8)$$

Тоді середньоквадратичне відхилення ( $\sigma_{\Gamma}$ ) буде становити:

$$\sigma_{\Gamma} = \sqrt{d} \quad (9)$$

Даний підхід був використаний для визначення параметрів розподілу швидкості руху до місця виклику для м. Васильків за 2013 рік для таких основних пожежних автомобілів:

- АЦ-40 (432921) 63 Б;
- АЦ-40 (130) 63 Б;
- АЦ-40 (131) 63 Б.

Вихідні дані для розрахунку швидкостей руху пожежних автомобілів взято з журналу пункту зв'язку частини та експлуатаційних карток пожежних автомобілів (29-ДПРЧ м. Васильків). Було взято різниця часу між виїздом пожежного автомобіля з пожежної частини і його прибуття до місця пожежі, а також відстань, яку подолав автомобіль за цей проміжок часу. В якості відстані, що подолав автомобіль до місця пожежі взято половину відстані пройдені автомобілем до місця пожежі і назад за показами спідометра, що

зазначено в експлуатаційній картці пожежного автомобіля. На основі цих даних розраховувалась середня швидкість руху пожежного автомобіля для кожного виклику. Об'єм статистичної вибірки (кількість виїздів

пожежних автомобілів основного призначення за 2013 рік) склав  $N = 29$ .

Результати розрахунків наведено в таблиці 1. Розподіл швидкості руху пожежних автомобілів до місця пожежі у 2013 р. в м. Васильків показано на рисунку 1.

Таблиця 1 – Зведені дані проведених розрахунків

$v_{min}$ , км/год	$v_{max}$ , км/год	$\Delta v$ , км/год	$L$	$v_{k-1}$	$v_k$	$n_k$	$p_k$	$H_k$
19	36	2,693	7,312	17,654	20,347	3	0,10	1,11
				20,347	23,04	4	0,13	1,48
				23,04	25,733	5	0,17	1,85
				25,733	28,426	6	0,20	2,22
				28,426	31,119	7	0,24	2,60
				31,119	33,812	3	0,10	1,11
				33,812	36,505	1	0,03	0,37

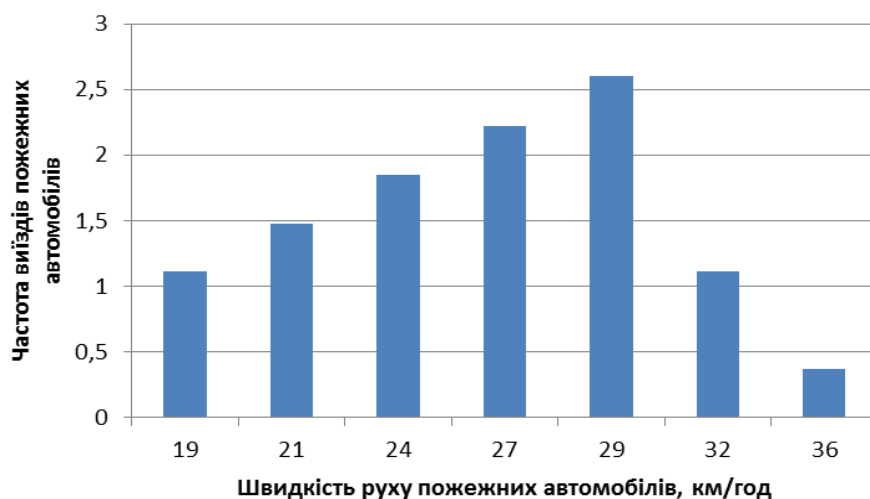


Рисунок 1 – Гістограма розподілу швидкості руху пожежних автомобілів до місця пожежі в м. Васильків в 2013 р.

Аналіз гістограми показав, що середнє значення швидкості руху для м. Васильків в 2013 році становить 29 км/год, дисперсія – 22 км/год, середньоквадратичне відхилення – 4 км/год.

Варто зазначити, на швидкість руху пожежних автомобілів впливають ряд факторів (стан дорожнього покриття, затори на дорогах, погодні умови та ін.), тому щоб врахувати ці фактори запропоновано [8] ввести граничне значення швидкості ( $v_{гр}$ ) – швидкість руху пожежних автомобілів, з врахуванням факторів, що впливають на неї:

$$v_{гр} = v_{ср} - \sigma_{Г}, \tag{10}$$

де  $v_{ср}$  – середнє значення швидкості руху пожежного автомобіля до місця виклику, км/год;

$\sigma_{Г}$  – середньоквадратичне відхилення швидкості, км/год.

Таким чином для м. Васильків середнє значення швидкості руху пожежних автомобілів становить 25 км/год.

Знаючи нормативний час прибуття пожежного автомобіля до місця виклику та швидкість його руху, можна знайти максимальну відстань обслуговування пожежно-рятувальним підрозділом об'єктів населеного пункту і таким чином побудувати схему району обслуговування та обґрунтувати місце дислокації.

Висновок: проведене дослідження дає можливість на основі статистичних даних по виїздах пожежних автомобілів до місця виклику (час руху до місця пожежі та пройдена відстань за цей проміжок часу) використання часового критерію при проектуванні та

будівництві пожежно-рятувального підрозділу, адже знайшовши середню швидкість руху пожежного автомобіля можна визначити максимально допустиму відстань від об'єкта, що захищається до пожежно-рятувального підрозділу. Визначення швидкості здійснено за методом в основі якого лежить побудова емпіричних розподілів випадкових величин та обчислення їх характеристик. Цей розподіл швидкості руху пожежних автомобілів до місця виклику можна отримати або шляхом аналізу статистичної інформації виїздів пожежно-рятувальних підрозділів на виклики або експериментальним методом шляхом вимірювання швидкостей руху автомобілів по транспортній мережі в населеному пункті.

Проведення аналізу статистичної інформації та здійснення розрахунків показало, що середнє значення швидкості основного пожежного автомобіля з врахуванням стану дорожнього покриття, заторів на дорогах, погодних умов та ін. для м. Васильків становить 25 км/год, дану величину можна використовувати для часових критеріїв розміщення пожежно-рятувальних підрозділів, таким чином знаючи, що нормативний час прибуття пожежного автомобіля становить 10 хв, відстань, яку подолає автомобіль зі знайденою вище швидкістю становитиме 4 км, а це значить – всі об'єкти, що знаходяться не в радіусі 4 км, а на відстані (по дорогам загального користування) до 4 км попадають в зону ефективного обслуговування пожежно-рятувального підрозділу.

Якщо знайти в такий спосіб швидкість руху ще декількох населених пунктів з кількістю населення до 50000 чоловік, шляхом середньоарифметичного можна знайти середню швидкість руху пожежних автомобілів для населених пунктів цієї групи. Таким чином можна скласти таблицю швидкостей руху пожежної техніки для різних груп населених пунктів, в тому числі і сільської місцевості. Дане дослідження було б доцільно зробити для різних груп населених пунктів в залежності від кількості населення, а отримані результати врахувати при розробці національного стандарту України щодо визначення місць

дислокації в населених пунктах пожежно-рятувальних підрозділів та критеріїв їх комплектації пожежними автомобілями і встановлення вимог з проектування території та будинків пожежно-рятувальних частин.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Постанова Кабінету міністрів України від 27 листопада 2013 року № 874 «Про затвердження критеріїв утворення державних пожежно-рятувальних підрозділів (частин) Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту в адміністративно-територіальних одиницях та переліку суб'єктів господарювання, де утворюються такі підрозділи (частини)» [Електронний ресурс] // Офіційний портал Верховної ради України – Режим доступу: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/874-2013-%D0%BF>
2. J. Gordon Routley. Arlington country fire station location analysis. 1999. 1-31 p. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://arlingtonva.s3.amazonaws.com/wp-content/uploads/sites/>
3. GIS for Fire Station Locations and Response Protocol An ESRI ® White Paper • January 2007 31 p.
4. Kolesar P., Walker W. An algorithm for the dynamic relocation of fire companies // Operations Res. Vol. 22. № 2. 1974. Pp. 249-274.
5. Брушлинский Н.Н. Системный анализ и проблемы безопасности народного хозяйства. – М.: Стройиздат, 1988. – 413 с.
6. Коссе А.Г.. Метод рационального размещения пожежних депо при проектуванні і оновленні районів міста, Харків -2001, 16 с. [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://revolution.allbest.ru/life/00375266\\_0.html](http://revolution.allbest.ru/life/00375266_0.html)
7. Орлов Ю.Н. Оптимальное разбиение гистограммы для оценивания выборочной плотности функции распределения нестационарного временного ряда // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша. 2013. № 14. 26 с.
8. Методические рекомендации по определению мест размещения подразделений пожарной охраны в населённых пунктах в целях доведения времени прибытия первого подразделения пожарной охраны до нормативных значений // Утв. Главным Государственным инспектором Российской Федерации по пожарному надзору 30 декабря 2009 г. № 2-4-60-14-18. М, 2009. 25 с.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ МЕСТ ДИСЛОКАЦИИ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

Ю.Л. Фещук

Украинский научно-исследовательский институт гражданской защиты, Украина

---

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

место дислокации, критерий времени, выезды пожарных автомобилей, скорость движения.

### АННОТАЦИЯ

Проведен анализ документов, регламентирующих критерии создания пожарно-спасательных подразделений (частей) в Украине. Установлено отсутствие методики определения мест дислокации пожарно-спасательных подразделений по временному критерию. Проведен анализ выездов пожарных автомобилей в г. Васильков Киевской области. Разработаны предложения методических подходов по определению мест дислокации пожарно-спасательных подразделений.

## METHODOICAL APPROACHES TO DETERMINING THE LOCATIONS OF FIRE STATIONS

Y. Feshhuk

The Ukrainian Civil Protection Research Institute, Ukraine

---

### KEYWORDS

the location, time parameter, departures of fire trucks, velocity traffic.

### ANNOTATION

The analysis of documents regulating the criteria for location of fire-rescue units in Ukraine was carried out. It was found that methodology for determining the locations of fire-rescue units at the time criteria is absent. The analysis of departures of fire trucks in the town of Vasilkov, Kyiv oblast' was carried out. Proposals on methodical approaches to determining the locations of fire-rescue units were developed.

УДК 614.841.45

**ВИЗНАЧЕННЯ РОЗПОДІЛУ ТЕМПЕРАТУРИ У СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЯХ В УМОВАХ ВОГНЕВОГО ВПЛИВУ РОЗРАХУНКОВИМИ МЕТОДАМИ***С.В. Новак<sup>1\*</sup>, канд. техн. наук, ст. наук. співр., П.Г. Круковський<sup>2</sup>, д-р. техн. наук, проф., М.С. Перепелиця<sup>2</sup>*<sup>1</sup>Український науково-дослідний інститут цивільного захисту, Україна<sup>2</sup>Інститут технічної теплофізики НАН України**ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ**Надійшла до редакції: 23.05.2016  
Пройшла рецензування: 22.07.2016**Ключові слова:**

вогнестійкість, коефіцієнт перерізу, критична температура, розподіл температури, розрахункові методи, сталеві конструкції, теплофізичні властивості.

Відповідно до ДСТУ-Н Б EN 1993-1-2 [1] одним із етапів процедури оцінювання вогнестійкості будівельних несучих сталевих конструкцій (далі – сталевих конструкцій) є розрахунок розподілу температури у сталевій конструкції в умовах вогневого впливу. У зазначеному стандарті наведено методи розрахунку як для рівномірного так і для нерівномірного розподілів температури по перерізу сталеві конструкції. При цьому для рівномірного розподілу вважають, що для часу  $t$  вогневого впливу температура в усіх точках перерізу сталеві конструкції однакова, а для нерівномірного розподілу – змінна по перерізу. Положення зазначеного стандарту дозволяють виконувати оцінку вогнестійкості сталеві конструкції, застосовуючи розрахункові температури, отримані для різних розподілів температури. Однак у цих положеннях не наведено даних стосовно відмінностей у результатах оцінки вогнестійкості сталевих конструкцій, які отримані для рівномірного і нерівномірного розподілів температури по їх перерізу, а також не визначено, застосування якого з цих розподілів призводить до отримання результатів з більшою вогнестійкістю, що важливо знати для практичної реалізації процедури оцінювання вогнестійкості, наведеної у зазначеному стандарті.

З урахуванням вищезазначеного, метою даної роботи було визначення рівномірного і нерівномірного розподілів температури по перерізу сталеві конструкції в умовах вогневого впливу розрахунковими методами та

**АНОТАЦІЯ**

Наведено постановку задачі та результати визначення розрахунковими методами рівномірних та нерівномірних розподілів температури по перерізу сталеві балки, на яку опирається бетонна плита перекриття завтовшки 120 мм, для вогневого впливу за стандартним температурним режимом для незахищеної сталеві балки та сталеві балки, на поверхню якої нанесено вогнезахисний матеріал завтовшки 10 мм, 15 мм, 20 мм. Встановлено, що при застосуванні нерівномірного розподілу температури по перерізу сталеві балки розрахункова вогнестійкість незахищеної і захищеної сталеві балки (двотавр №35Б1 за ГОСТ 26020) є більшою, ніж при застосуванні рівномірного розподілу температури.

встановлення розподілу температури, для якого розрахункова вогнестійкість цієї конструкції є більшою.

**Постановка теплотехнічної задачі** визначення розподілів температури по перерізу сталеві конструкції в умовах вогневого впливу розрахунковими методами є такою.

Для сталеві балки (двотавр №35Б1 за ГОСТ 26020 [2]), на яку опирається бетонна плита перекриття завтовшки 120 мм (див. рисунок 1), необхідно визначити рівномірний та нерівномірний розподіли температури в її поперечному перерізі для часу  $t_{fi,requ} = 60$  хв вогневого впливу за стандартним температурним режимом для таких варіантів:

- незахищена сталеві балка;
- захищена сталеві балка, на поверхню якої нанесено вогнезахисний матеріал (далі – покриття) завтовшки 10 мм;
- захищена сталеві балка з покриттям завтовшки 15 мм;
- захищена сталеві балка з покриттям завтовшки 20 мм.

Залежності теплопровідності  $\lambda_p$  та питомої об'ємної теплоємності  $c_p$ ,  $\rho_p$  покриття від температури наведено на рисунку 2. Ці теплофізичні властивості покриття визначено за методом, який наведено в додатку Л ДСТУ Б В.1.1-17 [3] (методом розв'язання оберненої задачі теплопровідності).

\* E-mail: novak.s.fire@gmail.com (S. Novak)

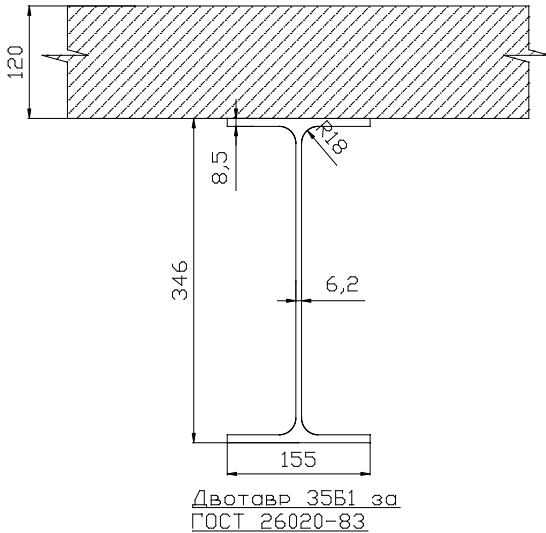


Рисунок 1 – Схема конструкції, що складається зі сталеві балки, на яку опирається бетонна плита перекриття

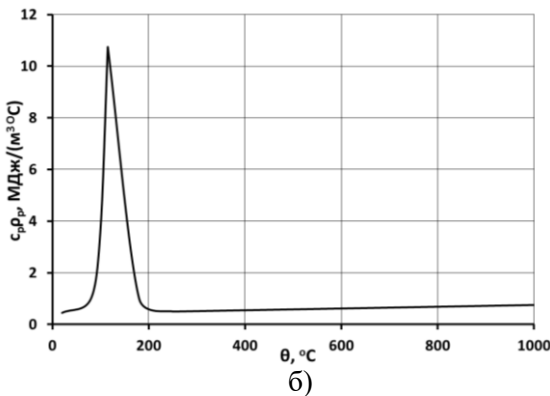
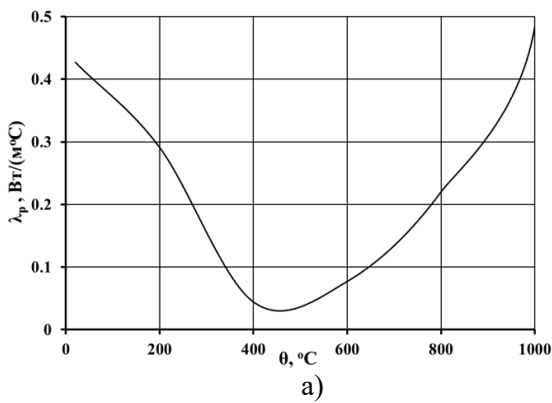


Рисунок 2 – Залежності теплопровідності (а) та питомої об’ємної теплоємності (б) покриття від температури

**Математичні моделі**

Відповідно до стандарту [1] при розрахунку рівномірного розподілу температури по перерізу сталеві конструкції теплообмін між цією конструкцією та іншими будівельними конструкціями, наприклад, з плитою перекриття, не враховують і вважають, що для

часу  $t$  вогневого впливу температура в усіх точках перерізу сталеві конструкції однакова. При цьому сталеві конструкцію розглядають, як окрему конструкцію, що має коефіцієнт перерізу  $A_m / V$  – для незахищеної сталеві конструкції або  $A_p / V$  – для захищеної сталеві конструкції, де  $A_m$  та  $A_p$  – площа поверхні, яка піддається вогневому впливу, для незахищеної та захищеної конструкції, відповідно;  $V$  – об’єм незахищеної сталеві конструкції. При розрахунку нерівномірного розподілу температури по перерізу сталеві конструкції теплообмін між цією конструкцією та іншими будівельними конструкціями враховують.

З урахуванням вищезазначеного та положень, наведених в стандартах [1] та [4], для розрахунків температури захищеної сталеві балки для рівномірного розподілу температури в її поперечному перерізі застосовували таку систему рівнянь [3]:

$$c_p \rho_p \frac{\partial \theta_p}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda_p \frac{\partial \theta_p}{\partial x} \right), \tag{1}$$

$$0 < x < d_p; \theta_p = \theta_p(x, t); 0 < t \leq t_{fi,requ},$$

– початкова умова:  $\theta_p(x, 0) = \theta_0,$  (2)

– гранична умова на обігрівній поверхні покриття, при  $x = d_p$ :

$$\lambda_p \frac{\partial \theta_p}{\partial x} = \alpha^* (\theta_{g,t} - \theta_m), \tag{3}$$

$$\alpha^* = \alpha_c + \Phi \cdot \varepsilon_m \cdot \varepsilon_f \cdot \sigma [(\theta_{g,t} + 273)^4 - (\theta_m + 273)^4] / (\theta_{g,t} - \theta_m), \tag{4}$$

– гранична умова на внутрішній поверхні покриття, при  $x = 0$ :

$$\lambda_p \frac{\partial \theta_p}{\partial x} = c_a \rho_a \frac{V}{A_p} \frac{\partial \theta_p}{\partial t}; \tag{5}$$

$$\theta_a(t) = \theta_p(0, t), \tag{6}$$

де  $x$  – координата в покритті ( $x = 0$  відповідає місцю контакту покриття зі сталеві поверхнею), м;

$t$  – час, с;

$t_{fi,requ}$  – час, який відповідає нормованій межі вогнестійкості,  $t_{fi,requ} = 60$  хв;

$\alpha_c$  – коефіцієнт тепловіддачі конвекцією на обігрівній поверхні покриття,  $\alpha_c = 25$  Вт/(м·К);

$\alpha^*$  – сумарний коефіцієнт тепловіддачі конвекцією та тепловою радіацією на обігрівній поверхні покриття, Вт/(м·К);

$\Phi$  – кутовий коефіцієнт,  $\Phi = 1,0$ ;

$\varepsilon_m$  – коефіцієнт теплового випромінювання обігрівної поверхні покриття,  $\varepsilon_m = 0,8$ ;

$\varepsilon_f$  – коефіцієнт теплового випромінювання полум'я,  $\varepsilon_f = 1,0$ ;

$\sigma$  – стала Стефана Больцмана,  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$  Вт/(м<sup>2</sup> К<sup>4</sup>);

$\theta_a$  – температура сталі, °С;

$\theta_{g,t}$  – температура газового середовища в момент часу  $t$ , яка змінюється за стандартним температурним режимом [1], °С;

$\theta_m$  – температура обігрівної поверхні покриття, °С;

$\theta_0$  – початкова температура,  $\theta_0 = 20$  °С;

$\theta_p$  – температура покриття, °С;

$\lambda_p$  – теплопровідність покриття, Вт/(м·К);

$c_a$  – питома теплоємність сталі відповідно до 6.5.3.1.2, Дж/(кг·К);

$c_p$  – питома теплоємність покриття, Дж/(кг·К);

$\rho_p$  – густина покриття, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_a$  – густина сталі,  $\rho_a = 7850$  кг/м<sup>3</sup>;

$A_p / V$  – коефіцієнт перерізу захищеної сталеві балки, м<sup>-1</sup>.

Для розрахунків температури незахищеної сталеві балки для рівномірного розподілу температури в її поперечному перерізі застосовували рівняння, наведені в [1], зокрема таке рівняння, за яким визначають підвищення температури сталеві балки:

$$\Delta\theta_{a,t} = k_{sh} \frac{A_m/V \cdot \dot{h}_{net}}{c_a \rho_a} \Delta t \quad (7)$$

де  $\Delta\theta_{a,t}$  – підвищення температури сталеві балки за проміжок часу  $\Delta t$ , °С;

$k_{sh}$  – коригувальний коефіцієнт ефекту затінення;

$A_m / V$  – коефіцієнт перерізу незахищеної сталеві балки, м<sup>-1</sup>;

$\dot{h}_{net}$  – розрахункове значення результуючого теплового потоку на обігрівній поверхні сталеві балки, Вт/м<sup>2</sup>;

$\Delta t$  – проміжок часу, с.

Для розрахунків нерівномірних розподілів температури в поперечному перерізі сталеві балки застосовували математичну модель нестационарної теплопровідності, яка враховує радіаційно-конвективний теплообмін від газового середовища до обігрівних поверхней балки та плити перекриття, кондуктивний

теплообмін у цих конструкціях та радіаційно-конвективний теплообмін від плити перекриття в навколишнє середовище з боку її поверхні, що не обігривається. Зазначена модель містить рівняння, аналогічні (1) – (4), які наведені для сталеві балки та плити перекриття для двохмірної постановки теплотехнічної задачі, а також рівняння ідеального теплового контакту між сталеві балкою та плитою перекриття.

При розрахунках теплофізичні властивості матеріалів задавались у вигляді залежностей від температури, наведених в 3.4 ДСТУ-Н Б EN 1993-1-2 [1] (для сталі) та 3.3 ДСТУ-Н EN 1992-1-2 [5] (для бетону). При цьому для бетону приймали вологість 3 %, густину 2300 кг/м<sup>3</sup> за температури 20 °С, змінення теплопровідності за верхньою граничною кривою.

### Результати розрахунків та їх аналіз

Розрахунки температури сталеві балки при її рівномірному розподілі були виконані із застосуванням комп'ютерної програми FRIEND [6], у якій впроваджено чисельний метод розв'язання за неявною кінцево-різницевою схемою апроксимації. На рисунку 3 наведено отримані розрахункові залежності температури сталеві балки від часу вогневого впливу для незахищеної сталеві балки та захищеної сталеві балки з покриттям завтовшки 10 мм, 15 мм та 20 мм.

Із аналізу цих залежностей випливає, що величина товщини покриття значно впливає на інтенсивність нагрівання сталеві балки і на значення розрахункові температури для часу 60 хв вогневого впливу, яке становить для незахищеної сталеві балки 937 °С, для захищеної сталеві балки: 703 °С – при товщині покриття 10 мм, 520 °С – при товщині покриття 15 мм, 366 °С – при товщині покриття 20 мм. На рисунку 4 надано залежність температури сталеві балки від товщини покриття для часу 60 хв вогневого впливу за стандартним температурним режимом. За цією залежністю визначають мінімальну товщину покриття, за якої розрахункове значення температури сталеві балки не перевищує розрахункового значення критичної температури сталі, що при застосуванні спрощеного методу [1] є умовою вогнестійкості сталеві конструкції.

Розрахунки нерівномірних розподілів температури в поперечному перерізі сталеві балки виконані із застосуванням комп'ютерної програми ANSYS FLUENT [7]. Розрахункова сітка моделі мала 40 тисяч розрахункових елементів.

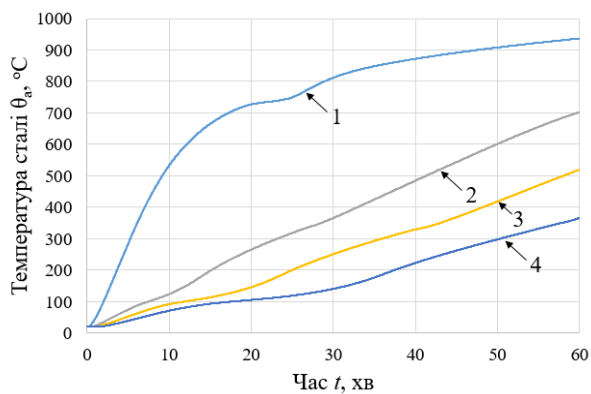


Рисунок 3 – Залежності температури сталевій балці від часу вогневого впливу: 1 – для незахищеної сталевій балці; 2, 3, 4 – для захищеної сталевій балці з покриттям завтовшки 10 мм, 15 мм та 20 мм

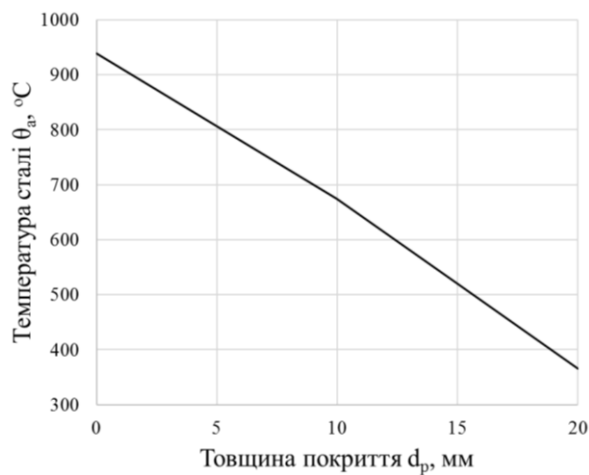


Рисунок 4 – Залежність температури сталевій балці від товщини покриття для часу 60 хв вогневого впливу

Розрахункові розподіли температури в поперечному перерізі сталевій балці та бетонній плити перекриття для часу 60 хв вогневого впливу за стандартним температурним режимом для варіантів із незахищеною та захищеною сталевією балкою наведено на рисунку 5. На рисунку 6 для цих же варіантів і моменту часу показано змінення температури сталі по висоті балки та бетону по товщині плити перекриття. На цьому рисунку  $x$  – це відстань по осі сталевій балці від її нижньої полки. Із аналізу рисунків 5 та 6 випливає, що для часу 60 хв вогневого впливу на рівень температури сталевій балці суттєво впливає величина товщини покриття, а температура сталевій балці змінюється по її висоті для всіх варіантів із незахищеною та захищеною балкою

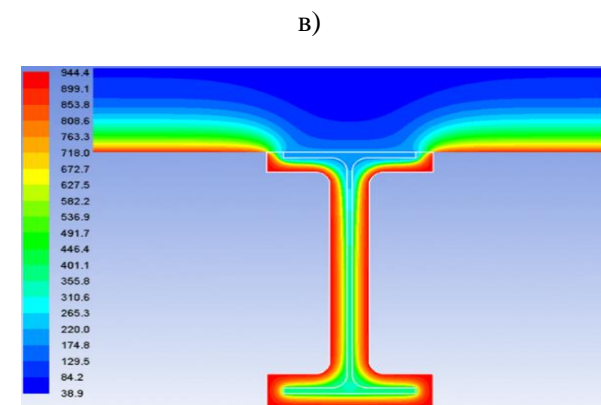
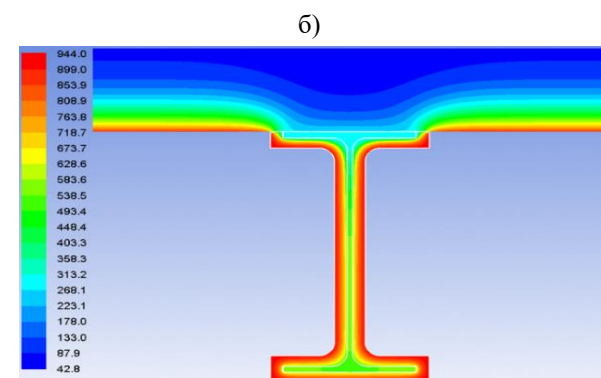
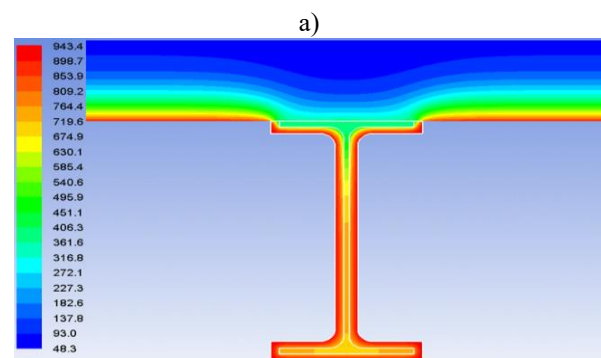
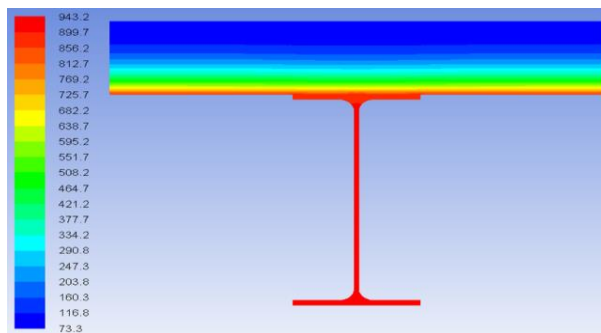


Рисунок 5 – Розподіли температури в поперечному перерізі плити перекриття та незахищеної сталевій балці (а), захищеної сталевій балці з покриттям завтовшки 10 мм (б), 15 мм (в), 20 мм (г) для часу 60 хв вогневого впливу



При цьому найменше змінення температури має місце для варіанта із незахищеною сталевією балкою, для якого температура балки однакова на відстані від 0 до 0,26 м і несуттєво зменшується (на 50 °С) на відстані від 0,3 м до 0,346 м (координата контакту сталевієї балки та бетонної плити перекриття). Для варіантів із захищеною сталевією балкою температура балки на відстані від 0 до 0,12 м підвищується на 23 - 40 °С, а на відстані від 0,12 до 0,346 м зменшується на 348 °С, 293 °С, 185 °С відповідно при товщині покриття 10 мм, 15 мм та 20 мм. Таке зменшення температури викликане значним тепловідводом від сталевієї балки до бетонної плити перекриття шляхом кондуктивного теплообміну. Про це свідчить хід ізотерм, наведених на рисунку 5, в зоні контакту балки з плитою перекриття.

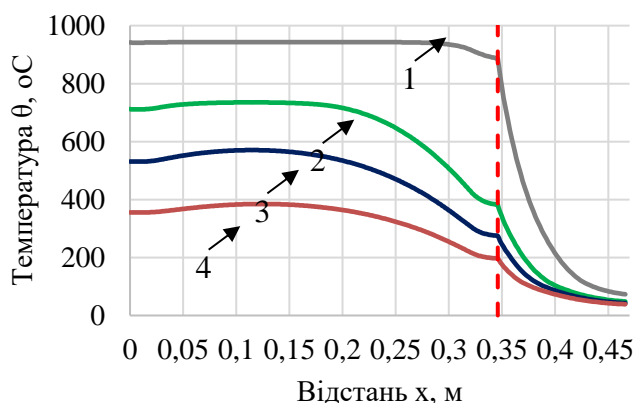


Рисунок 6 – Змінення температури сталі по висоті балки та бетону по товщині плити перекриття для часу 60 хв вогневого впливу: 1 – для незахищеної сталевієї балки; 2, 3, 4 – для захищеної сталевієї балки з покриттям завтовшки 10 мм, 15 мм та 20 мм

Із порівняння розрахункових температур в поперечному перерізі сталевієї балки, отриманих для варіантів рівномірного та нерівномірного розподілів (див. рисунок 7), впливає те, що значення температури балки при нерівномірному розподілі здебільшого менші, ніж при рівномірному розподілі. Найбільша різниця спостерігається, якщо у порівнянні брати значення температури в місці контакту балки та плити перекриття, і становить 316 °С, 242 °С, 166 °С відповідно при товщині покриття 10 мм, 15 мм та 20 мм. Більші значення температури при нерівномірному розподілі відносно температури при рівномірному розподілі (різниця на перевищує 51 °С) мають місце для захищеної сталевієї балки з товщиною покриття 10 мм та 15 мм на відстані (по її висоті)

від 0 до 0,21 м, а для балки з товщиною покриття 20 мм – на відстані від 0,04 м до 0,20 м.

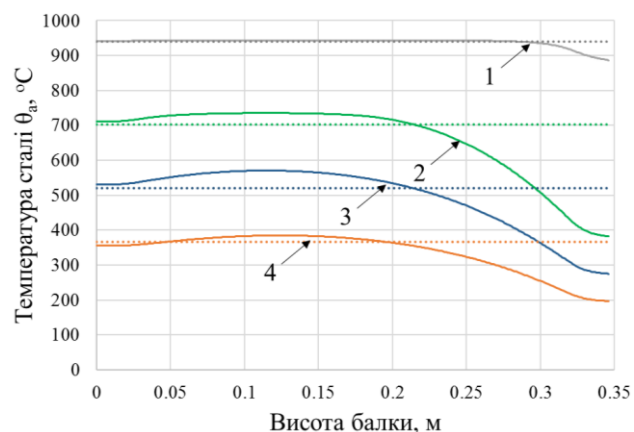


Рисунок 7 – Змінення температури сталі по висоті балки для часу 60 хв вогневого впливу для рівномірного (пунктирні лінії) і нерівномірного (суцільні лінії) розподілів температури для таких варіантів: 1 – незахищена сталева балка; 2, 3, 4 – захищена сталева балка з покриттям завтовшки 10 мм, 15 мм та 20 мм

З урахуванням вищезазначеного і положень стандарту [1] стосовно спрощених методів розрахунку вогнестійкості сталевих конструкцій впливає, що розрахункова вогнестійкість незахищеної і захищеної сталевієї балки при застосуванні нерівномірного розподілу температури по перерізу сталевієї конструкції в умовах вогневого впливу є більшою ніж при застосуванні рівномірного розподілу через те, що значення температури балки при нерівномірному розподілі здебільшого менші, ніж при рівномірному розподілі.

### Висновки

Визначено розрахунковими методами та проаналізовано рівномірні та нерівномірні розподіли температури по перерізу сталевієї балки (двотавр №35Б1 за ГОСТ 26020), на яку опирається бетонна плита перекриття завтовшки 120 мм, для часу 60 хв вогневого впливу за стандартним температурним режимом для незахищеної балки та балки, на поверхню якої нанесено покриття завтовшки 10 мм, 15 мм, 20 мм. Встановлено, що для усіх варіантів значення температури балки при нерівномірному розподілі здебільшого менші (максимальна різниця складає 316 °С), ніж при рівномірному розподілі. Найбільше перевищення температури балки при

нерівномірному розподілі над температурою при рівномірному розподілі становить 51 °С.

Встановлено, що при застосуванні нерівномірного розподілу температури по перерізу сталеві балки розрахункова вогнестійкість незахищеної і захищеної сталеві балки (двотавр №35Б1 за ГОСТ 26020) є більшою, ніж при застосуванні рівномірного розподілу температури.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ-Н Б EN 1993-1-2:2010 Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1991-1-2:2005, IDT).
2. ГОСТ 26020-83 Двутавры стальные горячекатаные с параллельными гранями полок. Сортамент (Двотаври сталеві гарячекатані з паралельними гранями полиць. Сортамент).
3. ДСТУ Б В.1.1-17:2007 Захист від пожежі. Вогнезахисні покриття для будівельних несучих металевих конструкцій. Метод визначення вогнезахисної здатності (EN 13381-4:2002, NEQ).
4. ДСТУ-Н Б EN 1991-1-2:2010 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-2. Загальні дії. Дії на конструкції під час пожежі (EN 1991-1-2:2002, IDT).
5. ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2:2012 Єврокод 2. Проектування залізобетонних конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1992-1-2:2004, IDT).
6. 10. Круковский П.Г. Обратные задачи тепло-массопереноса (общий инженерный подход). Киев, Институт технической теплофизики НАН Украины, 1998, 224 с.
7. C.T. Crowe, J.D. Swarzkopf, M. Sommerfeld, Y. Tsuji. Multiphase flows with droplets and particles. CRC Press; 1 edition (November 13, 1997).

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ В УСЛОВИЯХ ОГНЕВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ РАСЧЕТНЫМИ МЕТОДАМИ

*С.В. Новак<sup>1</sup>, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., П.Г. Круковский<sup>2</sup>, д-р техн. наук, проф., М.С. Перепелица<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Український науково-дослідницький інститут громадянської захисту, Україна*

<sup>2</sup>*Інститут технічної теплофізики НАН України*

---

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

огнестойкость, коэффициент сечения, критическая температура, распределение температуры, расчетные методы, стальная конструкция, теплофизические свойства.

### АННОТАЦИЯ

Приведена постановка задачи и результаты определения расчетными методами равномерных и неравномерных распределений температуры по сечению стальной балки, на которую опирается бетонная плита перекрытия толщиной 120 мм, для огневого воздействия по стандартному температурному режиму для незащищенной стальной балки и стальной балки, на поверхность которой нанесен огнезащитный материал толщиной 10 мм, 15 мм, 20 мм. Установлено, что при применении неравномерного распределения температуры по сечению стальной балки расчетная огнестойкость незащищенной и защищенной стальной балки (двотавр №35Б1 по ГОСТ 26020) является большей, чем при применении равномерного распределения температуры

## DETERMINATION OF THE TEMPERATURE DISTRIBUTION IN STEEL CONSTRUCTION IN TERMS OF FIRE EXPOSURE CALCULATION METHODS

*S. Novak<sup>1</sup>, Cand. of Sc. (Eng.), Sen. St. Sc., P. Krukovsky<sup>2</sup>, Doc. of Sc. (Eng.), Prof., M. Perepelytsia<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*The Ukrainian Civil Protection Research Institute, Ukraine*

<sup>2</sup>*Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

---

### KEYWORDS

fire resistance, factor section, critical temperature, temperature distribution, calculation methods, steel construction, thermal properties.

### ANNOTATION

A statement of the problem and the results of calculation of uniform and non-uniform temperature distributions on the cut steel beams, which resists concrete slab floor thickness of 120 mm, for fire exposure on a standard temperature conditions for unprotected steel beams and steel beams, the surface of which bear the fireproof material thickness of 10 mm, 15 mm, 20 mm. It is established that the application of non-uniform temperature distribution in cross section steel beam fire resistance design protected and unprotected steel beams is greater than with uniform temperature distribution.

УДК 614.842

## ВСТАНОВЛЕННЯ КОНЦЕПТУАЛЬНИХ ОСНОВ РОЗВИТКУ СИСТЕМИ ПОЖЕЖНОГО СПОСТЕРІГАННЯ В УКРАЇНІ

О.П. Борис\*

Український науково-дослідний інститут цивільного захисту, Україна

### ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції: 13.06.2016  
Пройшла рецензування: 25.07.2016

#### Ключові слова:

пожежне спостереження, пультові організації, розподілення передач тривожних сигналів, державне регулювання.

### АНОТАЦІЯ

Наведено результати аналітичної роботи щодо пожежного спостереження за автоматичними засобами протипожежного захисту об'єктів і передачі тривожних сповіщень. На основі аналізу та наукового узагальнення запропоновано новий концептуальний підхід до впровадження єдиної автоматичної системи контролю над засобами протипожежного захисту об'єктів і реагування на тривожні сигнали. Результати роботи спрямовані на забезпечення сталого технічного розвитку систем автоматичного протипожежного захисту та державного контролю у цій сфері.

Стан ринку автоматичних протипожежних систем в Україні має дуже слабку тенденцію до технічного розвитку. Впровадженням прогресивних (інноваційних) систем захисту займаються окремі суб'єкти господарської діяльності, стурбовані збереженням власності, і окремі ліцензіати, які мають відповідний рівень кваліфікації технічного персоналу. Першопричина збереження існуючого порядку - відсутність чіткого механізму управління ринком протипожежних послуг і як наслідок - зацікавленості суб'єктів господарювання в забезпеченні надійного протипожежного захисту. Крім того ситуацію ускладнює відсутність державного технічного регулювання цієї сфери. У першому випадку стимулом може бути лише цивілізована система страхування, в якій рівень пожежного ризику визначає суму страхового платежу. Таким чином, чим технічно досконаліша система автоматичного протипожежного захисту об'єкта, тим нижче індивідуальний ризик і ризик підприємства.

Однак недосконалість існуючого в Україні страхування, як фінансового інструменту стимулювання ринку, не є глухим кутом. Управління ринком протипожежних послуг може і повинно здійснюватися шляхом технічного регулювання. На жаль, відсутність ліцензійних умов, пасивність компетентних державних органів і зростання впливу комерційних структур в цій галузі призводить до перекосу ринку послуг. З одного боку мляво, але впроваджуються європейські стандарти, з іншого - не запроваджено механізм управління та контролю за їх реалізацією. Що по-суті неможливо при існуючій системі, адже

приватний бізнес не зацікавлений у введенні рамок контролю. Одним з інструментів цього механізму може бути нова редакція «Правил пожежного спостереження».

Існуюча система пожежного спостереження за автоматичними засобами протипожежного захисту (АЗППЗ) об'єктів і передачі тривожних сповіщень, що закріплена чинною редакцією Правил, недосконала. Зокрема вона призводить до наступного:

- монополізації приватними структурами ринку пожежного спостереження за АСППЗ і передавання тривожних сповіщень;
- відсутності відповідальності суб'єктів спостереження за хибні виклики підрозділів реагування;
- затягування часу реагування на пожежу;
- наявності умов для укриття пожеж від обліку;
- збільшення часу проходження сигналу про пожежу;
- недосконалості обліку та ефективності спрацювання АСППЗ;
- відсутності регламентованих вимог і правових відносин між суб'єктами спостереження;
- не визнання існуючих диспетчерських служб державних структур пультових організаціями;
- приховування незадовільного технічного стану АСППЗ об'єктів.

Для стимулювання ринку протипожежних послуг у сфері автоматичних засобів виявлення та реагування на пожежі треба намітити кінцеві цілі і визначити концептуальні перспективи його розвитку, які здатні усунути перераховані недоліки. При цьому необхідно звернути

\* E-mail: boris7877@ukr.net (O.Borys)

особливу увагу на перспективи імплементації Україною Європейської Директиви 2012/18/ЄС від 04.07.2012 «Про контроль масштабних аварій, пов'язаних із небезпечними речовинами» [2] та Розпорядження Кабінету Міністрів України від 01.04.2014 №333-р «Про схвалення Концепції Реформування місцевого самоврядування і територіальної організації влади в Україні» [3].

У довгостроковій перспективі можна визначити основну мету - введення єдиної автоматичної системи контролю над засобами протипожежного захисту об'єктів і оперативного реагування на їх спрацювання в режимі «Пожежа». Досягнення кінцевої мети вимагає поетапної реалізації через короткострокову і середньострокову перспективи, завдання яких визначаються загальним концептуальним рішенням.

Слід сприйняти, що механізм стимуляції ринку послуг нероздільно пов'язаний з фінансовим стимулятором - штрафними санкціями за хибні виклики підрозділів реагування. Це головний інструмент роботи системи, що застосовується державним регулятором.

Таким чином, завданнями короткострокової перспективи є розробка, і прийняття нової редакції Правил. Основними аспектами змін, в яких повинні бути: введення категорій

пультових організацій і вимог до них, а також затвердження технічної схеми розподіленої передачі сигналів «Несправність» та «Пожежа» від систем пожежної автоматики суб'єктів господарювання. Схема роздільних сигналів має полягати в прийнятті сигналу про технічну несправність АЗППЗ організацією, яка її обслуговує, а сигналу про пожежу - пультової організацією, що цілком відповідає вимогам [5,6].

Саме призначення тривожного сигналу «Пожежа», зазначає необхідність його передачі безпосередньо на пультову організацію, яка є невід'ємною частиною системи оперативного реагування на пожежу, тим більше, якщо це стосується об'єктів підвищеної небезпеки або стратегічного значення. При цьому отримання сигналу «Несправність» організацією, що обслуговує АЗППЗ значно знижує навантаження на пультові організації. Сигнал «Пожежа» має прерогативу оперативного реагування і нормується державним регулятором через Правила, а сигнал «Несправність» - цивільно-правовими угодами між замовником і обслуговуючою організацією та дає певний час на усунення несправностей АЗППЗ.

Типи пультових організацій, обов'язкові вимоги до них та їх основні завдання представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Типи пультових організацій

Пультова організація	Обов'язкові вимоги	Основні завдання
I типу	Юридична особа, уповноважена державою на виконання функцій реагування на надзвичайні ситуації, що має територіальну систему підрозділів реагування, оперативно-координаційний центр управління підрозділами.	Приймання сигналів про пожежу від об'єктів високого ступеню ризику. Передача сигналу до Оперативно-координаційного центру. Комутація регіональних систем пожежного спостереження.
II типу	Юридична особа будь-якої форми власності, зона відповідальності якої обмежується територією або об'єктом охорони. Наявність атестованого підрозділу реагування.	Прийом сигналу про пожежу і дублювання його на пульт I типу. Передача сигналу на виїзд територіальним або об'єктовим підрозділам реагування.
III типу	Юридична особа будь-якої форми власності або фізична особа – підприємець, що має відповідну ліцензію.	Прийом сигналів про пожежу від суб'єктів господарювання, що не належать до високого ступеня ризику Передача сигналу на пульт I типу.

Подібний розподіл дозволяє усунути існуючий казус невизнання Правилами диспетчерських служб територіальних

управлінь ДСНС і об'єктових пожежно-рятувальних частин, та законодавчо закріпить їх роль в системі пожежного спостереження. До того ж подібний розподіл дає можливість

реалізації положень СЕВЕЗО III в частині забезпечення державного контролю за об'єктами техногенного ризику. А також реалізації Концепції реформування місцевого самоврядування та територіальної організації влади в Україні в частині забезпечення правового поля для об'єднаних територіальних громад - технічної можливості координувати пожежогасіння в рамках «своїх» населених пунктів.

На цьому рівні необхідно провести апробацію схеми прийняття сигналу «Пожежа» пультами I типу шляхом безкоштовного підключення господарських органів, які вже мають договори на обслуговування з аварійно-рятувальними загонами територіальних підрозділів ДСНС, укладеними відповідно до [4]

Схема загальної системи передачі тривожних сигналів наведена на рисунку 1.

Пультові організації I типу повинні виконувати функції модераторів регіональних систем спостереження та реагування на пожежі інформація про які надходить від систем АЗППЗ об'єктів.

У середньостроковій перспективі необхідно вирішити два основні завдання: технічне переоснащення комутаційних систем зв'язку ДСНС України та затвердження нормативно-правового акта організаційно-фінансового характеру, який встановить відповідальність суб'єктів пожежного спостереження і чіткий механізм відшкодування державі збитків від хибних виїздів пожежно-рятувальних та аварійно-рятувальних підрозділів.

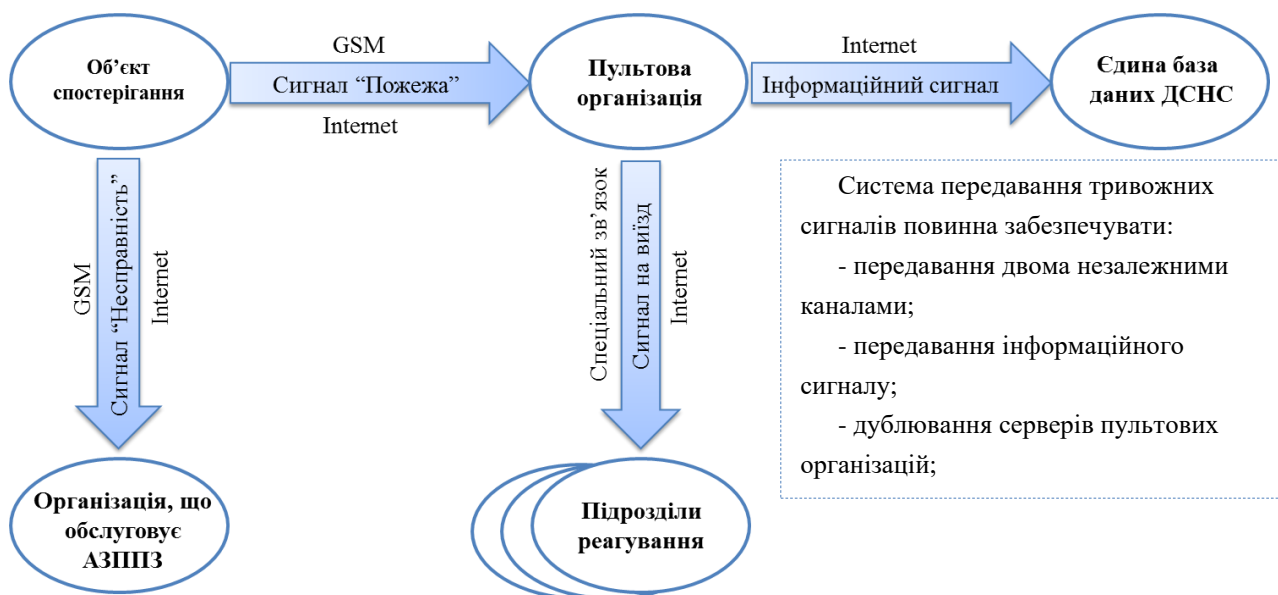


Рисунок 1 – Загальна схема передачі тривожних сигналів

Існуюча система зв'язку між підрозділами ДСНС недосконала і в багатьох випадках не може забезпечити автоматичне проходження сигналу на виїзд пожежно-рятувальних підрозділів, але може бути вирішена впровадженням Інтернет комунікацій.

Що стосується відповідальності за хибні виклики. Державою введена адміністративна і кримінальна відповідальність громадян за неправдиві виклики - стаття 183 Кодексу України про Адміністративні правопорушення та стаття 259 Кримінального кодексу України. При цьому відповідальність юридичних осіб та

фізичних осіб - підприємців за помилковий виїзд пожежного підрозділу у результаті технічної недосконалості АЗППЗ перед державою в Україні неврегульована. Введення штрафних санкцій, як фінансового важеля управління, стимулює ринок протипожежних послуг в сфері автоматичного пожежного захисту до технічного вдосконалення, зросте рівень відповідальності за працездатність систем.

Ймовірні функціональні сфери і зони відповідальності суб'єктів пожежного спостереження представлені у таблиці 2.

Таблиця 2 – Відповідальність суб'єктів пожежного спостереження

Суб'єкт відповідальності:	Господарчі суб'єкти та (або) суб'єкти технічного обслуговування АЗППЗ	Юридичні особи, що надають послуги комунікації(GSM, Internet тощо)	Пультова організація	Підрозділи реагування на пожежу	ДСНС України
Функціональна сфера:	Забезпечення подавання розділених тривожних сигналів, приймання сигналу «Несправність» та усунення несправностей	Передача сигналу від передавача до приймача	Приймання сигналу “Пожежа” та передавання до систем управління та реагування	Реагування на сигнал “Пожежа”	Реєстрація, обробка і збереження інформації
Відповідальність:	Технічно справний стан АЗППЗ та подачу тривожних сигналів	Гарантоване передавання сигналу	Своєчасна передача інформації	Вчасне прибуття і ліквідація пожежі	Ведення єдиної бази інформації

У довгостроковій перспективі завданням, крім основного - автоматичного режиму роботи системи пожежного спостереження та оперативного реагування на їх спрацювання, можна визначити наступне: впровадження механізму регулювання ринку протипожежних послуг в сфері забезпечення державного контролю над засобами протипожежного захисту об'єктів.

Очікувальними результатами впровадження Концепції має бути:

- дерегуляція ринку послуг у зазначеній сфері;
- удосконалення обліку пожеж на об'єктах, обладнаних системами АЗППЗ, обліку ефективності їх спрацювання;
- покращення якості технічного обслуговування автоматичних засобів протипожежного захисту об'єктів шляхом введення відповідальності за хибні виклики;
- імплементация обов'язкових вимог директиви ЄС (Севезо III) щодо об'єктів техногенної небезпеки;
- зменшення часу прибуття, удосконалення системи реагування та гасіння пожеж;
- підвищення рівня готовності підрозділів реагування до дій за призначенням;
- усунення корупційних складових шляхом прозорості відносин між суб'єктами системи пожежного спостереження;

реалізація основного повноваження органів місцевого самоврядування базового рівня щодо гасіння пожеж шляхом надання можливості створення на їх територіях пультових організацій.

В ході виконання всіх етапів має планово здійснюватися впровадження європейських стандартів, що регулюють сегмент протипожежного захисту об'єктів.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Правила з пожежного спостереження, затверджені наказом МВС України від 30.03.2015 № 349.
2. Директива 2012/18/ЄС Європейського парламенту і ради про контроль великих аварій, пов'язаних з небезпечними речовинами від 04.07.2012.
3. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 01.04.2014 №333-р «Про схвалення Концепції реформування місцевого самоврядування та територіальної організації влади в Україні».
4. Постанова Кабінету Міністрів України від 26.10.2011 №1102 «Деякі питання надання платних послуг підрозділами Міністерства надзвичайних ситуацій».
5. ДСТУ EN 54-1:2009 Системи пожежної сигналізації. Частина 1. Вступ.
6. ДСТУ EN 54-21:2009 Системи пожежної сигналізації. Частина 21. Пристрої передавання пожежної тривоги та попередження про несправність.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ ОСНОВ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ПОЖАРНОГО НАБЛЮДЕНИЯ В УКРАИНЕ

*А.П. Борис*

*Украинский научно-исследовательский институт гражданской защиты, Украина*

---

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

пожарное наблюдение, пультовые организации, распределения передачи тревожных сигналов, государственное регулирование.

### АННОТАЦИЯ

Приведены результаты анализа работы пожарного наблюдения за автоматическими средствами противопожарной защиты объектов и средствами передачи тревожных оповещений. На основании анализа и научного обобщения предложен новый концептуальный подход к внедрению единой автоматизированной системы контроля над средствами противопожарной защиты объектов и реагирования на тревожные сигналы. Результаты работы направлены на обеспечение устойчивого технического развития систем автоматической противопожарной защиты и государственного контроля в этой сфере

## DETERMINATION OF THE CONCEPTUAL FOUNDATIONS OF THE DEVELOPMENT OF THE FIRE SUPERVISION SYSTEM IN UKRAINE

*O. Borys*

*The Ukrainian Civil Protection Research Institute, Ukraine*

---

### KEYWORDS

fire supervision, remote control organizations, distribution of alarms transmission, governmental regulation.

### ANNOTATION

Results of the analytical work for the fire supervision of automatic fire protection means for the facilities as well as transmission of alarms are submitted. A new conceptual approach for the introduction of the united automatic system for the control of automatic fire protection means for the facilities and alarm responding is proposed based on analysis and scientific generalization. Results of the work are intended for the ensuring of sustainable development of automatic fire protection systems and governmental control in this sphere.



УДК 778.14:002:634

## ДОСЛІДЖЕННЯ НОРМАТИВНО-ПРАВОВИХ АКТІВ ТА ДОКУМЕНТООБІГУ ЛІСОПРОМИСЛОВОЇ ГАЛУЗІ З МЕТОЮ РОЗРОБЛЕННЯ ПРОЕКТУ ФОРМИ ПАСПОРТА ПОТЕНЦІЙНО НЕБЕЗПЕЧНОГО ОБ'ЄКТА НА ЛІСОВУ ДІЛЯНКУ

I. A. Reva\*

Науково-дослідний, проектно-конструкторський і технологічний інститут макрографії, Україна

### ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції: 24.11.2015  
 Пройшла рецензування: 07.07.2016

#### Ключові слова:

паспортизація, потенційно небезпечний об'єкт, Державний реєстр потенційно небезпечних об'єктів, лісова ділянка, паспорт потенційно небезпечного об'єкта.

### АНОТАЦІЯ

У статті наведено основні результати дослідження нормативно-правових актів та існуючого документообігу щодо визначення небезпечних об'єктів лісопромислової галузі. З метою розроблення форми паспорта потенційно небезпечного об'єкта визначено специфічні особливості паспортизації лісових ділянок.

Комплекс заходів з ведення Державного реєстру потенційно небезпечних об'єктів (далі – Державний реєстр ПНО) забезпечує збір, накопичення та актуалізацію інформації Державного реєстру ПНО щодо потенційно небезпечних об'єктів (далі – ПНО), адміністрування бази даних Державного реєстру ПНО, інформаційне обслуговування користувачів його даними, розроблення програмного забезпечення ведення Державного реєстру ПНО та інструктивних документів на створення, ведення та користування даними Державного реєстру ПНО. Відповідно до [1] реєстрації у Державному реєстрі ПНО підлягають усі розташовані на території України небезпечні об'єкти, на яких існує загроза виникнення НС незалежно від форми власності і підпорядкування.

Внесення до Державного реєстру ПНО інформації про ПНО відбувається відповідно до розроблених Науково-дослідним, проектно-конструкторським та технологічним інститутом мікрографії (далі – НДІ мікрографії) форм надання даних про ПНО – форм паспортів ПНО. За час існування Державного реєстру ПНО з метою його поповнення даними про небезпечні об'єкти згідно з специфікою об'єктів господарської діяльності та різноманітністю технічних характеристик ПНО, НДІ мікрографії були проведені дослідження та розроблені окремі форми паспортів ПНО. Необхідно зауважити, що структура інформації бази даних Державного реєстру ПНО постійно вдосконалюється, розроблюються нові форми

паспортів ПНО, це сприяє розширенню кола зареєстрованих об'єктів.

Метою є вдосконалення структури інформації бази даних Державного реєстру ПНО, а саме розроблення окремої форми паспорта ПНО на об'єкт потенційної небезпеки лісопромислової галузі – лісову ділянку. Це надасть можливість поповнити Державний реєстр ПНО інформацією про нові ПНО, що допоможе враховувати потенційну небезпеку та надавати вихідні дані для локалізації і ліквідації надзвичайних ситуацій (далі – НС) на об'єкті або на відповідній території.

Об'єктом дослідження є підприємства лісопромислової галузі України.

Предметом дослідження є виявлення об'єктів лісопромислової галузі України, на яких існує підвищена загроза виникнення НС.

Під час розроблення проекту форми паспорта ПНО на лісову ділянку проведено дослідження керівних та нормативних документів органів управління, підприємств, установ та організацій галузі лісового та мисливського господарства, статистичних даних та перспектив розвитку Державного агентства лісових ресурсів України (далі – ДАЛР).

Теоретичні дослідження ґрунтувались на аналізі нормативно-правових актів та нормативних документів лісопромислової галузі [2 – 10].

Відповідно до [2] усі ліси на території України, незалежно від того, на землях яких категорій за основним цільовим призначенням вони зростають та незалежно від права власності

\* E-mail: ndi\_m@ukr.net (I. Reva)

на них, становлять лісовий фонд України і перебувають під охороною держави.

З квітня 2011 року головним органом у системі центральних органів виконавчої влади з питань формування та забезпечення реалізації державної політики в галузі лісового та мисливського господарства є Міністерство аграрної політики та продовольства України, яке відповідно до покладених на нього завдань визначає пріоритетні напрями, стратегію та механізм розвитку в цій сфері, а також приймає нормативно-правові акти, що врегульовують питання лісового та мисливського господарства [11].

ДАЛР є центральним органом виконавчої влади, діяльність якого спрямовується і координується Кабінетом Міністрів України через Міністра аграрної політики та продовольства України, входить до системи центральних органів виконавчої влади і забезпечує реалізацію державної політики у сфері лісового та мисливського господарства. ДАЛР здійснює державне управління в галузі ведення лісового та мисливського господарства, є головним розпорядником бюджетних коштів, забезпечує функціонування державної лісової охорони, координує діяльність лісової охорони інших постійних лісокористувачів і власників лісів, забезпечує здійснення наземно-авіаційної охорони лісів від пожеж, незаконних рубок та інших порушень лісового законодавства, організовує виконання протипожежних, лісозахисних та інших лісоохоронних заходів на підприємствах, в установах та організаціях, що належать до сфери його управління тощо [12].

На рівні областей повноваження щодо реалізації державної політики у сфері лісового та мисливського господарства мають територіальні органи ДАЛР – обласні управління лісового та мисливського господарства. В АР Крим ці функції покладено на Республіканський комітет АР Крим по лісовому і мисливському господарству.

Ліси України за своїм призначенням і розміщенням виконують переважно водоохоронні, захисні, санітарно-гігієнічні, оздоровчі функції, а також забезпечують потреби суспільства в лісових ресурсах.

За офіційними даними ДАЛР, в Україні загальна площа лісового фонду становить 10,4 млн га, з яких лісовою рослинністю покриті 9,6 млн га. Більшість з них розташована на землях лісогосподарського призначення, хоча вони фактично можуть розташовуватись на всіх інших категоріях земель, належати до земель запасу чи резерву. В Україні історично

сформована ситуація з закріпленням лісів за численними постійними лісокористувачами. Зараз лісовий фонд України перебуває у віданні більше 50 міністерств, відомств і організацій. Найбільшими з них є ДАЛР – 73 % та органи місцевого самоврядування – 13 %, а близько 0,8 млн га лісів, або 8 %, зокрема 0,4 млн га полезахисних лісових смуг, перебувають на землях запасу сільських рад. У 2013 році за ініціативи ДАЛР внесені зміни до нормативно-правової бази і ДАЛР передані ліси, які перебували у віданні Міністерства аграрної політики та продовольства України. Завершується також процес передачі до сфери управління ДАЛР лісів, що перебувають у віданні Міністерства оборони України [13, 14].

Реорганізація, що триває в галузі лісового та мисливського господарства, не спричинить змін у вимогах керівних та нормативних документів щодо обліку лісів.

У ст. 4 [2] визначено, що до лісового фонду належать лісові ділянки, в тому числі захисні насадження лінійного типу, площею не менше ніж 0,1 га. До лісового фонду не відносяться зелені насадження в межах населених пунктів (парки, сади, сквери, бульвари тощо), які не віднесено установленим порядком до лісів; окремі дерева і групи дерев, чагарники на сільськогосподарських угіддях, присадибних, дачних і садових ділянках. Як бачимо, [2] запроваджено кількісну ознаку лісу – його площу. На підставі цього можна дійти висновку, що лісовий масив площею менше ніж 0,1 га в Україні до лісу не належить.

Лісова ділянка – ділянка лісового фонду України з визначеними межами, виділена відповідно до [2] для ведення лісового господарства та використання лісових ресурсів без вилучення її в землекористувача або власника землі. Відповідно до ст. 1 [2] лісові ділянки можуть бути вкриті лісовою рослинністю, а також постійно або тимчасово не вкриті лісовою рослинністю.

У межах лісових ділянок, що належать до однієї з категорій лісів, можуть бути виділені особливо захисні лісові ділянки, для яких встановлюється режим обмеженого лісокористування [5].

Облік лісів включає збір та узагальнення відомостей, які характеризують кожен лісову ділянку за площею, кількісними та якісними показниками.

Основні показники лісової ділянки – тип лісу і категорія:

– тип лісу визначає породний склад і структуру корінного (чи цільового) деревостану;

– категорія лісової ділянки визначає ті обмеження, які є необхідними для виконання лісом максимальною мірою функцій, передбачених законодавством.

Таким чином, лісові ділянки розподіляються за типами на такі, до яких входять основні лісоутворюючі деревні породи, інші деревні породи, чагарники. До основних лісоутворюючих деревних порід відносяться хвойні, твердолистяні та м'яколистяні. Детальніше розподіл за породами не розглядався.

Залежно від основних виконуваних лісами функцій їх поділяють на такі категорії:

- ліси природоохоронного, наукового, історико-культурного призначення;
- рекреаційно-оздоровчі ліси;
- захисні ліси;
- експлуатаційні ліси [5].

Межі лісів, визначених для віднесення до однієї з категорій, проводяться уздовж природних меж, кварталних просік, ліній зв'язку, електромереж та інших, чітко визначених на місцевості розмежувальних ліній – залізниць та автомобільних доріг, каналів, газо- та нафтопроводів, візирів, протипожежних розривів і вододільних ліній [5].

Тип лісу і категорія є основними показниками лісової ділянки. Насамперед тип лісу визначає породний склад і структуру корінного (чи цільового) деревостану, який може бути вирощений у певних умовах. Надалі категорія лісової ділянки визначає ті обмеження, які є необхідними для виконання лісом максимальною мірою тих функцій, які передбачено законодавством для лісів цієї категорії, тобто для вирощування деревостанів із необхідними параметрами.

Згідно з чинним лісовим та земельним законодавством, ліси та землі лісогосподарського призначення за рішенням органів виконавчої влади або органів місцевого самоврядування надаються для ведення лісового господарства в постійне користування спеціалізованим державним та комунальним лісогосподарським підприємствам, іншим державним і комунальним підприємствам, у яких створено спеціалізовані підрозділи [2, 3].

Тобто на законодавчому рівні закріплено, що ліси, на умовах постійного користування, можуть надаватись тільки підприємствам державної та комунальної власності, які згідно із

ст. 73, 74, 78 [4] утворюються компетентними органами державної влади (органами місцевого самоврядування).

Постійні лісокористувачі зобов'язані вести первинний облік лісів згідно з вимогами [7]. Документація державного лісового кадастру відповідно до ст. 52 [2] ведеться окремо по власниках лісів і постійних лісокористувачах.

Інформація державного лісового кадастру формується на підставі даних державного земельного кадастру, матеріалів лісовпорядкування, інвентаризації, обстежень і первинного обліку лісів за єдиною для України системою. Порядок ведення державного обліку лісів і державного лісового кадастру встановлює Кабінет Міністрів України. Під час складання державного лісового кадастру використовують такі документи:

- рішення про надання в користування земель лісового фонду або їх вилучення, зміну категорій захищеності та груп лісів;
- акти огляду місць рубок;
- акти технічного приймання лісових культур;
- акти переведення невикритих лісовою рослинністю земель у вкриті;
- акти натурного обстеження в разі зміни категорій земель у результаті господарської діяльності, стихійних лих та інших чинників.

Документація державного лісового кадастру ведеться за такими формами:

- № 1 «Розподіл лісових ділянок за категоріями в межах категорій лісів [вкриті лісовою рослинністю, не вкриті лісовою рослинністю лісові ділянки]»;
- № 2 «Розподіл вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок за панівними породами та групами віку»;
- № 3 «Загальні дані про лісовий фонд у розрізі адміністративно-територіальних одиниць»;
- № 4 «Розподіл вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок [площа хвойних, твердолистяних, м'яколистяних деревостанів] за повнотами та класами бонітетів [вікові групи]»;
- № 5 «Розподіл вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок [категорія лісів, господарства, панівні деревні породи] за 10-річними віковими періодами» [7].

Відповідно до вищезазначеного державний лісовий кадастр – це звід відомостей, який охоплює:

- облік якісного і кількісного стану лісового фонду України;

– поділ лісів на категорії залежно від основних виконуваних ними функцій;  
 – грошову оцінку лісів (за потреби);  
 – інші показники.

Таким чином, лісова ділянка, як об'єкт великої площі, може бути паспортизована за такими даними:

– місце розташування лісової ділянки: область, АР Крим, район області, район АР Крим, назва сільської, селищної чи міської ради, у межах якої знаходиться ділянка;

– назва постійного лісокористувача;  
 – площа ділянки.

Крім того, додатково лісову ділянку охарактеризовано за такими основними показниками:

– категорія лісу;  
 – тип лісу;  
 – клас пожежної небезпеки.

На рисунках 1, 2 наведено окремі розділи розробленого проекту форми паспорта ПНО на лісову ділянку.

1 ДОВІДКОВІ ДАНІ ПРО ПОТЕНЦІЙНО НЕБЕЗПЕЧНИЙ ОБ'ЄКТ									
1.1	Повна назва лісової ділянки (ПНО)								
1.2	Місцезнаходження лісової ділянки:								
1.2.1	область, АР Крим								
1.2.2	район (райони) області, район АР Крим								
1.2.3	назва сільської, селищної чи міської ради, в межах якої знаходиться ділянка								
1.3	Відповідальна особа ПНО (юридична), повна назва лісокористувача:								
1.3.1	місцезнаходження юридичної особи (адреса, поштовий індекс)								
1.3.2	телефон		код		електронна адреса				
1.3.3	Керівник (посада, прізвище, ініціали)								
1.4	Відповідальна особа ПНО (фізична):								
1.4.1	місце проживання фізичної особи, відповідальної за ПНО (адреса, поштовий індекс)								
1.4.2	телефон		код		електронна адреса				
1.5	Ідентифікаційний код відповідальної особи ПНО:								
1.5.1	юридичної (за ЄДРПОУ)								
1.5.2	фізичної (підприємця)								
1.6	Код виду економічної діяльності (КВЕД) за ДК 009								
1.7	Відомча належність (назва органу управління)								
1.7.1	центральний орган виконавчої влади								
1.7.2	місцевий орган виконавчої влади								
1.7.3	інші органи управління								
<b>Примітка.</b> Рядки 1.4.1, 1.4.2 та 1.5.2 заповнюють тільки фізичні особи – суб'єкти підприємницької діяльності									

Рисунок 1 – Розділ проекту форми паспорта ПНО на лісову ділянку «Довідкові дані про потенційно небезпечний об'єкт»

4	ЗАГАЛЬНІ ДАНІ			
4.1	Загальна площа лісової ділянки, га			
4.2	Тип рельєфу місцевості (рівнинний, гірський)			
4.3	Клас природної пожежної небезпеки згідно з наказом Держкомлісгосп України від 27.11.2004 № 278 (1, 2, 3, 4, 5)			
5	ХАРАКТЕРИСТИКА ЛІСОВОЇ ДІЛЯНКИ (наказ ДКЛГ України від 01.10.2010 № 298)			
5.1	Категорії лісів	Загальна площа, га	Вкриті лісовою рослинністю, га	Нормативна грошова оцінка, тис. грн
5.1.1	Ліси природоохоронного, наукового, історико-культурного призначення			
5.1.2	Рекреаційно-оздоровчі ліси			
5.1.3	Захисні ліси			
5.1.4	Разом лісів з особливим режимом користування			
5.1.5	Експлуатаційні ліси			
5.2	Деревні породи	Вкриті лісовою рослинністю, га	Загальний запас деревостанів, тис. м <sup>3</sup>	
5.2.1	Хвойні			
5.2.2	Твердолистяні			
5.2.3	М'яколистяні			
5.2.4	Разом основні деревні породи			
5.2.5	Інші породи			

Рисунок 2 – Розділи проекту форми паспорта ПНО на лісову ділянку «Загальні дані» та «Характеристика лісової ділянки»

Однією з основних природних небезпек, характерних для України, є лісові пожежі. Лісова пожежа – стихійне поширення вогню територією лісового фонду.

Аналіз пожежної ситуації в лісах за останні роки свідчить, що формується вона переважно під впливом антропогенних чинників та погодних умов. Необережне поводження з вогнем є причиною від 92 % до 99 % випадків пожеж. Неконтрольоване проведення весною та восени випалювання сухої трави на сінокосах, пасовищах, а також стерні на полях призводить до виникнення від 2,9 % до 4 % випадків лісових пожеж. Причиною пожежі стають джерела вогню техногенного характеру: від обриву ліній електропередач, від залізничного та автомобільного транспорту, а також від пожеж на складах чи інших об'єктах, що розташовані в лісі чи біля нього. Причиною пожежі можуть бути і злочинні дії – підпали [13]. Проведення у 2014 році бойових дій (АТО) в Донецькій та Луганській областях призвело до виникнення лісових пожеж в значних масштабах. Так, за даними ДАЛР [14] за минулий рік (станом на 01.10.2014) в лісах підвідомчих підприємств

ліквідовано 1078 пожеж, якими пошкоджено 4526,4 га лісових насаджень, у тому числі верховими пожежами – 724,7 га.

Часто через різні причини, коли не вдається ліквідувати лісову пожежу на початковій стадії її розвитку, вона може набути ознак НС. Поширюючись на значні площі, такі пожежі є серйозною загрозою для розташованих у лісових масивах і поблизу них об'єктів.

Лісова пожежа, тільки за поширенням, ідентифікується як НС, коли її площа перевищує 25 га для верхової пожежі та 50 га – для низової, а для заповідних територій та об'єктів особливого природоохоронного значення – відповідно 5 га та 10 га [10].

За статистичними даними останніх п'яти років у середньому в Україні виникає близько 7-10 таких НС щороку, виключенням є 2013 рік, коли було зареєстровано 2 НС, пов'язані із пожежами в природних екосистемах [13, 14].

НС супроводжується негативною дією уражальних чинників, що може спричинити людські жертви, завдати шкоди здоров'ю людей, довкіллю, призвести до значних

матеріальних втрат і порушення умов життєдіяльності.

Уражальну дію природних лісових пожеж визначають хімічний і теплофізичний чинники. Для лісових пожеж у зонах радіоактивного зараження додатковим є вплив іонізуючого випромінювання. Вплив хімічного чинника призводить до забруднення атмосфери, ґрунту, гідросфери, внаслідок утворення небезпечних димів, недостатньої кількості кисню в зоні горіння. Теплофізичний чинник характеризується дією на людей та об'єкти полум'я високої температури, інтенсивним тепловим потоком, вогняним вихором та смерчем. Вплив уражальних чинників лісових пожеж на потенційно небезпечні об'єкти промислові, а також інші об'єкти, розташовані в межах лісових ділянок та поблизу них, може підвищити рівень НС до державного.

Нормативно-правовий акт покладе обов'язок з охорони лісів від пожеж, їх гасіння та облік на постійних лісокористувачів, тобто на державні та комунальні лісогосподарські підприємства, у віданні яких перебувають ліси [8]. Забезпечення пожежної безпеки в лісі покладатиметься на керівників лісогосподарських підприємств та громадян, що ведуть лісове господарство, і є складовою частиною службових обов'язків посадових осіб лісокористувачів усіх рівнів. Для визначення сил, засобів та заходів з попередження та ліквідування можливих НС виникає необхідність прогнозування лісових пожеж та їхніх наслідків.

Для прогнозування лісових пожеж початковими даними є:

- клас природної пожежної небезпеки земельних ділянок лісового фонду;
- клас пожежної небезпеки в лісі за умовами погоди;
- розташування та площа ділянок лісового фонду;
- дані про рельєф місцевості;
- наявність потенційних джерел вогню на зазначених ділянках лісового фонду, зокрема даних про грозову активність.

Відповідно до [15] для запобігання, виявлення і гасіння лісових пожеж постійні лісокористувачі створюють відомчу пожежну охорону, основною структурною одиницею якої є лісопожежна станція (далі – ЛПС). Якщо

створення ЛПС не доцільне, то у структурних підрозділах лісових господарств створюються пункти зосередження протипожежного устаткування та інвентарю.

Треба зауважити, що протипожежний захист в лісах – це значний комплекс заходів, спрямованих на запобігання, профілактику та ліквідацію загорянь у лісових масивах. Тому стан системи протипожежного захисту є важливою складовою характеристики лісової ділянки, до показників яких відносять:

- протяжність мінеральних смуг, протипожежних розривів, заслонів, доріг загального і протипожежного призначення;
- кількість пожежних водойм, обладнаних під'їздів до водних об'єктів;
- кількість пожежоспостережних пунктів, веж.

Шкалу оцінки природної пожежної небезпеки лісових ділянок за ступенем пожежної небезпеки, в основу якої покладено шкалу Мелехова [16], застосовано в різних законодавчих документах, зокрема в [8].

Згідно з [8] за ступенем пожежної небезпеки лісові масиви поділяють на п'ять класів:

- 1-й клас – висока пожежна небезпека;
- 2-й клас – вище середньої;
- 3-й клас – середня;
- 4-й клас – нижче середньої;
- 5-й клас – низька.

Організаційні заходи щодо попередження та ліквідування можливих лісових пожеж у лісових масивах містять мобілізаційно-оперативний план ліквідації лісових пожеж, який до початку пожежонебезпечного періоду кожного року складається за типовою формою [8] та погоджується з керівниками міських і районних гарнізонів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту України, з державною лісовою охороною та підприємствами, установами й організаціями, що включені до цього плану.

Підрозділи Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту України під час виникнення лісової пожежі повинні взаємодіяти з підрозділами державної лісової охорони відповідно до [17].

Відповідно до наведеного вище було розроблено розділ проекту форми паспорта ПНО на лісову ділянку, який наведено на рисунку 3.

6 СТАН СИСТЕМИ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ (наказ ДКЛГ України від 27.11.2004 № 278)			
Ч. ч.	Назва	Кількісні показники	Відповідність вимогам безпеки (відповідає, не відповідає)
1	Мінеральні смуги, км		
2	Противопожежні розриви, км		
3	Противопожежні заслони, км		
4	Дороги протипожежного призначення, км		
5	Дороги загального призначення, км		
6	Дороги лісогосподарського призначення, км		
7	Пожежні водойми, одиниць		
8	Обладнані під'їзди до водних об'єктів, одиниць		
9	Обладнані пожежоспостережні пункти (вежі, щогли тощо), одиниць		
10	Пункти зосередження протипожежного устаткування, одиниць		
11	Посадочний майданчик для вертольоту, одиниць		
12	Лісова пожежна станція (за наявності), місцезнаходження		

Рисунок 3 – Розділ проекту форми паспорта ПНО на лісову ділянку «Стан системи протипожежного захисту»

На підставі вищезазначеного можна дійти висновків:

1. Лісова пожежа може спричинити порушення умов життєдіяльності людей на окремій території чи об'єкті, неможливість проживання населення на території чи об'єкті, ведення господарської діяльності, викликати загибель людей та призвести до значних матеріальних збитків, тобто поширитись до рівня НС. Цим зумовлюється необхідність віднесення лісової ділянки до ПНО.

2. Постійною обліковою й організаційно-господарською одиницею в лісі є лісова ділянка.

3. Лісова ділянка як об'єкт великої площі може бути паспортизована за такими даними:

- місце розташування лісової ділянки: область, АР Крим, район області, район АР Крим, назва сільської, селищної чи міської ради, у межах якої знаходиться ділянка;

- назва постійного лісокористувача;

- площа ділянки.

Крім того, лісову ділянку додатково характеризують за такими основними показниками:

- категорія лісу;

- тип лісу;

- клас пожежної небезпеки.

4. Паспорт ПНО на лісову ділянку може забезпечити суб'єктів управління органів

місцевого самоврядування та органи державної виконавчої влади початковими даними для прогнозування наслідків можливих НС.

5. Форму паспорта ПНО на лісову ділянку розроблено вперше. Лісова ділянка за параметрами небезпеки значно відрізняється від інших ПНО, тому форма паспорта є специфічною, притаманною тільки лісовій ділянці. Актуальність розроблення форми паспорта на лісову ділянку полягає в тому, що на території України значну частину лісового фонду (понад 50 %) становлять ліси 1-го, 2-го та 3-го класу пожежної небезпеки, тобто найбільш пожежонебезпечні. Розроблення проекту форми паспорта на лісову ділянку здійснювалось на підставі існуючого документообігу та відповідно до вимог нормативно-правових актів лісового господарства.

Результати проведених досліджень дозволять розширити обсяг знань щодо процесів виникнення загроз НС у регіонах України, стануть підставою для здійснення оптимізації, розподілення та використання ресурсів у сфері ЦЗ.

Актуалізація та поповнення бази даних Державного реєстру ПНО інформацією про нові ПНО сприятиме виконанню основного завдання Єдиної державної системи цивільного захисту України – забезпечення готовності міністерств

та інших центральних і місцевих органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування, підпорядкованих їм сил і засобів до дій, спрямованих на запобігання і реагування на НС.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Про затвердження Положення про Державний реєстр потенційно небезпечних об'єктів : постанова Кабінету Міністрів України від 29 серпня 2002 р. № 1288 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1288-2002>
2. Лісовий кодекс України [Текст] : станом на 01 січ. 2015 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/3852-12>
3. Земельний кодекс України [Текст] : станом на 06 вер. 2014 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2768-14>
4. Господарський кодекс України [Текст] : станом на 03 січ. 2015 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/436-15>
5. Про затвердження Порядку поділу лісів на категорії та виділення особливо захисних лісових ділянок : постанова Кабінету Міністрів України від 16 травня 2007 р. № 733 // Офіц. вісн. України. – 2007. – № 37. – Ст. 1483.
6. Про затвердження Порядку ведення державного лісового кадастру та обліку лісів : постанова Кабінету Міністрів України від 20 червня 2007 р. № 848 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/848-2007>
7. Про затвердження Інструкції про порядок ведення державного лісового кадастру і первинного обліку лісів : наказ Державного комітету лісового господарства України від 01 жовтня 2010 р. № 298 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z1267-10>
8. Про затвердження Правил пожежної безпеки в лісах України : наказ Державного комітету лісового господарства України від 27 грудня 2004 р. № 278 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0328-05>
9. Безпека у надзвичайних ситуаціях. Терміни та визначення основних понять [Текст] : ДСТУ 3891–99. – [Чинний від 2000–01–01]. – К. : Держстандарт України, 1999. – 21 с. – (Державний стандарт України).
10. Про затвердження Класифікаційних ознак надзвичайних ситуацій : наказ МНС України від 12 грудня 2012 р. № 1400 [Електронний ресурс] – Режим доступу : <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0040-13>
11. Положення про Міністерство аграрної політики та продовольства України : указ Президента України від 23 квітня 2011 р. № 500/2011 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/500/2011>
12. Про затвердження Положення про Державне агентство лісових ресурсів України : постанова Кабінету Міністрів України від 8 жовтня 2014 р. № 521 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/521-2014>
13. Офіційний інформаційний портал ДСНС України / Розділ Оперативна інформація / Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2013 році [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://www.mns.gov.ua/content/national\\_lecture.html](http://www.mns.gov.ua/content/national_lecture.html)
14. Державне агентство лісових ресурсів України [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://dklg.kmu.gov.ua/forest/control/uk/publish/article?art\\_id=62940&cat\\_id=34019](http://dklg.kmu.gov.ua/forest/control/uk/publish/article?art_id=62940&cat_id=34019)
15. Кодекс цивільного захисту України [Текст] : станом на 01 січ. 2015 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>
16. Мелехов И. С. Природа леса и лесные пожары [Текст] / И. С. Мелехов. – Архангельск : АЛТИ, 1947. – 126 с.
17. Інструкція про порядок взаємодії підрозділів відомчої пожежної охорони Держкомлісгоспу України і пожежно-рятувальних підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту МНС України під час гасіння лісових пожеж : НАПБ Б.05.023-2007 [Чинна від 2007–03–12] [Електронний ресурс] – Режим доступу : <http://document.ua/instrukcija-pro-porjadok-vzaemodiyi-pidrozdiliv-vidomchoyi-p-nor9826.html>



## ИССЛЕДОВАНИЕ НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫХ АКТОВ И ДОКУМЕНТООБОРОТА ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОЙ ОТРАСЛИ С ЦЕЛЬЮ РАЗРАБОТКИ ПРОЕКТА ФОРМЫ ПАСПОРТА ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНОГО ОБЪЕКТА НА ЛЕСНОЙ УЧАСТОК

*И.А. Рева*

*Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт микрографии, Украина*

---

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

паспортизация, потенциально опасный объект, Государственный реестр потенциально опасных объектов, лесной участок, паспорт потенциально опасного объекта

### АННОТАЦИЯ

В статье приведены основные результаты исследования нормативно-правовых актов и существующего документооборота по определению опасных объектов лесопромышленной отрасли. С целью разработки формы паспорта потенциально опасного объекта определены специфические особенности паспортизации лесных участков

## RESEARCH OF REGULATIONS AND DOCUMENT FLOW OF THE FOREST INDUSTRY FOR THE PURPOSE OF DEVELOPMENT OF A PASSPORT FORM PROJECT OF HAZARDOUS FACILITY FOR A FOREST SITE

*I. Reva*

*Research, Design-Engineering, and Technology Institute for Micrography, Ukraine*

---

### KEYWORDS

certification, potentially hazardous facility, the State register of potentially hazardous facilities, forest site, passport of potentially hazardous facility

### ANNOTATION

The article presents the main results on the research of regulations and existing document flow for identification of hazardous facilities of the forestry industry. The specific features of the forest sites certification were defined for the purpose of the passport form development

УДК 681.3.06

## ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ ПАСПОРТИЗАЦІЇ ПОТЕНЦІЙНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ТА ВЕДЕННЯ ДЕРЖАВНОГО РЕЄСТРУ ПОТЕНЦІЙНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Л.В. Сухорецька\*

Науково-дослідний, проектно-конструкторський і технологічний інститут макрографії, Україна

### ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції: 08.10.2015  
Пройшла рецензування: 22.07.2016

#### Ключові слова:

паспортизація, потенційно небезпечний об'єкт, Державний реєстр потенційно небезпечних об'єктів, Інтернет-технології, програмний засіб.

### АНОТАЦІЯ

Розглянуто проблемні питання, пов'язані з документообігом Державного реєстру потенційно небезпечних об'єктів. Надано інформацію щодо нових розроблених спеціалізованих програмних засобів, які дозволяють автоматизувати процеси паспортизації потенційно небезпечних об'єктів, ведення Державного реєстру потенційно небезпечних об'єктів, формування Свідоцтв про реєстрацію потенційно небезпечних об'єктів. Висвітлено переваги застосування Інтернет-технологій.

Державний реєстр потенційно небезпечних об'єктів (далі – Державний реєстр ПНО) є автоматизованою інформаційно-довідковою системою з обліку та обробки інформації щодо потенційно небезпечних об'єктів (далі – ПНО). Збір інформації про ПНО для цієї системи здійснюється шляхом підготовки та подання паспорта ПНО (паспортизації), у подальшому ця інформація накопичується в базі даних (далі – БД) Державного реєстру ПНО. Інформація про небезпечні об'єкти призначена для підтримки управлінських рішень у сферах цивільного захисту, техногенної безпеки, планування робіт із формування страхового фонду документації України на ПНО та використовується (у межах повноважень) центральними та місцевими органами виконавчої влади, органами місцевого самоврядування, Головними управліннями (Управліннями) Державної служби України з надзвичайних ситуацій (далі – ДСНС), відповідальними особами ПНО, Державним департаментом страхового фонду документації України (далі – Державним департаментом СФД), і тому має бути актуальною – відповідати фактичному стану ПНО на теперішній момент часу. Саме в процесі ведення Державного реєстру ПНО забезпечується своєчасні збір, накопичення та актуалізація (оновлення) інформації про небезпечні об'єкти.

У наукових роботах, які виконував протягом останніх років НДІ макрографії [1 – 5], висвітлено результати досліджень процесів ведення Державного реєстру ПНО та паспортизації ПНО, виявлено та

систематизовано деякі їх недоліки, встановлено можливі напрями вдосконалення цих процесів, що перш за все спрямовано на зменшення трудомісткості робіт, пов'язаних із внесенням інформації в БД Державного реєстру ПНО та оформленням Свідоцтв про реєстрацію потенційно небезпечних об'єктів у Державному реєстрі потенційно небезпечних об'єктів (далі – Свідоцтво про реєстрацію ПНО), тобто на автоматизацію зазначених процесів, а також на встановлення сталого зв'язку із відповідальними особами ПНО для оперативного уточнення (доопрацювання) даних про підпорядковані небезпечні об'єкти (ПНО) та вирішення інших поточних питань.

До вхідних документів, що забезпечують ведення Державного реєстру ПНО, відносяться регіональні переліки ПНО, паспорти ПНО, повідомлення про зміни у формі паспорта ПНО. Форми цих документів передбачені чинним Положенням про паспортизацію ПНО [6]. Крім цього, передбачено Заяву на реєстрацію об'єкта, зразок якої наведено в додатку 1 до Стандарту надання Державним департаментом СФД адміністративної послуги щодо видачі Свідоцтва про реєстрацію ПНО [7].

Паспорт ПНО є основним документом, через який забезпечується ведення Державного реєстру ПНО. Інформація паспортів ПНО має структурований вигляд, що дозволяє її вносити до електронної БД Державного реєстру ПНО, де вона зберігається. Повідомлення про зміни у паспорті ПНО дозволяють оперативно вносити в БД деякі невеликі зміни, що відбулися на об'єкті.

\* E-mail: [ndi\\_m@ukr.net](mailto:ndi_m@ukr.net) (L. Suhoretska)

Крім зазначених документів, у процесі ведення Державного реєстру ПНО до НДІ мікрографії надходить значна кількість неструктурованих документів. Це вхідні або внутрішні розпорядчі документи керівництва (постанови, рішення, протоколи, доручення), що стосуються ведення Державного реєстру ПНО, запити про надання певної інформації або роз'яснень, що стосуються реєстрації ПНО, та вихідні документи, які утворюються в процесі основної діяльності – ведення Державного реєстру ПНО. Окрему групу становлять документи, які надходять на адресу НДІ мікрографії, але не мають безпосереднього відношення до системи документів Державного реєстру ПНО – це повідомлення про результати ідентифікації ПНО, плани ліквідації аварій та аварійних ситуацій тощо. Усі зазначені документи зберігаються на паперових носіях. Деякі документи мають електронні аналоги (переліки ПНО, незначна кількість паспортів ПНО).

Документообіг – це рух документів між їх укладачами та виконавцями по інформаційних технологічних ланцюжках, який дає можливість поінформувати всіх заінтересованих осіб, довести до них прийняті рішення, здійснювати облік та контроль. Документообіг включає в себе вхідні, вихідні та внутрішні потоки, за якими надходять документи. Обсяг документообігу становить кількість документів, що надійшла в установу, та створених в установі за визначений період. Потрібно підкреслити, що від того, наскільки налагоджено документообіг,

залежить ефективність установи. Що має вирізняти документообіг, пов'язаний з веденням Державного реєстру ПНО, як особливий елемент?

По-перше, тип документа (його шаблон, формат).

По-друге, маршрут проходження усередині установи.

По-третє, регламентований доступ до документа поза його маршрутом.

Середній обсяг надходження паспортів ПНО за останні сім років становить понад 3380 паспортів на рік. У 2014 році НДІ мікрографії отримав 2 769 паспортів ПНО та повідомлень про зміни у паспорті ПНО, це майже на 12 % більше ніж у 2013 році. Незважаючи на політичні події, що сталися в Україні: тимчасова окупація Автономної Республіки Крим і міста Севастополь у березні 2014 року та бойові дії на територіях Донецької і Луганської областей, – кількість паспортів ПНО не зменшилась.

У таблиці 1 наведено систематизовані за регіональним принципом кількісні дані щодо ведення Державного реєстру ПНО за 2014 рік, а саме: кількість отриманих та внесених до БД Державного реєстру ПНО паспортів ПНО, а також підготовлених даних для видачі Свідоцтв про реєстрацію ПНО.

За таких обсягів вхідної структурованої документації очевидною є доцільність автоматизації процесів ведення Державного реєстру ПНО, видачі та обліку Свідоцтв про реєстрацію ПНО, паспортизації ПНО.

Таблиця 1 – Кількість отриманих паспортів ПНО, внесених паспортів ПНО до БД Державного реєстру ПНО та даних для видачі Свідоцтв про реєстрацію ПНО у 2014 році

Область (регіон) України	Кількість отриманих паспортів ПНО, шт.	Кількість внесених паспортів ПНО, шт.	Кількість підготовлених даних для видачі Свідоцтв, шт.
АР Крим	73	72	72
Вінницька	36	39	39
Волинська	50	47	47
Дніпропетровська	313	293	245
Донецька	162	167	167
Житомирська	66	62	62
Закарпатська	22	22	23
Запорізька	97	69	69
Івано-Франківська	126	118	118
Київська	94	85	83
Кіровоградська	88	93	93

Продовження таблиці 1

Луганська	79	73	73
Львівська	53	35	31
Миколаївська	96	77	73
Одеська	87	83	83
Полтавська	261	197	196
Рівненська	39	65	65
Сумська	88	90	90
Тернопільська	9	7	7
Харківська	221	269	270
Херсонська	93	54	54
Хмельницька	87	59	59
Черкаська	49	49	49
Чернівецька	62	62	62
Чернігівська	242	154	154
м. Київ	164	132	132
м. Севастополь	12	11	11
Разом:	2 769	2 484	2 427

Ключова проблема документообігу, пов'язана з веденням Державного реєстру ПНО, майже не відрізняється від інших подібних проблем. Для її вирішення, перш за все, необхідним є створення єдиного «документаційного простору», який дозволяє всім учасникам документообігу (відповідальні особи ПНО, НДІ мікрографії, Державний департамент СФД, територіальні та місцеві органи державного нагляду у сфері цивільного захисту тощо) обмінюватися в мережі Інтернет електронними документами, що мають певну юридичну силу.

Найбільш прийнятним шляхом вдосконалення процесів паспортизації ПНО та ведення (актуалізації) Державного реєстру ПНО є використання всіма заінтересованими особами сучасних інформаційних технологій на всіх стадіях: підготовка та подання паспорта ПНО, оброблення та внесення його даних у БД Державного реєстру ПНО, підготовка, видача та облік Свідоцтв про реєстрацію ПНО. Впровадження нових механізмів та форматів надання даних про ПНО, їх обліку має підвищити загальну заінтересованість у Державному реєстрі ПНО як джерелі даних для інших інформаційно-аналітичних систем. Крім того, необхідно підкреслити переваги поліпшення безпеки під час роботи з електронними документами, бо організація

відповідної системи захисту унеможливить несанкціонований доступ до відомостей про ПНО, а запис усіх проведених операцій з вхідними документами дозволить відновити історію дій з кожним окремим документом.

У 2014 НДІ мікрографії проведено ряд науково-дослідних робіт, спрямованих на розроблення та впровадження нових моделей паспортизації ПНО та ведення Державного реєстру ПНО в умовах застосування Інтернет-технологій, розроблено нові спеціалізовані програмні засоби (далі – СПЗ), здатні забезпечити автоматизацію робіт та підвищити їх ефективність. При цьому під Інтернет-технологіями розумілася сукупність програмних продуктів, програмних рішень та комунікаційних протоколів, об'єднаних єдиною концепцією обміну інформацією між зацікавленими особами через мережу Інтернет.

Паспортизація ПНО в умовах застосування Інтернет-технологій здійснюється на підставі електронних паспортів ПНО – електронних документів, де певна структурована інформація про ПНО зафіксована у вигляді електронних даних, включаючи обов'язкові реквізити документа (далі – ЕП ПНО). У процесах паспортизації ПНО та ведення Державного реєстру ПНО під поняття електронного документа підпадає тільки ЕП ПНО, інформація з якого вноситься до БД. Слід зауважити, що у зв'язку з останніми змінами до законодавства

електронний підпис не є обов'язковим реквізитом електронного документа. Статтею 8 Закону [8], що визначає правовий статус електронного документа, передбачено, що юридична сила електронного документа не може бути заперечена виключно через те, що він має електронну форму, і встановлено вичерпний перелік випадків, коли електронний документ не може бути застосовано як оригінал. Відповідно до сформованої практики застосування документованої інформації, однією з основних властивостей документа є саме наявність у ньому реквізитів, що дозволяють його ідентифікувати, тобто встановлювати джерело його походження, авторства. Відсутність ідентифікуючих реквізитів і неможливість встановити джерело походження позбавляє інформацію статусу документа. Таким чином, ЕП ПНО повинен містити обов'язкові реквізити документа, тобто обов'язкові дані, без яких він не може бути підставою для обліку і не матиме юридичної сили.

Перелік обов'язкових реквізитів електронних первинних документів встановлено частиною 2 статті 9 Закону [9] та пунктом 2.4 Положення [10]. Спираючись на ці норми, ЕП ПНО повинен для прийняття його на облік, в обов'язковому порядку містити такі реквізити:

- назва документа (форми);
- найменування підприємства, установи, від імені яких складений документ;
- дата і місце складання;
- посади і прізвища осіб, відповідальних за зміст ЕП ПНО і правильність його оформлення;
- особистий чи електронний підпис або інші дані, що дають змогу ідентифікувати особу, яка затверджувала ЕП ПНО.

Зважаючи на те, що послуга надання електронного цифрового підпису стала безкоштовною для всіх установ та організацій всіх форм власності, всіх суб'єктів господарської діяльності та фізичних осіб, вимога підтвердження (засвідчення) достовірності інформації, яка внесена до форми ЕП ПНО, не матиме труднощів.

Залежно від характеру операції та технології обробки даних до ЕП ПНО можуть бути включені додаткові реквізити. Тільки за наявності зазначених реквізитів ЕП ПНО буде мати юридичну значущість і доказовість. Реалізацію цих вимог необхідно передбачити, розробляючи форми ЕП ПНО.

Слід зауважити, що необов'язковість наявності електронного підпису або печатки не означає їх скасування. Будь-який ступінь захисту форми ЕП ПНО не гарантує правильність його заповнення. Якщо функцію

авторизації можна виконати без підпису на підставі обов'язкових реквізитів, то правильність заповнення форми ЕП може гарантувати тільки підпис відповідальної особи.

До особливостей ведення Державного реєстру ПНО в умовах використання Інтернет-технологій слід віднести умови зберігання ЕП ПНО. Законом [8] встановлені вимоги, яких повинні дотримувати під час зберігання електронних документів:

а) інформація, що міститься в електронних документах, повинна бути доступною для її подальшого використання.

Тобто, щоб бути доступною, інформація в електронній формі повинна бути читабельною та такою, що інтерпретується. Для цього необхідно мати відповідне програмне забезпечення;

б) повинна бути забезпечена можливість відновлення електронного документа у тому форматі, в якому він був створений, відправлений або одержаний.

Тобто електронний документ не обов'язково зберігається в незмінному вигляді. Зазвичай у процесі роботи з документами вони декодуються, архівуються або зберігаються в іншому форматі. Але необхідно забезпечити переформатування електронного документа в будь-який момент в первинний вигляд;

в) повинна зберігатися інформація, яка дає змогу встановити зміни документа, а також дату і час втручання.

Мова йде про метадані (приховані дані) – інформацію, яка включає дані про створення, зміну, видалення документа, хто і звідки мав доступ до нього. Метадані не завжди мають вичерпну інформацію, але є важливими особливо з точки зору контролю доступу до БД Державного реєстру ПНО.

В умовах використання Інтернет-технологій зміниться і порядок подання паспорта ПНО. Якщо паперовий паспорт надходив декількома шляхами, то тепер він буде надходити безпосередньо від відповідальної особи ПНО. Це накладає додаткові вимоги і потребує більш конкретного уточнення повноважень і обов'язків як Державного департаменту СФД, так і НДІ мікрографії. Слід зауважити, що згідно з Положенням [11] інформація Державного реєстру ПНО є власністю держави. Спираючись на досвід ведення інших державних реєстрів та враховуючи те, що НДІ мікрографії здійснює наукове, технічне та методичне забезпечення ведення та розвитку державних реєстрів, доцільно ввести в нормативно-правові акти такі поняття:

– «держатель Державного реєстру ПНО» (далі – держатель Реєстру);

– «адміністратор Державного реєстру ПНО» (далі – адміністратор Реєстру).

Введення цих понять дозволить більш логічно розподілити потоки інформації та технологію оброблення ЕП ПНО та розробити алгоритм оброблення ЕП ПНО адміністратором Реєстру та взаємодії з держателем Реєстру, а на

його підставі побудувати нові моделі паспортизації ПНО та ведення Державного реєстру ПНО згідно з методологією функціонального моделювання IDEF0.

Контекстну діаграму паспортизації ПНО наведено на рисунку 1.

Контекстну діаграму ведення Державного реєстру ПНО наведено на рисунку 2.

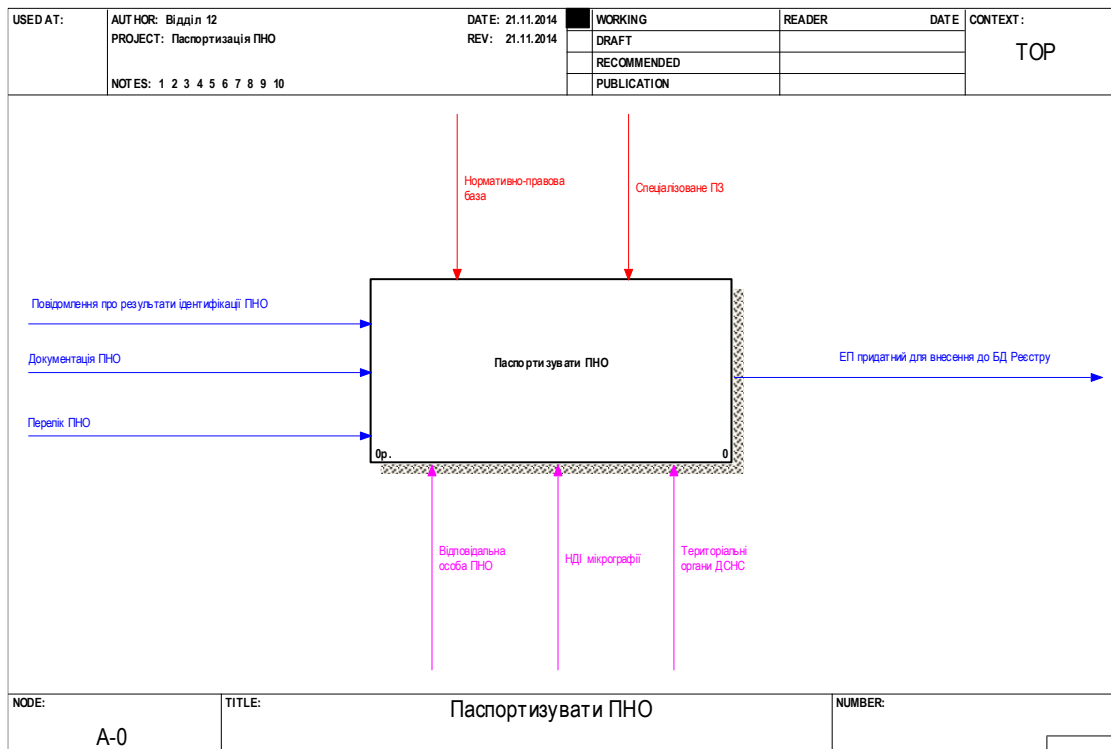


Рисунок 1 – Модель IDEF0. Контекстна діаграма паспортизації ПНО

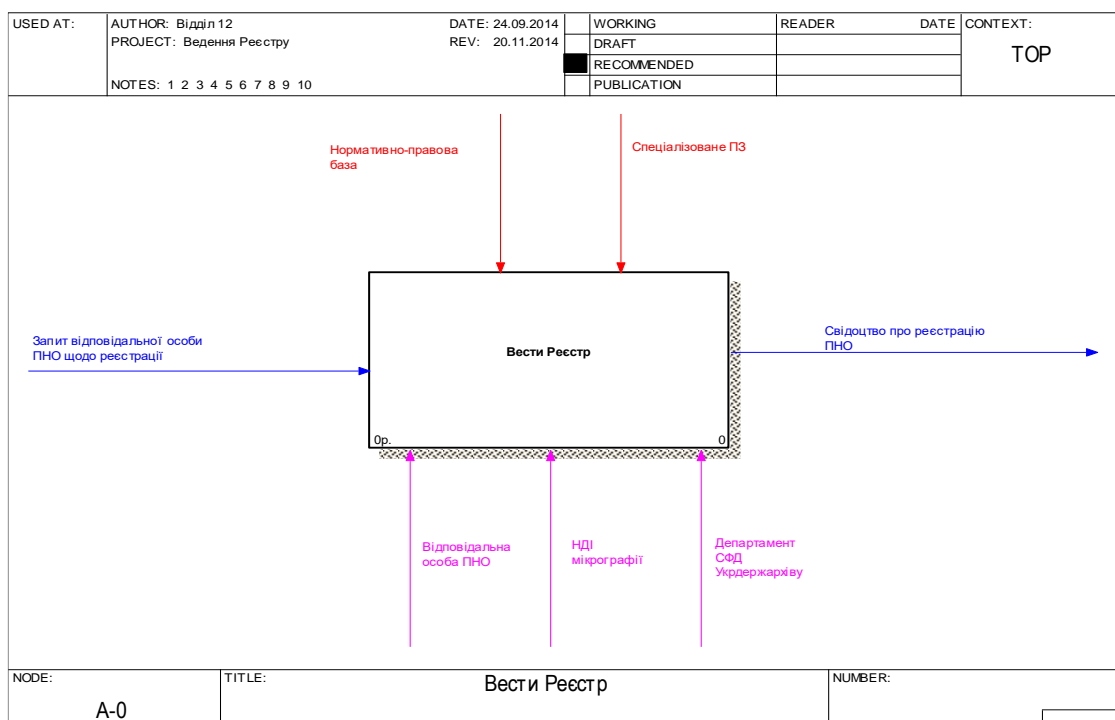


Рисунок 2 – Модель IDEF0. Контекстна діаграма ведення Державного реєстру ПНО

Для забезпечення технічних умов застосування ЕП ПНО НДІ мікрографії має надсилати відповідальним особам ПНО клієнтську частину (далі – КЧ) СПЗ мережею Інтернет. Після інсталяції КЧ СПЗ відповідальна особа ПНО може здійснити реєстрацію, налаштувати зв'язок з веб-сервером, отримати необхідну форму ЕП ПНО після чого здійснити її інформаційне наповнення, додати необхідні реквізити або електронний підпис, та надіслати на веб-сервер НДІ мікрографії. За потреби, відповідальна особа ПНО формує аналогічний паперовий паспорт ПНО, затверджує його у встановленому [6] порядку та надсилає для підтвердження даних ЕП ПНО. Застосування розробленого СПЗ дозволяє відповідальним особам ПНО не тільки оперативно заповнювати та надсилати ЕП ПНО на реєстрацію, а ще й отримувати певну інформацію щодо проходження реєстрації, необхідності доопрацювання ЕП ПНО тощо мережею Інтернет.

Надісланий на реєстрацію ЕП ПНО потрапляє в проміжну БД, де зберігається у черзі на оброблення. Внесення до БД Державного реєстру ПНО відомостей про ПНО здійснюється в порядку надходження ЕП ПНО мережею Інтернет до проміжної БД за умови встановлення автентифікації відповідальної особи ПНО та відсутності зауважень до його оформлення. ЕП ПНО, який в процесі аналізу чи після його доопрацювання визнано придатним для внесення в БД, експортується з проміжної БД на змінний носій інформації, після чого здійснюється імпорт даних ЕП ПНО з проміжного носія інформації в БД Державного реєстру ПНО. Про факт внесення даних ЕП ПНО в БД Державного реєстру ПНО відповідальну особу ПНО повідомляють окремо. Внесення даних ЕП ПНО в БД Державного реєстру ПНО передбачає актуалізацію інформації про вже зареєстровані ПНО або внесення нової інформації про ПНО, які ще не було зареєстровано. Таким чином, автоматизуються найбільш трудомісткі операції, пов'язані з внесенням даних про ПНО до Державного реєстру ПНО. Облік та систематизацію відпрацьованих ЕП ПНО СПЗ не забезпечує і вони здійснюються окремо.

Оформлення, облік та видача Свідоцтва про реєстрацію ПНО здійснюється Державним департаментом СФД за допомогою розробленого НДІ мікрографії комплексного СПЗ «Веб-Свідоцтво», яке складається з ПЗ «Веб-Свідоцтво: Адміністратор» з функціональним програмним модулем

«Свідоцтво: Створення файлу імпорту» та ПЗ «Веб-Свідоцтво: Перегляд».

Розроблений ПЗ «Веб-Свідоцтво: Адміністратор» застосовується Державним департаментом СФД для автоматизації робіт з оформлення, обліку та видачі Свідоцтв про реєстрацію ПНО, а також для інформаційної підтримки процесів формування БД Свідоцтв про реєстрацію ПНО та БД системи обліку публічної інформації – «Megapolis. Документообіг». Функціональний програмний модуль «Свідоцтво: Створення файлу імпорту» застосовується НДІ мікрографії для формування оновленої (актуалізованої) БД Свідоцтв про реєстрацію ПНО.

Розроблений ПЗ «Веб-Свідоцтво: Перегляд» може застосовуватися центральними та місцевими органами виконавчої влади, органами місцевого самоврядування, державними аварійно-рятувальними службами та юридичними чи фізичними особами, які зареєстрували небезпечні об'єкти господарської діяльності в Державному реєстрі ПНО для доступу до БД Свідоцтв про реєстрацію ПНО засобами Інтернет-технологій, а саме пошуку необхідної інформації про ПНО (назва об'єкта, його місцезнаходження, код об'єкта в Єдиному державному реєстрі підприємств та організацій України, реєстраційний номер ПНО в Державному реєстрі ПНО) або для формування звіту у вигляді файлу формату \*.pdf за результатами пошуку.

Дослідна експлуатація розроблених СПЗ, що була проведена НДІ мікрографії спільно з Державним департаментом СФД у 2014 році, показала переваги застосування Інтернет-технологій щодо процесів паспортизації ПНО та ведення Державного реєстру ПНО, виявила нові властивості системи документообігу і, в цілому, має покращити його ефективність.

Розроблене СПЗ найближчим часом необхідно доопрацювати в частині забезпечення автоматизованого обліку та систематизації отриманих ЕП ПНО за територіальним принципом, а також доповнити новими властивостями щодо узагальнення інформації та створення необхідних звітних документів.

Новизна проведених НДІ мікрографії досліджень полягає в тому, що процеси паспортизації ПНО та ведення Державного реєстру ПНО в умовах їх адаптації до Інтернет-технологій зазнають значних змін, а оброблення даних про ПНО вперше відбувається згідно з новою моделлю застосування Інтернет-технологій. На підставі вищезазначеного можна дійти висновку, що чинні нормативно-правові

акти, які регламентують процеси паспортизації ПНО та ведення Державного реєстру ПНО, потребують вдосконалення і внесення змін, які стосуються:

– організації процесу паспортизації ПНО, що обов'язково вплине на якість і точність інформації, яка вводиться до БД Державного реєстру ПНО;

– особливостей паспортизації ПНО і ведення Державного реєстру ПНО в умовах застосування Інтернет-технологій.

Форми паспортів ПНО також потребують коригування щодо актуальності інформаційних даних та особливостей застосування в нових умовах. Тобто для впровадження зазначених Інтернет-технологій потрібно вирішити низку нормативних, технологічних та технічних питань.

Очевидно, що основні резерви підвищення ефективності роботи з БД Державного реєстру ПНО та з відповідальними особами ПНО полягають саме в широкому впровадженні та застосуванні розроблених СПЗ для вирішення поставлених завдань як фахівцями Державного департаменту СФД, НДІ мікрографії, так і територіальними підрозділами ДСНС.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ведення Державного реєстру потенційно небезпечних об'єктів. Аналіз та узагальнення даних про потенційно небезпечні об'єкти України, підготовка даних для актуалізації бази даних Державного реєстру потенційно небезпечних об'єктів, актуалізація бази даних Державного реєстру потенційно небезпечних об'єктів : звіт про НДР (заключний) / НДІ мікрографії ; кер. Костенко Г. С.; викон.: Головіна Л. М. [та ін.]. – Х., 2010. – 103 с. – № ДР 0109U005085.
2. Ведення Державного реєстру потенційно небезпечних об'єктів. Аналіз та узагальнення даних про потенційно небезпечні об'єкти України, підготовка даних для актуалізації бази даних Державного реєстру потенційно небезпечних об'єктів, актуалізація бази даних Державного реєстру потенційно небезпечних об'єктів : звіт про НДР (заключний) / НДІ мікрографії ; кер. Костенко Г. С.; викон.: Головіна Л. М. [та ін.]. – Х., 2011. – 96 с. – № ДР 0111U004357.
3. Аналіз статистичних даних про потенційно небезпечні об'єкти та розроблення нових структурних елементів інформаційного наповнення Державного реєстру потенційно небезпечних об'єктів : звіт про НДР (заключний) / НДІ мікрографії ; кер. Кривулькін І. М. ; викон.: Мурзін В. Ю. [та ін.]. – Х., 2012. – 153 с. – № ДР 0112U004142.
4. Дослідження статистичних даних про потенційно небезпечні об'єкти та розроблення нових структурних елементів інформаційного наповнення Державного реєстру потенційно небезпечних об'єктів : звіт про НДР (заключний) / НДІ мікрографії ; кер. Мурзін В. Ю. ; викон.: Сухорецька Л. В. [та ін.]. – Х., 2013. – 221 с. – № ДР 0113U003284.
5. Дослідження процесів ведення Державного реєстру потенційно небезпечних об'єктів та паспортизації потенційно небезпечних об'єктів в умовах адаптації до Інтернет-технологій, розроблення нових структурних елементів його інформаційного наповнення : звіт про НДР (проміжний) / НДІ мікрографії ; кер. Мурзін В. Ю. ; викон.: Сухорецька Л. В. [та ін.]. – Х., 2014. – 195 с. – № ДР 0114U004669.
6. Про затвердження Положення про паспортизацію потенційно небезпечних об'єктів : наказ МНС України від 18 грудня 2000 р. № 338, зареєстрований в Міністерстві юстиції України 24 січня 2001 р. за № 62/5253 [із змін.] [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0062-01>.
7. Про затвердження Стандарту надання Державним департаментом страхового фонду документації адміністративної послуги щодо видачі Свідоцтва про реєстрацію об'єкта у Державному реєстрі потенційно небезпечних об'єктів : наказ МНС України від 12 листопада 2010 р. № 1016, зареєстрований в Міністерстві юстиції України 09 грудня 2010 р. за № 1235/18530 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z1235-10>.
8. Про електронні документи та електронний документообіг : закон України від 22 травня 2003 р. № 851-IV [із змін.] [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/851-15>.
9. Про бухгалтерський облік та фінансову звітність в Україні : закон України від 16 липня 1999 р. № 996-XIV [із змін.] [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/996-1419>.
10. Про затвердження Положення про документальне забезпечення записів у бухгалтерському обліку : наказ Міністерства фінансів України від 24 травня 1995 р. № 88, зареєстрований в Міністерстві юстиції України 05 червня 1995 р. за № 168/704 [із змін.] [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0168-95>.
11. Про затвердження Положення про Державний реєстр потенційно небезпечних об'єктів : постанова Кабінету Міністрів України від 29 серпня 2002 р. № 1288 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1288-2002-%D0%BF>.



## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПАСПОРТИЗАЦИИ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ И ВЕДЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕЕСТРА ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ**

*Л.В. Сухорецкая*

*Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт микрографии, Украина*

---

### **КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА**

паспортизация, потенциально опасный объект, Государственный реестр потенциально опасных объектов, Интернет-технологии, программное средство.

### **АННОТАЦИЯ**

Рассмотрены проблемные вопросы, связанные с документооборотом Государственного реестра потенциально опасных объектов. Предоставлена информация о новых разработанных специализированных программных средствах, которые позволяют автоматизировать процессы паспортизации потенциально опасных объектов, ведение Государственного реестра потенциально опасных объектов, формирование Свидетельств о регистрации потенциально опасных объектов. Рассмотрены преимущества применения Интернет-технологий.

## **IMPROVEMENT OF THE CERTIFICATION PROCESSES OF POTENTIALLY DANGEROUS OBJECTS AND CONDUCT OF THE STATE REGISTER OF POTENTIALLY DANGEROUS OBJECTS**

*L. Suhoretska*

*Research, Design and Technology Institute of micrographs, Ukraine*

---

### **KEYWORDS**

certification, potentially dangerous object, the State register of potentially dangerous objects, Internet technologies, software.

### **ANNOTATION**

The article considers problematic issues associated with circulation of documents of the State register of potentially dangerous objects. It contains the information about new specialized software that allows automating the certification processes of potentially dangerous objects, conduct of the State register of potentially dangerous objects, forming of the registration certificate of potentially dangerous objects. It describes advantages of the Internet technologies using.

УДК 614.841.332

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОНФІГУРАЦІЇ ВОГНЕВОЇ ПЕЧІ НА РІВНОМІРНІСТЬ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ПО ОБІГРІВАЛЬНІЙ ПОВЕРХНІ ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ СТІНИ ПРИ ЇЇ ВИПРОБУВАННЯХ НА ВОГНЕСТІЙКІСТЬ

О.М. Нуянзін<sup>1\*</sup>, канд. техн. наук, М.А. Кришталь<sup>1</sup>, канд. психол. наук, проф., К.В. Болжаларський<sup>2</sup>, С.О. Сідней<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України

<sup>2</sup>ГУ ДСНС України в Запорізькій області

### ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції: 13.06.2016

Пройшла рецензування: 14.07.2016

#### Ключові слова:

обчислювальний експеримент, дисперсія температури, несуча стіна, рівномірність температурного поля.

### АНОТАЦІЯ

У даній роботі представлено результати чисельного моделювання процесу випробування на вогнестійкість залізобетонних стін у різних конфігураціях вогневих печей. Виходячи з отриманих результатів побудовано залежності значень дисперсії температури на поверхні кожної зі змодельованих конструкцій камери печі протягом обчислювального експерименту та різниці між максимальною та мінімальною температурою на поверхні залізобетонної конструкції. Визначено конфігурацію з найбільш рівномірним розподілом температур на обігрівальній поверхні залізобетонної стіни.

**Постановка проблеми.** Оскільки випробування у вогневих печах [1, 2] здійснюється в умовах «стандартного» температурного режиму, виникає питання про рівномірність прогріву залізобетонної стіни в залежності від конфігурації та дизайну вогневої печі, так як внутрішня будова камери, розміщення пальників та отворів для відведення продуктів горіння впливає на рівномірність розподілу температури по обігрівальній поверхні вертикальної конструкції, зокрема залізобетонної стіни.

**Аналіз останніх досягнень і публікацій.** Дослідженнями вогнестійкості залізобетонних конструкцій займалися і займаються багато науковців, зокрема Яковлев О. І., Ройтман В. М., Бушев В. П., Мілованов О. Ф., Фомін С. Л., Страхов В. Л., Круковський П. Г., Новак С. В., T. Lie, V. Bartelemi, G. Kruppa, T. Harmathy та інші.

У роботах [3–5] було описано процес створення комп'ютерної моделі вогневої печі, на якій проводилися реальні випробування, в середовищі програмного комплексу CFD FlowVision 2.5, та проведено обчислювальний експеримент в ході якого, показано ефективність моделювання теплових процесів для подальшого її використання при вивченні впливу конструктивних характеристик вогневих печей на їх метрологічні показники.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття.** Відповідно до проведених раніше

досліджень [3–5], недосконалість конструкції, метрологічного забезпечення та методів управління паливно-форсуночною системою створюють умови, при яких відбувається нерівномірний розподіл температур на обігрівальній поверхні конструкції.

У існуючих наукових роботах не досліджено вплив нерівномірності розподілу температур по обігрівальній поверхні залізобетонних стін протягом вогневих випробувань на достовірність їх результатів.

З огляду на це, для проведення досліджень передбачається використання існуючих конструкцій вертикальних вогневих печей і досвіду проектування подібних пристроїв [6] з урахуванням основних вимог [1, 2].

**Постановка задачі та її розв'язання.** Використовуючи математичний апарат та модель, описані в [3–4], опираючись на їх адекватність, доведено в [5], за допомогою комп'ютерного моделювання у даній статті було розглянуто ряд геометричних конфігурацій вертикальних вогневих печей (змінювалися розташування та кількості пальників та отворів для відведення продуктів горіння тощо) та показано, як конструктивні особливості установки можуть впливати на рівномірність розподілу температур по обігрівальній поверхні стін. В результаті було визначено конфігурацію з найбільш рівномірним розподілом температур на обігрівальній поверхні вертикальної конструкції протягом часу випробувань.

\* E-mail: nuyanzin@i.ua (O. Nuianzin)

**Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих результатів.**

На рис. 1 показано геометричні особливості розглянутих конфігурацій установок для проведення вогневих випробувань.

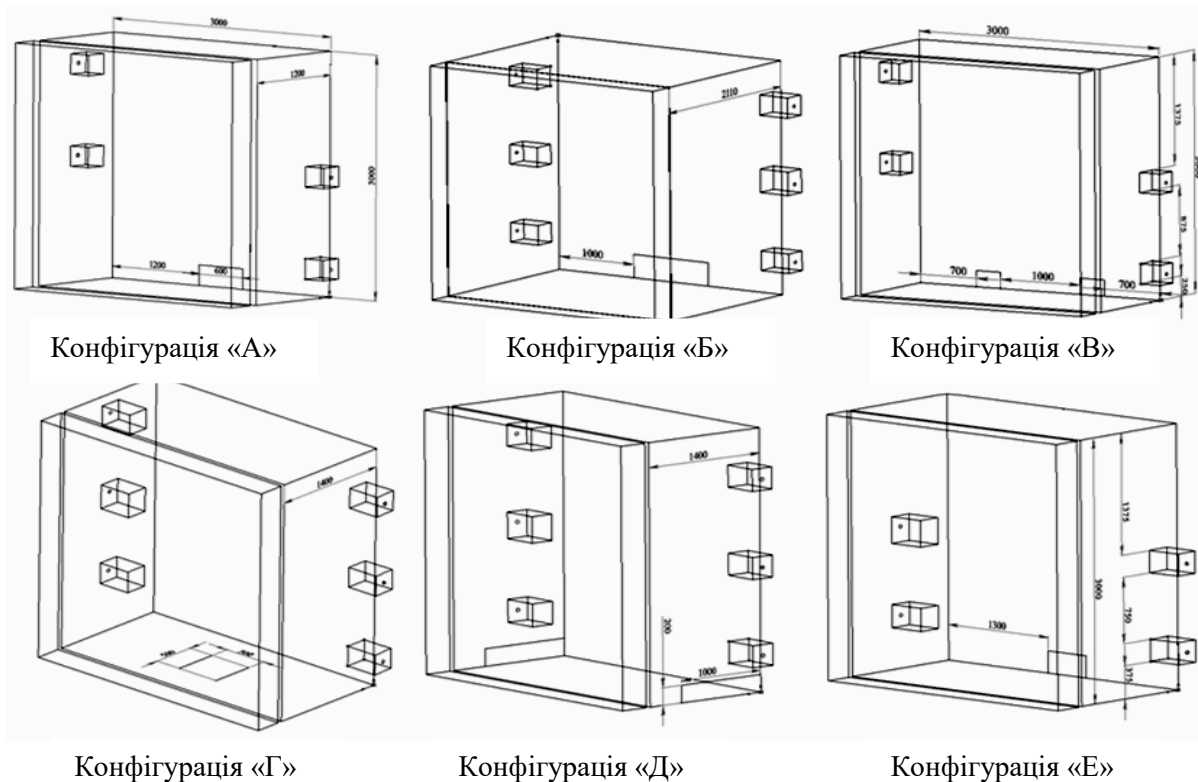


Рисунок 1 – Конфігурації установок для проведення випробувань на вогнестійкість залізобетонних стін.

У роботі було розглянуто ряд конфігурацій вогневих печей установок для випробування вертикальних будівельних конструкцій. Кожній з конфігурацій присвоєно одну з літер кирилиці. Оскільки, метою роботи було дослідження рівномірності прогріву залізобетонної стіни в залежності від конфігурації та дизайну вогневої випробувальної печі нами проаналізовано наступні дані, отримані у результаті обчислювальних експериментів:

- розподіл температур по поверхні конструкції на 60-й хвилині випробувань [5];
- значення дисперсії температур на поверхні кожної зі змодельованих конструкцій камери печі на кожній хвилині обчислювального експерименту та графік зміни їх у часі;
- графік різниці між максимальною та мінімальною температури на поверхні конструкцій протягом усього часу обчислювального експерименту у моделях.

На рис. 2 показано розподіл температур по поверхні конструкції у кожній з конфігурацій на 60-й хвилині випробувань.

Конфігурація «А» (рис. 1-а). Змінено розміри, кількість та розташування отворів для відведення продуктів горіння.

У конфігурації «Б» (рис. 1-б). Збільшено кількість пальників; змінено розміри, кількість та розташування отворів для відведення продуктів горіння, збільшено глибину печі у порівнянні з вихідною конфігурацією [3].

Конфігурація «В» (рис. 1-в). Додано додаткові отвори для відведення продуктів горіння, крім того, зменшено розмір отвору відносно початкової конфігурації [3].

Для більш рівномірного розподілу температур по вертикалі було створено конфігурацію «Г» (рис. 1-г). У якій отвір для відведення продуктів горіння знаходиться у дні печі.

Конфігурація «Д» (рис. 1-д). Змінено розміщення отворів для відведення продуктів горіння, додано додаткові пальники, які знаходяться на одному рівні з іншими пальниками.

Конфігурація «Е» (рис. 1-е). Змінено розміщення отворів для відведення продуктів горіння, змінено розміщення пальників.

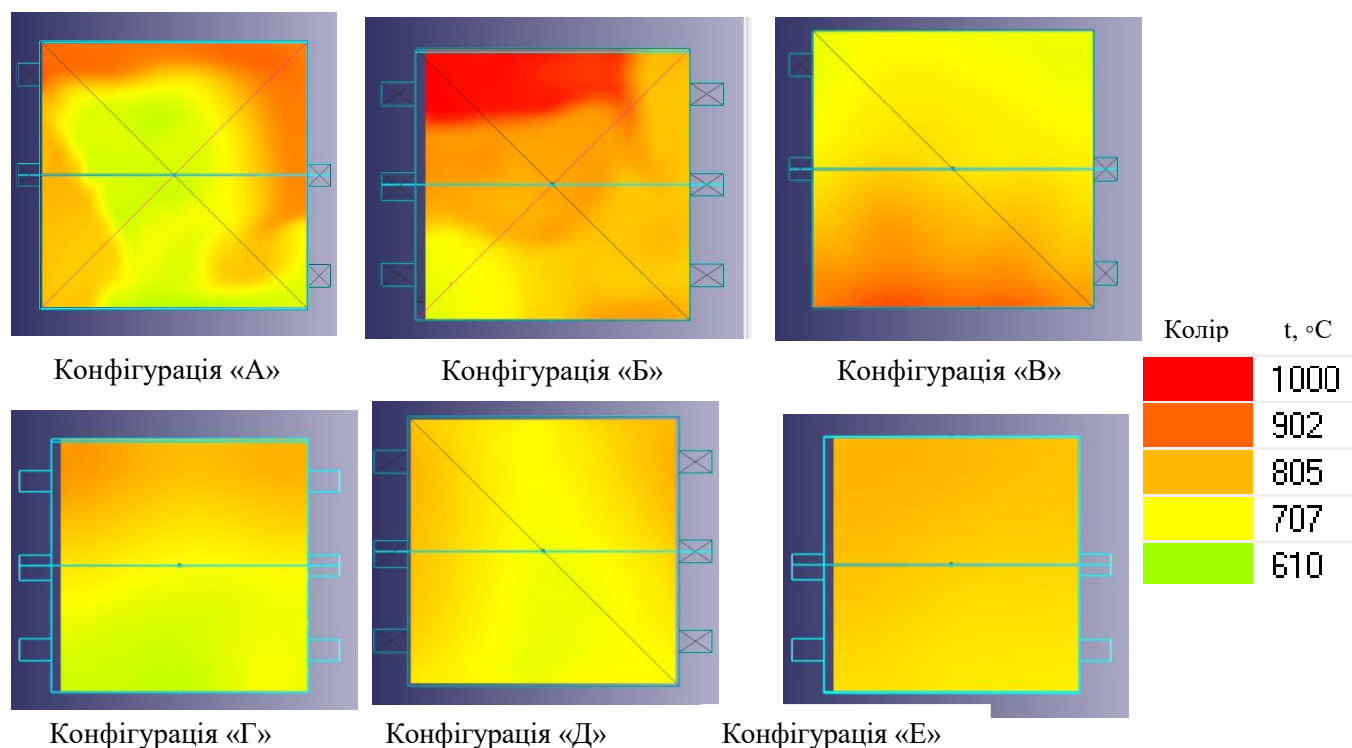


Рисунок 2 – Розподіл температур по обігрівальній поверхні змодельованих конструкцій на 60-й хвилині обчислювального експерименту.

На наш погляд основними недоліками конфігурації «А» (рис. 1-а, рис. 2-а), порівняно з іншими конфігураціями, є невеликий об'єм камери печі, недосконале розташування отворів для відведення продуктів горіння. За рахунок цього, залізобетонна конструкція прогривається нерівномірно. Конструкція прогривається слабше у середній частині камери печі та над отворами для відведення продуктів горіння.

Змінивши конструкцію внутрішнього простору камери установки (рис. 1-б) та провівши обчислювальний експеримент, ми отримали результати більшого, у порівнянні з попереднім експериментом температурного перепаду по обігрівальній поверхні стіни (рис. 2-б). Проте, перепад температури спостерігався переважно по вертикалі.

У конфігурації «В» (рис. 1-в) було отримано більш рівномірне розподілення температур (рис. 2-в) у порівнянні з конфігураціями «А» та «Б».

Як видно з рис. 2-г отвір у середній частині дна печі привів до більшої рівномірності прогріву конструкції, в порівнянні з конфігурацією «В».

Наступними у нашому дослідженні розподілу температур стали конфігурації «Е» (рис. 1-е) та «Д» (рис. 1-д). Переваги конфігурації «Е» у тому, що нагрів відбувається за допомогою 4-х пальників, але їх розміщення змінене, у порівнянні з вихідною конфігурацією (рис. 1 – рис. 2).

Наступним етапом дослідження було визначення значення дисперсії температур на поверхні кожної зі змодельованих конструкцій камери печі на кожній хвилині обчислювального експерименту. На рис. 3 показано дисперсії температур по обігрівальним поверхням залізобетонних стін під час обчислювального експерименту у всіх шести конфігураціях (рис.1).

Засобами комп'ютерної газогідродинаміки CFD FlowVision 2.5 було отримано розподіл температур на обігрівальній поверхні залізобетонної стіни на кожній хвилині випробувань для кожної конфігурації [7]. За допомогою програмного комплексу на поверхні стіни розміщені від 6000 до 7500 комірок (в залежності від особливостей конфігурації), розподілені рівномірно по поверхні конструкції, у яких знаходяться дані щодо температури у будь-який час протягом чисельного дослідження. Опрацювавши ці дані, було розраховано дисперсію температур:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (T_i - \bar{T})^2}{n} \quad (1)$$

де n – кількість осередків значень температури,  $T_i$  - значення температури осередку,  $\bar{T}$  - середнє значення температури на поверхні стіни.

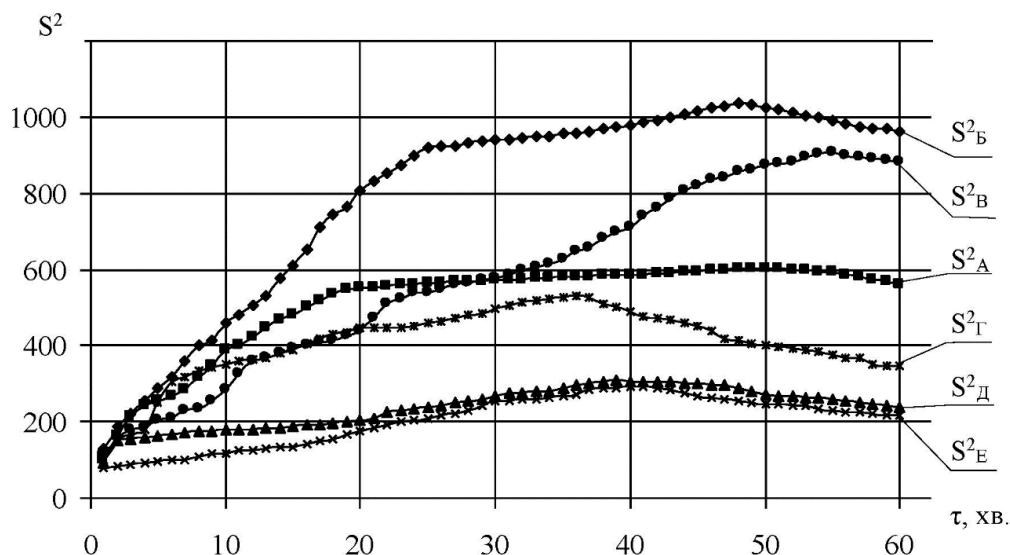


Рисунок 3 – Дисперсія температур по обігрівальній поверхні залізобетонної стіни під час обчислювального експерименту.

У отриманих графіках існує певна особливість: у більшості кривих, які відображають числове значення дисперсії температур, існує екстремум. Після початкової фази, зростання значення дисперсії, вона поступово починає зменшуватись. Це можна пояснити, якщо розглянути стандартну температурну криву пожежі, у якій більш інтенсивне підвищення температури в камері вогневої печі спостерігається на початкових хвилинах випробувань і поступове зменшення різниці граничних значень максимуму і мінімуму з часом [1]. Тому, ми обмежили дослідження 60-тою хвилиною розрахунку (рис. 3).

Ще однією виділеною нами особливістю є те, що чим менше значення екстремуму, тим раніше він досягається.

Якщо детально розглянути створені конфігурації, то найменші значення дисперсій на усьому часовому проміжку спостерігаються у конфігураціях «Е» та «Д». Найбільше значення дисперсії у конфігурації «Е» спостерігається на 40-й хвилині випробувань, у конфігурації «Д» на 41-й хвилині. В цей же час, у конфігураціях «Б» та «В» максимальне значення дисперсії було досягнуто на 48-й та 54-й хвилині відповідно.

Розглянувши усі створені конфігурації, можемо сказати, що середнє значення часу, на якому екстремум досягається, 45-та – 50-та хвилини випробувань, коли допустима різниця між максимально та мінімально допустимою температурою в камері печі зменшується [1].

На рис. 4 показано різницю між максимальною та мінімальною температурою на обігрівальній поверхні залізобетонної стіни під час чисельного дослідження.

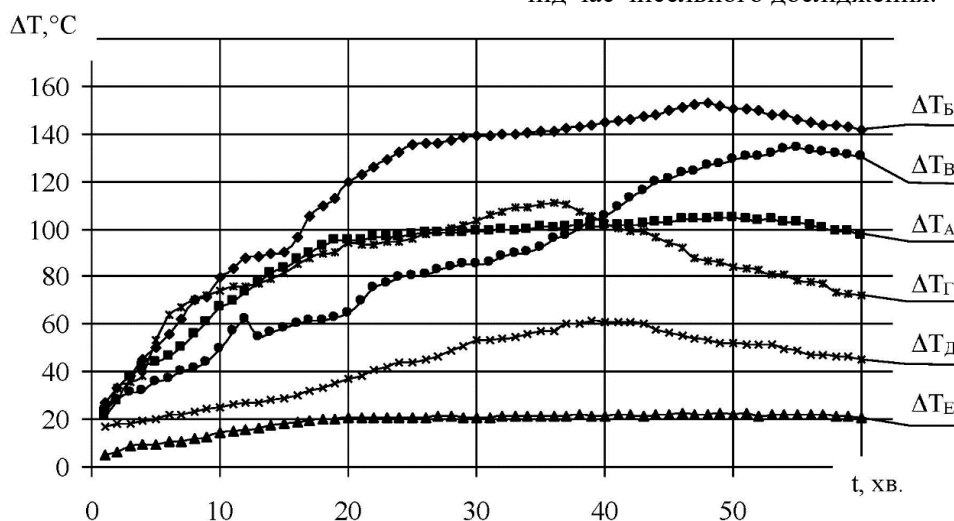


Рисунок 4 – Різниця між максимальною та мінімальною температурою на обігрівальній поверхні залізобетонної стіни під час обчислювального експерименту.

Відповідно до рис. 4 максимальна різниця температур на обігрівальній поверхні залізобетонної стіни у конфігурації «Е» склала 23,4 °С на 40-й хвилині випробувань, у конфігурації «Д» - 61,8 °С на 38-й хвилині.

Розглянувши усі створені конфігурації, можемо сказати, що середнє серед усіх конфігурацій максимальне значення різниці температур на обігрівальній поверхні конструкції, спостерігається на 41-шій хвилині випробувань, і складає близько 100 °С.

**Висновки.** У даній роботі показано результати чисельного моделювання ряду комп'ютерних конфігурацій установки для випробування залізобетонних стін. Виходячи з отриманих кривих значень дисперсії температури на поверхні кожної зі змодельованих конструкцій камери печі на кожній хвилині обчислювального експерименту (рис. 3) та різниці між максимальною та мінімальною температури на поверхні конструкцій (рис. 4) визначено конфігурацію з найбільш рівномірним розподілом температур на обігрівальній поверхні залізобетонної стіни, що дозволяє зменшити похибку, яка виникає за рахунок нерівномірності розподілу температур на обігрівальній поверхні конструкцій під час випробувань на вогнестійкість.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробування на вогнестійкість. Загальні

вимоги (ISO 834:1975): ДСТУ Б В.1.1-4-98. – [Чинний від 1998-10-28]. - К.: Укрархбудінформ, 1999. – 21 С. – (Державний стандарт України).

2. Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва. ДБН В.1.1-7-2002. - [Чинний від 2003-05-01]. - К.: Держпожбезпека, 2003. – 87 С. – (Державні будівельні норми).
3. Аналіз існуючих математичних моделей тепломасообміну у камерах вогневих печей установок для випробувань на вогнестійкість залізобетонних стін / Нуязін О. М., Поздеев С. В., Сідней С. О. [та ін.] // Пожежна безпека : теорія і практика : зб. наук. праць. – Черкаси: АПБ, 2015. – № 18. – С. 91 – 100.
4. Влияние дисперсии температур на обогреваемых поверхностях горизонтальных железобетонных строительных конструкций на значение их предела огнестойкости во время испытаний этих конструкций в огневых печах / Нуязин О. М., Сидней С. О., Поздеев С.В. // Чрезвычайные ситуации: образование и наука : международный научно-практический журнал. – Гомель : ГИИ, МЧС РБ 2015. – Том 15, № 1. С. 158 – 164.
5. Вплив конструктивних особливостей вогневих печей на достовірність результатів випробувань стін на вогнестійкість / Сідней С. О., Нуязін О. М., Поздеев С.В. // Науковий вісник Українського науково-дослідного інституту пожежної безпеки : зб. наук. праць. – Київ : УкрНДЦЗ, 2015. – № 1 (31). – С. 4–12.
6. Новак С.В. Методи випробувань будівельних конструкцій та виробів на вогнестійкість / Новак С.В., Нефедченко Л.М., Абрамов О.О. – Київ: Пожінформтехніка, 2010. – 132 с.
7. Система моделирования движения жидкости и газа. FlowVision Версия 2.5.4. Руководство пользователя. – Москва: ТЕСИС. – 2008. – 284 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫХ АКТОВ И ДОКУМЕНТООБОРОТА ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО ОБЛАСТИ С ЦЕЛЬЮ РАЗРАБОТКИ ПРОЕКТА ФОРМЫ ПАСПОРТА ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНОГО ОБЪЕКТА НА ЛЕСНОЙ УЧАСТОК

*O. Nuianzin<sup>1</sup>, Cand. of Sc. (Eng.), M. Kryshchal<sup>1</sup>, Cand. of Sc. (Eng.), Prof., K. Bolzhalarskyi<sup>2</sup>, S. Sidney<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобыля Національного університету громадянської захисту України

<sup>2</sup> ГУ ДСНС України в Запорізькій області

---

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

вычислительный эксперимент, дисперсия температуры, несущая стена, равномерность температурного поля.

### АННОТАЦИЯ

В данной работе представлены результаты численного моделирования процессов испытания на огнестойкость железобетонных стен при различных конфигурациях огневых печей. Исходя из полученных результатов построены зависимости значений дисперсии температуры на поверхности каждой из смоделированных конструкций камеры печи в течение вычислительного эксперимента, а также разница между максимальной и минимальной температурами на поверхности железобетонной конструкции. Определены конфигурации с наиболее равномерным распределением температур на обогреваемых поверхностях железобетонной стены.

## STUDY OF CONFIGURATION FIRING FURNACE AT THE TEMPERATURE FIELD UNEVEN HEATING ON SURFACE REINFORCED CONCRETE WALLS IN ITS FIRE RESISTANCE TEST

*O. Nuianzin<sup>1</sup>, Cand. of Sc. (Eng.), M. Kryshchal<sup>1</sup>, Cand. of Sc. (Eng.), Prof., K. Bolzhalarskyi<sup>2</sup>, S. Sidney<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Cherkassy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes of National University of Civil Defense of Ukraine

<sup>2</sup> General Directorate of State Service of Ukraine of Emergencies in Zaporizhia oblast'

---

### KEYWORDS

basic fire system model, system analysis of the gas environment medium-volume temperature, leaking room

### ANNOTATION

This paper presents the results of numerical modeling of the process to test the fire resistance of bearing walls in different configurations firing furnaces. Based on the results plotted values dispersion surface temperature of each chamber furnace modeled structures for computational experiment and the difference between the maximum and minimum temperature on the surface of concrete structures. Defined configuration with the most uniform temperature distribution on the heating surface bearing wall

УДК 614.849

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕРХНІ ВОГНЕЗАХИЩЕНОЇ ДЕРЕВИНИ МЕТОДОМ СКАНУЮЧОЇ ЕЛЕКТРОННОЇ МІКРОСКОПІЇ

*Р.В. Ліхнівський, канд. хім. наук\**

*Український науково-дослідний інститут цивільного захисту, Україна*

### ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

*Надійшла до редакції: 13.06.2016*

*Пройшла рецензування: 14.07.2013*

#### *Ключові слова:*

вогнезахиснена деревина, скануюча електронна мікроскопія

### АНОТАЦІЯ

Одержано знімки поверхні вогнезахисненої деревини методом скануючої електронної мікроскопії. Зафіксовано утворення кристалів вогнезахисного складу на поверхні та в трахеїді деревини, показано неоднорідність нанесення полімерної плівки

Вогнезахисту деревини та дерев'яних конструкцій досі приділяють значну увагу, незважаючи на те, що на ринку представлений широкий спектр вогнезахисних засобів. Основний напрям робіт сфокусований на підвищенні ефективності через розроблення нових (модифікації відомих) складів. З цієї сфери досліджень опубліковано достатньо наукових праць – патентів, статей тощо. Можна назвати одну з причин активності у розробленні та виробництві нових засобів – це зацікавленість малого бізнесу, адже ця продукція з низькою доданою вартістю і характеризується такою ж технологічністю та невеликими інвестиціями у виробництво. Водночас, на жаль, актуальні питання вогнезахисту не вирішуються і оминаються стороною, а це, насамперед, контроль якості оброблення та терміну служби вогнезахисту. Запропоновані способи архаїчні в одному випадку або необґрунтовані в другому.

Запропонована стаття присвячена теж питанню вогнезахисту, але більш теоретичному й пізнавальному з точки зору наочності викладеного матеріалу.

За мету цієї роботи поставлено дослідження поверхні вогнезахисненої деревини методом мікроскопії та наглядну демонстрацію однієї з причин важкогорючого стану деревини.

Для досягнення поставленої мети було використано скануючий електронний мікроскопа GSM-6060LA GEOL, Японія.

Як відомо, кожен водорозчинний вогнезахисний засіб представляє собою суміш антипіренів – неорганічних солей, розчинних у воді, здатних утруднювати займання матеріалів та знижувати швидкість поширення полум'я. Ефективність вогнезахисного засобу оцінюють через визначення групи горючості, обробленої

водним розчином антипіренів деревини. Зразок деревини для переведення у вогнезахисний стан, має визначені розміри та проходить попередню механічну обробку. Детальну інформацію щодо деревини та її підготовки до випробувань надано у [1]. Витрату вогнезахисного засобу, умови і час сушіння проводили відповідно до нормативному документа на випробовуваний вогнезахисний засіб.

Зразок деревини, взятий для оброблення вогнезахисним засобом, представлено на рис. 1.

Деревина хвойних порід має відносно просту будову і на 90-95% складається з трахеїд, довгих тонких клітин з плоскими або веретеноподібними закритими кінцями. Вони направлені вздовж стовбура [2].

На знімках рис. 1а при 40 і 1000-кратному збільшенні видно поперечний зріз (торець) зразка деревини, що представляє собою сукупність трахеїд, пошкоджених механічним способом (порізка й шліфівка). На крайньому зліва знімку видно два річних кільця розділених більш гладкою поверхнею. На іншому знімку зафіксовано, власне, вигляд річного кільця. На знімках рис. 1б видно бокову поверхню деревини. У напрямку зліва направо простежується утворена механічною обробкою деревини шорсткість поверхні. На одному знімку при 40-кратному збільшенні – це сукупність виступів, западин та нерівностей механічного походження, що утворюють складний мікрорельєф. На другому, при 1000-кратному збільшенні, бачимо фрагмент мікрорельєфу – це структурні елементи деревини, пошкоджені та ціла трахеїди, облямована пора.

\* E-mail: *chemist\_1@i.ua (R.Lyhnevskiy)*



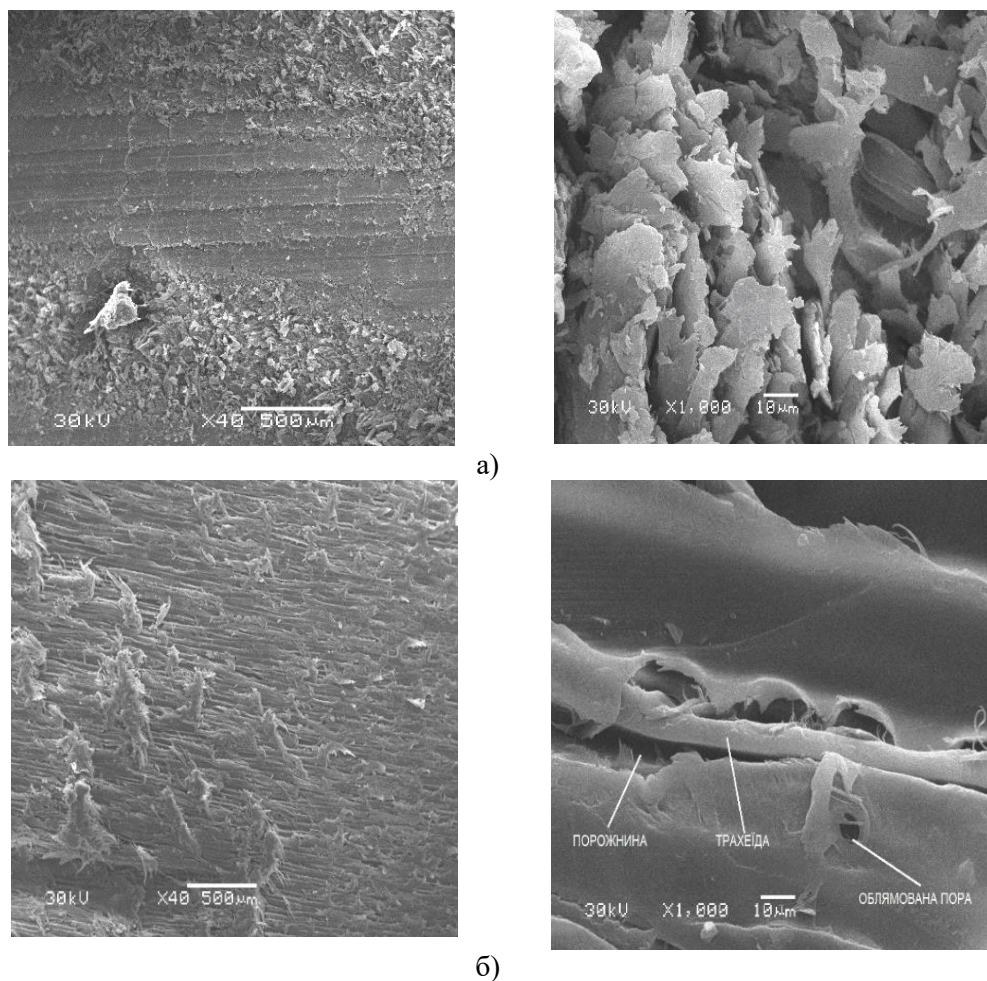


Рисунок 1 – Зразок деревини перед обробленням: а – знімки поверхні торця; б – бокової поверхні.

Для оброблення зразка деревини, було взято вогнезахисний засіб – суміш діамонійфосфату та сульфату амонію «ДСА-2» з полімерною плівкою полігексаметиленгуанідінфосфату.

Після просочення вогнезахисним засобом зразка деревини, проходить спільна кристалізація діамонійфосфату та сульфату амонію. Поверхня деревини після оброблення та наступного сушіння має такий вигляд (рис.2). Аналізуючи знімки рис. 2а (торець) у напрямку зліва направо можна помітити, що на крайньому справа знімку при 1000-кратному збільшенні поверхня всяяна дрібними кристалами, а на двох наступних, при 6500-кратному збільшенні,

видно кристали не більше 2 мкм та кристалізацію солі у порі трахеїди. Також помітно, що знімки зроблені на поверхні між річними кільцями. На знімках рис. 2б видно щільне покриття кристалами солей поверхні деревини. Кристали локалізуються у порожнинах, утворених при механічному пошкодженні трахеїд. Судячи з відзнятих знімків, кристали на боковій поверхні сягають більших розмірів, ніж на торці.

Окремо було зроблені знімки деревини, покритої полімерною плівкою, що виконує роль антисептика. Ці знімки представлено на рис. 3 з різним збільшенням і масштабом зйомки.

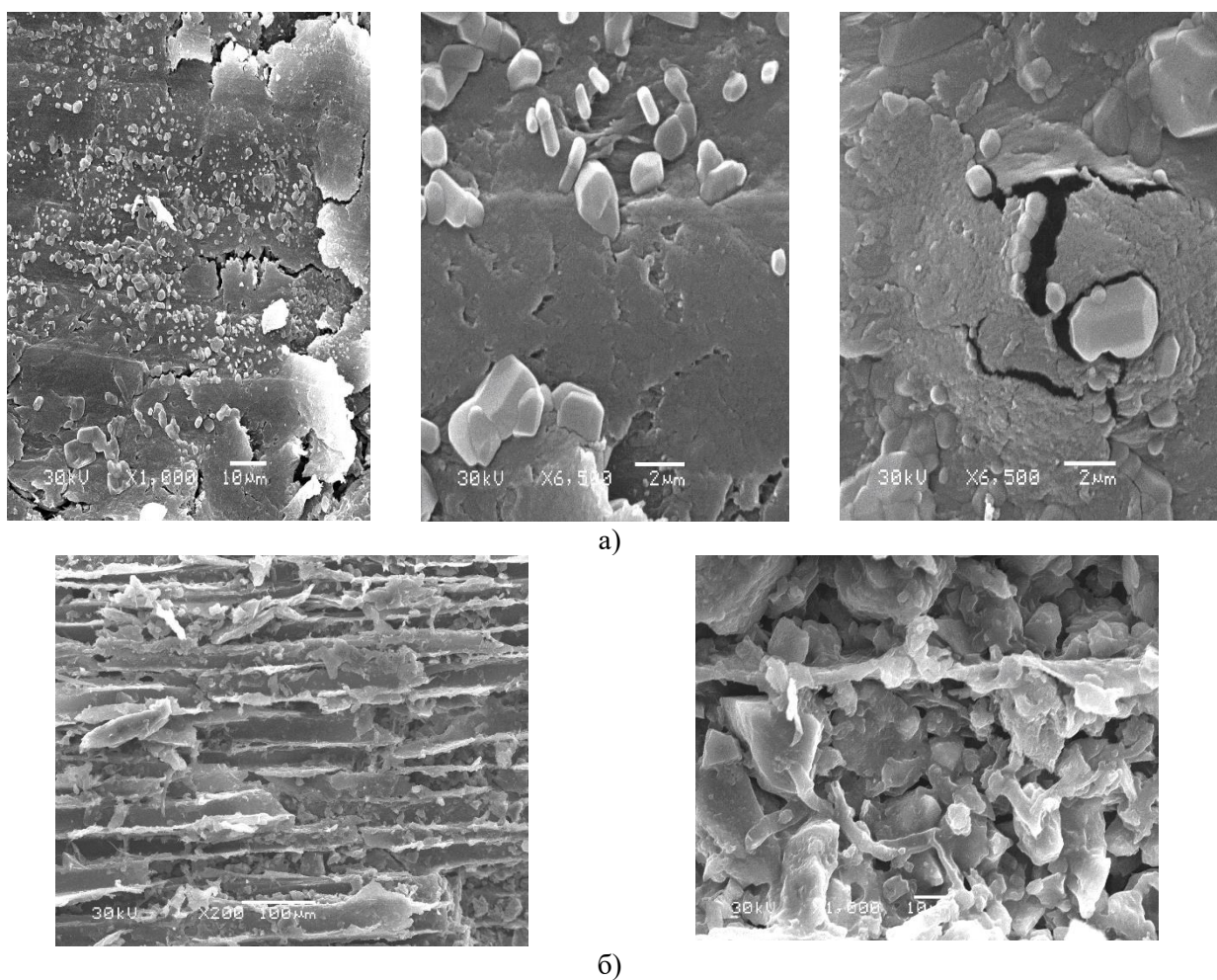


Рисунок 2 – Зразок деревини після оброблення вогнезахисним засобом: а – знімки поверхні торця з кристалами; б – бокової поверхні.

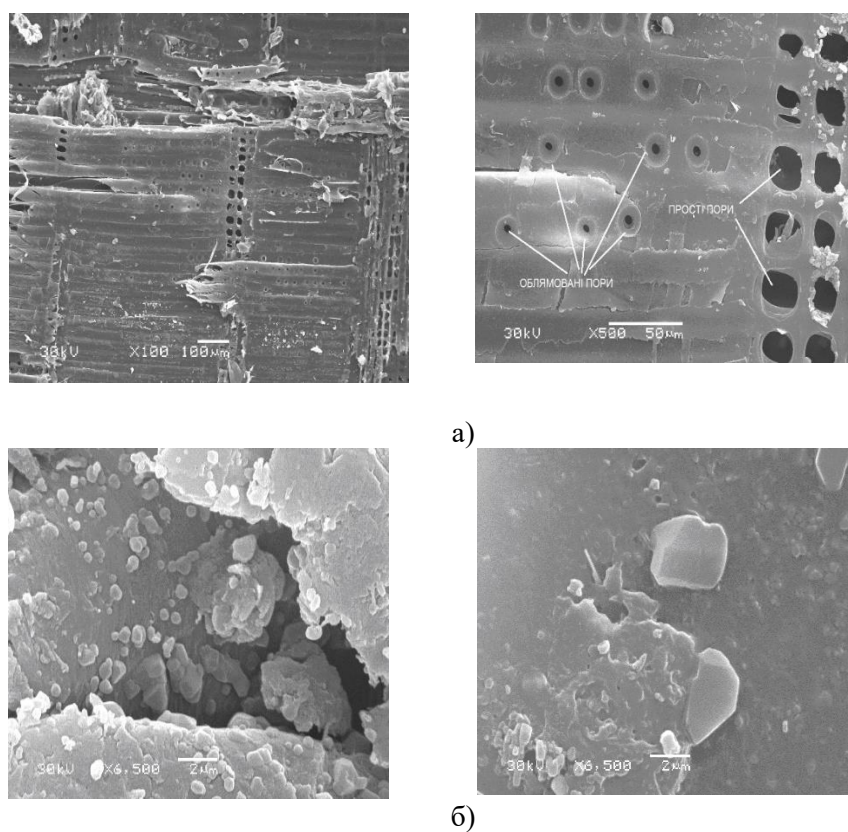


Рисунок 3 – Зразок деревини після покриття полімерною плівкою: а – необробленої деревини; б – обробленої вогнезахисним засобом.

Як видно з рис. 3а, полімерну плівку нанесено на поверхню необробленої вогнезахисним складом деревини щіткою, від якої чітко видно сліди. Плівку нанесено неоднорідним шаром, що видно за рельєфом покриття. Спостерігаються не покриті полімером прості та облямовані пори. На рис. 3б наведено знімки при 6500-кратному збільшенні поверхні деревини, обробленої вогнезахисним складом та полімерною плівкою. На них видно шар полімерної плівки, що покриває кристали солей. На знімку зліва кристали солей локалізуються на річному кільці, а на знімку справа – між річними кільцями з розмірами більше 2 мкм.

Таким чином, у результаті проведеного дослідження показано кристалізацію солей неорганічних речовин на поверхні деревини, неоднорідність кристалів, що утворюються, нерівномірність нанесеної полімерної плівки. Локалізація кристалів солей спостерігається у порожнинах пошкоджених трахеїд. Також одержані знімки підтверджують раніше висловлене припущення про прищеплення вогнезахисних властивостей поверхневому

шару деревини. Зосередження кристалів вогнезахисного засобу на поверхні переводить її у важкогорючий стан, який унеможливує полуменеве горіння. Тому, повертаючись до преамбули цієї статті, ще одним шляхом підвищення ефективності вогнезахисту є збільшення поверхневого шару деревини. Це досягається видаленням з нього екстрактивних речовин, а також компонентів клітинної стінки – лігніну і геміцелюлози за допомогою розчинів хімічних сполук, тим самим, сприяючи інкорпоруванню антипіренів в деревину.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ГОСТ 16363-98 Средства огнезащитные для древесины. Методы определения огнезащитных свойств. [Действующий от 1999-07-01]. — Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, Изд-во стандартов, 1998 – 11с.
2. Фенгел Д., Вегенер Д. Древесина. Химия, ультраструктура, реакции // Под.ред. проф. А.А.Леонovichа. – М.: Лесная промышленность, 1988 – 518с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ОГНЕЗАЩИТНОЙ ДРЕВЕСИНЫ МЕТОДОМ СКАНИРУЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ

*Р.В. Лихнёвський, канд. хим. наук*

*Український науково-дослідницький інститут громадянської захисту, Україна*

---

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

огнезащитная древесина,  
сканирующая электронная  
микроскопия.

### АННОТАЦИЯ

Получены снимки поверхности огнезащищенной древесины методом сканирующей электронной микроскопии. Зафиксировано образование кристаллов огнезащитного состава на поверхности и в трахеиды древесины, показана неоднородность нанесения полимерной пленки.

## RESEARCH OF THE SURFACE OF THE WOOD TREATED WITH FIRE RETARDANT BY SCANNING ELECTRON MICROSCOPY

*R. Likhnyovskiy, Cand. of Sc. Chem.*

*The Ukrainian Civil Protection Research Institute, Ukraine*

---

### KEYWORDS

wood treated with fire retardant,  
scanning electron microscopy.

### ANNOTATION

Photos of the surface of the wood treated with fire retardant by scanning electron microscopy method were obtained. Formation of fire retardant crystals at the surface as well as within tracheid of wood were revealed and non-uniformity of the polymer film applied was demonstrated.



УДК 614.841

## СИСТЕМНАЯ МОДЕЛЬ ПОЖАРА В ПОМЕЩЕНИИ КАК НЕЛИНЕЙНАЯ ДИНАМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

*Б. Б. Поспелов*

*Национальный университет гражданской защиты Украины*

### ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

*Поступила в редакцию: 14.06.2016  
Прошла рецензирование: 04.07.2016*

#### *Ключевые слова:*

базовая системная модель пожара, системный анализ среднеобъемной температуры газовой среды, негерметичное помещение.

### АННОТАЦИЯ

Предложена базовая системная модель пожара в негерметичном помещении в виде нелинейной системы и представлены результаты системного анализа динамики среднеобъемной температуры газовой среды в помещении на начальной стадии пожара для различных известных моделей отвода тепла и стесненности развития пожара. Определены частные системные параметры пожара. Введены интегральные системные параметры, характеризующие скоростные свойства динамики среднеобъемной температуры и ресурс пожара, а также три его характерных системных параметра. Установлены особые точки, их характер и условия возникновения бифуркации динамики среднеобъемной температуры при пожаре, а также оценены системные возможности по управлению системными параметрами пожара в негерметичном помещении на начальной его стадии.

### 1. Введение.

Повышение требований к противопожарной защите объектов неразрывно связано с совершенствованием технических средств раннего обнаружения загораний. Известно, что процесс возникновения и развития пожара является многопараметрическим и зависит от большого числа факторов и граничных условий. Поэтому реальные пожары относятся к сложным системам и должны анализироваться с позиции теории систем. Экспериментальные данные, получаемые для реальных пожаров в закрытых помещениях, часто не согласуются с модельными расчетами. Это является следствием того, что с теплофизической точки зрения пожар в помещении является нелинейной системой, в которой протекают сложные процессы тепло- и массопереноса, динамика которых изучена недостаточно. В этой связи актуальными являются исследования пожаров в помещениях как нелинейных динамических систем. Одним из распространенных и важных факторов пожара в помещениях является температура среды. Поэтому актуальным является создание системной модели динамики среднеобъемной температуры в помещении для начальной стадии пожара и ее системный анализ.

### 2. Анализ последних достижений и постановка проблемы

Начальная стадия развития пожара в помещениях исследовалась как теоретически [1-4], так и экспериментально [5-8]. Рассмотрению математических моделей динамики температуры

на начальной стадии пожара посвящено достаточное число публикаций [9-15]. Общим недостатком следует считать наличие большого разнообразия моделей и ограничений их применения. Так, например, для моделей интегрального и зонного типа, как правило, постулируется стационарность условий горения. В [13] рассматривается интегральная модель динамики температуры в помещении на начальной стадии пожара в предположении, что удельная массовая скорость выгорания является постоянной величиной. Однако в [14] отмечается, что величина удельной массовой скорости выгорания, например, для дизельного топлива изменяется примерно вдвое в течение первых минут загорания. При этом известные результаты ряда авторов свидетельствуют о нестационарном характере всех физико-химических процессов в начальной стадии пожара в помещении [14]. К настоящему времени в литературе отсутствуют системные модели пожара и результаты их анализа для основных опасных факторов загорания.

### 3. Цель и задачи исследования

Целью настоящей работы является разработка базовой системной модели начальной стадии пожара в негерметичном помещении в виде нелинейной системы и на ее основе выполнить системный анализ динамики среднеобъемной температуры газовой среды в помещении.

Для достижения поставленной цели выполнено теоретическое обоснование базовой системной модели пожара в помещении как

нелинейной системы, получено уравнение состояния среднеобъемной температуры газовой среды при пожаре в помещении, а также проведен анализ динамики среднеобъемной температуры пожара как в нелинейной динамической системе.

#### 4. Теоретическое обоснование базовой системной модели начальной стадии пожара в помещении

Для негерметичного помещения в начальной стадии пожара справедливо полагать [13], что среднеобъемные значения давления и плотности газовой среды определяются соотношениями

$$dp_m(t)/dt \cong 0, \quad (1)$$

$$\rho_m(t)T_m(t) = T_0\rho_0, \quad (2)$$

где  $p_m(t)$  – значение среднеобъемного давления газовой среды в помещении в момент времени  $t$ ;  $T_0, \rho_0$  – температура и плотность газовой среды в помещении до начала пожара;  $\rho_m(t), T_m(t)$  – значения среднеобъемной плотности и температуры газовой среды в помещении в момент времени  $t$ .

Рассмотрим развитие загорания в помещении в виде некоторой термодинамической системы, ограниченной внутренней поверхностью помещения. В такой системе среднеобъемные температура, плотность и суммарная масса газа в помещении будут изменяться во времени  $t$ . Для фиксированного объема помещения  $V = const$  масса газа в произвольный момент времени  $t$  будет определяться

$$M(t) = \rho_m(t)V. \quad (3)$$

Следуя (3), изменение массы газа в течение интервала времени  $\Delta t$  будет определяться величиной

$$\Delta M(t) = \Delta \rho_m(t)V, \quad (4)$$

где  $\Delta \rho_m(t) = \rho_m(t + \Delta t) - \rho_m(t)$  – изменение среднеобъемной плотности газовой среды в момент  $t$  на интервале времени  $\Delta t$ . Пусть расход массы газа, покидающего помещение через проемы и щели, в момент времени  $t$  описывается  $G(t)$ .

Тогда в течение интервала  $\Delta t$  масса газа, покинувшего помещение, будет равна  $G(t)\Delta t$ . В

процессе загорания твердые и жидкие горючие материалы переходят в газообразное состояние. Если массовая скорость выгорания горючего материала в момент  $t$  определяется  $\Psi(t)$ , то в течение  $\Delta t$  масса выгоревшего материала будет равна  $\Psi(t)\Delta t$ . Следуя закону сохранения массы, для момента  $t$  и интервала  $\Delta t$  справедливо, что

$$\Delta M(t) = \Psi(t)\Delta t - G(t)\Delta t \quad (5)$$

Полагая  $\Delta t \rightarrow 0$ , соотношение (5) переходит в известное уравнение материального баланса начальной стадии пожара в негерметичном помещении:

$$d\rho_m/dt = \Psi(t)/V - G(t)/V. \quad (6)$$

Аналогично можно записать независимые уравнения баланса массы для кислорода, продуктов горения и оптического количества дыма [13]. Анализ решений этих уравнений может производиться для известных функций  $\Psi(t)$  и  $G(t)$  независимо от (1), (2) и (6). В связи с этим уравнения (1), (2) и (6) могут рассматриваться в качестве уравнений, определяющих базовую системную модель начальной стадии пожара в негерметичном помещении.

#### 5. Уравнение состояния среднеобъемной температуры газовой среды при пожаре в помещении как в нелинейной системе

В пожарной практике чаще вместо среднеобъемной плотности газовой среды при пожаре используется среднеобъемная температура. Перейдем от уравнения (6) к соответствующему уравнению состояния пожара для среднеобъемной температуры среды. С учетом (1) уравнение энергии пожара в помещении для момента  $t$  будет определяться в виде

$$\Psi(t)Q_p\eta - c_p T_m(t)G(t) - Q_w(t) = 0, \quad (7)$$

где  $Q_p$  – теплота сгорания горючего материала, Дж/кг;  $\eta$  – коэффициент полноты сгорания горючего материала ( $0 < \eta \leq 1$ );  $c_p$  – теплоемкость газовой среды в помещении, Дж/(кг К);  $Q_w(t)$  – тепловой поток, поглощаемый ограждающими конструкциями и излучаемый через проемы и щели помещения, Дж/с (Вт).

Учитывая (6) и (7), можно показать, что базовая системная модель динамики среднеобъемной температуры газовой среды в помещении на начальной стадии пожара будет определяться нелинейным уравнением вида:

$$dT_m / dt = r\{\Psi(t), Q_p, \eta, Q_w(t), V, c_p, T_0, \rho_0\} / T_m(t)[1 - T_m(t) / R\{\Psi(t), Q_p, \eta, Q_w(t)\}] \quad (8)$$

$$r\{\Psi(t), Q_p, \eta, Q_w(t), V, c_p, T_0, \rho_0\} = \text{где} \frac{[\Psi(t)Q_p\eta - Q_w(t)] / Vc_pT_0\rho_0}{b\{\Psi(t), V, T_0, \rho_0\}} \quad (8)$$

$$b\{\Psi(t), V, T_0, \rho_0\} = \Psi(t) / VT_0\rho_0,$$

$$R\{\Psi(t), Q_p, \eta, Q_w(t)\} = r\{\Psi(t), Q_p, \eta, Q_w(t), V, c_p, T_0, \rho_0\} / b\{\Psi(t), V, T_0, \rho_0\}$$

– определяют основные системные параметры базовой модели, которые в общем случае зависят температуры и текущего времени. Базовая системная модель (8) относится к классу автономных систем, динамика которых управляется самой системой – решением (8). Для модели (8) динамика среднеобъемной температуры будет полностью описываться свойствами правой части (8) – свойствами фазового портрета. Характерные системные параметры модели (8)  $r\{\Psi(t), Q_p, \eta, Q_w(t), V, c_p, T_0, \rho_0\}$  и  $R\{\Psi(t), Q_p, \eta, Q_w(t)\}$  характеризуют скоростные свойства среднеобъемной температуры и ресурс пожара (максимальное возможное значение среднеобъемной температуры газовой среды, которое может быть достигнуто при пожаре в заданном помещении).

### 6. Анализ динамики среднеобъемной температуры пожара в помещении как в нелинейной динамической системе

Анализ модели (13) выполним при условии, что на интервале наблюдения  $\Delta t$  для произвольного момента времени  $t$  функции  $\Psi(t) = \Psi$  и  $Q_w(t) = Q_w$ . При этом (13) представимо в виде

$$dT_m / dt = r\{\Psi, Q_p, \eta, Q_w, V, c_p, T_0, \rho_0\} T_m(t) / [1 - T_m(t) / R\{\Psi, Q_p, \eta, Q_w\}] \quad (9)$$

Уравнение (9) описывает частный случай базовой системной модели (8) для

фиксированного интервала наблюдения загорания. Следует заметить, что (9) оказывается подобным известному уравнению, описывающему различные сложные природные явления и процессы. Из уравнения (9) следует, что ресурс пожара определяет величину максимальной среднеобъемной температуры газовой среды в помещении, которая может быть достигнута при заданных значениях теплоты, скорости и коэффициента полноты сгорания горючего материала, а также теплоемкости газовой среды и теплового потока, поглощаемого ограждающими конструкциями и излучаемого через проемы и щели помещения. При этом системный параметр

$$r\{*\} = \Psi Q_p \eta / c_p V T_0 \rho_0 - Q_w / c_p V T_0 \rho_0$$

характеризует скоростные свойства динамики среднеобъемной температуры газовой среды в помещении при неограниченном ресурсе пожара, когда  $R\{*\} \rightarrow \infty$ . Наличие и характер особых точек решения (14), определим из уравнения

$$r\{*\}c[1 - c / R\{*\}] = 0. \quad (10)$$

Найденные решения  $T_m(t) \equiv c$  будут изображаться в фазовом пространстве точками  $T_m = c$  для всех значений времени  $t$  и определять соответствующие неподвижные решения (9). Следуя (10), когда  $r\{*\}$  и  $R\{*\}$  не зависят от времени, такими неподвижными решениями (9) являются особые точки  $c = c1 = 0$  и  $c = c2 = R\{*\}$ . При этом первая особая точка  $c1 = 0$  является репеллером, а вторая  $c2 = R\{*\}$  – аттрактором (определяется ресурсом пожара). На рис.1 представлен характерный фазовый портрет (9), определяемый нелинейностью (8), для негерметичного помещения фиксированного объема  $V = 6 \text{ м}^3$  при заданных параметрах загорания. Для сравнения на рис.1 также представлены фазовые портреты  $f1(T_m(t)) = r\{*\}T_m(t)$  и  $f2(T_m(t)) = -r\{*\}T_m^2(t) / R\{*\}$  соответственно в случае  $R\{*\} \rightarrow \infty$  и при наличии стесненности  $b\{\Psi(t), V, T_0, \rho_0\} = \Psi(t) / VT_0\rho_0$  развития пожара в помещении. Выделенными точками на фазовой оси обозначены неподвижные решения (9).

Качественные свойства (9) исследуем с помощью фазового портрета и анализа самого уравнения. Из анализа рис. 1 видно, что точка

$c1 = 0$  асимптотически неустойчива (репеллер), а  $c2 = R\{*\}$  устойчива (аттрактор). Все решения (интегральные кривые) возрастают во времени  $t$  для всех  $Tm \in (0, c2)$  и убывают для всех  $Tm < 0$  и  $Tm > c2$ . На расширенной фазовой плоскости  $(t, Tm)$  этим диапазонам изменения  $Tm$  соответствуют характерные горизонтальные участки возрастания, и убывания решений вдоль оси времени. Для участка  $dTm/dt > 0$  и возрастания при условии  $d^2Tm/d^2t > 0$

решения возрастают и выпуклы. Для участка  $dTm/dt > 0$  и убывания и  $d^2Tm/d^2t < 0$  решения возрастают и вогнуты. Для участка  $dTm/dt < 0$  и возрастания и  $d^2Tm/d^2t > 0$  решения убывают и выпуклы, а для участка  $dTm/dt < 0$  и убывания при условии  $d^2Tm/d^2t < 0$  решения убывают и вогнуты. Следовательно, соответствующее решение  $Tm(t)$  для произвольного начального состояния  $Tm(0) = T_0 > 0$  останется положительным.

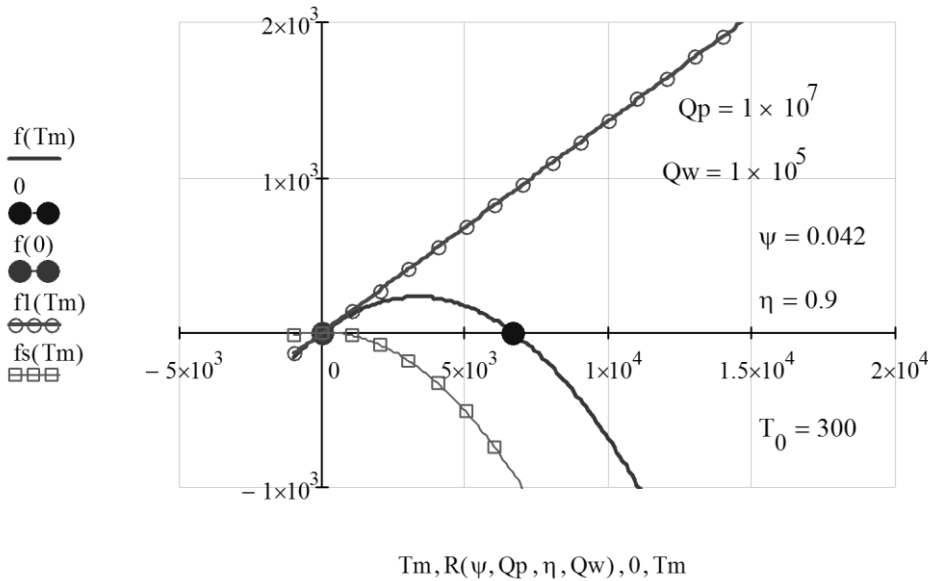


Рисунок 1 – Фазовый портрет для базовой системной модели пожара (9)

Уравнение (9) является нелинейным уравнением Риккати, решение которого

$$Tm(t) = r\{*\}T_0 / [b\{*\}T_0 + (r\{*\} - b\{*\}T_0)e^{-r\{*\}t}] \quad (11)$$

Из (11) следует, что при  $t \rightarrow \infty$   $Tm(t) \rightarrow T^*m = R\{*\} = r\{*\} / b\{*\}$ , и среднеобъемная температура стремится к ресурсу пожара в помещении и не противоречит результатам проведенного выше анализа нелинейной системы пожара. В случае  $T_0 \neq 0$  и  $T_0 \neq R\{*\}$  выражение (17) можно представить в виде

$$Tm(t) = T_0 e^{r\{*\}t} / [1 + T_0(e^{r\{*\}t} - 1) / R\{*\}]. \quad (12)$$

Следуя (12), в случае  $R\{*\} \rightarrow \infty$  решение

$$Tm(t) = T_0 e^{r\{*\}t} = TB1m(r\{*\}, t). \quad (13)$$

Следовательно, неограниченный ресурс пожара ( $R\{*\} \rightarrow \infty$ ) для помещения соответствует ситуации, когда в помещении  $r\{*\} \neq 0$   $[1/c]$ , а величина

$b\{\Psi, V, T_0, \rho_0\} = \Psi / VT_0 \rho_0 \rightarrow 0$   $[1/(c \text{ K})]$ . Такая ситуация характерна для реальных пожаров в больших по объему помещениях и при очень малых скоростях сгорания горючего материала. Если  $r\{*\} = 0$ , то в указанных условиях, следуя (13), среднеобъемная температура  $Tm(t) = T_0$ . При величине  $r\{*\} > 0$  среднеобъемная температура  $Tm(t)$  неограниченно возрастает по закону  $T_0 e^{r\{*\}t}$ . Если величина  $r\{*\} < 0$ , то среднеобъемная температура  $Tm(t)$  убывает по закону  $T_0 e^{-r\{*\}t}$  и при условии  $t \rightarrow \infty$  значение  $Tm(t) \rightarrow 0$ . Отсюда следует, что при неограниченном ресурсе пожара в помещении для его прекращения (снижения величины среднеобъемной температуры) необходимо выполнять условия  $r\{*\} < 0$  или  $\Psi Q_p \eta / c_p VT_0 \rho_0 < Q_w / c_p VT_0 \rho_0$ .



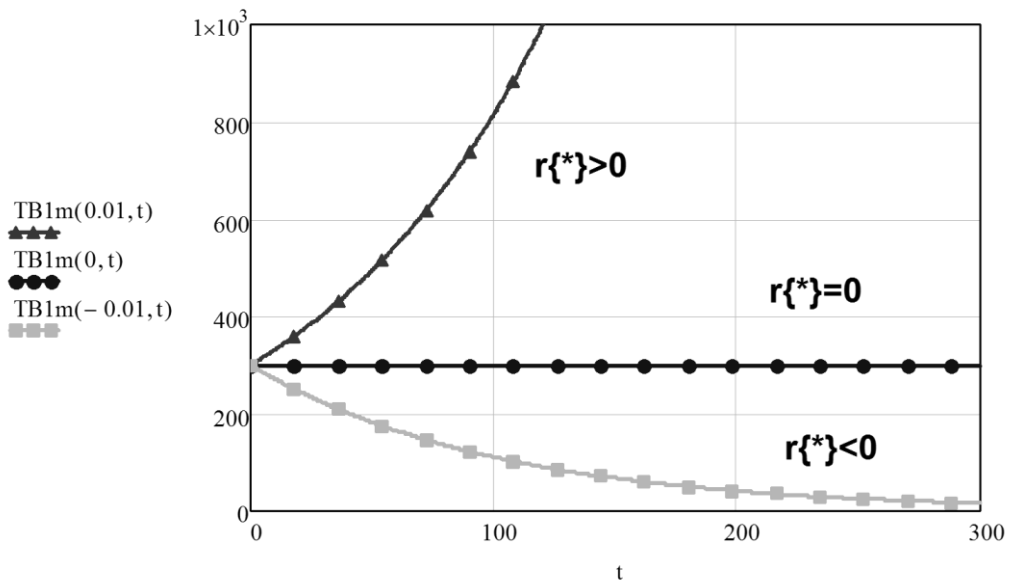


Рисунок 2 – Динамика среднеобъемной температуры при неограниченном ресурсе пожара

При ограниченном ресурсе пожара обычно справедливо условие  $0 < R\{*\} < \infty$ , а параметр  $b\{\Psi, V, T_0, \rho_0\} = \Psi / VT_0\rho_0 > 0$ . Тогда в случае  $r\{*\} \neq 0$ , а также с учетом  $R\{*\} = r\{*\} / b\{*\}$  выражение (12) можно представить в виде

$$Tm(t) = r\{*\}e^{r\{*\}t} / [b\{*\}(e^{r\{*\}t} - 1) + r\{*\} / T_0] \Rightarrow TB1m(r\{*\}, b\{*\}, t) \quad (14)$$

В общем случае (14) определяет динамику среднеобъемной температуры на начальной стадии загорания в негерметичном помещении, когда скоростные свойства динамики температуры за счет очага и отвода тепла в ограждающие конструкции и проемы различны. Если скоростные свойства динамики

среднеобъемной температуры за счет очага и отвода тепла одинаковы, то имеет место случай  $r\{*\} = 0$  и, следуя (14), будем иметь, что

$$Tm(t) = 1 / [b\{*\}t + 1 / T_0] \Rightarrow TB0m(b\{*\}, t). \quad (15)$$

Из анализа (14) и (15) следует, что системный параметр пожара  $r\{*\} = 0$  является точкой бифуркации для базовой системной модели пожара в негерметичном помещении. На рис.3 представлены решения (14) и (15) на интервале времени  $[0 - 1000c]$  при различных фиксированных на интервале значений системных параметров  $r\{*\}$  и  $b\{*\}$ .

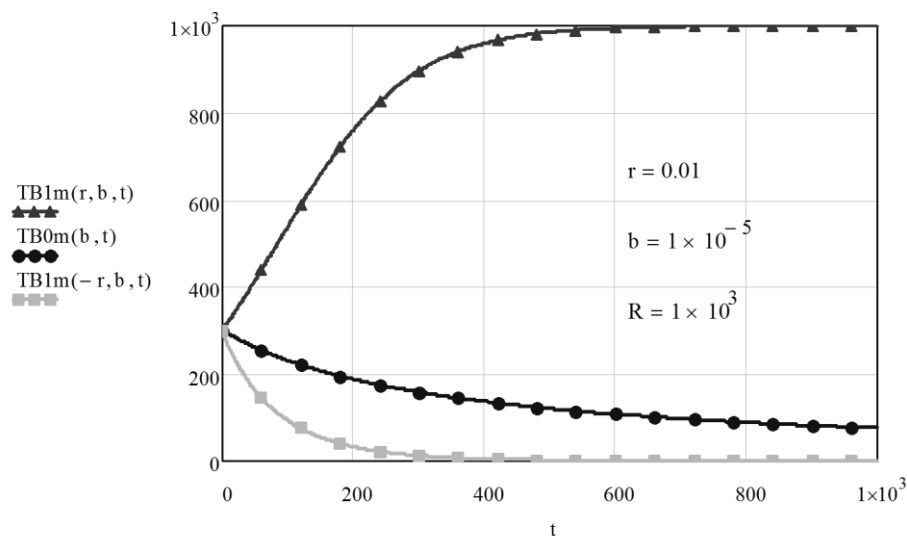


Рисунок 3 – Динамика среднеобъемной температуры при ограниченном ресурсе пожара  $R\{*\}$

Таким образом, при ограниченном ресурсе пожара возможны различные сценарии динамики

среднеобъемной температуры, зависящие от величины системного параметра  $r\{*\}$ .

Например, в случае  $r\{*\} \leq 0$  среднеобъемная температура  $Tm(t) \rightarrow 0$  для любых начальных условий. В случае  $r\{*\} > 0$  при условии  $t \rightarrow \infty$  среднеобъемная температура стремится к значению  $\lim_{t \rightarrow \infty} Tm(t) = r\{*\} / b\{*\} = R\{*\} > 0$ ,

определяемому значениями  $Q_p, \eta, c_p, Q_w, \Psi$  вне зависимости от начальной температуры среды в помещении.

**7. Обсуждение результатов анализа известных моделей динамики среднеобъемной температуры при пожаре в помещении на основе базовой системной модели**

В рамках предложенной базовой системной модели пожара сравним известные модели динамики среднеобъемной температуры при пожаре в помещении. Экспериментальное исследование различных типов пожаров показывает, что доля поглощаемого ограждением тепла от выделяемого источником загорания составляет от 20% до 75% [10]. Определение динамики тепловых потоков в ограждение обычно основывается на результатах экспериментальных исследований и выполняется в соответствии с известными эмпирическими, а также полуэмпирическими моделями и методами. Эти методы и модели обычно описывают зависимость теплового потока от среднеобъемной температуры газовой среды в помещении или от времени.

Для иллюстрации возможностей предлагаемой базовой системной модели пожара (8) рассмотрим три системных параметра, характеризующие выделение тепла очагом, отвод тепла ограждением и стесненность развития пожара соответственно:

$$k1 = Qp \eta / Cp, \quad (16) \quad k2 = Qw / (Cp VT_0 \rho_0), \quad (17)$$

$$g1 = b\{*\} = \Psi / (VT_0 \rho_0). \quad (18)$$

Следуя (16) – (18), системные параметры  $R\{*\}$  и  $r\{*\}$  базовой модели будут определяться следующими соотношениями:

$$R\{*\} \Rightarrow RES(g1, k1, k2) = k1 - k2 / g1, \quad (19)$$

$$r\{*\} \Rightarrow r1(g1, k1, k2) = g1 k1 - k2. \quad (20)$$

В этом случае решения (14) и (15) будут определяться соответственно

$$Tm(T) \Rightarrow TB2m(g1, k1, k2, t) = \frac{(g1 k1 - k2) \exp[(g1 k1 - k2)t]}{g1 \{ \exp[(g1 k1 - k2)t] - 1 \} + (g1 k1 - k2) / To}, \quad (21)$$

$$Tm(T) \Rightarrow TB20m(g1, t) = \frac{1}{g1 t + 1 / To}. \quad (22)$$

На рис. 4 приведены зависимости (21) и (22) для различных системных параметров для ресурса пожара  $RES(g1, k1, k2) = 666,667$ . Фазовый портрет для этих условий, описываемый функцией  $F1(g1, k1, k2, Tm) = r1(g1, k1, k2) Tm - g1 Tm^2$  представлен на рис. 5.

Для заданных параметров (16) – (18) при любой начальной температуре газовой среды фазовые траектории проходят через нулевую особую точку, являющуюся неустойчивой (репеллер). Это означает, что температура среды в начальный момент в помещении является неустойчивой и ее динамика может быть различной (рис.4). Вторая особая точка, соответствующая ресурсу пожара, является устойчивой (аттрактор). К этому значению стремятся все траектории среднеобъемной температуры газовой среды при любых начальных условиях. Для положительного ресурса пожара эта точка «притягивает» к себе все траектории среднеобъемной температуры. Это значение температуры не может быть превышено для заданных системных параметров пожара. Если выделение тепла очагом  $k1 = Qp \eta / Cp$  и стесненность пожара  $g1 = b\{*\} = \Psi / (VT_0 \rho_0)$  заданы, то единственная возможность снижения среднеобъемной температуры в помещении сводится к увеличению системного параметра  $k2 = Qw / (Cp VT_0 \rho_0)$  за счет возрастания потока тепла, отводимого из помещения.

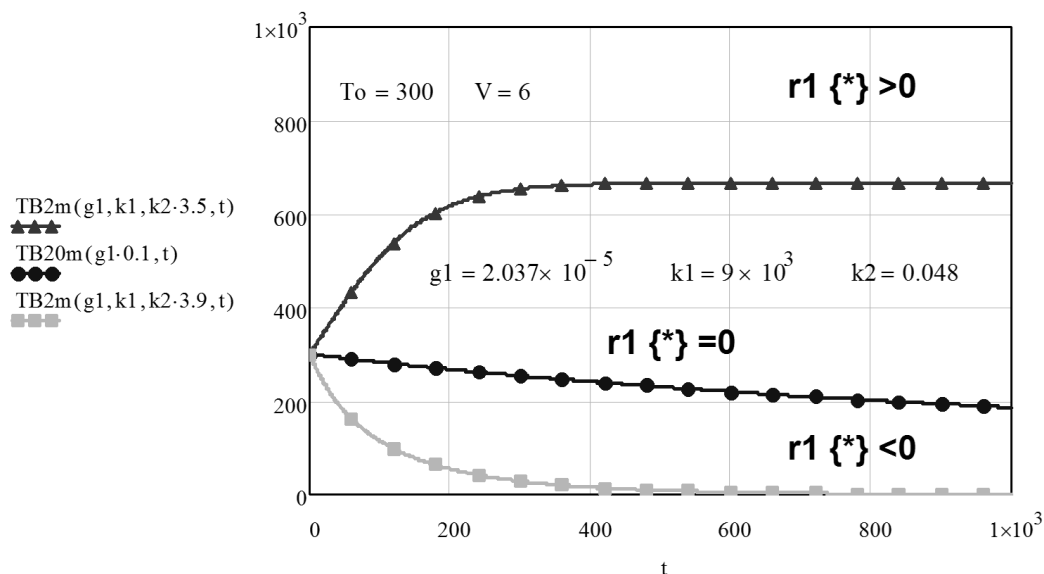


Рисунок 4 – Динамика среднеобъемной температуры для различных значений системных параметров пожара

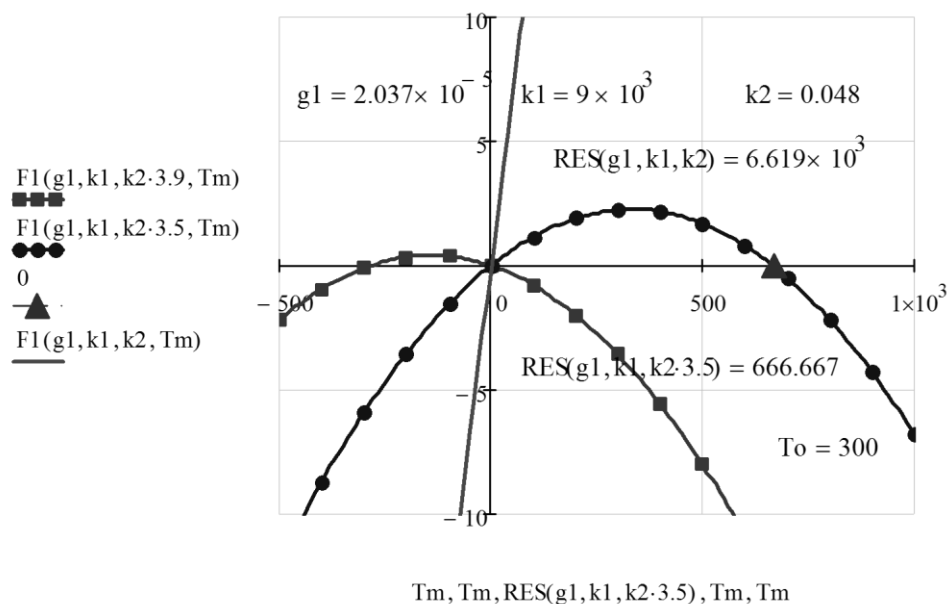


Рисунок 5 – Фазовый портрет для различных системных параметров пожара

В рамках предлагаемой базовой системной модели пожара (9) можно рассмотреть фазовые портреты для различных известных моделей потока тепла в ограждение. Реальные тепловые потоки в различные элементы ограждения при пожарах существенно отличаются. Принято различать потоки тепла через поверхности стен, пола и потолка, а также радиационный поток тепла в окружающую среду через открытые проемы и щели, по которым поступает наружный воздух в помещение. Одна из наиболее общих моделей [14,15] учитывает поток тепла, излучаемого из помещения через проемы и тепловые потоки в стены, потолок и пол. Для

этой модели системный параметр (17) зависит от среднеобъемной температуры, и определяется

$$k2T(x) = \frac{5,67Fo[x^4 - To^4]10^{-8} + aF}{VT\rho_0Cp} \exp\{n(x-To)\} \quad (23)$$

где  $Fo$  – площадь проема [ $m^2$ ];  $F$  – суммарная площадь поверхности ограждений [ $m^2$ ];  $a = 0,8K^{-1}$ ,  $b = 0,00065K^{-2}$ ,  $\alpha = 11,6Bm \cdot m^{-2}$ ,  $n = 0,0023K^{-1}$ .

Для модели потока тепла, излучаемого из помещения через проемы и на поверхность произвольного элемента ограждения при условии внутренней температуры поверхности, равной начальной температуре среды, системный параметр (17) будет определяться

$$k3T(x) = \frac{5,67 Fo[x^4 - To^4]10^{-8} + \alpha i Fi(x - To)}{VTo\rho_0 Cp}, \quad (24)$$

где  $\alpha i$  – коэффициент теплоотдачи элемента поверхности;  $Fi$  – площадь поверхности элемента ограждения. Для модели потока тепла, излучаемого из помещения через проемы и тепловые потоки в стены, потолок и пол на начальной стадии пожара характерный системный параметр (17) будет определяться

$$k2T(x) = \frac{5,67 Fo[x^4 - To^4]10^{-8} + 4,07 F [a(x - To) - b(x - To)^2]^{4/3}}{VTo\rho_0 Cp}. \quad (25)$$

На рис. 6 изображены фазовые портреты базовой системной модели и выше указанных трех моделей развития пожара для принятых значений системных параметров учета общего теплового потока, отводимого из помещения. Для сравнения на рис. 6 представлен фазовый

портрет, описываемый функцией  $F1(g1, k1, k2, Tm)$ , в случае модели фиксированного теплового потока, отводимого из помещения.

Моделям (23) – (25) на рис. 6 соответствуют фазовые портреты, описываемые  $F2(g1, k1, x) = r1[g1, k1, k2T(x)]x - g1x^2$ ,  $F3(g1, k1, x) = r1[g1, k1, k3T(x)]x - g1x^2$ ,  $F4(g1, k1, x) = r1[g1, k1, k4T(x)]x - g1x^2$ . Из анализа приведенных данных следует, что для указанных типов моделей отвода тепла из помещения динамика среднеобъемной температуры для значений  $Tm(t) < 400K$  оказывается схожей, а для значений  $Tm(t) > 400K$  динамика отличается. При этом сохраняется общая тенденция роста температуры  $Tm(t)$  газовой среды к установившемуся состоянию, определяемому ресурсом пожара. Рост температуры происходит с переменной скоростью, которая определяется текущей среднеобъемной температурой  $Tm(t)$ . На начальном этапе с ростом температуры увеличивается скорость ее изменения, достигая максимальной величины в точке  $R\{*\} = r\{*\} / 2b\{*\}$ . При дальнейшем росте температуры скорость ее изменения уменьшается и в точке  $R\{*\}$  оказывается равной нулю.

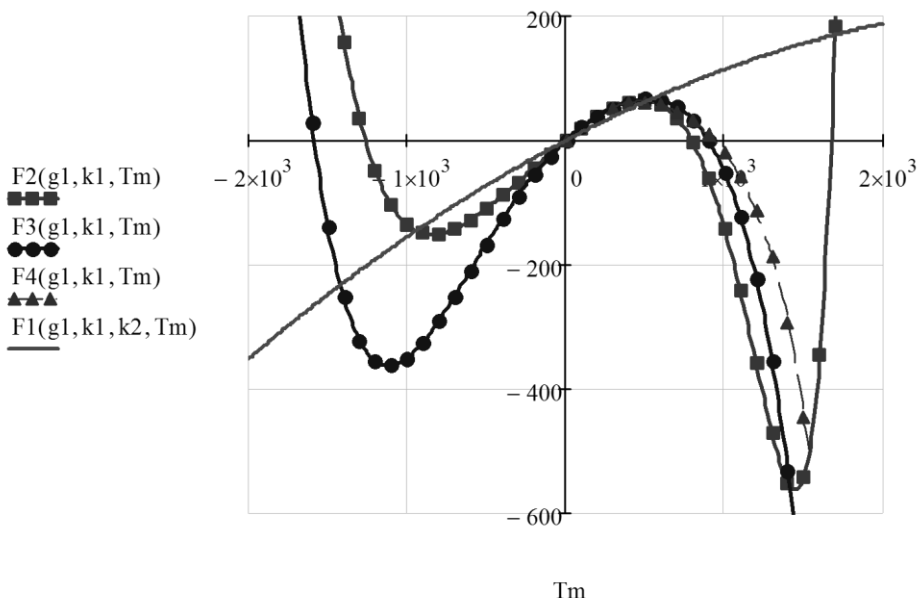


Рисунок 6 – Фазовые портреты пожара для различных моделей потока отводимого тепла при заданных значениях системных параметров

Это состояние температуры газовой среды стабилизируется свойствами данной особой точки в виде аттрактора. Положение аттрактора

для рассмотренных известных моделей оказывается различным. Наибольшие различия имеют место для простейшей модели с

фиксированными потоками тепла, поступающими от очага и отводимого из помещения. Фазовый портрет для данной модели пересекает фазовые портреты других моделей в одной фазовой точке, соответствующей фиксированному моменту времени и параметрам пожара. При этом для модели (23) отвода тепла характерно наличие дополнительной точки равновесия, в которой температура  $T_m(t)$  оказывается неустойчивой и имеет тенденцию роста с неограниченной скоростью.

### 8. Выводы

В работе предложена базовая системная модель пожара в негерметичном помещении в виде нелинейной автономной системы. Представлены результаты системного анализа динамики среднеобъемной температуры газовой среды в помещении на начальной стадии пожара для известных моделей отвода тепла и стесненности пожара. Предложены общие системные параметры пожара. Определены системные параметры пожара, характеризующие скоростные свойства динамики среднеобъемной температуры и ресурс пожара. Установлены особые точки, их характер и условия возникновения бифуркации динамики среднеобъемной температуры при пожаре в помещении, а также рассмотрены системные возможности по управлению системными параметрами пожара на начальной его стадии в негерметичном помещении.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Beard, A. N. A model of instability and fashover [Text] / A. N. Beard, D. D. Draysdale, P. G. Holborn, S. R. Bishop // *Journal of Applied Fire Science*. 1994. – V. 4. – № 1. – P. 3-16.
2. Jahn, W. The effect of model parameters on the simulation of free dynamics [Text] / W. Jahn, G. Rein, J. L. Torero // *Fire Safety Science*. 2008. – V. 9. – P. 1341-1352.
3. Novozhilov, V. Non-linear dynamical model of compartment fire flashover [Text] / V. Novozhilov // *Journal of Engineering Mathematics*. 2010. – V. 67. – № 4. – P. 387-400.
4. Nevdakh, V. V. Initial stage simulation of stationary faming fire in the closed compartment [Text] / V. V. Nevdakh, A. A. Antoshin, I.E. Zuikov // *Nauka i Tekhnika*. 2014. – № 3. – P. 28-35 (in Russian).
5. Holborn, P. G. Experimental and theoretical model of fashover [Text] / P. G. Holborn, S. R. Bishop, D. D. Draysdale, A. N. Beard // *Fire Safety Journal*. 1993. – V. 21. – № 3. – P. 257-266.
6. Thomas, I. R. The effect of fuel quantity and location on small enclosure fires [Text] / I. R. Thomas, K. A. M. Moinuddin, I. D. Bennets // *Journal of Fire Protection Engineering*. 2007. – V. 17. – № 2. – P. 85-102.
7. Beard, A. N. Flashover and boundary properties [Text] / A. N. Beard // *Fire Safety Journal*. 2010. – V. 45. – № 2. – P. 116-121.
8. Poulsen, A. Experimental study on the burning behavior of pool fires in rooms with different wall linings [Text] / A. Poulsen, G. Jomaas // *Fire Technology*. 2012. – V. 48. – № 2. – P. 419-439.
9. Драйздейл, Д. Введение в динамику пожаров [Текст] / Д. Драйздейл. – М.: Стройиздат, 1990. – 421 с.
10. Термогазодинамика пожаров в помещениях / Под ред. Ю. А. Кошмарова. – М.: Стройиздат, 1988. – 448 с.
11. Моделирование пожаров и взрывов / Под ред. Н. Н. Брушлинского, А. Я. Корольченко. – М.: Пожнаука, 2000. – 482 с.
12. Пузач, С. В. Методы расчета тепломассообмена при пожаре в помещении и их применение при решении практических задач пожаровзрывобезопасности [Текст] / С. В. Пузач. – М.: АГПС МЧС России, 2005. – 336 с.
13. Кошмаров, Ю. А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении [Текст] / Ю. А. Кошмаров. – М.: АГПС МВД России, 2000. – 118 с.
14. Башкирцев М. П. Исследование температурного режима при горении жидкостей в помещении: Дисс. канд. техн. наук. – М.: МИСИ им. В. Куйбышева, 1967. – 226 с.
15. Романенко, П. Н. Термодинамика и теплопередача в пожарном деле [Текст] / П. Н. Романенко, Ю. А. Кошмаров, М. П. Башкирцев. – М.: ВИПТШ МВД СССР, 1977. – 405 с.

## СИСТЕМНА МОДЕЛЬ ПОЖЕЖІ В ПРИМІЩЕННІ ЯК НЕЛІНІЙНА ДИНАМІЧНА СИСТЕМА

*Б. Б. Поспелов*

*Національний університет цивільного захисту, Україна*

---

### КЛЮЧОВІ СЛОВА

базова системна модель пожежі, системний аналіз середньооб'ємної температури газового середовища, негерметичне приміщення

### АНОТАЦІЯ

Запропонована базова системна модель пожежі в негерметичному приміщенні у вигляді нелінійної системи і надані результати системного аналізу динаміки середньооб'ємної температури газового середовища в приміщенні на початковій стадії пожежі для різних відомих моделей відводу тепла і обмеженості розвитку пожежі. Визначено окремі системні параметри пожежі. Введено інтегральні системні параметри, що характеризують швидкісні властивості динаміки середньооб'ємної температури і ресурс пожежі, а також три її характерних системних параметра. Встановлено особливі точки, їх характер і умови виникнення біфуркації динаміки середньооб'ємної температури при пожежі, а також оцінені системні можливості по управлінню системними параметрами пожежі в негерметичному приміщенні на початковій її стадії

## THE SYSTEM MODEL OF THE INDOOR FIRE AS A NONLINEAR DYNAMIC SYSTEM

*B. Pospelov*

*National university of civil protection, Ukraine*

---

### KEYWORDS

basic system fire model, system analysis of the gas environment medium-volume temperature, leaking room

### ANNOTATION

The basic system model of the fire in the leaking room in a nonlinear system form is offered in the work and also the results of the system analysis of dynamics of medium-volume temperature of gas indoor environment at an initial stage of the fire for various known models of heat removal and constraint of the fire extension are presented. The private system fire parameters are determined. The integrated system parameters characterizing high-speed properties of medium-volume temperature dynamics and the fire resource, and also three typical system parameters are suggested. The special points, their character and conditions of bifurcation of medium-volume temperature dynamics appearance at the fire are established, and also the system opportunities for system parameters' management of the fire in the leaking room at its initial stage are estimated

УДК 614.841.332

## МЕТОДИКА ПОПЕРЕДНЬОЇ ОЦІНКИ ВОГНЕЗАХИСНОЇ ЗДАТНОСТІ ПОКРИТТІВ ДЛЯ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ В УМОВАХ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ВУГЛЕВОДНЕВОЇ ПОЖЕЖІ

А.І. Ковальов\*, канд. техн. наук, ст. наук. співр., Н.В. Зобенко

Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України

### ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції 15.06.2016  
Пройшла рецензування: 18.07.2016

#### Ключові слова:

вогнезахисне покриття, вогневий вплив, вогнезахисна здатність, математична модель, обернена задача теплопровідності, сталева конструкція, температурний режим вуглеводневої пожежі

### АНОТАЦІЯ

Викладено методику попередньої оцінки вогнезахисної здатності покриттів для сталевих конструкцій розрахунково-експериментальним методом в умовах вогневого впливу за температурного режиму вуглеводневої пожежі. Наведено дані щодо апробації цієї методики при оцінці вогнезахисної здатності покриття на водній основі «Amotherm Steel Wb», що случується. Показано, що для критичної температури сталі 500 °С і нормованої тривалості вогневого впливу 30 хв значення мінімальної товщини зазначеного вогнезахисного покриття для вогневого впливу за температурного режиму вуглеводневої пожежі у 2 рази більші, ніж для стандартного температурного режиму

**Постановка проблеми.** Для оцінки вогнезахисної здатності покриттів для сталевих конструкцій існує стандартизована методика [1], згідно якої випробування зразків проводять в умовах стандартного температурного режиму пожежі. Проте, ця методика не враховує поведінку сталевих конструкцій при їх випробуваннях в умовах інших температурних режимів, наприклад режимі вуглеводневої пожежі. На сьогоднішній день в Україні впроваджуються європейські стандарти і відкритим залишається питання визначення вогнезахисної здатності покриттів для альтернативних режимів, наприклад режиму вуглеводневої пожежі. Температурний режим вуглеводневої пожежі відноситься до жорсткіших режимів, ніж режим стандартної пожежі. Цей режим призначений для представлення впливів пожеж вуглеводневих пожежних навантажень і його використовують при оцінці вогнестійкості будівельних конструкцій, що застосовують переважно на об'єктах нафтової промисловості, температура горіння яких зростає значно швидше і має більші значення, ніж при горінні будь-яких інших будівельних і облицювальних матеріалів. Також температурний режим вуглеводневої пожежі застосовують для оцінки вогнестійкості несучих конструкцій на об'єктах підвищеної пожежонебезпеки – залізничних і автомобільних тунелях, обладнання з видобутку, переробці і транспортуванні газу, нафти і нафтопродуктів тощо. Тому актуальною на теперішній час є розробка методики оцінки

вогнезахисної здатності покриттів для сталевих конструкцій в умовах температурного режиму вуглеводневої пожежі. **Метою даної роботи** є розробка методики попередньої оцінки (далі – методика оцінки) вогнезахисної здатності покриттів для сталевих конструкцій в умовах температурного режиму вуглеводневої пожежі, яка дозволяє визначати значення мінімальної товщини покриттів залежно від тривалості вогневого впливу та критичної температури сталі за результатами випробувань зразків зменшених розмірів.

#### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Попередня оцінка вогнезахисної здатності покриттів є одним із етапів визначення цієї здатності для покриттів сталевих конструкцій і передуює проведенню випробувань на вогнестійкість зразків сталевих конструкцій (балок та колон) встановлених в стандарті [1] розмірів. Розробка такої методики оцінки, яка б враховувала специфіку роботи сталевих конструкцій в умовах вуглеводневої пожежі, можливо за рахунок використання розрахунково-експериментального методу, який дозволяє за результатами випробувань, використовуючи математичні та фізичні моделі, оцінювати вогнезахисну здатність покриттів і вогнестійкість сталевих конструкцій. Слід відзначити, що даний метод добре зарекомендував себе в роботах таких вчених, як Круковський П.Г., Харченко І.О., Новак С.В., Цвіркун С.В., Поздєєв С.В., Качкар Є.В., Довбиш А.В., Ковальов А.І., Якименко О.П. та ін.

\* E-mail: [naucovec@ukr.net](mailto:naucovec@ukr.net) (A.Kovaliov)

**Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів.**

Запропонована методика попередньої оцінки вогнезахисної здатності покриттів сталевих конструкцій в умовах температурного режиму вуглеводневої пожежі має такі етапи:

1. Проведення експериментів по визначенню температури з необігрівної поверхні сталеві пластина з вогнезахисним покриттям в умовах вогневого впливу за температурним режимом вуглеводневої пожежі.

2. Визначення теплофізичних характеристик вогнезахисного покриття шляхом розв'язання оберненої задачі теплопровідності (далі – ОЗТ).

3. Визначення характеристики вогнезахисної здатності вогнезахисного покриття – залежності мінімальної товщини покриття від товщини сталеві пластина, тривалості вогневого впливу та значення критичної температури сталі, шляхом розв'язання прямих задач теплопровідності (далі – ПЗТ).

Згідно **першого пункту методики** проводять експерименти з визначення проміжку часу від початку температурного впливу за температурним режимом вуглеводневої пожежі на сталеву пластину з нанесеним засобом вогнезахисту до підвищення її температури до критичної. Експерименти проводять у вогневій печі.

Температурний режим вуглеводневої пожежі визначається за формулою [2]:

$$T_g = 1080 (1 - 0,325e^{-0,167t} - 0,675e^{-2,5t}) + 20, \quad (1)$$

$T_g$  – температура газового середовища біля конструкції, °C;

$t$  – час, хв.

Згідно **другого пункту методики** за експериментальними даними вимірювання температури сталевих пластин та температури в печі шляхом розв'язання ОЗТ визначають теплофізичні характеристики вогнезахисного покриття. При цьому застосовують таку математичну модель, яку побудовано для прийнятої фізичної моделі теплового стану в системі «вогнезахисне покриття – сталеві пластина – теплоізоляція» (рис. 1):

$$c_v(x, t) \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda(x, t) \frac{\partial T}{\partial x} \right), \quad (2)$$

$$\lambda_p \frac{\partial T(0, t)}{\partial x} = \alpha^* [T_{c1}(t) - T(0, t)], \quad (3)$$

$$\alpha^* = \alpha_{c1} + \frac{C_0 \varepsilon}{T_{c1}(t) - T(0, t)} \left\{ \left[ \frac{T_{c1}(t) + 273}{100} \right]^4 - \left[ \frac{T(0, t) + 273}{100} \right]^4 \right\}, \quad (4)$$

$$\lambda \frac{\partial T(X, t)}{\partial x} = \alpha^{**} [T(X, t) - T_{c2}], \quad (5)$$

де  $c_v$  – питома об'ємна теплоємність, Дж/(м<sup>3</sup>·К),  $\lambda_p$  – коефіцієнт теплопровідності вогнезахисного покриття, Вт/(м·К),  $\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К),  $T$  – температура,  $t$  – час,  $x$  – координата,  $\alpha_{c1}$  – коефіцієнт тепловіддачі конвекцією від гарячих газів до поверхні вогнезахисного покриття, що нагрівається,  $\alpha^{**}$  – коефіцієнт тепловіддачі від необігрівної поверхні теплоізоляції,  $C_0$  – випромінювальна здатність абсолютно чорного тіла ( $C_0 = 5,67$ ),  $\varepsilon$  – коефіцієнт випромінювання поверхні вогнезахисного покриття, що нагрівається;  $T_{c1}$  – температура гарячих газів у печі при випробуванні;  $T_{c2}$  – температура повітря з необігрівної поверхні теплоізоляції,  $T_0$  – початкова температура. Багатошаровість системи враховується залежностями  $c_v$  і  $\lambda$  від координати.

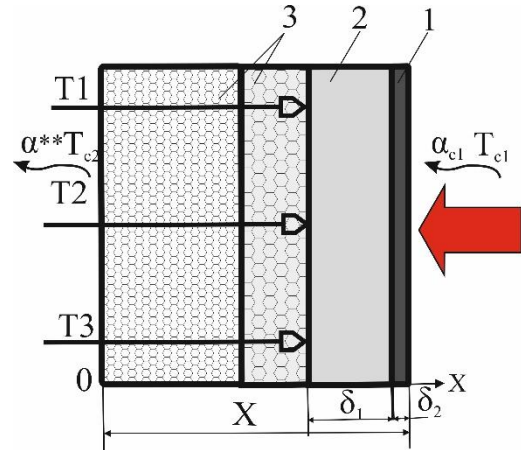


Рисунок 1 – Фізична модель теплового стану в системі «вогнезахисне покриття – сталеві пластина – теплоізоляція»: 1 – вогнезахисне покриття; 2 – сталеві пластина; 3 – 2 шари теплоізоляційного матеріалу.

Зазначена математична модель враховує те, що обігрівна поверхня вогнезахисного нагрівається конвективно-радіаційним шляхом від гарячих газів в печі з температурою  $T_{c1}$ . Усередині системи «вогнезахисне покриття – сталеві пластина – теплоізоляція» тепло передається кондуктивним шляхом.



Приймається умова ідеального теплового контакту між шарами системи. З необігрівної поверхні теплоізоляції теплообмін відбувається шляхом конвекції.

Для визначення теплофізичних характеристик вогнезахисного покриття запропоновано застосувати екстремальний метод розв'язання ОЗТ, згідно з яким необхідно знайти такі значення параметрів (P) теплофізичних характеристик, для яких величина середньоквадратичного відхилення  $\phi$  розрахункових  $T_{M,i}$  і експериментальних  $T_{E,i}$  значень середньої температури на необігрівній поверхні сталеві пластини буде мінімальною

$$\phi = \sqrt{\sum_{i=1}^n [T_{M,i}(P) - T_{E,i}]^2} \quad (6)$$

де n – кількість експериментальних значень температури сталеві пластини в часі.

При розв'язанні ОЗТ математичну модель (2)-(5) інтегрують чисельно методом кінцевих різниць з використанням неявної схеми апроксимації похідних по координаті x і часу t.

Згідно **третього пункту методики** використовуючи математичну модель теплового стану в системі «вогнезахисне покриття – сталеві пластини» (без шару теплоізоляції), яка відрізняється від моделі (2)-(5) тим, що на

внутрішній поверхні сталеві пластини задається умова теплової симетрії (відсутність теплового потоку), розв'язанням серії ПЗТ визначають залежність мінімальної товщини покриття від товщини сталеві пластини, нормованої тривалості вогневого впливу та критичної температури сталі.

Запропоновану методику було апробовано при оцінці вогнезахисної здатності покриття на водній основі «Amotherm Steel Wb», що случується.

Було сплановано та проведено експерименти в умовах вогневого впливу за температурного режиму вуглеводневої пожежі та за стандартного температурного режиму (для порівняння часу досягнення критичної температури сталі). Експерименти проводили із застосуванням металевих пластин зі сталі Ст. 3 розмірами 500 мм × 500 мм × 5 мм. Вогнезахисне покриття наносили механізованим способом із застосуванням агрегату безповітряного розпилення відповідно до [3]. Середня товщина покриття складала 0,42 мм. Експерименти проводили при температурі повітря 20 °С, відносній вологості повітря 48 % та тискові 743 мм рт. ст. Результати вимірювань температури в печі та на необігрівній поверхні сталеві пластини в умовах вогневого впливу тривалістю 15 хв за температурним режимом вуглеводневої пожежі наведені на рис. 2,3.

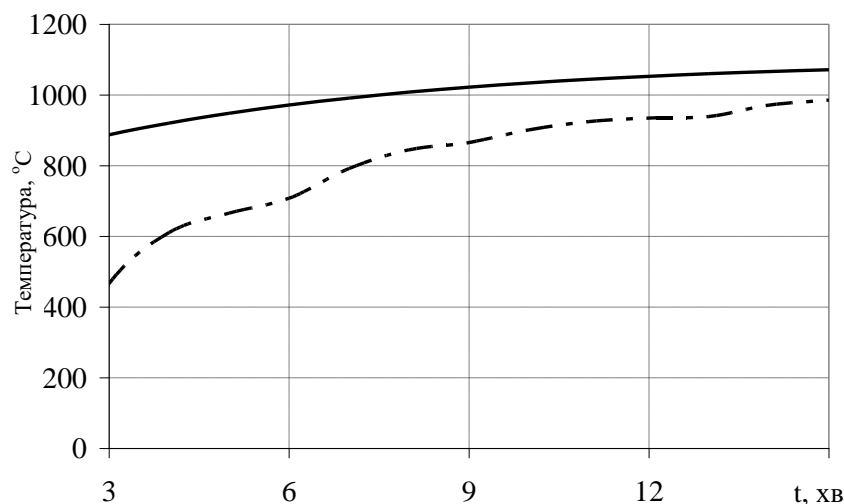


Рисунок 2 – Залежність температури в печі від тривалості вогневого впливу:

- вуглеводнева крива по ДСТУ Б В 1.1-4 [2];
- - - - температурна крива під час експерименту в печі.

Як видно із рис. 2, після 3 хв вогневого впливу температура в печі наближається до температури вуглеводневої пожежі і на 15 хв досягає 986 °С. Температура з необігрівної

поверхні сталеві пластини при цьому за 15 хв досягла критичної температури сталі 500 °С (рис. 3).

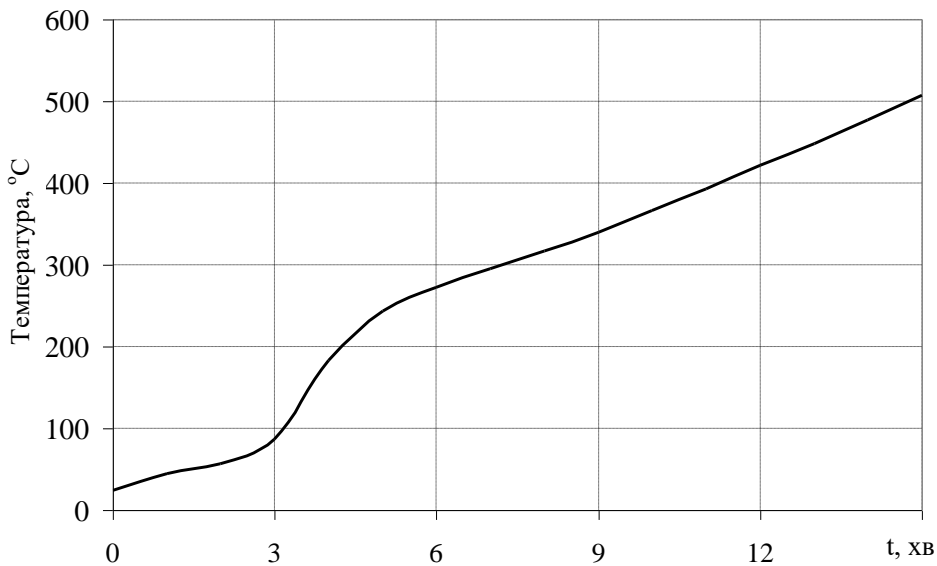


Рисунок 3 – Залежність середньої температури з необігрівної поверхні сталеві пластины з вогнезахисним покриттям «Amotherm Steel Wb» від часу вогневого впливу за температурним режимом вуглеводневої пожежі.

Порівнюючи час прогріву сталеві пластины з вогнезахисним покриттям «Amotherm Steel Wb» при вогневому впливі за температурного режиму вуглеводневої пожежі та за стандартного температурного режиму, впливає, що при товщині покриття 0,42 мм,

час, за який сталеві пластины товщиною 5 мм прогрівається до критичної температури 500 °С при стандартному температурному режимі в 1,9 разів більший, ніж при температурному режимі вуглеводневої пожежі (рис. 4).

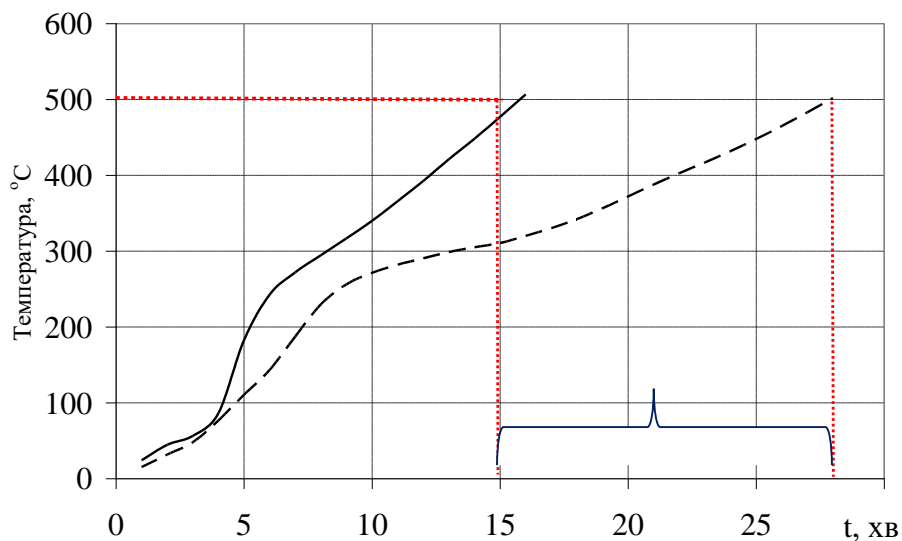


Рисунок 4 – Залежність температури з необігрівної поверхні сталеві пластины від часу вогневого впливу при різних температурних режимах пожежі: суцільна крива – при стандартному температурному режимі пожежі; пунктирна крива – при температурному режимі вуглеводневої пожежі.

Із застосуванням отриманих експериментальних даних шляхом розв'язання оберненої задачі теплопровідності екстремальним методом [4] були визначені теплофізичні характеристики вогнезахисного покриття «Amotherm Steel Wb»: залежність коефіцієнту теплопровідності від температури

та постійне значення питомої об'ємної теплоємності, які наведено в [5].

Використовуючи математичну модель теплового стану в системі «вогнезахисне покриття – сталеві пластины» і дані щодо теплофізичних характеристик вогнезахисного покриття «Amotherm Steel Wb» [5], шляхом

розв'язання серії ПЗТ визначено залежність мінімальної товщини покриття від товщини сталеві пластины для критичної температури сталі 500 °С і нормованої тривалості вогневого впливу 30 хв, наведену на рис. 5. При розрахунках теплофізичні характеристики сталі

та інші параметри математичної моделі брались з [6]. Прямі задачі теплопровідності розв'язували чисельним методом кінцевих різниць. Кількість вузлів становило 25 вузлів по просторовій координаті, крок за часом 30 с.

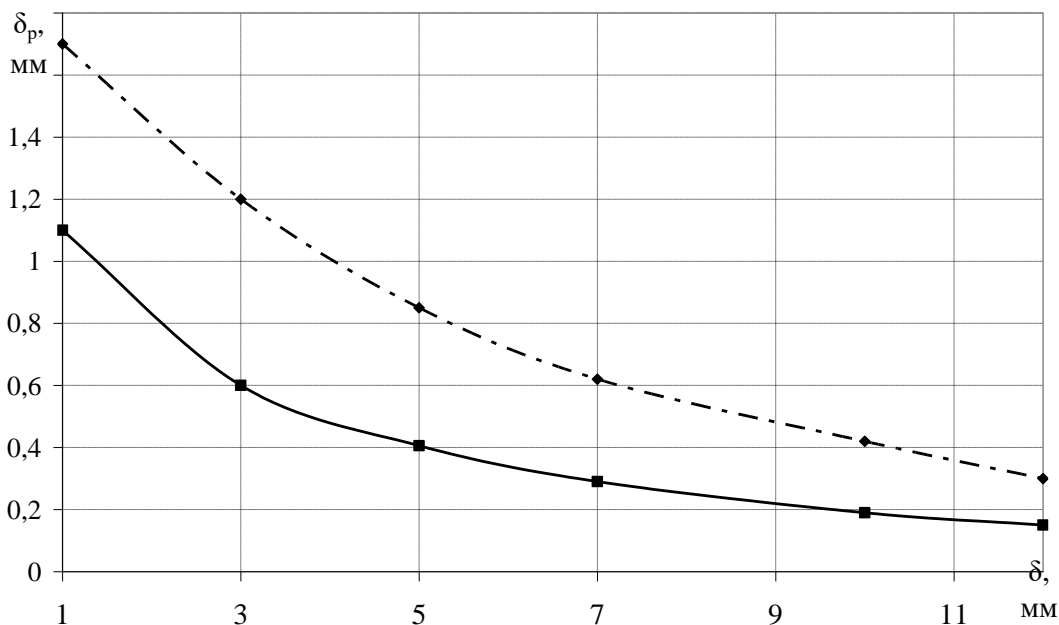


Рисунок 5 – Залежність мінімальної товщини вогнезахисного покриття «Amotherm Steel Wb» від товщини сталеві пластины для критичної температури сталі 500 °С і нормованої тривалості вогневого впливу 30 хв:

суцільна крива – при стандартному температурному режимі пожежі;  
пунктирна крива – при температурному режимі вуглеводневої пожежі.

Порівнюючи залежності, наведені на рис. 5, можна навести те, що значення мінімальної товщини вогнезахисного покриття для вогневого впливу за температурного режиму вуглеводневої пожежі у 2 рази більші, ніж для стандартного температурного режиму.

**Висновки.**

1. Розроблено методику попередньої оцінки вогнезахисної здатності покриттів для сталевих конструкцій розрахунково-експериментальним методом в умовах вогневого впливу за температурного режиму вуглеводневої пожежі, яку засновано на експериментальному визначенню температури сталеві пластины з вогнезахисним покриттям в умовах вогневого впливу, розв'язанні обернених та прямих задач теплопровідності для визначення теплофізичних характеристик вогнезахисного покриття та залежності мінімальної товщини покриття від товщини сталеві пластины, тривалості вогневого впливу та значення критичної температури сталі.

2. Проведено апробацію зазначеної методики при оцінці вогнезахисної здатності покриття на водній основі «Amotherm Steel Wb», що спучується. Встановлено, що для критичної температури сталі 500 °С і нормованої тривалості вогневого впливу 30 хв значення мінімальної товщини цього вогнезахисного покриття для вогневого впливу за температурного режиму вуглеводневої пожежі у 2 рази більші, ніж для стандартного температурного режиму.

**Перспективи подальших досліджень.**

Подальші роботи мають бути направлені на апробацію даної методики при визначенні вогнезахисної здатності різних видів покриттів для сталевих конструкцій, а також на проведення випробувань на вогнестійкість зразків захищених сталевих конструкцій різних профілів в умовах вогневого впливу за температурного режиму вуглеводневої пожежі.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Захист від пожежі. Вогнезахисні покриття для будівельних несучих металевих конструкцій. Метод визначення вогнезахисної здатності (EN 13381-4:2002, NEQ) : ДСТУ Б В 1.1-17:2007. – [Чинний від 2008-01-01] – К.: Укрархбудінформ, 2009. – XIV, 105 с. – (Національний стандарт України).
2. Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробування на вогнестійкість. Загальні вимоги (ISO 834:1975) : ДСТУ Б В.1.1-4-98. – [Чинний від 1998-10-28]. – К.: Укрархбудінформ, 1999. – 21с. – (Державний стандарт України).
3. Регламент робіт з вогнезахисту для вогнезахисної речовини «Amotherm Steel Wb», що спучується, для сталевих конструкцій / ДІТБ України, 2012. – № 95/1/36946711. – 29 с.
4. Круковский П. Г. Обратные задачи теплопереноса (общий инженерный подход) / Павел Григорьевич Круковский. – Киев: Институт технической теплофизики НАН Украины, 1998. – 218 с.
5. Експериментальне дослідження вогнезахисної здатності покриття «Amotherm Steel Wb» при температурному режимі вуглеводневої пожежі / А.І. Ковальов, Є.В. Качкар, Н.В. Зобенко [та ін.] // Пожежна безпека: теорія і практика. – 2014. – № 17. – С. 53-60.
6. ДСТУ-Н Б EN 1993-1-2:2010 Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1991-1-2:2005, IDT).

## МЕТОДИКА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ОГНЕЗАЩИТНОЙ СПОСОБНОСТИ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В УСЛОВИЯХ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА УГЛЕВОДОРОДНОГО ПОЖАРА

*А.И. Ковалёв, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., Н.В. Зобенко*

*Черкасский институт пожарной безопасности имени Героев Чернобыля Национального университета гражданской защиты Украины*

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

огнезащитное покрытие, огневое воздействие, огнезащитная способность, математическая модель, обратная задача теплопроводности, стальная конструкция, температурный режим углеводородного пожара

### АННОТАЦИЯ

Изложена методика предварительной оценки огнезащитной способности покрытий для стальных конструкций расчетно-экспериментальным методом в условиях огневого воздействия температурного режима углеводородного пожара. Приведены данные об апробации этой методики при оценке огнезащитной способности покрытия на водной основе «Amotherm Steel Wb», что вспучивается. Показано, что для критической температуры стали 500 ° С и нормированной продолжительности огневого воздействия 30 мин значение минимальной толщины указанного огнезащитного покрытия для огневого воздействия температурного режима углеводородного пожара в 2 раза больше, чем для стандартного температурного режима

## PRELIMINARY ASSESSMENT TECHNIQUE OF COATING FLAME RETARDANT CAPACITY FOR STEEL STRUCTURES UNDER HYDROCARBON FIRE TEMPERATURE CONDITIONS

*A. Kovaliov, Cand. of Sc. (Eng.), Senior Researcher, N. Zobenko*

*Cherkassy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes of National University of Civil Defense of Ukraine*

### KEYWORDS

flame retardant coating, fire exposure, fireproof capacity, mathematics model, inverse heat conduction task, steel structure, hydrocarbon fire temperature conditions

### ANNOTATION

The preliminary assessment technique of coating flame retardant capacity for steel structures is set out with the help of calculation and experimental method under conditions of fire exposure and hydrocarbon fires temperature. Data on the technique testing when assessing the coating flame retardant capacity on the «Amotherm Steel Wb» water basis (which is bubbled) are presented. It is shown that in case of the steel critical temperature equaled 500° C and 30 minutes of fire exposure, the value of minimum thickness of specified flame retardant coating for fire exposure under hydrocarbon fire temperature conditions is 2 times higher than for standard temperature conditions.

УДК 614.843/083

## ВИЗНАЧЕННЯ ДИСИПАТИВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАТЕРІАЛУ НАПІРНОГО ПОЖЕЖНОГО РУКАВА ТИПУ «Т» З ВНУТРІШНІМ ДІАМЕТРОМ 51 ММ В ПОПЕРЕЧНОМУ НАПРЯМКУ

*О.М. Ларін, д-р. техн. наук, проф., Г.О. Чернобай, канд. техн. наук, доц., С.Ю. Назаренко  
Національний університет цивільного захисту, Україна*

### ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції: 15.06.2016  
Пройшла рецензування: 18.07.2016

#### Ключові слова:

рукав, напірний пожежний рукав,  
робочий тиск, випробування,  
жорсткість, гістерезис, дисипативні  
властивості

### АНОТАЦІЯ

Розглядаються методика і результати визначення дисипативних властивостей матеріалу напірного пожежного рукава типу «Т» із внутрішнім діаметром 51 мм при поперечних деформаціях

Постановка проблеми. Напірні пожежні рукава є гнучкими трубопроводами, які використовуються для подання на відстань під тиском води і водних розчинів вогнегасних речовин, зокрема піноутворювачів.

Напірні рукава, разом з іншим пожежним устаткуванням, є одним із основних видів пожежного озброєння і від їх справного стану багато в чому залежить успішне гасіння пожеж. Значна вартість пожежних рукавів визначає відповідні амортизаційні витрати по експлуатації рукавного господарства, які в більшості випадків перевищують витрати на інші види пожежного устаткування.

Таким чином заходи, що спрямовані на визначення залишкового ресурсу пожежних рукавів, можливості їх ремонту, надійності і безпечності подальшої експлуатації, в значній мірі сприяють підвищенню боєздатності пожежних частин, а також економічній ефективності їх функціонування.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Конструкція пожежних рукавів, їх типорозміри і характеристики, галузі застосування, умови експлуатації та методи випробувань наведені у відповідних нормативних документах [1].

Аналіз літературних джерел присвячених методам розрахунків напірних пожежних рукавів показав, що вони здебільшого зводяться до розрахунку втрат тиску в мережі [2 – 4].

Результати теоретичних і експериментальних досліджень міцності силових елементів напірних пожежних рукавів, а саме армуючого каркасу, який повністю сприймає зусилля, обумовлені наявністю гідравлічної дії

внутрішнього тиску рідини усередині рукава наведені в роботах [5 – 9].

Постановка задачі та її вирішення. Деякі особливості роботи пожежних рукавів в умовах реальної експлуатації, які суттєво впливають на їх надійність, особливо при тривалих термінах використання, визначили необхідність розробки науково-обґрунтованого методу, який дозволяє установити остаточний ресурс пожежного рукава, можливість та доцільність його ремонту і подальшого застосування.

При проведенні попередніх теоретичних та експериментальних робіт з розрахунку залишкового ресурсу пожежних рукавів виникла необхідність визначення їх пружних та дисипативних властивостей, в умовах статичних циклів навантаження-розвантаження.

Методика проведення відповідних випробувань [10, 11] дозволяє визначити окрім поздовжніх пружно-дисипативних характеристик пожежних рукавів пружні [12] та дисипативні властивості їх матеріалу в поперечному (відносно осі рукава) напрямку.

Для проведення цих робіт було використано дослідну установку ДМ – 30 М, яка встановлена в лабораторії кафедри прикладної механіки Національного університету цивільного захисту України.

Дослідний фрагмент матеріалу, який було відокремлено від пожежного рукава типу «Т» діаметром  $d = 51$  мм, мав випробувальну довжину  $\ell = 65$  мм, ширину  $b = 100$  мм (рис. 1) та товщину  $\delta = 1,5$  мм. Зразок було закріплено відповідними пристроями на дослідній машині і проведено цикл випробувань з його навантаження.

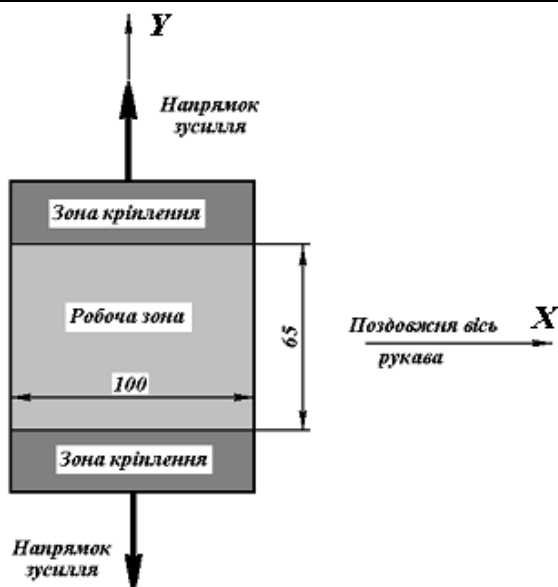


Рисунок 1 – Випробувальний зразок матеріалу пожежного рукава

Навантаження та розвантаження проводилось з постійним кроком подовження зразка (0,5 мм), з фіксацією відповідного зусилля. Максимальна величина деформації для всіх режимів навантаження була прийнята постійною і становила  $\Delta l^{\max} = 3,5 \cdot 10^{-3}$  м.

Початковий (1) режим навантаження проводився з недеформованим фрагментом матеріалу пожежного рукава з випробувальною довжиною 65 мм. Максимальна величина деформації  $\Delta l^{\max} = 3,5 \cdot 10^{-3}$  м відповідала навантаженню  $F_1^{\max} = 1,8$  кН. Після розвантаження залишкова деформація фрагменту становила  $\Delta l_1^{\text{зал}} = 1 \cdot 10^{-3}$  м.

При повторному навантаженні (2), яке було проведено через дві хвилини після першого, максимальна величина деформації становила  $\Delta l^{\max} = 3,5 \cdot 10^{-3}$  м при навантаженні  $F_2^{\max} = 2,16$  кН. Після розвантаження

залишкова деформація фрагменту становила  $\Delta l_2^{\text{зал}} = 0,5 \cdot 10^{-3}$  м.

При третьому навантаженні (3), яке було проведено через дві хвилини після другого, максимальна величина деформації становила  $\Delta l^{\max} = 3,5 \cdot 10^{-3}$  м при навантаженні  $F_3^{\max} = 2,21$  кН. Після розвантаження залишкова деформація фрагменту становила  $\Delta l_3^{\text{зал}} = 0,5 \cdot 10^{-3}$  м.

Параметри наступних трьох режимів навантаження (4 – 6), які було проведено з аналогічними двохвилинними інтервалами, практично не відрізняються один від одного, що дозволило усереднити їх значення. Максимальна величина деформації становила  $\Delta l^{\max} = 3,5 \cdot 10^{-3}$  м при навантаженні  $F_{4-6}^{\max} = 2,35$  кН. Залишкова деформація фрагменту була практично відсутня, тобто  $\Delta l_{4-6}^{\text{зал}} \cong 0$ .

Результати випробувань наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Деформація, мм	Величина навантаження, кН							
	Режим 1		Режим 2		Режим 3		Режими 4-6	
	Навантаж.	Розвантаж.	Навантаж.	Розвантаж.	Навантаж.	Розвантаж.	Навантаж.	Розвантаж.
0	0,000	–	–	–	–	–	–	–
0,5	0,240	–	–	–	–	–	–	–
1,0	0,528	0,000	0,000	–	–	–	–	–
1,5	0,888	0,048	0,360	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	–	–	–

Продовження таблиці 1

2,0	1,152	0,240	0,912	0,120	0,240	0,000	0,000	0,000
2,5	1,416	0,528	1,104	0,216	0,600	0,048	0,296	0,024
3,0	1,656	0,960	1,488	0,480	1,008	0,264	0,688	0,088
3,5	1,800	1,800	1,752	0,912	1,440	0,552	1,056	0,304
4,0	–	–	1,968	1,632	1,728	0,936	1,456	0,632
4,5	–	–	2,160	2,160	2,016	1,464	1,760	1,008
5,0	–	–	–	–	2,210	2,210	2,088	1,480
5,5	–	–	–	–	–	–	2,350	2,350

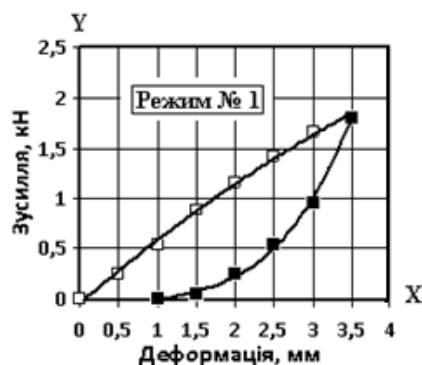
При всіх режимах навантаження-розвантаження максимальна величина деформації становила  $\Delta\ell^{\max} = 3,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ ,

тобто максимальна відносна деформація становила

$$\varepsilon^{\max} = \frac{\Delta\ell^{\max}}{\ell} 100\% = \frac{3,5 \cdot 10^{-3}}{65 \cdot 10^{-3}} 100\% = 5,4 \%$$

Графіки на рисунку 2 відповідають початковому режиму (№ 1) навантаження - розвантаження недеформованого фрагменту

матеріалу пожежного рукава. Графіки на рисунку 3 відповідають режиму № 2, який проведено через дві хвилини після першого.



—□—□— Навантаження  $y = -0,0366x^2 + 0,6663x - 0,046$   
 —■—■— Розвантаження  $y = 0,1084x^3 - 0,3806x^2 + 0,6157x$

Рисунок 2 – Графіки режиму навантаження – розвантаження № 1

Графіки на рисунку 4 відповідають режиму № 3, який проведено через дві хвилини після другого.

Графіки на рисунку 5 відповідають наступним трьом режимам навантаження -



—□—□— Навантаження  $y = -0,0834x^2 + 1,0794x - 1,01$   
 —■—■— Розвантаження  $y = 0,2617x^2 - 0,8417x + 0,6966$

Рисунок 3 – Графіки режиму навантаження – розвантаження № 2

розвантаження, які проведені з аналогічними часовими інтервалами і практично не відрізняються один від одного за числовими параметрами, що дозволило усереднити їх значення.



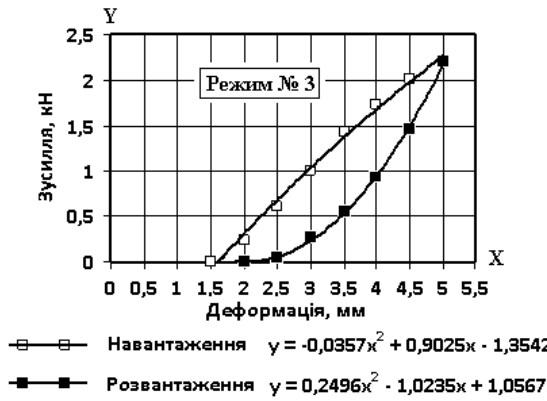


Рисунок 4 – Графіки режиму навантаження – розвантаження № 3

Енергія ( $A_d$ ), що накопичена в зразку і яка відповідає дисипативним властивостям матеріалу фрагменту пожежного рукава в поперечному напрямку, визначається площею петлі гістерезису як різниця робіт, витрачених при навантаженні ( $A_H$ ) і наступному розвантаженні ( $A_P$ ) зразка

$$A_d = A_H - A_P = \int_{\Delta \ell_{HP}}^{\Delta \ell_{HK}} F_H(\Delta \ell) d(\Delta \ell) - \int_{\Delta \ell_{PK}}^{\Delta \ell_{PP}} F_P(\Delta \ell) d(\Delta \ell), \quad (1)$$

де:  $F_H(\Delta \ell)$  - рівняння залежності діючої сили від деформації зразка при його навантаженні;

$F_P(\Delta \ell)$  - рівняння залежності діючої сили від деформації зразка при його розвантаженні;

$\Delta \ell_{HP}$  - нижня межа інтегрування, що відповідає початковій точці навантаження;

$\Delta \ell_{HK}$  - верхня межа інтегрування, що відповідає кінцевій точці навантаження;

$\Delta \ell_{PP}$  - нижня межа інтегрування, що відповідає кінцевій точці розвантаження;

$\Delta \ell_{PK}$  - верхня межа інтегрування, що відповідає початковій точці розвантаження.

Якщо прийняти позначення графіків (рис. 2 - 5), де результати експериментальних досліджень (табл. 1) апроксимовані засобами Microsoft Excel відповідними поліномами трендів, то рівняння (1) матиме вид

$$A_d = A_H - A_P = \int_{X_{HP}}^{X_{HK}} Y_H(X) dX - \int_{X_{PK}}^{X_{PP}} Y_P(X) dX, \quad (2)$$

де:  $Y_H(X)$  - рівняння (поліном) залежності діючої сили від деформації зразка при його навантаженні;

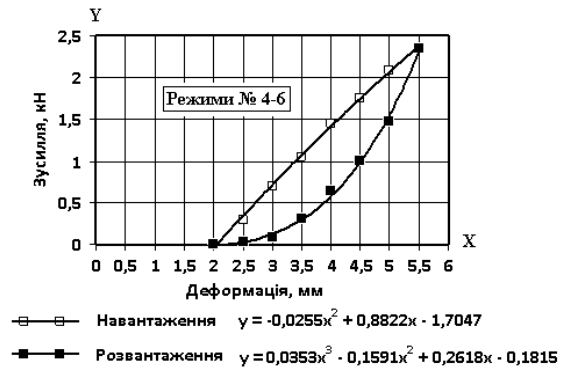


Рисунок 5 – Графіки режимів навантаження – розвантаження № 4-6

$Y_P(X)$  - рівняння (поліном) залежності діючої сили від деформації зразка при його розвантаженні;

$X_{HP}$  - нижня межа інтегрування, що відповідає початковій точці навантаження;

$X_{HK}$  - верхня межа інтегрування, що відповідає кінцевій точці навантаження;

$X_{PP}$  - нижня межа інтегрування, що відповідає кінцевій точці розвантаження;

$X_{PK}$  - верхня межа інтегрування, що відповідає початковій точці розвантаження.

При цьому розмірності значень уздовж координати  $X$  в мм, а уздовж координати  $Y$  в кН, що визначає розмірність енергії в Дж.

Для подальших розрахунків дисипативні властивості матеріалу пожежного рукава в поперечному напрямку доцільно визначити безрозмірним співвідношенням, або коефіцієнтом дисипації

$$\beta = \frac{A_d}{A_H} \quad (3)$$

На першому режимі випробувань (рис. 2) експериментальні результати апроксимовані залежностями:

при навантаженні

$$Y_H(X) = -0,0366X^2 + 0,6663X - 0,046;$$

при розвантаженні

$$Y_P(X) = 0,1084X^3 - 0,3806X^2 + 0,6157X - 0,3543.$$

Відповідно, енергія навантаження першого режиму становить:

$$A_{H1} = \int_0^{3,5} (-0,0366X^2 + 0,6663X - 0,046) dX = 3,4 \text{ Дж.}$$

Енергія гістерезису становить:

$$A_{Д1} = A_{H1} - A_{P1} = \int_0^{3,5} (-0,0366X^2 + 0,6663X - 0,046) dX - \int_1^{3,5} (0,1084X^3 - 0,3806X^2 + 0,6157X - 0,3543) dX = 2,1 \text{ Дж,}$$

$$\text{звідки} \quad \beta_1 = \frac{A_{Д1}}{A_{H1}} = \frac{2,1}{3,4} = 0,62.$$

Аналогічно на другому режимі випробувань (рис. 3):

$$\text{при навантаженні} \\ Y_H(X) = -0,0834X^2 + 1,0794X - 1,01;$$

$$\text{при розвантаженні} \\ Y_P(X) = 0,2617X^2 - 0,8417X + 0,6966.$$

Відповідно, енергія навантаження другого режиму становить:

$$A_{H2} = \int_1^{4,5} (-0,0834X^2 + 1,0794X - 1,01) dX = 4,35 \text{ Дж.}$$

Енергія гістерезису становить:

$$A_{Д2} = A_{H2} - A_{P2} = \int_1^{4,5} (-0,0834X^2 + 1,0794X - 1,01) dX - 4,5 \int_{1,5}^{2,0} (0,2617X^2 - 0,8417X + 0,6966) dX = 2,18 \text{ Дж,}$$

$$\text{звідки} \quad \beta_2 = \frac{A_{Д2}}{A_{H2}} = \frac{2,18}{4,35} = 0,5.$$

На третьому режимі випробувань (рис. 4) експериментальні результати апроксимовані залежностями:

$$\text{при навантаженні} \\ Y_H(X) = -0,0357X^2 + 0,9025X - 1,3542;$$

$$\text{при розвантаженні} \\ Y_P(X) = 0,2496X^2 - 1,0235X + 1,0567.$$

Відповідно, енергія навантаження при третьому режимі випробувань становить:

$$A_{H3} = \int_{1,5}^5 (-0,0357X^2 + 0,9025X - 1,3542) dX = 4,08 \text{ Дж.}$$

Енергія гістерезису становить:

$$A_{Д3} = A_{H3} - A_{P3} = \int_{1,5}^5 (-0,0357X^2 + 0,9025X - 1,3542) dX - \int_2^5 (0,2496X^2 - 1,0235X + 1,0567) dX = 1,91 \text{ Дж,}$$

$$\text{звідки} \quad \beta_3 = \frac{A_{Д3}}{A_{H3}} = \frac{1,91}{4,08} = 0,47.$$

На четвертому-шостому режимах випробувань (рис. 5) усереднені експериментальні результати апроксимовані залежностями:

$$\text{при навантаженні} \\ Y_H(X) = -0,0255X^2 + 0,8822X - 1,7047;$$

$$\text{при розвантаженні} \\ Y_P(X) = 0,0353X^3 - 0,1591X^2 + 0,2618X - 0,1815.$$

Відповідно, енергія навантаження на четвертому-шостому режимах випробувань становить:

$$A_{H4-6} = \int_2^{5,5} (-0,0255X^2 + 0,8822X - 1,7047) dX = 4,26 \text{ Дж.}$$

Енергія гістерезису становить:

$$A_{Д4-6} = A_{H4-6} - A_{P4-6} = \int_2^{5,5} (-0,0255X^2 + 0,8822X - 1,7047) dX - \int_2^{5,5} (0,0353X^3 - 0,1591X^2 + 0,2618X - 0,1815) dX = 1,93 \text{ Дж,}$$

$$\text{звідки} \quad \beta_{4-6} = \frac{A_{Д4-6}}{A_{H4-6}} = \frac{1,93}{4,26} = 0,45.$$

Висновки. Для наступних теоретичних та експериментальних робіт з розрахунку залишкового ресурсу пожежних рукавів проведено визначення дисипативних властивостей їх матеріалу в поперечному (відносно осі рукава) напрямку, в умовах статичних циклів навантаження-розвантаження.

Дослідження визначили суттєву залежність характеристик матеріалу пожежного рукава типу «Т» із внутрішнім діаметром 51 мм від «історії» його навантаження (табл. 2).

Таблиця 2

Характеристика	Позначення	Режим № 1	Режим № 2	Режим № 3	Режими № 4-6
Максимальне навантаження	$F_{\max}, кН$	1,8	2,16	2,21	2,35
Максимальна деформація	$\Delta \ell^{\max}, мм$	3,5	3,5	3,5	3,5
Максимальна відносна деформація	$\varepsilon^{\max}, \%$	5,4	5,4	5,4	5,4
Залишкова деформація	$\Delta \ell^{зал}, мм$	1	0,5	0,5	$\approx 0$
Модуль «поперечної» пружності (згідно [12])	$k^y, МПа$	223	268	274	291
Коефіцієнт дисипації	$\beta$	0,62	0,5	0,47	0,45

При майже однаковому діапазоні навантаження (1,8 ÷ 2,35 кН), прикладеного до фрагменту пожежного рукава на першому та другому режимах випробувань його характеристики в поперечному напрямку значно змінювались і лише потім (3 – 6 режими) відбувалась їх стабілізація.

Модуль «поперечної» пружності матеріалу рукава [12] стабілізувався на рівні 291 МПа, коефіцієнт дисипації - 0,45, при відносній деформації 5,4 %.

Значний початковий гістерезис фрагменту пожежного рукава при наступних випробуваннях значно зменшується, що разом із зменшенням залишкових деформацій та стабілізацією пружних властивостей, наближає поведінку матеріалу до пружного.

Зміна властивостей матеріалу пожежного рукава при послідовних циклах деформацій навантаження–розвантаження є зворотною, проміжки між циклами деформування призводять до часткового відновлення механічних характеристик, наближаючи їх до початкових значень. Час релаксації, що в значній мірі залежить від величини попередньої відносної деформації, становить від кількох годин до кількох днів і навіть тижнів.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Пожежна техніка. Рукава пожежні напірні. Загальні технічні умови. ДСТУ 3810–98. [Чинний від 2005-05-01]. — К. : Держспоживстандарт України, 1998. — XII, 32 с. — (Національний стандарт України).
2. Пожарная техника / [Безбородько М.Д., Алексеев П.П., Максимов Б.А., Новиков Г.И.] – Академия ГПС МЧС России, 1979. – 435 с.
3. Иванов, Е.Н. Противопожарное водоснабжение / Е.Н. Иванов –М.: Стройиздат, 1986. – 315с.
4. Качалов, А.А. Противопожарное водоснабжение /А.А. Качалов, Ю.П. Воротынцев, А.В. Власов – М.: Стройиздат, 1985. – 286 с.

5. Пономарев, С.Д. Расчеты на прочность в машиностроении. Том II / Пономарев С.Д., Бидерман В.Л., Лихарев К.К., Макушин В.М., Малинин Н.Н., Феодосьев В.И. – М.: Машгиз, 1958. – 974с.
6. Бидерман, В.Л. Механика тонкостенных конструкций /В.Л. Бидерман –М.: Машиностроение, 1977. –488с.
7. Светлицкий, В.А. Механика трубопроводов и шлангов В.А. Светлицкий. – М.: Машиностроение, 1982. – 280 с.
8. Моторин, Л.В. Математическая модель для прочностного расчета напорных пожарных рукавов при гидравлическом воздействии /Л.В. Моторин, О.С. Степанов, Е.В. Братолобова // Изв. вузов. Технология текст. пром–сти. 2010. – №8 – С. 103 – 109.
9. Моторин, Л.В. Упрощенная математическая модель для прочностного расчета напорных пожарных рукавов при гидравлическом воздействии /Л.В. Моторин, О.С. Степанов, Е.В. Братолобова // Изв. вузов. Технология текст. пром–сти. –2011. –№.1 – С. 126 – 133.
10. Ларін О.М. Визначення поздовжньої жорсткості рукавів з внутрішнім діаметром 51 мм, якими оснащуються пожежні автомобілі / Ларін О.М., Чернобай Г.О., Назаренко С.Ю. // Науковий вісник Українського науково-дослідного інституту пожежної безпеки. – Київ, 2012. - №2 (28) - с. 89 - 94.
11. Ларін О.М. Визначення дисипативних властивостей напірного пожежного рукава / Ларін О.М., Чернобай Г.О., Коханенко Г.О., Назаренко С.Ю. // Проблеми пожежної безпеки: збірник наукових праць. – Харків: НУЦЗУ, 2014. - № 36. – С. 141-149
12. Ларин А.Н. Определение поперечной жёсткости пожарных рукавов диаметром 51 мм / Ларин А.Н., Чернобай Г.О., Назаренко С.Ю., Коханенко В.Б. // Чрезвычайные ситуации: Образование и наука: междунар. науч.-практ. журнал. – Гомель, ГИИ МЧС Республики Беларусь, 2016, ТОМ 11, № 1. – С. 22-26.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИССИПАТИВНЫХ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛА НАПОРНОГО ПОЖАРНОГО РУКАВА ТИПА «Т» С ВНУТРЕННИМ ДИАМЕТРОМ 51 ММ В ПОПЕРЕЧНОМ НАПРАВЛЕНИИ**

*А.М. Ларин, д-р техн. наук, проф., Г.О. Чернобай, канд. техн. наук, доц., С.Ю. Назаренко  
Национальный университет гражданской защиты, Украина*

---

### **КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА**

рукав, напорный пожарный рукав, рабочее давление, испытания, жесткость, гистерезис, диссипативные свойства.

### **АННОТАЦИЯ**

Рассматриваются методика и результаты определения диссипативных свойств материала напорного пожарного рукава типа «Т» с внутренним диаметром 51 мм при поперечных деформациях.

## **DETERMINATION DISSIPATIVE MATERIAL PROPERTIES TYPE PRESSURE FIRE HOSES "T" WITH AN INNER DIAMETER OF 51 MM IN THE TRANSVERSE DIRECTION**

*A. Larin, Doc. of Sc. (Eng.), Prof., G. Chernobay, Cand. of Sc (Eng.), Docent, S. Nazarenko  
National university of civil protection, Ukraine*

---

### **KEYWORDS**

hose, fire hose pressure, working pressure, test, hardness, hysteresis, dissipative properties.

### **ANNOTATION**

We consider the methodology and the results determine the dissipative properties of the material type pressure fire hose "T" with an inner diameter of 51 mm with a transverse strains.

УДК 351.651: 620.26: 004.422

**ОСНОВНІ ЗАСАДИ СТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДІЙ ЗА ПРИЗНАЧЕННЯМ ПІДРОЗДІЛІВ ОРС ЦЗ**

*А.О. Биченко, канд. техн. наук, доц., В.М. Нуянзін, канд. техн. наук, М.О. Пустовіт, М.Ю. Удовенко, А.А. Нестеренко канд. педаг. наук*

*Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України*

**ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ**

*Надійшла до редакції: 24.11.2015  
Пройшла рецензування: 15.07.2016*

**Ключові слова:**

ліквідація надзвичайної ситуації, комп'ютерна програма, небезпечні речовини

**АНОТАЦІЯ**

Представлено робочу версію довідниково-аналітичного програмного комплексу «Довідник небезпечних речовин». Програму побудовано за допомогою мови програмування C++. Програма вміщує систематизовану базу даних щодо основних способів маркування небезпечних речовин, їх властивостей та характеристик, приведено алгоритм дій підрозділів ОРС ЦЗ при ліквідації аварій, які пов'язані з їхнім викидом

**Постановка проблеми.**

В Україні, як і у всьому світі, обертається, перевозиться, зберігається та утилізується значна кількість небезпечних речовин (далі - НР). НР в разі їх неконтрольованого потрапляння до навколишнього середовища можуть становити загрозу для життя, здоров'я людей та оточуючого навколишнього середовища. Ліквідація кожної аварії, яка пов'язана з викидом НР, як правило, потребує спеціальних знань та умінь. На теперішній час в Україні розроблено та діють декілька довідників НР, в тому числі й в електронному вигляді, в яких зібрано відомості про їх фізико-хімічні властивості, проте єдиної універсальної бази даних НР, яка би містила інформацію стосовно основних способів маркування небезпечних речовин, їх властивостей, та інформацію, що корисна підрозділам ОРС ЦЗ – алгоритми ліквідації НС, які пов'язані з викидом НР, в Україні до цього часу не існує. Очевидно, що така система підвищила би ефективність роботи підрозділів ОРС ЦЗ.

Як показує досвід, найбільше труднощів у підрозділів ОРС ЦЗ виникає при техногенних аваріях, які пов'язані з транспортуванням НР. При ліквідації таких аварій керівник ліквідації НС повинен, насамперед, встановити, з якою речовиною має справу, рівень її небезпеки і тільки після цього проводити оперативні дії.

Способів маркування НР в світі розроблено достатньо багато і тому важливо, щоб підрозділи ОРС ЦЗ були оснащені такою електронно-довідниковою системою, як б дозволяла швидко і точно ідентифікувати НР та

надавати алгоритм дії по безпечному поводженню з нею [1].

Ідентифікувати НР можливо за різними способами, а саме:

- за назвою речовини (українська, російська, англійська, німецька тощо);
- за хімічною формулою речовини;
- за номером ООН (світовий класифікатор НР).

Оцінити рівень загрози НР та визначити порядок дій з ліквідації аварії можливо:

- за квадратом небезпеки (метод маркування НР розроблений в США);
- за ЕАС кодом небезпечних хімікатів (міжнародний код, введений для рятувальних служб, як керівництво до ліквідації НС);
- за знаками, класом, кодом та числом небезпеки (рекомендації ООН);

Аналіз останніх досліджень.

На теперішній час в ДСНС України розроблено та діють 2 довідники про небезпечні речовини [2, 3]. Перший з них – збірник кишенькового формату, інформація в якому подана у вигляді піктограм та має доволі зручний пошук, однак він застарілий, оскільки містить маркування старого зразка. Окрім того, він містить дані лише про хімічні речовини. Другий довідник присвячено лише маркуванню небезпечних вантажів. Є подібні видання Укрзалізниці, проте жодної електронно-довідникової системи, яка б охоплювала максимальну кількість НР, була простою та зрозумілою у користуванні в Україні, до цього часу не розроблено. Тому, розробка такого електронного комплексу є актуальною задачею, вирішення якої дозволить підвищити

ефективність дій підрозділів ОРС ЦЗ у разі виникнення НС, яка пов'язана з обігом НР, та запобігти людським жертвам і матеріальним втратам.

На закордонному ринку програмного забезпечення існують продукти, що дозволяють проводити ідентифікацію небезпечних речовин за декількома параметрами. Вони відрізняються між собою функціональними можливостями, програмними платформами, інтерфейсом користувача, необхідністю доступу до мережі інтернет та ін.

Однією з найбільш авторитетних систем є WISER (бездротова інформаційна система для аварійно-рятувальних служб), що розроблена Національною медичною бібліотекою США [4]. Комплекс WISER, загалом, має як переваги так і недоліки. Зокрема, до переваг можна віднести присутність можливості встановлення симптомів при ураженні небезпечними речовинами та заходів невідкладної медичної допомоги; можливість прогнозування зони ураження хмарою небезпечної речовини з нанесенням на карту місцевості. До недоліків можна віднести малу кількість НР в базі; неможливість локалізації інтерфейсу користувача та використання американської системи підтримки прийняття рішень керівника ліквідації НС, що нормативно робить неможливим її використання в Україні.

У базі даних електронного довіднику небезпечних вантажів (Російська Федерація) наведено інформацію про декілька тисяча хімічних речовин і виробів, серед основних: властивості, вибухо- і пожежонебезпека, безпека для людини, засоби індивідуального захисту, необхідні дії, нейтралізація, перша допомога [5]. В основі даного програмного продукту лежить чинний міжнародний нормативний акт – «Аварійні картки на небезпечні вантажі» [6], що дає можливість правомірно використовувати його в роботі підрозділів ОРС ЦЗ України. Проте, мала кількість інформації про небезпечну речовину; недосконала система пошуку, незручний інтерфейс користувача та інші недоліки суттєво знижують ефективність використання даного продукту в Україні.

Програмний продукт ADR Dangerous Goods (Німеччина) створено для мобільних пристроїв, які працюють на платформі Android, що дозволяє швидко й ефективно здійснювати пошук речовини за номером ООН і отримувати миттєвий доступ до всієї наявної інформації щодо НР згідно діючих нормативних

документів [7]. Перевагою даного додатку є виведення інформації у формі списку, який можна налаштувати на відображення лише необхідної інформації. Проте мала кількість відомостей та неможливість ідентифікації небезпечних речовин за багатьма ключовими параметрами є суттєвим недоліком.

Таким чином, жодну з існуючих відомих світових електронно-довідникових систем неможливо в повній мірі використовувати в Україні з метою підвищення ефективності роботи підрозділів ОРС ЦЗ. Комп'ютерна програма, яка необхідна пожежно-рятувальним підрозділам України, повинна задовольняти всім вимогам сьогодення, бути легкою в користуванні та інформативною, окрім того вона повинна опиратися на чинну нормативно-правову базу України.

Викладення основного матеріалу.

Метою розробки довідниково-аналітичного програмного комплексу «Довідник небезпечних речовин» було створення інформаційної системи яка б дозволила підвищити ефективність роботи підрозділів ОРС ЦЗ під час ліквідації наслідків НС. Оснащення даною програмою комп'ютерів, наприклад диспетчерів ОКЦ, дозволить швидко ідентифікувати небезпечну речовину під час виникнення надзвичайної ситуації та передавати керівнику ліквідації НС всю необхідну інформацію стосовно її властивостей, а також рекомендацій щодо засобів захисту особового складу та необхідних дій підрозділів при локалізації та ліквідації аварійних ситуацій.

В результаті проведеного аналізу систем програмування [8-9], з'ясовано, що C++ Builder корпорації Borland є оптимальним середовищем для розробки довідниково-аналітичного програмного комплексу «Довідник небезпечних речовин». Воно має засоби управління проектами, двосторонньої інтеграції додатка й синхронізації між засобами візуального і текстового редагування, а також вбудований відладчик (з асемблерним вікном прокрутки, покроковим виконанням, точками зупинки, трасуванням тощо).

Враховуючи середній вік експлуатації комп'ютерної техніки в державних установах, який встановлено на рівні 5 років [10], системних характеристик існуючих програмних продуктів (табл. 1), а також потужність комп'ютерної техніки, що встановлена в підрозділах ОРС ЦЗ, сформовано мінімальні системні вимоги, яким повинна відповідати наша комп'ютерна програма.

Таблиця 1 – Порівняльний аналіз системних характеристик існуючих програмних продуктів

Вид вимог	Назва програмного продукту		
	WISER	ERG 2012	Електронний довідник по небезпечних вантажах
Процесор	Intel Celeron 1,7 GHz або AMD Sempron 1,6 GHz	Intel Celeron 1,9 GHz або AMD Sempron 1,8 GHz	Intel Celeron 1,7 GHz або AMD Sempron 1,6 GHz
Об'єм оперативної пам'яті	128 Mb або більше	256 Mb або більше	128 Mb або більше
Місце на жорсткому диску	30 Mb	45 Mb	60 Mb (Для комп'ютерної техніки це не є проблемою)
Монітор	SuperVGA або вище	SuperVGA або вище	SuperVGA або вище
Операційна система	Microsoft Windows 7, Vista, XP service pack 2	Microsoft Windows 7, Vista, XP service pack 2	Microsoft Windows 7, Vista, XP service pack 2
Програмні компоненти	Microsoft® .NET Framework 3.5 Service Pack 1	Microsoft® .NET Framework 3.5 Service Pack 1	н.д.

Як видно з таблиці 1, довідниково-аналітичний програмний комплекс «Довідник небезпечних речовин» повинен мати системні вимоги не вище існуючих, тобто задовольняти вимогам щодо запуску та нормальної роботи програми на комп'ютерах 5-6-ти річної давності. Таким чином можна сформулювати основні мінімальні та рекомендовані системні вимоги:

*Мінімальні системні вимоги:*

- процесор: Intel Celeron 1,7 GHz або AMD Sempron 1,6 GHz;
- об'єм оперативної пам'яті: 128 Mb або більше;

- місце на жорсткому диску: 60 Mb;
- монітор: SuperVGA або вище;
- операційна система: Microsoft Windows починаючи з XP;
- програмні компоненти: Microsoft® .NET Framework 3.5 Service Pack 1.

Слід відмітити, що розроблена програма ефективно працює на всій діючій на сьогодні комп'ютерній техніці.

Розробку довідниково-аналітичного програмного комплексу «Довідник небезпечних речовин» проведено в п'ять етапів (рис. 1).

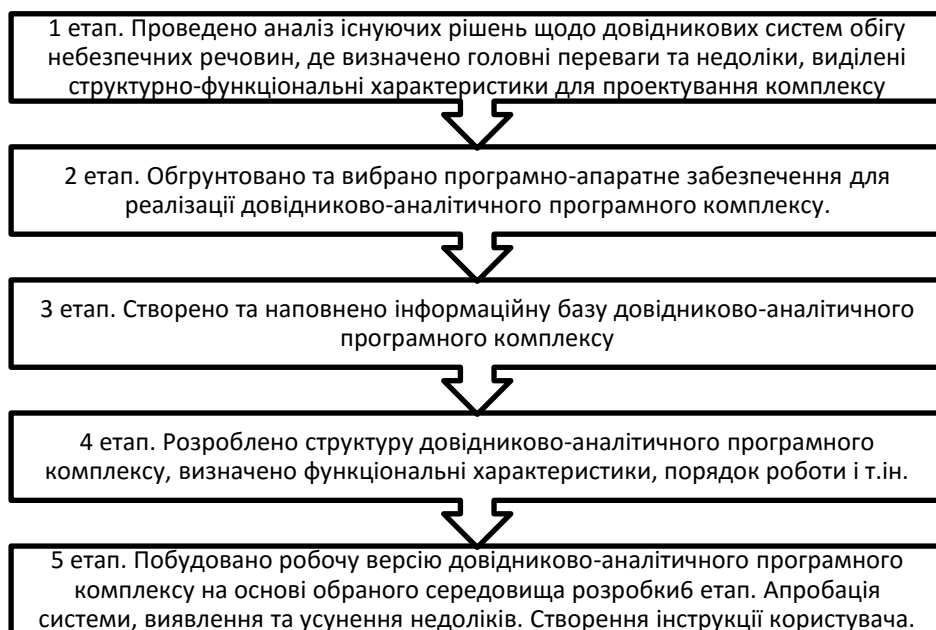


Рисунок 1 – Етапи розробки довідниково-аналітичного програмного комплексу  
 На рисунку 2 представлено функціональну схему роботи комплексу.



Рисунок 2 – Функціональна схема роботи довідниково-аналітичного програмного комплексу

Готовий програмний продукт має досить простий інтерфейс (див. рис. 3-5), який умовно можна розділити на 3 блоки (рис. 3):

1. Класифікаційний блок - представлений 5 кнопками, що дозволяють перемикаати пошук за:

- українською назвою;
- російською назвою;
- англійською назвою;
- кодом ООН;
- аварійною карткою.

2. Інформаційна база даних - відображає поле пошуку та поточний перелік небезпечних речовин.

3. Головний інформаційний блок - складається із 4 вкладок:

- оперативна інформація;
- аварійна картка;
- зворотній зв'язок;
- роздрукувати.

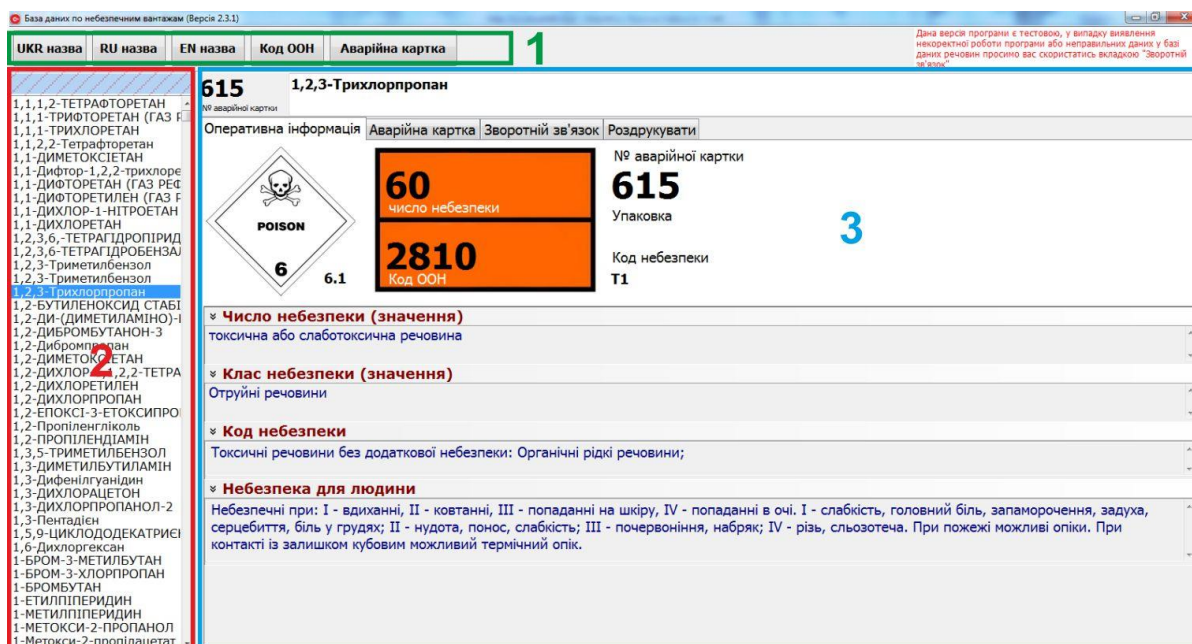


Рисунок 3 – Інтерфейс робочого вікна програмного продукту



У вкладці "Оперативна інформація" наведено найбільш актуальну інформацію про речовину, зокрема:

- українську назву речовини;
- номер аварійної картки;
- оранжеву табличку небезпечного вантажу із номером ООН та числом безпеки;
- клас безпеки із відповідним інформаційним знаком безпеки;
- код безпеки.

Також варто відмітити, що реалізована можливість розшифрування всіх наведених в нижній частині вікна числових значень згідно з відповідними нормативними документами.

Вкладка "Аварійна картка" відображає повну інформацію стосовно поточної НР та відповідної аварійної картки на небезпечний вантаж згідно нормативного документу [6]. Для зручності користування передбачено можливість часткового викладення інформації за допомогою випадаючих вкладок (рис. 4).

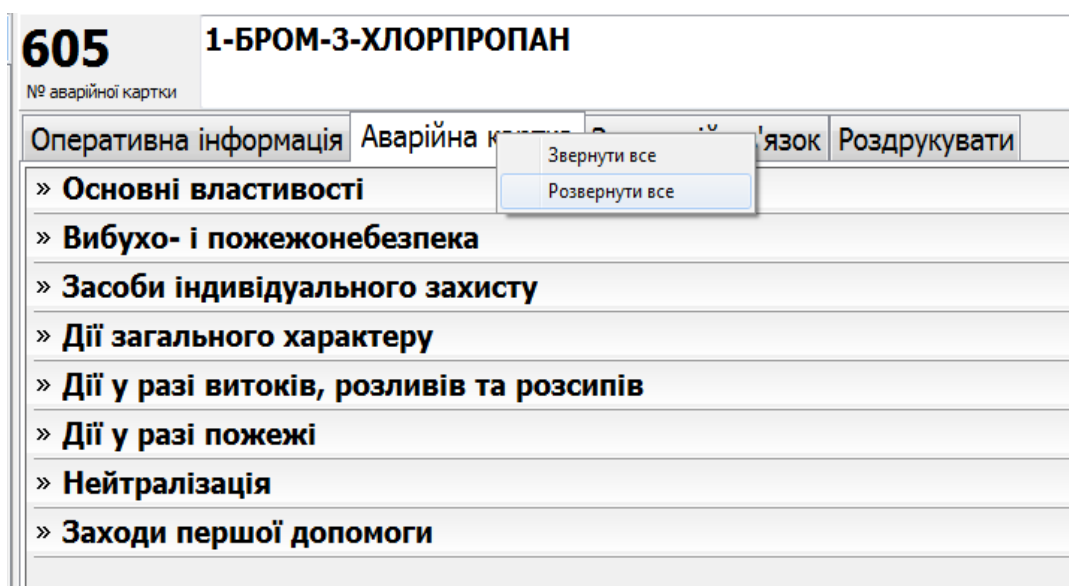


Рисунок 4 – Реалізація часткового відображення інформації вкладок

З метою оптимізації та покращення роботи програмного комплексу на основі побажань користувачів, передбачено вкладку "Зворотній зв'язок". Механізм роботи вкладки реалізовано за допомогою можливостей Google Forms, а коректна робота можлива за наявності у користувача доступу до мережі Інтернет.

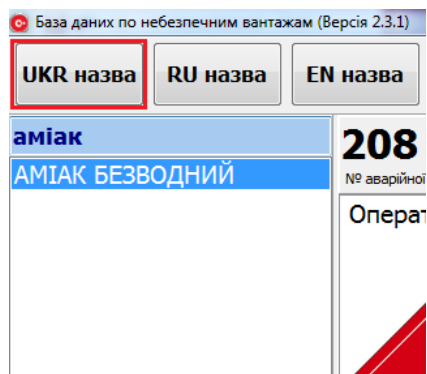
Вкладка "Роздрукувати" дозволяє вивести на друк поточну речовину із відповідною аварійною картою. Для забезпечення зручності друку передбачено варіювання розміру шрифту.

У комп'ютерній програмі «Довідник небезпечних речовин» реалізовано пошук за основними атрибутами – українською, російською та англійською назвами, кодом ООН та номером аварійної картки. При введенні даних в будь-яке поле пошуку, відбувається поступове відсіювання елементів бази даних небезпечних речовин, яке залежить від повноти введення інформації. Теж саме справедливо і

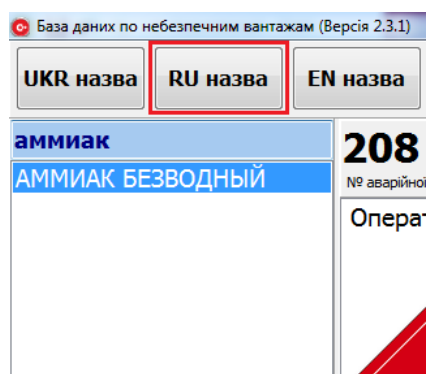
для кодів ООН та номерів аварійних карток (рис. 5).

База даних створеної програми вміщує в себе інформацію про більше ніж 3000 небезпечних речовин, що дозволяє забезпечити потреби підрозділів ОРС ЦЗ в такому інформаційному продукті.

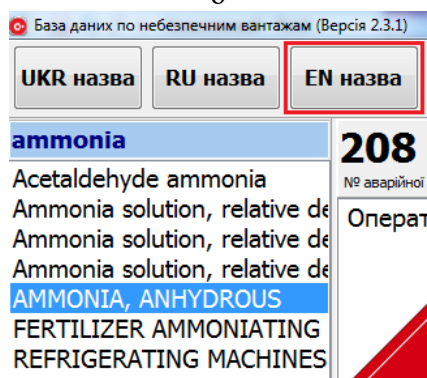
На останньому етапі було розроблено інструкцію користувача. Для цього було використано free-версію програмного продукту HelpNDoc 4.8, яка дозволила згенерувати стандартний Windows-файл у форматі CHM та продублювати його у форматі Adobe PDF. Структура інструкції максимально інтуїтивна, кожній вкладці програмного продукту відповідає пункт довідки з детальним поясненням всіх необхідних кроків.



а



б



в

Рисунок 5 – Елементи поля пошуку за різними атрибутами (а – українською, б – російською та в – англійською назвами)

**Висновки.** У результаті проведених досліджень розроблено довідниково-аналітичного програмний комплекс «Довідник небезпечних речовин», який дозволить підвищити ефективність дій підрозділів ОРС ЦЗ у разі виникнення НС, що пов'язані з обігом НР, та запобігти людським жертвам і матеріальним втратам. При цьому отримано такі результати:

1. На підставі проведеного аналізу встановлено, що на теперішній час в Україні розроблено та діють декілька довідників небезпечних речовин, в тому числі й в електронному вигляді, проте єдиної універсальної бази даних небезпечних речовин,

яка би містила всю необхідну інформацію в Україні до цього часу не існує.

2. Жодну з існуючих відомих світових електронно-довідникових систем неможливо в повній мірі використовувати в Україні з метою підвищення ефективності роботи підрозділів ОРС ЦЗ. Програмне забезпечення, яке необхідне ОРС ЦЗ, повинне опиратися на чинну нормативно-правову базу України, задовольняти всім вимогам сьогодення, бути легким в користуванні та інформативним.

3. На підставі проведеного аналізу програмно-апаратного забезпечення, для побудови довідниково-аналітичного програмного комплексу, використано мову програмування C ++, встановлено мінімальні системні вимоги до комплексу; розроблено структуру та функціональну схему роботи комплексу; розроблено інтерфейс програмного забезпечення.

4. Розроблений довідниково-аналітичний програмний комплекс ефективно працює на всій комп'ютерній техніці, яка на сьогодні використовується в підрозділах ДСНС України.

5. Сформовано базу даних розробленої програм, яка вміщує в себе інформацію про більше ніж 3000 небезпечних речовин, що дозволяє забезпечити всі потреби підрозділів ОРС ЦЗ в такому інформаційному продукті.

6. Подальші дослідження будуть спрямовані на розширення функціоналу комплексу з метою його інтеграції в Європейське інформаційне середовище.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. А.О. Биченко, В.М. Нуязін, М.О. Пустовіт, А.І. Березовський «Проблема ідентифікації небезпечних речовин при надзвичайних ситуаціях» // Пожежна безпека: теорія і практика. - Черкаси, АПБ ім. Героїв Чорнобиля, 2013. - № 14. - с. 38-43.
2. Небезпечні хімічні речовини в природі, промисловості і побуті. Довідник експрес-інформації у символах / Під ред.. О.В. Гайдука. – К.: Агентство «Чорнобильінтерінформ», 1998.
3. Інформаційний довідник з маркування небезпечних вантажів, які перевозяться на залізничному та автомобільному транспорті. – К. УкрНДПБ МНС України, 2007.
4. Wireless Information System for Emergency Responders [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://wiser.nlm.nih.gov/>

5. Електронний довідник по небезпечних вантажах [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://emercom.blogspot.com/2010/09/blog-post.html>
6. Аварийные карточки на опасные грузы, перевозимые по железным дорогам СНГ, Латвийской Республики, Литовской Республики, Эстонской Республики (утверждены Советом по железнодорожному транспорту государств - участников Содружества, Протокол от 30.05.2008 N 48, редакция від 21.10.2010)
7. ADR Dangerous Goods [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.farlightgoods.net/mawi/>
8. Нуянзін В.М., Биченко А.О., Пустовіт М.О., Удовенко М.Ю. Розроблення нових заходів захисту від шкідливих речовин // «Надзвичайні ситуації: безпека та захист». Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції – Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2014. –с. 266-267
9. Пустовіт М.О., Журбинський Д.А., Нестеренко А.А. Створення бази даних довідниково-аналітичного програмного комплексу «Небезпечні речовини» для ДСНС України // Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій – 2014. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. - Черкаси, 12-13 грудня 2014, с. 257 – 259.
10. Закон України від 02.12.2010 № 2755-VI «Податковий кодекс України»

## ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАБОТЫ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ОПЕРАТИВНО-СПАСАТЕЛЬНОЙ СЛУЖБЫ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ

*А. О. Биченко, канд. техн. наук, доц., В. М. Нуянзин, канд. техн. наук, М. О. Пустовит, М. Ю. Удовенко, А. А. Нестеренко канд. педаг. наук*  
*Черкасский институт пожарной безопасности имени Героев Чернобыля Национального университета гражданской защиты Украины*

---

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

ликвидация чрезвычайной ситуации, компьютерная программа, опасные вещества

### АННОТАЦИЯ

Представлено рабочую версию справочно-аналитического программного комплекса «Справочник опасных веществ». Программа разработана с помощью языка программирования C++. Программа содержит систематизированную базу данных по основным способам маркировки опасных веществ, их свойствам и характеристикам. Приведен алгоритм действий подразделений ОПС ГЗ при ликвидации аварий, связанных с их выбросом

## MAIN CONCEPTS OF INFORMATION ANALYSIS SYSTEM CREATION FOR SUPPORTING CIVIL DEFENSE UNITS SERVICE

*A. Bychenko, Cand. of Sc. (Eng.), assoc. prof., V. Nuyanzin, Cand. of Sc. (Eng.), M. Pustovit, M. Udovenko, A. Nesterenko, Cand. of Sc. (Pedagogical.)*  
*Cherkassy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes of National University of Civil Defense of Ukraine*

---

### KEYWORDS

emergency liquidation, computer program, hazardous substances

### ANNOTATION

The draft of information analytical software complex "Hazardous Substances Reference Book" is presented. The program was built using programming language C++. The program contains systematized database on the main ways of dangerous substances marking, their properties and characteristics. The actions' algorithm for Civil Defense units on emergencies and associated emission liquidation is presented.

УДК 614.841

## ЩОДО РОЗРАХУНКУ ЧАСУ ЕВАКУАЦІЇ ДІТЕЙ З ШКІЛЬНИХ І ДОШКІЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ У РАЗІ ПОЖЕЖІ

*В. Ніжник\**, канд. техн. наук, *О. Тесленко*, *С. Цимбалістий*, *Н. Кравченко*  
Український науково-дослідний інститут цивільного захисту, Україна

### ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції 06.07.2016  
Пройшла рецензування: 26.07.2016

#### Ключові слова:

розрахунковий час евакуації,  
інтенсивність руху, швидкість руху,  
щільність людського потоку, гранична  
інтенсивність руху, гранична  
швидкість

### АНОТАЦІЯ

За результатами аналізу літературних джерел у статті наведені узагальнені параметри руху дітей під час евакуації з шкільних і дошкільних закладів у разі пожежі

На даний час були достатньо вивчені параметри руху дорослих здорових людей у будинках різного призначення [1-3, 5-6], а також людей з фізичними обмеженнями [4]. Отримані результати досліджень параметрів руху людей під час евакуації дозволили використовувати їх для визначення необхідних розмірів евакуаційних шляхів і виходів при проектуванні громадських і промислових будинків.

Аналіз отриманих даних, виконаний проф. В.В. Холщевниковим [7], дозволив встановити регресійну залежність, що зв'язує швидкість руху людського потоку  $V$  і його щільність  $D$  на основі законів психофізики і фізіологічної теорії функціональних систем. Дослідження, описані у роботах [5, 6] дозволили визначити зв'язок між швидкістю руху людей у потоці і його щільністю.

Розрахункові значення швидкості й інтенсивності руху потоків людей з різною групою мобільності слід визначати за формулами [3,4,7]:

$$V_{Dj} = V_{Oj} \left[ 1 - a_j \ln \frac{D}{D_{Oj}} \right] \text{ при } D > D_{Oj} \quad (1)$$

$$q_{Dj} = V_{Dj} \cdot D \quad (2)$$

де  $V_{Dj}$  і  $q_{Dj}$  - швидкість і інтенсивність руху людей у потоці по  $j$ -тому виду шляху при щільності потоку  $D$ ;

$D$  - щільність людського потоку на ділянці евакуаційного шляху,  $\text{м}^2/\text{м}^2$ ;

$D_{Oj}$  - значення щільності людського потоку на  $j$ -тому виді шляху, при досягненні якого

щільність потоку починає впливати на швидкість руху людей у потоці,  $\text{м}^2/\text{м}^2$ ;

$V_{Oj}$  - середнє значення швидкості вільного руху людей по  $j$ -тому виду шляху при значеннях щільності потоку  $D \leq D_{Oj}$ ,  $\text{м}/\text{хв}$ ;

$a_j$  - коефіцієнт, що відображає ступінь впливу щільності людського потоку на його швидкість при русі по  $j$ -тому виді шляху.

Кінематична закономірність зв'язку між параметрами людських потоків, відображена у формулі (1.1), була визначена у праці Холщевникова В.В. [7]. Встановлена закономірність швидкості людей у потоці залежно від його щільності визнана міжнародним науковим відкриттям в області соціальної психології.

В результаті проведеної роботи була вирішена важлива для нормування проблема - отримано обґрунтовані залежності, що описують закономірності зв'язку між параметрами людського потоку при русі на різних видах шляху (табл. 1).

Таблиця 1 – Значення величин  $a$  і  $D_o$ , під час руху по різних видах шляху у будинках

Вид шляху	$a$	$D_o, \text{люд}/\text{м}^2$
Горизонтальний шлях	0,295	0,51
Проріз	0,295	0,65
Сходи униз	0,400	0,89
Сходи нагору	0,305	0,67

Параметри руху дітей шкільного та дошкільного віку під час евакуації з будинків шкіл та дитячих садків довгий час залишались невивченими.

\* E-mail: nignyk@ukr.net (V. Nizhnyk)

Для використання формул (1) і (2) значення  $V_{oj}$ ,  $a_j$ ,  $D_{oj}$  для потоків дітей різних вікових категорій визначались під час досліджень у 2008-2011 рр. [8-10], коли вперше були проведені натурні спостереження і експерименти з дослідження часу початку евакуації і параметрів людських потоків, що складаються з дітей різних вікових груп. Метою вказаних вище досліджень було встановлення імовірних значень часу початку евакуації і науково обґрунтованих залежностей між швидкістю і щільністю потоків дітей дошкільного віку під час евакуації з будинків дитячих садків [9]. При проведенні натурних спостережень і експериментальних для фіксації дій вихователів і дітей були використані сучасні відеокамери.

Дослідження особливостей руху дітей дошкільного віку показали, що у дітей у віці 3-4 років спостерігається нерівномірний темп і недостатня чіткість рухів, недотримання заданого напрямлення руху. Для цього віку характерні також бічні розгойдування, розведення рук для збереження рівноваги, човгання ногами, напівзігнуте положення ніг при ходьбі. Довжина кроку при ходьбі зростає поступово з ростом і залежить від зростання дітей. Дитина невеликого росту, як правило, йде більш дрібними і частими кроками, ніж його високий одноліток.

У 7 років майже у 100% дітей більш координовані рухи рук і ніг, збільшується довжина кроку і сповільнюється темп руху, зростає швидкість при пересуванні на відстань.

При дослідженні часу початку евакуації в дошкільних установах натурні спостереження проводилися на кожному з етапів підготовки дітей до евакуації з приміщень їх постійного перебування (групових осередків - блоку приміщень для кожної групи: роздягальні, гральної, буфетної, спальної, туалетних кімнат тощо.). Специфіка вікового складу дітей, які евакуюються, визначає «жорстку» організацію початку евакуації з боку вихователя і визначає його вирішальну роль у формуванні всього періоду часу початку евакуації  $t_{п.е}$ . Тому особливу увагу приділялось встановлення витрат часу на виконання таких операцій як: рішення вихователя, прийняття вихователем сигналу від системи оповіщення та управління евакуацією, прийняття ним рішення і вказівки дітям готуватися до евакуації (тр.в). час підготовки: підготовка групи дітей до евакуації ( $t_{під}$ ). Таким чином, структура витрат часу на початок евакуації в будівлях дитячих

дошкільних освітніх установ формується з наступних складових [8-10]:

$$t_{п.е} = t_{ин} + t_{р.в} + t_{під}, \quad (3)$$

Аналіз результатів спостережень часу початку евакуації дітей з будівель дитячих садів виявив досить великі витрати часу на підготовку групи дітей до евакуації у весняний, осінній та, особливо, в зимовий періоди. Це пов'язано, перш за все, з тривалістю одягання дітей у вуличний одяг (через побоювання переохолодження їх організму при виході на вулицю в домашньому одязі). Тому було запропоновано при організації евакуації з дитячих садків в холодний період року використовувати можливість накидання на дітей ковдри (замість верхньої одягу), що набагато скорочує тривалість часу початку евакуації.

При проведенні спостережень у кожній групі було двоє вихователів, під наглядом яких група з 10-15 дітей переміщалася у приміщення роздягальні або спальні, де їх одягали в одяг або накидали на них ковдри. Результати досліджень показують, що витрати часу на підготовку групи дітей до евакуації при кожному із спостережуваних варіантів її організації, можуть бути прийняті рівними 0,6 хв. - влітку, 5 хв. - навесні (восени), 7,5 хв. - взимку і 1,1 хв. - при використанні ковдр. Великий вплив часу початку евакуації  $t_{п.е}$  на своєчасність евакуації змушує звернути увагу на підготовку вихователів дитячих садків до оперативних дій в надзвичайних ситуаціях. При евакуації під час пожежі воно повинно бути скорочено до можливого мінімуму. Але навіть досягнення мінімуму цього часу може виявитися недостатнім для забезпечення безпеки дітей в приміщенні осередку пожежі. На підставі результатів проведених досліджень були розроблені рекомендації та інструкції з підготовки вихователів дитячих садків до дій при організації евакуації дітей. Відгуки, отримані від організацій, які використовували ці рекомендації при проведенні тренувальних евакуацій, показують, що час евакуації дітей з дитячих садків вдалося скоротити вдвічі [9-10].

У тих ситуаціях, коли неможливо забезпечити своєчасність евакуації дітей за їх фізичними можливостями, пропонуються організаційно-технічні заходи. Наприклад, при виникненні пожежі під час сну дітей, стає необхідним застосування систем виявлення пожежі, димовидалення і пожежогасіння. Як

удосконалення об'ємно-планувального рішення евакуаційних шляхів доцільно передбачати під час проектування дитячих установ відкриті, захищені від атмосферного впливу і поетапно розміщені балкони, тераси, веранди тощо, що мають виходи з приміщень кожної групи.

Експерименти і натурні спостереження для дослідження параметрів руху потоку, щільність потоку, вид шляху і емоційний стан людей. Як показали результати проведених досліджень, залежність між параметрами людського потоку описується функцією, що має той же вигляд, що і для людських потоків інших вікових груп. В результаті досліджень [8-9] особливостей руху дітей дошкільного віку, вдалося встановити параметри їх руху в різних емоційних станах. Параметри, що характеризують даний людський потік, наведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Значення величин  $\alpha$  і  $D_0$ , під час руху груп дітей по різних видах шляху у будинках дошкільних закладів

Вид шляху	$\alpha$	$D_0$ , люд/м <sup>2</sup>
Горизонтальний шлях	0,275	0,78
Проріз	0,35	1,2
Сходи униз	0,19	0,64
Сходи нагору	0,275	0,76

Встановлені значення швидкостей вільного руху для різних категорій руху за видами шляху для всіх вікових груп дітей наведено у табл. 1.3.

Таблиця 3 – Швидкість вільного руху всіх вікових груп дітей дошкільного віку по видах шляхів за категоріями руху [8-9]

Категорія руху	Швидкість вільного руху $V_0$ по видах шляху, м/хв	
	Горизонтальний шлях, дверний проріз	Сходи униз, сходи нагору
Комфортний	< 40	< 29
Спокійний	40-60	29-47
Активний	60-100	47-84
Підвищеної активності	100-190	—

Прийняте у нормуванні уявлення щодо розрахункових залежностей між параметрами людських потоків при вираженні щільності  $D$  через площу горизонтальної проекції людей  $f$  (м<sup>2</sup>/люд) з потоків, вимагає визначення цього показника для різних вікових груп дітей.

Було встановлено, що у всіх вікових груп дошкільнят площа горизонтальної проекції

відрізняється незначно (для молодшої групи - 0,0247 м<sup>2</sup>, середньої - 0,0282 м<sup>2</sup>, старшої - 0,0325 м<sup>2</sup>) і може бути прийнята рівною 0,03 м<sup>2</sup>. У прийнятих одиницях виміру значення  $D_0$  по видах шляху (табл. 2) складуть: горизонтальний - 0,023 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>; проріз - 0,036 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>; сходи униз - 0,019 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>; сходи нагору - 0,023 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>. Середня площа горизонтальної проекції батьків з дітьми наведена у табл. 4.

Вплив вихователів на організацію евакуації дітей з будівель дитячих дошкільних установ обумовлює прийняття в якості розрахункових залежностей між параметрами, які визначаються категорією «спокійний рух». У такому випадку для евакуації при нормальній експлуатації будівлі необхідно приймати значення  $V_0 = 40$  м/хв. При організації превентивної евакуації у разі завчасного попередження про загрозу природної надзвичайної ситуації -  $V_0 = 50$  м/хв., при евакуації під час пожежі -  $V_0 = 60$  м/хв.

Таблиця 4 – Середня площа горизонтальної проекції батьків з дітьми

Батьки з дітьми	Середня площа горизонтальної проекції батьків з дітьми, $f_{сер}$ , м <sup>2</sup>
Жінка з дитиною на руках	0,29
Жінка з дитиною за руку	0,20
Жінка з дитиною за руку і з сумкою	0,32
Жінка з дитиною на руках і з сумкою	0,26
Жінка з коляскою	0,90

Дані для розрахунку параметрів руху людського потоку при евакуації дітей дошкільного віку з дитячих садків наведено у табл. 5.

Обстеження будинків дитячих садків свідчать, що розміри сходів в них (як у сходових клітинах, так і зовнішніх відкритих не відповідають ергономіці руху дітей. Порушується елементарне правило, встановлене більше 300 років тому: сума подвоєною висоти ступені  $2h$  і ширини її проступи  $b$  не повинна перевищувати довжини кроку  $l$  людини, яка йде по сходах. При середній довжині кроку дітей дошкільного віку 40 см і оптимальному нахилу сходів 1: 2 розміри сходів для руху дітей повинні складати:  $h = 10$  см,  $b = 20$  см.

Таблиця 5 - Дані для розрахунку параметрів руху людського потоку при евакуації дітей дошкільного віку з дитячих садків

Щільність, м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	Горизонтальний шлях		Дверний проріз	Сходи униз		Сходи нагору	
	Швидкість, м/хв	Інтенсивність, м/хв.	Інтенсив- ність, м/хв	Швидкість, м/хв	Інтенсив- ність, м/хв.	Швидкість, м/хв	Інтенсив- ність, м/хв.
0,01	60,00	0,60	0,60	47,00	0,47	47,00	0,47
0,05	60,00	3,00	3,00	38,36	1,92	47,00	2,35
0,10	35,75	3,58	6,00	32,17	3,22	28,00	2,80
0,20	24,31	4,86	4,80	25,98	5,20	19,05	3,81
0,30	17,62	5,29	4,64	22,36	6,71	13,80	4,14
0,40	12,88	5,15	3,77	19,79	7,92	10,09	4,03
0,50	9,19	4,60	2,37	17,80	8,90	7,20	3,60

Практично всі сходи мають перила тільки уздовж однієї сторони маршру, в результаті чого потік дітей витягується уздовж цієї сторони, а діти, що йдуть поруч, змушені спиратися на руку дитини, яка тримається за поручні. Ці факти говорять про порушення вимог забезпечення безпеки для основних користувачів будівель дитячих дошкільних установ як при нормальних умовах їх експлуатації, так і у випадку пожежі [5-9].

Важливо підкреслити, що значення щільності понад 0,5 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> в реальності виключено для дитячих садків, оскільки фактично ця величина дорівнює 16-17 дітей на 1 м<sup>2</sup>, а скупчення дітей не ущільнюється до таких величин.

За іншими джерелами [15] можна експериментально досягнути щільності людського потоку під час евакуації дітей з будинків дитячих садків, що перевищує 0,5 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>. У роботі [15] на підставі експериментальних досліджень отримані залежності інтенсивності руху від віку дітей при евакуації з будівель дошкільних освітніх установ; розроблені методи дослідження («метод обруча» і «метод стрічки»), що дозволяють вирішити задачу по створенню потоку дітей високої щільності, у випадках евакуації, не пов'язаних з реальною пожежею, і отримати необхідні експериментальні дані, не створюючи при цьому загрози для життя і здоров'я дітей в результаті виникнення паніки і тисняви. На підставі експериментальних досліджень отримані залежності інтенсивності руху від кількості дітей в групі при різній кількості супроводжуючих дорослих.

У роботі [15] для внесення поправочних коефіцієнтів у формули існуючої методики [15] проведені дослідження площі горизонтальної проекції дітей, що включають визначення дійсної площі горизонтальної проекції людини,

в результаті яких розрахована середня площа горизонтальної проекції однієї людини в дошкільних освітніх установах, що становить 0,029 м<sup>2</sup>.

У всіх дослідженнях спостерігається збільшення інтенсивності руху при збільшенні віку дітей і кількості дорослих, що припадають на одну дитину. Максимальне значення інтенсивності досягається у віці дітей 6 років і кількості дітей, які припадають на одного дорослого, що дорівнює 4. Експериментальними дослідженнями встановлено, що для груп дітей віком 2 і 4 роки максимальна інтенсивність руху спостерігається під час руху по горизонталі, а мінімальна - під час руху по сходах угору. У свою чергу, для груп дітей віком 6 років, максимальна інтенсивність руху досягнута під час руху по сходах вниз, мінімальна – під час руху по сходах вгору. Дана ситуація пояснюється відмінностями у фізіологічному і психологічному розвитку дітей віком 2, 4 і 6 років.

Проведено дослідження з визначення усередненого значення часу початку евакуації стосовно дошкільних освітніх установ. Дослідження проводилися з наступними групами дітей: ясельна група, вік: 1,5-2 роки - група з 15-20 осіб; 2-3 роки - група з 15-20 осіб; молодша група, вік: 3-4 роки - група з 15- 20 чоловік; 4 - 5 років - група з 20 - 25 осіб; середня група, вік: 5 - 6 років - група з 20 - 25 осіб; старша група, вік: 6-7 років - група з 20-25 осіб. Встановлено, що середній час початку евакуації для груп склав: ясельна - 9 хв., молодша - 9 хв., середня - 7,5 хв., старшої - 5,5 хв., загальний середній час - 7,75 хв.

Для дослідження параметрів руху людських потоків, що складаються з дітей шкільного віку, у 1974 році за допомогою методу кінозйомки були проведені натурні спостереження у п'ятнадцяти загальноосвітніх середніх школах



[11-13]. Отримані дані щодо площі горизонтальної проекції школярів наведено у табл. 7.

Таблиця 6 – Площа горизонтальної проекції дітей і підлітків

Вікова група, вид одягу	Площа горизонтальної проекції, $f$ , $m^2$	Площа горизонтальної проекції з шкільною сумкою, $f$ , $m^2$
Молодша (1 – 3 класи)		
- шкільна	0,04	0,07
- вулична демісезонна	0,05	0,08
- вулична зимня	0,06	0,09
Середня (4 – 7 класи)		
- шкільна	0,06	0,10
- вулична демісезонна	0,07	0,11
- вулична зимня	0,08	0,12
Старша (8-10 класи)		
- шкільна	0,08	0,14
- вулична демісезонна	0,09	0,15
- вулична зимня	0,10	0,16

Примітка:

1) Площа горизонтальної проекції шкільної сумки прийнята для дітей молодшого віку  $0,035 m^2$ , старшого –  $0,035 m^2$ .

2) Для виконання розрахунків рекомендовано використовувати середню площу проекції, що дорівнює  $0,11 m^2$  (50% дітей середньо-старшого віку з шкільними портфелями).

Проведена робота щодо визначення параметрів руху школярів дозволила встановити особливості руху людського потоку, що складається з дітей і підлітків, та виявити емпіричні залежності. Виявлені емпіричні залежності були описані в [12-13]: для горизонтального шляху і для сходів вниз:  $\alpha = 0,295$ ,  $D_o = 0,0465$ ; для сходів вгору:  $\alpha = 0,305$ ,  $D_o = 0,0534$ . Багаторічні особисті спостереження авторів показують, що в цілому школярі 4 класів і старші мають швидкості руху не нижче, а часом і вище, ніж у дорослих людей (без фізичних обмежень). Саме тому подальші оцінки були виконані для цієї вікової групи, яку представляється доцільним використовувати як розрахункову для оцінки критеріїв безпеки при пожежі. Слід підкреслити, що натурні

спостереження були проведені в нормальних умовах експлуатації будівлі.

У результаті було встановлено, що для горизонтального шляху і сходів униз мінімальні значення  $V_o$  становлять  $70 m/hv$  (діапазон  $70-80 m/hv$ ), а для сходів вгору  $V_o = 62 m/hv$  (діапазон  $62-75 m/hv$ ). У роботах [12-13] не досліджено рух дітей-школярів через дверний проріз. Спираючись на той факт, що інтенсивність руху через дверний проріз, як правило, більше ніж на 15%, порівняно з інтенсивністю на горизонтальному шляху, можна рекомендувати залежності для оцінки розрахункового часу евакуації дітей і підлітків з шкільних будинків під час пожежі, що наведені в табл. 8.

Таблиця 8 – Параметри руху дітей шкільного віку

Вид шляху	Горизонтальний шлях, сходи униз		Дверний проріз	Сходи нагору	
	$D$ , $m^2/m^2$	$V$ , $m/hv$ $q$ , $m/hv$		$q$ , $m/hv$	$V$ , $m/hv$ $q$ , $m/hv$
0,01	70,0	0,7	0,8	62,0	0,6
0,02	70,0	1,4	1,6	62,0	1,2
0,03	70,0	2,1	2,4	62,0	1,9
0,04	73,1	2,9	3,4	62,0	2,5
0,05	68,5	3,4	3,9	62,0	3,1
0,06	64,7	3,9	4,5	59,8	3,6
0,07	61,6	4,3	5,0	56,9	4,0
0,08	58,8	4,7	5,4	54,4	4,3
0,09	56,4	5,1	5,8	52,1	4,7
0,1	54,2	5,4	6,2	50,1	5,0
0,15	45,8	6,9	7,9	42,5	6,4
0,20	39,9	8,0	9,2	37,0	7,4
0,25	35,3	8,8	10,1	32,8	8,2
0,30	31,5	9,5	10,9	29,4	8,8
0,35	28,3	9,9	11,4	26,4	9,3
0,40	25,6	10,2	11,8	23,9	9,6
0,45	23,1	10,4	12,0	21,7	9,8
0,50	21,0	10,5	12,0	19,7	9,9

Методичні підходи до розрахунку часу евакуації людей з будинків і будівель, викладені вище можуть бути використані під час розрахунку часу евакуації дітей дошкільного і шкільного віку.

Формули (1) і (2) можуть бути використані для визначення параметрів руху дітей дошкільного та шкільного віку під час евакуації у разі пожежі. Для цього вище наведено значення коефіцієнтів  $V_{oj}$ ,  $a_j$ ,  $D_{oj}$  для потоків дітей різних вікових категорій.

Роботи з вивчення процесів евакуації дітей з шкільних і дошкільних закладів мають

продовжуватись, оскільки залишаються ще питання, що стосуються визначення часу існування скупчень дітей, граничних значень інтенсивності і швидкості їх руху по всіх видах шляхів, параметрів руху дітей шкільного віку по сходах униз. Важливо продовжувати роботи з розробки заходів щодо скорочення часів початку та руху дітей під час евакуації з шкільних і дошкільних закладів.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
2. В.М. Предтеченский. А.И. Милинский Проектирование зданий с учетом организации движения людских потоков: Учебное пособие для вузов – М. Стройиздат, 1979.
3. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности. – М.: ФГУ ВНИИПО, 2009.
4. ДБН В.2.2-17:2006 Доступність будинків і споруд для маломобільних груп населення.
5. Эвакуация и поведение людей при пожарах : Учебное пособие/Холщевников В.В., Самошин Д.А. Парфененко А.П., Кудрин И.С., Белосохов И.Р. –М.: Академия ГПС МЧС России, 2015 – 262 с.
6. Холщевников В. В. Исследования людских потоков и методология нормирования эвакуации людей из зданий при пожаре. – М.: МИНБ МВД России, 1999. – 93 с.
7. Холщевников В. В. Закономерность связи между параметрами людских потоков. Диплом №24-S Открытие в области социальной психологии // Научные открытия. - М. 2008.
8. Холщевников В. В., Парфененко А. П. Эвакуация детей в зданиях учебно-воспитательных учреждений // Пожарная безопасность в строительстве. – 2011. – № 4. – С. 48–61.
9. Парфененко А. П. Нормирование требований пожарной безопасности к эвакуационным путям и выходам в зданиях детских дошкольных образовательных учреждений:
10. Автореф. дис. канд. техн. наук Парфененко А.П. (науч. рук. Холщевников В. В.). Академия государственной противопожарной службы МЧС России. – М., 2012.
11. Холщевников В. В., Самошин Д. А., Исаевич И. И. Натурные наблюдения людских потоков. Учеб. пособие. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2009. – 191 с.
12. Исследование и расчет закономерностей движения потоков школьников. Отчет МИСИ им. В.В. Куйбышева, М., 1975.
13. Еремченко М. А. Движение людских потоков в школьных зданиях: дис. . канд.техн. наук. (науч. рук. Предтеченский В. М.). – М.: МИСИ, 1979.
14. Холщевников В. В. Нормирование путей эвакуации в учебных заведениях // Пожарное дело. – 1982. – № 3.
15. Автореф. Дис. канд. техн. наук Рудченко Г.И. (науч. рук. доктор техн. наук профессор Азаров В.Н.) Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет – Волгоград, 2013.

## К РАСЧЕТУ ВРЕМЕНИ ЭВАКУАЦИИ ДЕТЕЙ ИЗ ШКОЛЬНЫХ И ДОШКОЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ В СЛУЧАЕ ПОЖАРА

*В.В. Нижник, канд. техн. наук, О.Н. Тесленко, С. З. Цимбалистый, Н.В. Кравченко  
Украинский научно-исследовательский институт гражданской защиты, Украина*

---

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

расчетное время эвакуации, интенсивность движения, скорость движения, плотность людского потока, предельная интенсивность движения, предельная скорость

### АННОТАЦИЯ

По результатам анализа литературных источников в статье приведены обобщенные параметры движения детей во время эвакуации из школьных и дошкольных учреждений в случае пожара

## CONCERNING CALCULATION OF TIME NEEDED FOR EVACUATION OF CHILDREN FROM SCHOOL AND PRE-SCHOOL INSTITUTIONS IN CASE OF FIRE

*V. Nizhnyk, Cand. of Sc. (Eng.), O. Teslenko, S. Thimbalisty, N. Kravchenko  
The Ukrainian Civil Protection Research Institute, Ukraine*

---

### KEYWORDS

estimated evacuation time, traffic intensity, density of human flow, limit traffic intensity, speed limit

### ANNOTATION

Generalized parameters of traffic intensity when children evacuation from school and pre-school institutions in case of fire are presented in this paper based on literature sources analysis.

УДК 504.064.3:528.8:[553.97(0492)] (477)

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТА МОНІТОРИНГ ПОЖЕЖОНЕБЕЗПЕЧНИХ ТОРФОВИЩ НА ОСНОВІ МАТЕРІАЛІВ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

*Н.В. Пазинич, канд. геогр. наук, ст. наук. співр., Л.П. Ліщенко, канд. геол. наук, ст. наук. співр., Г.Б. Крилова\*, інж., В.Є. Філіпович, канд. геол. наук, ст. наук. співр., М.С. Лубський, інж. Науковий Центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України*

### ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції 13.06.2016  
Пройшла рецензування: 25.07.2016

#### Ключові слова:

тепловий моніторинг, космічне знімання, зображення у тепловому діапазоні, торф'яні пожежі

### АНОТАЦІЯ

В статті розглянуто можливості використання теплових каналів космічних зйомок для визначення температурних показників поверхні торфовищ з метою виявлення перегрітих ділянок і осередків пожеж. Моніторинг перегрітих ділянок торфовищ має виявляти потенційно небезпечні ділянки з осередками підземного тління для запобігання виникнення торфових пожеж

**Постановка проблеми.** Київ оточений заторфованими заплавами річок Ірпінь, Звизж, Трубіж та інших, які формують пожежонебезпечне кільце навколо міста. Особливо пожежна ситуація загострилася в останні роки внаслідок аномальної посухи і високих температур. Звичайно торф'яні пожежі виникають коли вологість торфу не перевищує 40%. Виділяється три головні чинники виникнення торф'яних пожеж. До першого належить самозапалення торфу у посушливі спекотні роки, до другого «людський фактор» – кинуті недопалки, багаття тощо, третім чинником є грозова активність а саме «сухі грози» (блискавки без злив).

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Важливість всебічного дослідження торф'яних пожеж із застосування новітніх наукових досягнень викликана тим, що торф'яні пожежі крім економічних збитків, знищення окремих компонентів ландшафтної системи створюють значну загрозу здоров'ю і навіть життю людей, які піддаються впливу смогу. Під час торф'яних пожеж в атмосферу надходить значний об'єм зважених часток («чорний вуглець»), «парникові» хімічно активні гази (окис вуглецю, окис азоту, діоксид сірки) органічні сполуки (аміак, формальдегід, феноли, бенз(о)пірен, альдегіди, діоксани) та інші сполуки. Медична статистика наслідків пожеж в Росії є досить невтішною. За даними Мінсоцрозвитку в червні 2010 року смертність в Росії у річному обчисленні збільшилась на 8,6%, в Москві смертність в червні зросла на 50,7% [1].

Додаткова небезпека обумовлена тим, що більшість заторфованих долин правобережжя Київщини знаходяться на території підвищеної

радіаційної небезпеки – в зоні забруднення викидами аварії Чорнобильської АЕС. Саме тому особливої уваги варті дослідження по біогеохімії цезію-137 у торфово-болотних системах Українського Полісся [2]. Встановлено, що максимальне накопичення цезію-137, одного з найбільш рухомих радіонуклідів, в усіх типах торфових евтрофних, оліготрофних та мезотрофних боліт, за рахунок біологічного кругообігу, знаходиться на глибині лише 2-6 см від поверхні. Таке відносно неглибоке залягання максимальних значень забруднень є потенціальною загрозою розповсюдження атмосферним шляхом, під час пожеж. Найбільш сприятливі умови для цього існують на торфовищах низинного типу у долинах річок Тетереву, Ірпеню, Здвижу.

На сьогодні в Україні існує близько 1 млн. га осушених торфовищ, основна частина яких знаходиться в правобережному Поліссі. Та незважаючи на важливість для екосистеми ролі торфовищ, проблема їх пірогенної деградації торфовищ є маловивченою. Процеси пірогенезу спричиняють глибокі деструкції у будові профілю і властивостях торфових ґрунтів. Пірогенна мінералізація торфу супроводжується появою великої кількості золи, з якої розчинені речовини вилугуюються атмосферними опадами та потрапляють у річкові води. У поверхневому шарі вохристого попелу пірогенних утворень міститься значна кількість рухомих форм важких металів. Якщо природні торфовища розташовані в зоні несприятливої екологічної ситуації, природно, що вони акумулюватимуть поллютанти, запобігаючи їх міграції в компонентах довкілля. При пірогенній деградації торфовищ усі

\* E-mail: a.krylova@casre.kiev.ua (G. Krylova)

акумульовані елементи, у тому числі й такі токсиканти, як свинець, кадмій, включаються у біогеохімічний кругообіг [3].

**Виділення нерозв'язаних раніше частин загальної проблеми.** Саме після пожеж в Росії у 2010 році, передбачаючи подібні проблеми і на Київщині, у Науковому Центрі аерокосмічних досліджень Землі почалися роботи по дослідженню та моніторингу торфовищ на основі використання матеріалів космічного знімання [4, 5].

Ознаки, що зумовлюють прояв торфовищ на матеріалах дистанційного знімання можна проділити на дві основні групи. До першої слід віднести комплекс природних особливостей – рослинність, ґрунти, рельєф, гідрогеологічні та погодно-кліматичні умови. Результатом їх взаємодії є формування поверхні вкритої специфічною болотною і лучною рослинністю. Саме болотні угруповання трав'янистої рослинності, вологі луки і пригнічені, розрізнені дерева та кущі вирізняють торфовища, що знаходяться у природному стані від оточуючих ландшафтів.

До другої групи, що зумовлює прояв родовищ торфу на матеріалах дистанційного знімання відносимо результати антропогенної діяльності. Першочерговим етапом антропогенного тиску є меліорація спрямована на осушення торфовищ. В результаті меліоративних заходів поверхня торфовищ покривається мережею дренажних каналів, що чітко дешифруються на космічних знімках (КЗ). Наступне сільськогосподарське освоєння територій створює специфічну мозаїку зображення.

**Формулювання цілей досліджень.** Аномально посушливі умови літа та осені 2014 – 2015 років сприяли формуванню пожежонебезпечних умов на торфовищах Київської агломерації. Пожежі були зафіксовані у серпні – жовтні в районі населених пунктів Ірпінь, Гостомель, Буча, Забуччя, Романівна, Демидів (р. Ірпінь), Бородянка, Шибене, Феневичі, (р. Здвиж), Іванків, Горностайпіль (р. Тетерів) (рис. 1). Пожежі поширювались як на правобережжі так і лівобережжі Київщини. Головними потенційно небезпечними об'єктами є заторфовані долини річок Ірпінь, Здвиж, Трубіж та ін. Аналіз матеріалів ДДЗ та обробка їх у програмі ENVI є необхідною складовою інтегрування з екологічними даними при дослідженні стану торфовищ у природному стані і на різних ступенях техногенного освоєння для отримання об'єктивної новітньої інформації. Обробка теплових каналів КЗ

Landsat дозволяє виявити осередки горіння і що ще важливіше, перегріті ділянки торфовищ, що є потенційно пожежонебезпечними.

**Результати досліджень.** Посухи влітку і восени сприяють формуванню пожежонебезпечних умов на торфовищах Київщини, Чернігівщини та інших областей України. Головними потенційно небезпечними об'єктами Київщини є заторфовані долини річок Ірпінь, Здвиж, Тетерів, Трубіж та ін.

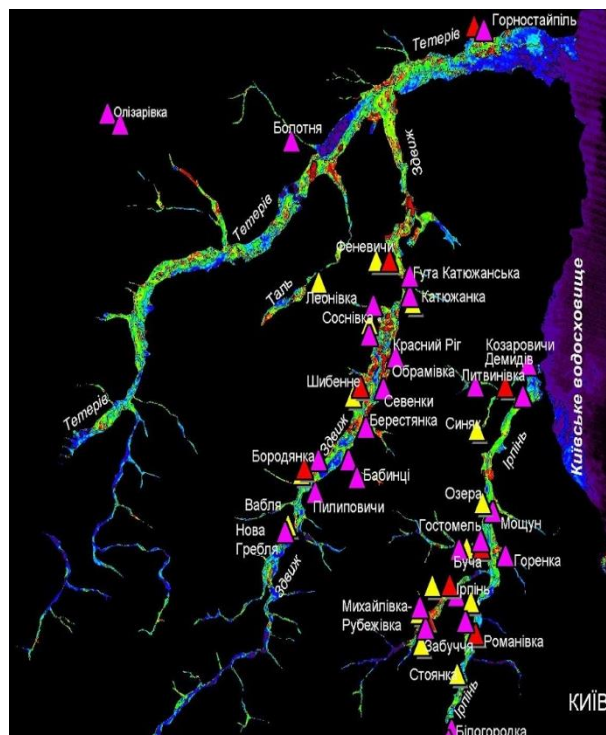


Рисунок 1 – Стан заторфованих заплав річок Ірпінь, Здвиж, Тетерів (західна частина Київської обл.) за даними обробки теплового каналу КЗ Landsat (серпень 2010 року). 1 – пожежі торфовищ 2010 р., 2 – пожежі торфовищ 2013 р., 3 – пожежі торфовищ 2015 р.

Проведений аналіз показав, що окрім природних факторів сприяння займанню торфовищ, головним чином погодних умов, внаслідок чого відбувається пересихання і перегрів торфомас, визначальним фактором є антропогенний чинник. Практично всі пожежі виникають у безпосередній близькості від населених пунктів. З трьох річок показаних на рисунку 1 найбільша кількість пожеж зафіксована від 2010 до 2015 рр. на річці Ірпінь та її притоках – Бучанка, Рокач розташованій найближче до Київської урбанізованої території. Стан пожежної ситуації біля м. Ірпінь, наприкінці жовтня 2014 року, показано на рисунку 2.

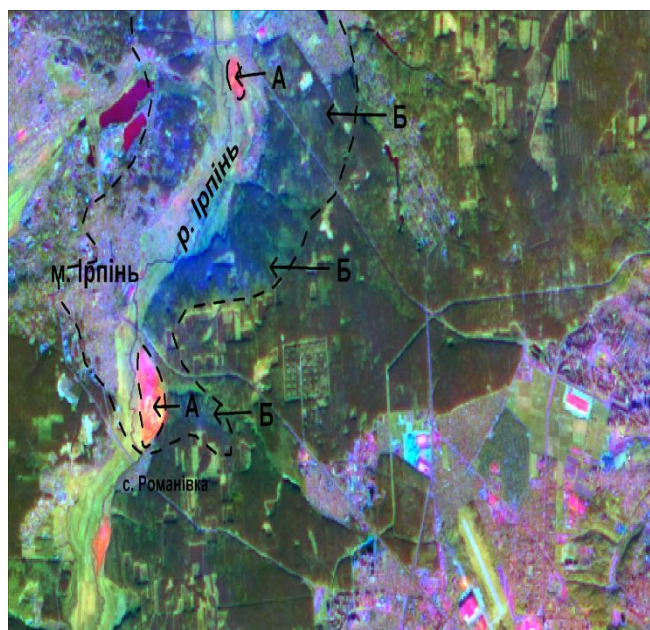


Рисунок 2 – Пожежі торфовищ на заплаві річки Ірпінь (за даними обробки багатоспектрального КЗ Landsat 8 (28. 10. 2014 р.). А – ділянки пожеж, Б – ареал задимлення.

Використання синтезованих КЗ Landsat дозволяє визначити місця розташування пожеж та шлейфів диму. Зафіксовані на рисунку 2 ділянки пожеж мають вигляд ізометричних ареалів рожево-вохристого кольору, а ділянки поширення смогу – синього димового шлейфу.

На прикладі теплового поля заплави річок Ірпінь, Здвиж та Тетерів (на вододільні ділянки накладена маска) на регіональному рівні виконано порівняння стану торфовищ за КЗ Landsat різних років у один і той же сезон – жовтень 1986, 2011, 2014, 2015 років. Визначено, що прогрівання торфових заплави є нерівномірним і залежить від сумарної кількості опадів та температурних показників. На рисунку 3 термоізогісами показані моделі теплового поля поверхні заплави на регіональному і детальному рівні, де жовтим і червоним кольором виділені аномальні ділянки, що відповідають підвищеним умовам пожежної небезпеки.

Теплове поле розраховується на основі температури поверхні дослідної ділянки. Визначення температури за даними дистанційного знімання виконується за значенням спектральної щільності енергетичної яскравості поверхні у тепловому діапазоні електромагнітного спектру (3-14 мкм, канали 10 та 11 сенсора TIRS супутника Landsat 8). Для цього застосовується обернена формула вираження спектральної щільності енергетичної яскравості Планка:

$$T = \frac{c_2}{\lambda \ln \left( \frac{\varepsilon c_1}{\lambda^5 L(\lambda)} + 1 \right)}, \quad (1)$$

де  $L(\lambda)$  – значення спектральної щільності енергетичної яскравості поверхні у спектральному діапазоні  $\lambda$ ,  $c_1 = 2hc^2 = 1,191 \cdot 10^{-16}$

$\frac{hc}{k} = 1,439 \cdot 10^{-2}$  м·К – перша і друга постійні закону Планка,  $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$  Дж·с – постійна Планка,  $c = 2,998 \cdot 10^8$  м/с – швидкість світла у вакуумі,  $k = 1,381 \cdot 10^{-23}$  Дж/К – постійна Больцмана,  $\varepsilon$  – спектральний коефіцієнт теплового випромінювання земної поверхні [6].

Поверхні, вкриті рослинністю, мають порівняно високий коефіцієнт теплового випромінювання, який залежить від відношення проективної площі рослинності до повної площі відкритого ґрунту, яка також оцінюється через значення нормалізованого вегетаційного індексу  $NDVI$  [7]:

$$F \cong \left( \frac{NDVI - NDVI_0}{NDVI_\infty - NDVI_0} \right)^2, \quad (2)$$

де  $F$  – проективне покриття рослинності,  $NDVI_0$  – максимальне значення нормалізованого вегетаційного індексу відкритого ґрунту (або іншої поверхні, де повністю відсутня рослинність);  $NDVI_\infty$  – мінімальне значення нормалізованого вегетаційного індексу поверхні, повністю покритою рослинністю.

Для ділянок поверхні покритих рослинністю спектральний коефіцієнт теплового випромінювання описується співвідношенням [8]:

$$\varepsilon = \varepsilon_1 \cdot F + \varepsilon_0(1 - F) + \Delta\varepsilon, \quad (3)$$

де  $\varepsilon_0$  та  $\varepsilon_1$  – бібліотечні спектральні коефіцієнти теплового випромінювання відкритого ґрунту та рослинності відповідно;  $\Delta\varepsilon$  – коефіцієнт, що враховує нерівномірність відображення шорсткої поверхні (стандартне значення для шорсткої поверхні в дальньому інфрачервоному діапазоні  $\Delta\varepsilon \approx 0,005$ ).

Масові загорання відбувалися саме на осушених торфовищах. Переважало неповне горіння торфу з виділенням великої кількості диму. Відкриті осередки полум'я спостерігалися досить рідко, в місцях з деревною рослинністю. Аналіз теплових зображень середини жовтня 2014 та 2015 років, не зважаючи на відносно низькі температури приземного повітря, показав



перегрів ґрунту на деяких торфовищах до температури 47°C.

(рис.3). На знімках візуально відмічається збільшення площ перегрітого торфу у 2015 р. по відношенню до 2014 р., що може свідчити про підземне тління торфу. Саме такі ділянки

теплових аномалій, виділених в осінній прохолодний період, на основі обробки КЗ є потенційно пожежонебезпечними і вимагають моніторингу.

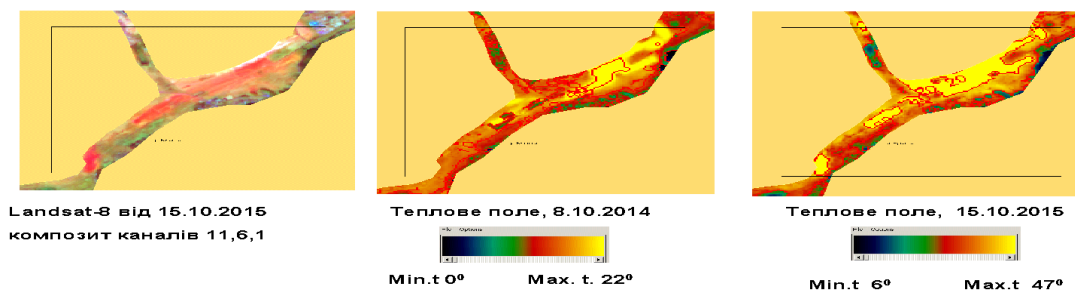


Рисунок 3 – Стан теплового поля на відтинку між селами Красне та Михайлівка-Рубежівка ріки Бучанка (лівий приток р. Ірпінь)

В листопаді 2015 р. співробітниками ЦАКДЗ разом зі спеціалістами компанії Drone.UA та МНС України проводилися польові дослідження по визначенню температури поверхні та виявленню осередків прихованого горіння торфу торфовища Трубіж, що знаходяться на схід від с. Данівка Козелецького району Чернігівської області. На меліорованій території болота Трубіж, внаслідок зниження ґрунтових вод, пересихання і зубожіння торфогрунтів, регулярно виникають пожежі. У вересні 2015 р. горінням було охоплено біля

70 га торфовища. За результатами розрахунку температури поверхні (КЗ Landsat - 8 від 2014 та 2015 років) визначено, що дане торфовище є значним осередком пожежі в даному регіоні і відрізняється великими площами займань. На зображенні помаранчевим і червоним кольором виділяються гарячі поверхні, а світло-жовтим безпосередньо осередки вогню. Серпневий знімок не виявив теплову аномалію на торфовищі Трубіж (рис. 4).

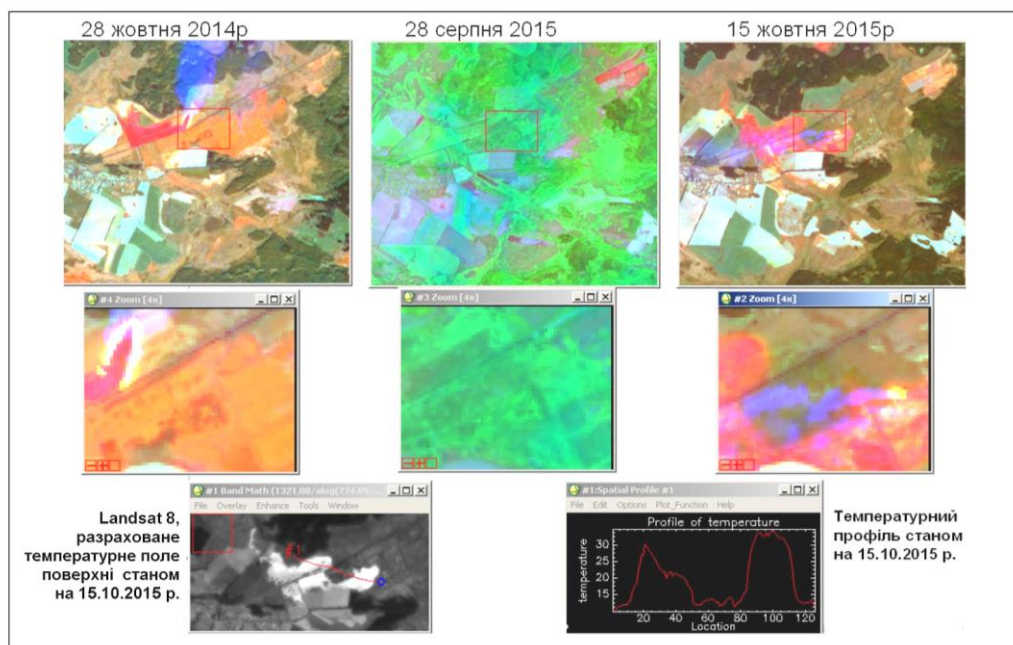


Рисунок 4 – Моніторинг пожежі на торфовищі Трубіж за Landsat-8 з використанням теплового діапазону електромагнітного спектру

В результаті оперативних польових робіт на даній ділянці за допомогою безпілотного апарату з тепловізійною апаратурою на борту та

польового тепловізора були виявлені підземні залишкові осередки горіння торфовищ вже після вжитих МНС заходів гасіння пожежі (рис.5).



Рисунок 5 – Технологічна схема польових досліджень

Технологічна схема оперативних польових досліджень під час пожежі включає: регіональні дослідження обсягів пожежі за допомогою наявних оперативних даних з багатозональних зображень різного просторового розрізнення; оглядові рекогносциувальні та вимірні

дослідження з безпілотників, що мають на борту необхідне обладнання (GPS, тепловізори, радари); наземні завіркові дослідження за допомогою тепловізора з метою виявлення залишкових підземних осередків горіння торфу (рис. 7).

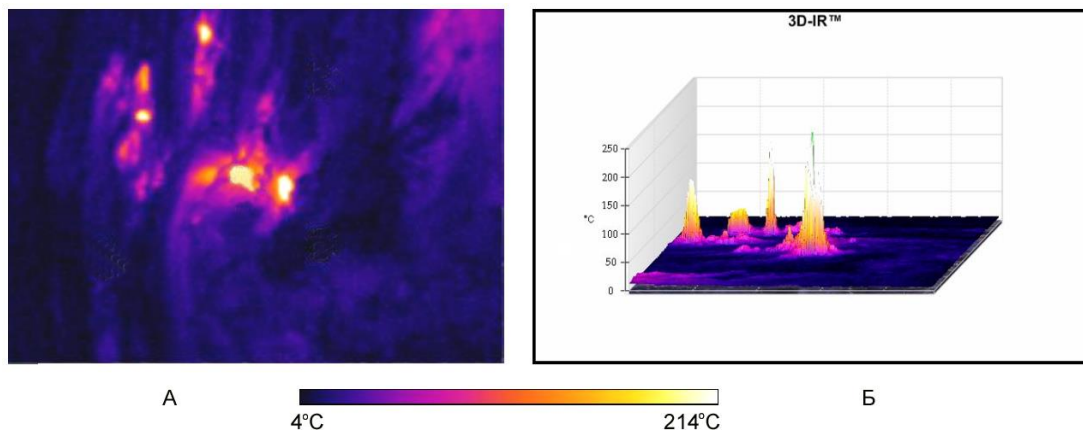


Рисунок 6 – Приховані підземні осередки горіння торфу, на ділянках де гасіння вже проведене

На рисунку 6 показано приклад виявлення прихованого осередку підземного горіння торфу, в деяких місцях температура горіння сягає 214°C. Саме такі залишкові осередки горіння можуть продовжувати тліти досить довгий час і спровокувати нову пожежу. Виявлення та ліквідація таких осередків має запобігати виникненню вторинних пожеж.

**Висновки:** багатозональні зображення дозволяють безпосередньо виділити заболочені та заторфовані ділянки земної поверхні, вирахувати індекси вологості, посушливості та вегетаційні з метою диференціації ландшафтних комплексів;

багаторічні дослідження та застосування часових рядів знімків дають можливість простежувати довготривалі зміни, що відбуваються у торфово-болотних комплексах; обробка теплових каналів зображень дозволяє зафіксувати температуру поверхні, виявити ділянки підвищених температур та перегріву торфовищ у долинах річок та пониззях рельєфу, що являються потенційно небезпечними арعалами поширення пожеж;

за допомогою польової тепловізійної зйомки контролюється якість протипожежних заходів і виявляються приховані підземні осередки



горіння торфу на ділянках де гасіння вже проведено;

використання цілісного комплексу дистанційних досліджень може успішно використовуватись для запобігання пожежних явищ на торфовищах і вести контроль за залишковими, прихованими під землею осередками горіння торфу на вже загашених ділянках.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Заключение Общественной комиссии по расследованию причин и последствий лесных и торфяных пожаров в Европейской части России в 2010 году / [Электронный ресурс] / [Яблоков А. и др.] – 2014. – Режим доступа [www.yabloko.ru/mneniya\\_i\\_publicatsii/2010/09/14](http://www.yabloko.ru/mneniya_i_publicatsii/2010/09/14).
2. Орлов О.О. Біогеохімія Цезію-137 у лісоболотних екосистемах Українського полісся / О. Орлов, В. Долін. К., Наук. Думка. – 2010. – 198 с.
3. Блінкова О.І. Екологічні особливості деградації лісових торфовищ під впливом пожеж / О. Блінкова, Н. Пашкевич, Т. Козинятко. – Науковий вісник НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22.10, С.105-111.
4. Пазинич Н.В. Використання матеріалів космічного знімання при моніторингу торф'яно-болотних систем (на прикладі Київщини). Збірник наукових праць XI Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях». – Київ-Харків-АР Крим. – 2012 р. – ISBN 978-966-8126-89-5 С.167-172.
5. Пазинич Н.В. Дослідження торф'яних боліт Українського Полісся на основі використання матеріалів дистанційного зондування Землі Міжвідомчий науковий збірник «Фізична географія та геоморфологія» – К.: ВГЛ «Обрії», 2013. – Вип. 3 (71). – С.121-127.
6. Криксунов Л.З. Справочник по основам инфракрасной техники – М.: Советское радио, 1978. – 400 с.
7. Perez Hoyos I.C. Comparison between land surface temperature retrieval using classification based emissivity and NDVI based emissivity // International Journal of Recent Development in Engineering and Technology, 2014. – Vol.2. – No.2. – P.26-30.
8. Valor E., Caselles V. Mapping land surface emissivity from NDVI: Application to European, African, and South American areas / E. Valor, V. Caselles. – Remote Sensing of Environment, 1996. – Vol. 57. – No. 3. – P.167-184.

## ИССЛЕДОВАНИЕ И МОНИТОРИНГ ПОЖАРООПАСНЫХ ТОРФЯНИКОВ НА ОСНОВЕ МАТЕРИАЛОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

*Н.В. Пазинич, канд. геогр. наук., ст. научн. сотр., Л.П. Лищенко, канд. геол. наук., ст. научн. сотр., А.Б. Крылова, В.Е. Филиппович, канд. геол. наук, ст. научн. сотр., М.С. Лубский*  
*Научный Центр аэрокосмических исследований Земли Института геологических наук НАН Украины*

---

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

тепловой мониторинг, космическая съемка, изображение в тепловом диапазоне, торфяные пожары

### АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены возможности использования тепловых каналов космических съемок для определения температурных показателей поверхности торфяников с целью выявления перегретых участков и очагов пожаров. Мониторинг перегретых участков торфяников выявляет потенциально опасные участки с ячейками подземного тления для предотвращения возникновения торфяных пожаров

## PEAT FIRE RESEARCH AND MONITORING BASED ON OF REMOTE SENSING DATA

*N. Pazynych, Cand. of Sc. (Geography), Senior Researcher, L. Lischenko, Cand. of Sc. (Geology), Senior Researcher, G. Krylova, V. Filipovich, Cand. of Sc. (Geology), M. Lubskiy*  
*Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth, Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine*

---

### KEYWORDS

thermal monitoring, remote survey, thermal infrared imagery, peat fires

### ANNOTATION

The possibility of thermal satellite imagery application for determination of peat surface temperature with the purpose of detection of overheated areas and fire seats is considered in this article. Monitoring of overheated peat lands is supposed to carry out for detection of potentially hazardous areas having subterranean smoldering and so for prevention of peat fires.

УДК 504.06 : 502.55

## РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНІЧНОГО МЕТОДУ ПОПЕРЕДЖЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ, ПОВ'ЯЗАНИХ ІЗ ЗАБРУДНЕННЯМ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

О.О. Попов\*, канд. техн. наук, ст. наук. співр., В.О. Ковач, канд. техн. наук, А.В. Яцишин, д-р техн. наук, ст. наук. співр., Є.Б. Краснов, М.В. Малков\*  
 Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України»

### ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції 13.06.2016  
 Пройшла рецензування: 25.07.2016

#### Ключові слова:

інформаційно-технічний метод, попередження надзвичайної ситуації, забруднення, поверхневий водний об'єкт

### АНОТАЦІЯ

Розроблено інформаційно-технічний метод попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних із забрудненням поверхневих водних об'єктів в результаті скиду стічних вод на територіях розміщення критично важливих об'єктів. Представлено інформаційно-обчислювальні процедури методу, розроблено та описано два керуючих алгоритми для розв'язання нестационарної та стаціонарної задачі. Наведено приклади візуалізації результатів моделювання розповсюдження забруднюючих речовин у водному об'єкті за короткочасного та неперервного скиду. Наведено варіанти впровадження розробленого методу

### Вступ

Одна з ключових проблем, що стоять перед людством, – це протиріччя між потребами соціально-економічного розвитку і необхідністю збереження середовища проживання.

Науково-технічний прогрес не тільки сприяє підвищенню продуктивності і поліпшенню умов праці, зростанню матеріального добробуту та інтелектуального потенціалу суспільства, а й призводить до зростання ризику аварій великих технічних систем. Останнє пов'язано з ускладненням їх конструкції, збільшенням їх кількості, зростанням одиничних потужностей агрегатів на промислових і енергетичних об'єктах, їх територіальною концентрацією.

Досить назвати аварії на АЕС в Три-Майл-Айленд (США), в Чорнобилі (Україна), в Фукусімі (Японія), на хімічних підприємствах Фліксборо (Великобританія), Севезо (Італія), Бхопалі (Індія), великі транспортно-промислові катастрофи в Арзамасі, Свердловську, під Уфою, розливи нафти в результаті аварії танкерів. Також можна згадати нещодавню пожежу на нафтобазі в Васильківському районі Київської області [1].

Руйнівну силу техногенних катастроф і стихійних лих у деяких випадках можна порівняти з військовими діями, а кількість постраждалих значною мірою залежить від типу, масштабів, місця і темпу розвитку ситуації, особливостей регіону і населених пунктів, що опинились в районі події, об'єктів господарської діяльності. Несподіваний розвиток подій веде до значного скорочення

часу на підготовку рятувальних робіт і їх проведення.

Управління техногенним ризиком неможливо без інформаційної підтримки підготовки та прийняття управлінських рішень щодо попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій (НС). Для управління ризиком здійснюється моніторинг стану природного середовища та об'єктів техносфери, аналіз ризику і прогнозування НС. Функціонування системи моніторингу НС ґрунтується на використанні різних підходів і методів.

### Літературний огляд

Вагомий внесок у вирішення теоретичних і практичних питань попередження та ліквідації НС природного та техногенного характеру зробили такі науковці, як В.М. Шоботов, В.С. Сергєєв, В.А. Акімов, Г.Л. Кофф, Б.С. Мاستрюков, С.О. Гур'єв та ін. [1–8]. Але в роботах даних вчених висвітлюються переважно питання організаційного характеру, та не приділяється увага розробці методів моніторингу навколишнього природного середовища (НПС) в умовах НС техногенного характеру з точки зору теорії управління.

В роботах [9, 10] авторами розроблено типову структуру та описано можливості використання нових інформаційно-технічних методів моніторингу НПС в умовах НС техногенного характеру. Також, в роботі [11] розроблено новий інформаційно-технічний метод (ІТМ) попередження НС, пов'язаних із хімічним забрудненням атмосферного повітря на територіях потенційно-небезпечних об'єктів. Питанню розробки ефективних методів попередження НС природного та техногенного

\* E-mail: sasha\_popov1982@mail.ru (О. Попов)

характеру, пов'язаних із забрудненням водних об'єктів на сьогоднішній день в сфері цивільного захисту, нажаль, приділено мало уваги.

**Метою статті** є розробка ІТМ попередження техногенних та природних НС, пов'язаних із хімічним забрудненням поверхневих водних об'єктів (ПВО) в результаті скиду стічних вод від критично важливих об'єктів (КВО).

#### **Виклад основного матеріалу дослідження**

ІТМ – це метод, що дозволяє розв'язувати задану задачу шляхом виконання наступних п'яти етапів [9–11]:

1. створення фізичної моделі досліджуваного об'єкту;
2. розробка математичної моделі об'єкту дослідження;
3. розробка інформаційно-обчислювальних процедур, які дозволяють реалізувати розроблену математичну модель;
4. розробка керуючого алгоритму, який реалізує відповідні процедури;
5. розробка апаратно-програмних або технічних засобів для практичної реалізації процедур за відповідним керуючим алгоритмом.

Що стосується пунктів 1 та 2 для поставленої в статті задачі, то в роботах [12, 13] авторами розроблено фізичну та математичну моделі розповсюдження хімічних забруднюючих речовин (ЗР) в ПВО за стаціонарних та нестаціонарних умов скидів стічних вод. Тому, для розробки ІТМ попередження НС, пов'язаних із хімічним забрудненням водного середовища в результаті скидів від КВО опишемо відповідні процедури та розробимо алгоритм.

ІТМ попередження НС, пов'язаних з хімічним забрудненням ПВО на території розміщення КВО за нестаціонарних та стаціонарних умов скиду, призначений для виявлення антропогенного забруднення, створюваного залповим (миттєвим), короткочасним та неперервним скидом від КВО у ПВО (водойма-охолоджувач, сусідні річки, водосховища тощо), яке розповсюджується під дією гідрогеологічних, гідродинамічних, метеорологічних факторів, а також визначення просторових масштабів та параметрів міграції, які необхідні для розв'язання задач попередження НС природного, техногенного характеру на досліджуваній території.

Метод передбачає виконання наступних процедур:

1. обрання досліджуваного водного об'єкту;

2. обрання досліджуваного джерела-місця скиду та ЗР;

3. задання декартової прямокутної системи координат, пов'язаної з ПВО;

4. визначення координат  $(x_0, y_0, z_0)$  джерела-місця скиду в даній системі координат;

5. визначення географічних координат джерела-місця скиду;

6. визначення тривалості скиду;

7. визначення маси скинутої домішки М;

8. визначення швидкості V та напрямку  $\alpha$  течії;

9. визначення коефіцієнтів турбулентної дифузії  $D_x, D_y$  та  $D_z$ ;

10. визначення параметру неконсервативності K;

11. задання часу t для визначення розподілу концентрації;

12. визначення просторового розподілу концентрації  $C(x, y, z, t)$  в досліджуваному ПВО у задані моменти часу;

13. порівняння даних моделювання з гранично допустимою концентрацією (ГДК) обраної ЗР;

14. візуалізація отриманих результатів;

15. прийняття рішень щодо регулювання станом ПВО та ризиком для здоров'я персоналу КВО і населення, яке проживає на досліджуваній території.

Керуючий алгоритм, який реалізує вищеописані процедури за нестаціонарних умов скидів, представлений на рис. 1. Він складається з 16 рівнів.

На першому рівні приймається рішення про визначення динаміки розподілу концентрації ЗР в ПВО в результаті скиду в нього стічних вод КВО. В свою чергу це запускає алгоритм, і дії переходять до наступного рівня.

На другому рівні здійснюється обрання досліджуваного водного об'єкту, в який здійснюється скид ЗР. Це може бути або водоймище або річка поблизу КВО.

На третьому рівні здійснюється обрання джерела-місця скиду із переліку діючих на території КВО та ЗР із переліку речовин, які наявні у скидах КВО в результаті функціонування різних допоміжних техногенних об'єктів на промисловому майданчику.

На четвертому рівні задається декартова прямокутна система координат, яка пов'язана з водним об'єктом.



Рисунок 1 – Схема керуючого алгоритму за нестационарних умов скиду

З п'ятого по одинадцятий рівень за допомогою географічних карт, відповідних приладів, довідникових даних, методик, рекомендацій, даних натурних вимірювань та обчислень визначаються відповідно координати джерела-місця скиду у введений декартовій системі координат, географічні координати джерела-місця скиду, тривалість скиду; маса скинутої домішки, швидкість та напрямок течії, коефіцієнти турбулентної дифузії та параметр неконсервативності.

На дванадцятому рівні задається момент часу, за якого необхідно визначити просторовий розподіл концентрації обраної ЗР в об'ємі водного об'єкту. Це, в свою чергу, запускає наступний рівень.

На тринадцятому рівні на основі розроблених математичних моделей шляхом відповідних математичних обчислень здійснюється визначення просторового розподілу ЗР у визначеному водному об'єкті в заданий момент часу.

На чотирнадцятому рівні здійснюється порівняння результатів моделювання з ГДК обраної ЗР.

На п'ятнадцятому рівні здійснюється візуалізація отриманих результатів моделювання у вигляді кольорової поверхні розподілу концентрації на електронній карті досліджуваного ПВО. По зворотній лінії зв'язку знову переходимо на дванадцятий рівень, де обираємо наступний момент часу для визначення розподілу концентрації ЗР, яка розповсюджується в досліджуваному водному об'єкті в результаті залпового скиду, і знову проходимо тринадцятий, чотирнадцятий та п'ятнадцятий рівні. Так повторюється стільки разів, скільки моментів часу визначено на дванадцятому рівні. В результаті проведених операцій, буде отримано серію карт, на яких буде показано динаміку розподілу концентрації ЗР в досліджуваному водному об'єкті.

На шістнадцятому рівні на основі отриманих результатів здійснюється прийняття рішень щодо регулювання станом ПВО та ризиком для здоров'я персоналу КВО і населення, яке проживає на досліджуваній території. Рішення будуть відрізнятися в залежності від результатів порівняння концентрації ЗР з ГДК і напрямку розповсюдження забруднюючих домішок.

Також розроблено аналогічний керуючий алгоритм для стаціонарних умов скидів стічних вод. Він складається з 15 рівнів, показаних на рис. 2.

На першому рівні приймається рішення про визначення розподілу концентрації ЗР від неперервного скиду від КВО у ПВО. В свою чергу це запускає алгоритм, і дії переходять до наступного рівня.

На другому рівні здійснюється обрання досліджуваного водного об'єкту, в який здійснюється скид ЗР за стаціонарних умов. Це може бути або водоймище чи водотік.

На третьому рівні здійснюється обрання джерела-місця скиду із переліку діючих на КВО та ЗР із переліку речовин, які наявні у скидах в результаті виробничої та господарсько-побутової діяльності на техногенному об'єкті.

На четвертому рівні задається декартова прямокутна система координат, яка пов'язана з водним об'єктом.

З п'ятого по десятий рівень за допомогою географічних карт, відповідних приладів, довідникових даних, методик, рекомендацій, даних натурних вимірювань та обчислень визначаються відповідно координати джерела-місця скиду у введеної декартовій системі координат, географічні координати джерела-місця скиду, потужність скиду ЗР, швидкість та

напрямок течії, коефіцієнти турбулентної дифузії та параметр неконсервативності.

На одинадцятому рівні на основі розроблених математичних моделей шляхом відповідних математичних обчислень здійснюється визначення просторового розподілу ЗР у визначеному ПВО за стаціонарних умов скиду.

На дванадцятому рівні здійснюється порівняння результатів моделювання з ГДК обраної ЗР.

На тринадцятому рівні здійснюється візуалізація отриманих результатів моделювання у вигляді кольорової поверхні розподілу концентрації ЗР на електронній карті досліджуваного водного об'єкту.

На чотирнадцятому рівні можливі два випадки. В разі відсутності перевищення ГДК приймається рішення щодо продовження необхідного скиду за заданого режиму роботи КВО. У разі перевищення ГДК приймається рішення щодо усунення НС. Для цього на початку, шляхом розв'язання відповідного рівняння у випадку водотоку або водойми відносно  $M$ , визначають потужність, за якої при фіксованих інших параметрах, не буде перевищення ГДК [13]. Тут теж можливі два випадки.

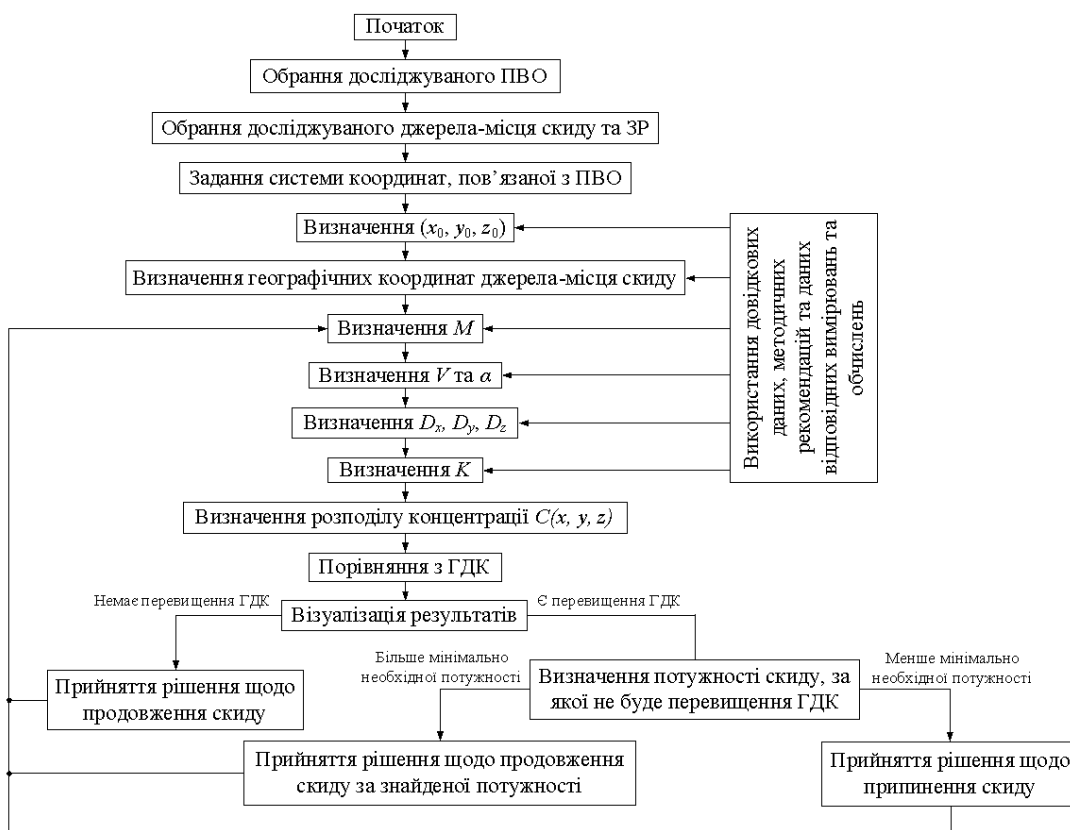
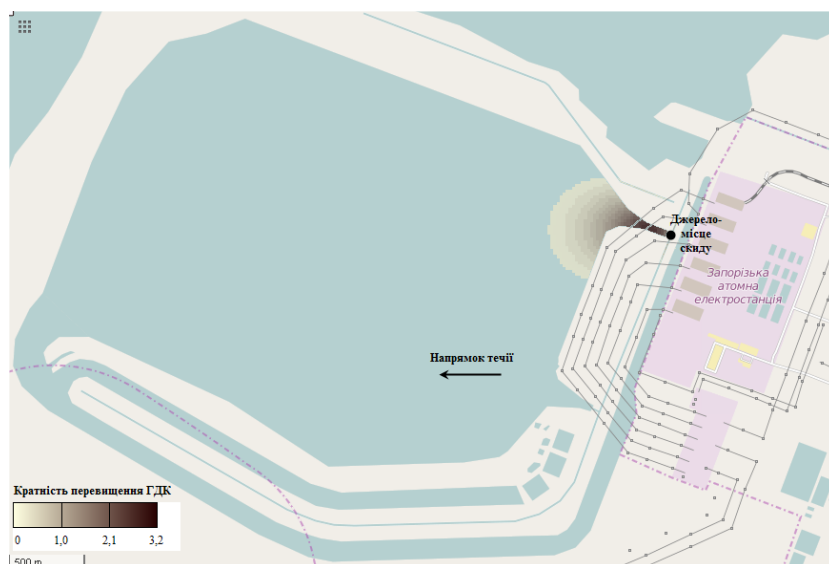


Рисунок 2 – Схема керуючого алгоритму за стаціонарних умов скиду

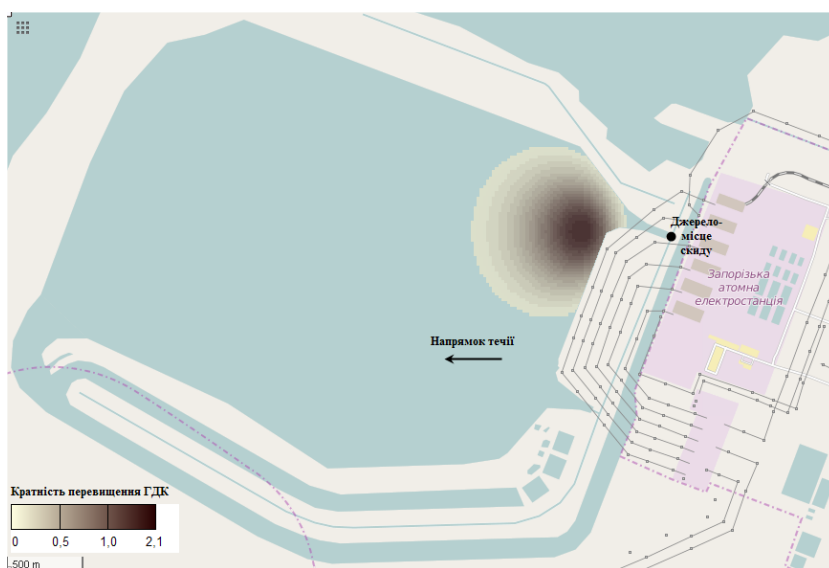
Алгоритм переходить на п'ятнадцятий рівень. Якщо знайдена потужність більше мінімально необхідної потужності скиду, за якої підприємство може виконувати свої функції, то приймається рішення на продовження скиду за знайденої потужності. Якщо ж визначена потужність менше мінімально необхідної потужності скиду, то приймається рішення щодо припинення скиду за заданих метеорологічних та гідродинамічних параметрів. Незалежно від прийнятого рішення, алгоритм знову повертається на третій рівень і проходить всі наступні етапи знову. Таким чином відбувається моніторинг території, яка прилегла до КВО, щодо впливу скидів на стан ПВО в досліджуваній зоні. Якщо після припинення скиду через деякий час гідродинамічні та метеорологічні параметри стануть сприятливими для скиду (не буде

перевищення ГДК за встановленої потужності), то приймається рішення щодо початку скиду даним підприємством.

На рис. 3 показано приклад візуалізації динаміки розподілу концентрації бензину на поверхні ставка-охолоджувача Запорізької АЕС, який потрапив в даний ПВО в результаті короткочасного скиду, тривалістю 2 хв. За вхідними даними початкова концентрація бензину перевищує ГДК<sub>мр</sub> у більш як 3 рази, тобто виникла НС техногенного характеру. В результаті впливу метеорологічних та гідродинамічних факторів пляма ЗР розповсюджується в напрямку течії, змішуючись з водою ставка в усіх напрямках. Розбавлення сприяє зменшенню концентрації ЗР, про що свідчать результати моделювання, зображені на рис. 3.



а)  $t = 2$  хв



б)  $t = 10$  хв

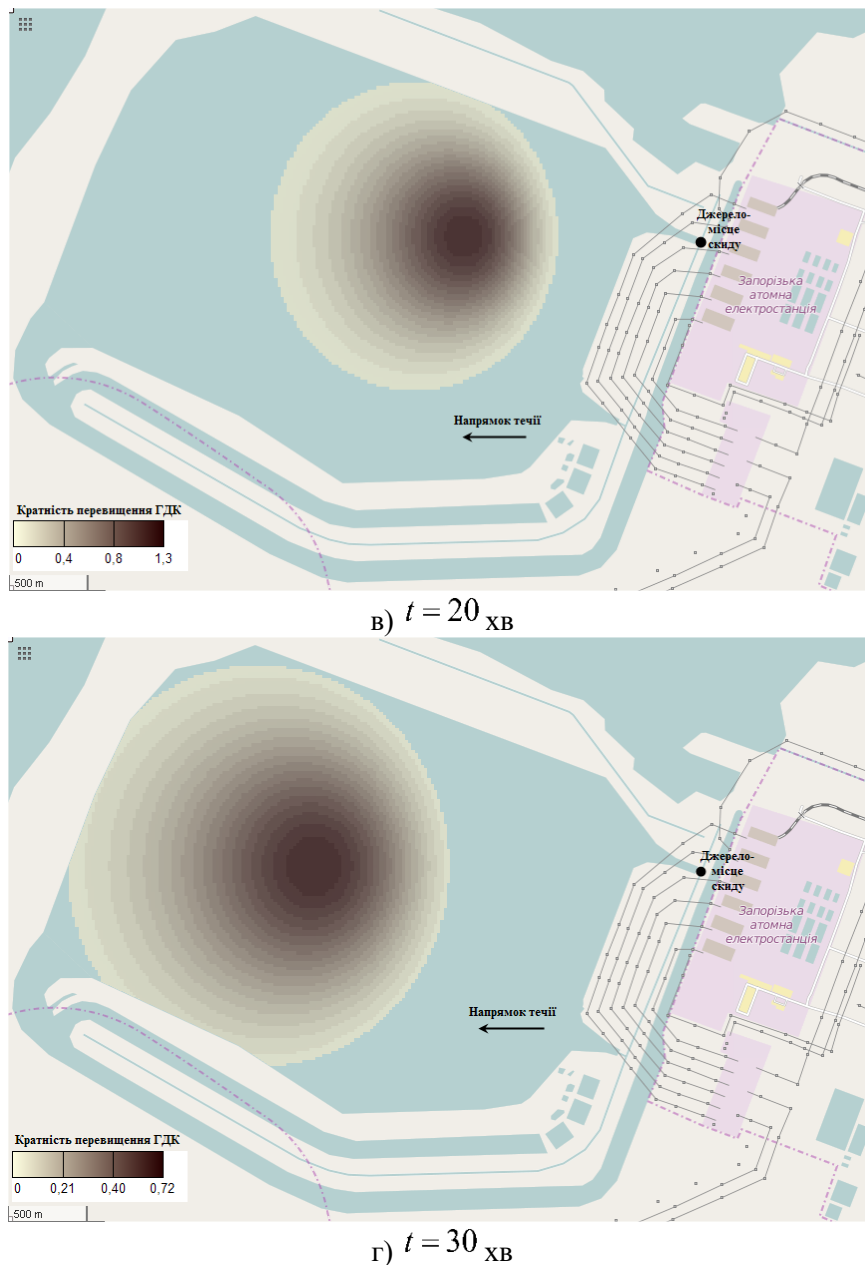


Рисунок 3 – Приклад візуалізації НС, пов'язаної із короткочасним скидом бензину у водойму-охолоджувач Запорізької АЕС

З плином 30 хв максимальна концентрація скинутої ЗР буде становити 70 % від ГДК. З часом, за рахунок впливу процесів самоочищення, концентрація даної речовини у водоймі наблизиться до фоновій. Але, якщо такі НС будуть повторюватись декілька разів, то концентрація даної ЗР у водоймі стане критичною і зменшення рівня забруднення за рахунок процесів самоочищення стане неможливим. Тоді виникне НС пов'язана із неможливістю функціонування АЕС у штатному режимі. Тому, за таких обставин

необхідно швидко примати ефективні управлінські рішення щодо ліквідації НС, пов'язаної із забрудненням водойми-охолоджувача, тим самим, попередивши НС пов'язану із виведенням АЕС в аварійний режим.

На рис. 4 показано приклад візуалізації розподілу концентрації амонію сольового в результаті неперервного скиду стічних вод від Запорізької АЕС у її ставок-охолоджувач.



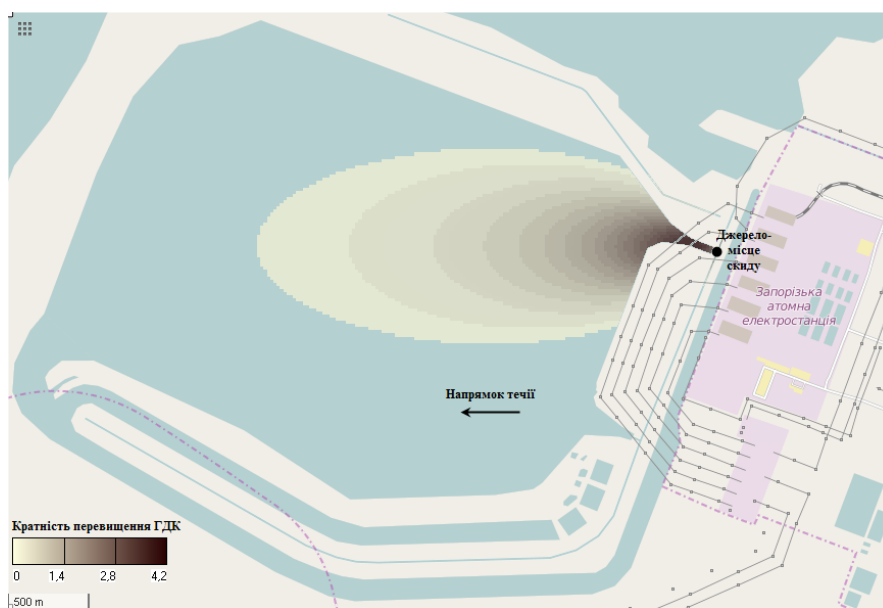


Рисунок 4 – Приклад візуалізації результатів моделювання розповсюдження ЗР у водоймі-охолоджувачі в результаті неперервного скиду амонію сольового від Запорізької АЕС

Згідно результатів моделювання за даних умов скиду, метеорологічних та гідродинамічних умов маємо НС, пов'язану із суттєвим техногенним навантаженням на даний ПВО з більш як чотириразовим перевищенням ГДК даної ЗР у воді ставка-охолоджувача. Дана НС спонукає відповідальних осіб, які працюють на даному КВО, приймати негайні управлінські рішення щодо попередження персонал станції та населення прилеглих територій про НС, що склалась, а також зменшення або припинення скиду для забезпечення необхідного рівня екологічної безпеки на даному ПВО та зменшення ризику для здоров'я персоналу до мінімуму. Тобто мають прийматися заходи щодо усунення НС техногенного характеру, яка пов'язана з антропогенним забрудненням ПВО неперервним скидом допоміжних підприємств на території АЕС.

Для практичної реалізації описаних вище процедур за відповідними керуючими алгоритмами авторами розроблено лабораторну установку, яка представляє собою сукупність наступних апаратно-програмних засобів: підсистема управління базою даних і знань (БДіЗ), математичне забезпечення, підсистема візуалізації результатів та підсистема підтримки прийняття рішень [14–16].

До складу підсистеми управління БДіЗ входять: блок введення даних, збереження та редагування вхідних даних; БДіЗ моніторингу НПС на прилеглих до КВО територіях; блок вибірки даних.

Математичне забезпечення апаратно-програмних засобів включає блок статистичної обробки даних, блок математичного

моделювання та прогнозування, блок оцінки ризиків.

В свою чергу блок статистичної обробки даних дає можливість обчислити основні статистичні характеристики вибірок, а саме: кількість записів, сума, мінімальне значення, максимальне значення, середнє значення, дисперсія, середнє квадратичне відхилення, розмах варіації, коефіцієнт варіації квадратичний, коефіцієнт варіації лінійний, середнє лінійне відхилення, модальне значення (мода), медіанне значення (медіана), асиметрія, ексцес, коефіцієнт кореляції, коефіцієнт детермінації, рівняння регресії [17].

Оснóву блоку математичного моделювання та прогнозування складає розроблена математична модель розповсюдження ЗР в ПВО в результаті скидів стічних вод від КВО. Використання даного блоку дає можливість визначати рівень забруднення ПВО на досліджуваній території за різних метеорологічних і гідродинамічних умов, параметрів скидів, а також отримати прогноз стану води при зміні інтенсивності зазначених факторів.

Функціонування блоку оцінки ризиків базується на використанні екологічних моделей оцінки ризику для здоров'я населення при хімічних забрудненнях ПВО на територіях прилеглих до КВО [18].

Модуль візуалізації дозволяє представляти результати статистичного аналізу у вигляді графіків, діаграм, математичного моделювання та прогнозування у вигляді тематичних екологічних карт розподілу забруднення та карт ризиків і збитків [19].

Останньою складовою апаратно-програмних засобів, що реалізують розроблений метод є блок генерації рекомендацій щодо прийняття управлінських рішень для забезпечення необхідного стану ПВО на досліджуваній території та мінімізації ризику для населення, що проживає в зоні техногенного навантаження від функціонування досліджуваного КВО. Його робота базується на використанні затверджених методик, рекомендацій та інших документів, в яких описано дії персоналу КВО у випадку аварійної ситуації, або НС природного, техногенного характеру, пов'язаних із хімічним забрудненням ПВО.

### Висновки

Таким чином, розроблено інформаційно-технічний метод попередження надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру, пов'язаних із хімічним забрудненням поверхневих водних об'єктів за нестаціонарних та стаціонарних умов скиду на територіях розміщення критично важливих об'єктів. Основу даного методу складають 15 інформаційно-обчислювальних процедур та 2 керуючих алгоритми, які складаються відповідно з 16 та 15 рівнів для розв'язання нестаціонарної та стаціонарної задачі. Його використання дозволяє виявити антропогенне забруднення, створюване залповим, короткочасним та неперервним скидом від техногенного об'єкту у водний об'єкт, яке розповсюджується під дією гідрогеологічних, гідродинамічних, метеорологічних факторів, а також визначити просторові масштаби та параметри міграції, які необхідні для розв'язання задач попередження надзвичайних ситуацій природного, техногенного характеру на досліджуваній території.

Даний метод може бути впроваджений в роботу Єдиної державної системи цивільного захисту, а саме в роботу її суб'єктів, які займаються питаннями попередження надзвичайних ситуацій на територіях розміщення критично важливих об'єктів. Також можливими варіантами впровадження розробленого інформаційно-технічного методу є системи, що проектуються, а саме: інформаційно-аналітична експертна система для оцінки екологічного впливу АЕС на навколишнє середовище та система моніторингу небезпечних техногенних і природних процесів, прогнозування ймовірності виникнення надзвичайних ситуацій та оцінки їх розвитку. Це, в свою чергу, значно підвищить ефективність системи цивільного захисту України та рівень національної безпеки.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Мاستрюков Б.С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях : учебное пособие для вузов / Б.С. Мاستрюков. – М. : Академия, 2003. – 336 с.
2. Шоботов В. М. Цивільна оборона : навчальний посібник / В. М. Шоботов. – вид. 2-ге, перероб. – К. : Центр навчальної літератури, 2006. – 438 с.
3. Сергеев В.С. Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях : учебное пособие для вузов / В.С. Сергеев. – М. : Академический Проект, 2004. – 429 с.
4. Акимов В.А. Природные и техногенные чрезвычайные ситуации: опасности, угрозы, риски / В.А. Акимов, В.Д. Новиков, Н.Н. Радаев. – М. : ЗАО ФИД, 2001. – 344 с.
5. Кофф Г.Л. Оценка последствий чрезвычайных ситуаций / Г.Л. Кофф, А.А. Гусев, Ю.Л. Воробьев. – М. : РФФИА, 1997. – 364 с.
6. Реагування на виникнення надзвичайних ситуацій / під ред. С.О. Гур'єва. – Вінниця : ІДУСЦЗ НУЦЗУ; УНПЦ ЕМД та МК, 2010. – 412 с.
7. Федотов А.В. Анализ методов оценки и мониторинга эколого-экономических последствий чрезвычайных ситуаций / А.В. Федотов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2008. – № 5. – С. 194–198.
8. Горюнкова А.А. Подходы и методы моделирования принятия решений в условиях чрезвычайных ситуаций / А.А. Горюнкова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2013. – № 11. – С. 267–275.
9. Popov O.O. Informational and technical methods of environmental monitoring in conditon of technogenic emergency situation / М.М. Дивизинюк, О.О. Попов, V.O. Kovach, O.V. Bliashenko, K.V. Smetanin // Системи обробки інформації. – 2015. – Вип. 10(135). – С. 182–186.
10. Попов О.О. Інформаційно-технічні методи моніторингу навколишнього природного середовища в умовах надзвичайної ситуації техногенного характеру / М.М. Дівизинюк, О.О. Попов, В.О. Ковач, О.В. Бляшенко, К.В. Сметанін // Матеріали Четвертої Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні проблеми теорії акустичних, радіоелектронних і телекомунікаційних систем IPST-2015», (м. Харків, 13–16 вересня 2015 р.). – Харків : НТУ «ХП», 2015. – С. 38–39.
11. Попов О.О. Нові методи моніторингу доквілля для попередження техногенних надзвичайних ситуацій / О.О. Попов, В.О. Ковач, А.В. Яцишин, С.О. Бурлака // Техногенна безпека та цивільний захист. – 2016. – № 9. – С. 23–28.
12. Попов А.А. Разработка физической модели распространения антропогенной примеси в водной среде в результате сбросов сточных вод техногенных объектов / Е.В. Азаренко, М.М. Дивизинюк, А.А. Попов // Збірник наукових праць Севастопольського національного університету ядерної енергії та промисловості. – 2011. – Вип. 19. – С. 5–9.
13. Попов О.О. Математична модель забруднення поверхневих водних об'єктів за нестаціонарних

- та стаціонарних умов скиду стічних вод АЕС / М.М. Дівізінюк, О.В. Азаренко, О.О. Попов // Збірник наукових праць Севастопольського національного університету ядерної енергії та промисловості. – 2011. – Вип. 20. – С. 50–56.
14. Попов О.О. Інформаційні системи для вирішення задач комплексного радіоекологічного моніторингу АЕС / А.В. Яцишин, О.О. Попов // Моделювання та інформаційні технології. – 2014. – Вип. 72. – С. 3–16.
15. Попов О.О. Використання інформаційних технологій в задачах управління екологічною безпекою / О.О. Попов, А.В. Яцишин, В.О. Артемчук // Праці Одеського політехнічного університету. – 2013. – Вип. 2(41). – С. 289–294.
16. Попов О.О. Комп'ютерні засоби моделювання техногенних навантажень на урбанізовані території / А.В. Яцишин, І.П. Каменева, О.О. Попов, В.О. Артемчук // Матеріали Міжнародної наукової конференції «Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту» (ISDMCI'2012), (м. Євпаторія, 27–31 травня 2012 р.). – Херсон : ХНТУ, 2012. – С. 239–240.
17. Попов О.О. Використання методів математичної статистики для розв'язання задач екологічного моніторингу довкілля в зонах впливу техногенних об'єктів / О.О. Попов // Інформаційна безпека. – 2014. – № 3(15). – С. 99–103.
18. Попов О.О. Математичні моделі оцінки техногенного ризику / О.О. Попов // Электронное моделирование. 2015. – Т. 37, № 5. – С. 49–60.
19. Попов О.О. Использование картографического метода для решения задач комплексного экологического мониторинга техногенно-нагруженных территорий / О.О. Попов // Інформаційна безпека. – 2014. – № 2(14). – С. 195–198.

## РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОГО МЕТОДА ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ СВЯЗАННЫХ С ЗАГРЯЗНЕНИЕМ ВОДНОЙ СРЕДЫ

*О.О. Попов канд. техн. наук, ст. научн. сотр., В.О. Ковач канд. техн. наук, А.В. Яцишин, д-р техн. наук, ст. научн. сотр., Е.Б. Краснов, М.В. Малков  
Государственное учреждение «Институт геохимии окружающей среды НАН Украины»*

---

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

информационно-технический метод,  
предупреждение чрезвычайной  
ситуации, загрязнение,  
поверхностный водный объект

### АННОТАЦИЯ

Разработан информационно-технический метод предупреждения чрезвычайных ситуаций, связанных с загрязнением поверхности водных объектов в результате сброса сточных вод на территориях размещения критически важных объектов. Представлены информационно-вычислительные процедуры метода, разработаны и описаны два управляющих алгоритма для решения нестационарной и стационарной задачи. Приведены примеры визуализации результатов моделирования распространения загрязняющих веществ в водном объекте при кратковременном и непрерывном сбросе. Приведены варианты внедрения разработанного метода

## DEVELOPMENT OF INFORMATIONAL AND TECHNICAL METHOD OF EMERGENCIES PREVENTION CONNECTED WITH AQUATIC ENVIRONMENT POLLUTION

*O. Popov, Cand. of Sc. (Eng.), Senior Researcher, V. Kovacs, Cand. of Sc. (Eng.), A. Yatsishin, Doc. of Sc. (Eng.), Senior Researcher, E. Krasnov, M. Malkov  
State Institution "Institute of Environmental Geochemistry of NAS of Ukraine"*

---

### KEYWORDS

information and technical method,  
emergency prevention, pollution,  
surface water body

### ANNOTATION

Informational and technical method of emergencies prevention connected with aquatic environment pollution as a result of discharges of sewage on territories of critically important facilities is developed. Informational and computational procedures of the method are presented. Two managing algorithms for solution of stationary and non-stationary tasks are developed and described. There are given examples of visualization results of pollutants spreading modeling in water body for moment and continuous discharges. Variants of developed method application are proposed.

УДК 614.842.615

## ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТУШЕНИЯ РЕЗЕРВУАРОВ ПОДСЛОЙНЫМ СПОСОБОМ

С. М. Малашенко<sup>1\*</sup>, О. О. Смиловенко<sup>2</sup>, канд. техн. наук, доцент

<sup>1</sup>Учреждение «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, г. Минск

<sup>2</sup>Государственное учреждение образования «Командно-инженерный институт» МЧС Республики Беларусь, г. Минск

### ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

Поступила в редакцию 13.06.2016  
Прошла рецензирование: 25.07.2016

#### Ключевые слова:

резервуар, пожар, воздушно-механическая огнетушащая пена, подслоный способ тушения нефти и нефтепродуктов, время тушения

### АННОТАЦИЯ

Разработан способ подслоного тушения с использованием оперативной врезки в технологический трубопровод резервуара с нефтепродуктом для вертикальных стальных резервуаров объемом 500-5000 тонн, не оборудованных стационарно смонтированными пенопроводами.

Разработана математическая модель и метод имитационного компьютерного моделирования процесса движения пены при подслоном тушении резервуаров, позволяющий исследовать данный процесс с учетом реально существующего дрейфа параметров тушения и прогнозировать время тушения.

Разработана методика выбора режимных параметров тушения. Определены значения режимных параметров тушения, обеспечивающих заданные временные показатели (критерии) тушения для резервуара емкостью 2000 тонн, заполненного бензином

**Введение.** Тушение пожаров в резервуарах подачей пены сверху на горящую поверхность является продолжительным и затратным. При этом экономические потери растут каждую минуту за счет выгорания нефтепродукта и расхода огнетушащих средств. Задача минимизации времени тушения является актуальной как с точки зрения материальных затрат, так и с точки зрения обеспечения безопасности пожарных расчетов, участвующих в тушении. Усовершенствование и доработка уже существующей технологии подслоного тушения пожаров сможет решить упомянутую выше задачу и сделать производственные объекты безопаснее.

**Основная часть.** Расчетное время тушения при реализации технологии подслоного тушения пожара в резервуаре с ЛВЖ с помощью устройства для оперативной врезки (далее – УОВИ) может быть определено суммированием времени боевого развертывания системы подслоного тушения и времени от начала подачи пены до полного покрытия ею поверхности ЛВЖ [1].

Время боевого развертывания системы подслоного тушения зависит в основном от субъективного, человеческого фактора – слаженности действий расчета,

подготовленности пожарных и исправности оборудования.

Время прохождения пены через трубопровод, резервуар и по поверхности жидкости зависит от многих факторов, часть из которых является управляемыми, а часть – независимыми. Такие параметры, как интенсивность подачи пены, скорость подачи пены, ее кратность задаются настройкой насосного оборудования, концентрацией пенообразователя и являются управляемыми.

Другие, такие как давление в резервуаре, высота наполнения, температура окружающего воздуха, направление ветра, толщина слоя подтоварной жидкости, вязкость содержимого резервуара носят случайный характер.

Следует отметить, что и независимые, и ранее упомянутые управляемые параметры не являются детерминированными, а изменяются случайным образом в определенных пределах в процессе тушения пожара.

На рисунке 1 приведена структурная схема действующих факторов, причем они разделены на три группы: относящиеся к характеристикам самого резервуара и находящейся в нем жидкости; относящиеся к способу тушения, обеспечиваемые оборудованием; внешние факторы.

\* E-mail: 3337044@gmail.com (S. Malashenko)



Рисунок 1 – Факторы, определяющие эффективность подслоного тушения

Более подробно факторы, влияющие на эффективность тушения подслоным способом, рассмотрены в работе [2]. В результате анализа данных факторов определены границы изменения параметров при тушении пожара в резервуаре подслоным способом с помощью устройства оперативной врезки (таблица 1).

Таблица 1 – Границы изменений параметров при тушении пожара в резервуаре подслоным способом с помощью устройства оперативной врезки

№ п/п	Параметр	Обозначение, единицы	Границы изменений
1.	Плотность пены	$\rho_f$ , кг/м <sup>3</sup>	0,2...0,5
2.	Толщина слоя пены	$h$ , м	0,03...0,08
3.	Коэффициент разрушения пены	$a$	0,03...0,049
4.	Расход раствора	$Q$ , л/с	12,0...22,0
5.	Скорость растекания	$V_p$ , мм/с	100...200
6.	Плотность нефтепродукта	$\rho_n$ , кг/м <sup>3</sup>	0,76...0,82
7.	Гидравлическое сопротивление	$C_x$	1,2...1,5
8.	Диаметр пузыря	$D$ , мм	50...100
9.	Высота нефтепродукта	$H$ , м	11,0...11,5

Однако, при выполнении расчетов на базе детерминированных моделей реально существующее явление разброса параметров не принимается во внимание. Это приводит к несоответствию расчетных и фактических выходных показателей процесса. Более эффективно решать такие задачи позволяют вероятностные методы расчета. Для этого построено девятимерное пространство параметров, учитывающее возможное изменение параметров при тушении [3-5].

Анализ значений критериев показывает, что время прохождения пены по трубопроводу изменяется в диапазоне от 0,57 до 2,55 секунды, что составляет 1-3 % от суммарного времени движения пены и весь полученный ряд значений данного критерия является допустимым для принятой при расчете длины трубопровода.

При увеличении расстояния от врезки до резервуара это время будет увеличиваться, достигая, в среднем, 5-8 секунд при врезке на расстоянии до 50 метров от резервуара. Такая ситуация может сложиться при невозможности нормативного (сразу за обвалованием) расположения врезки, например, при позднем обнаружении пожара, совпадении направления ветра с направлением технологического трубопровода либо при частичном обрушении резервуара.

Расчетное время подъема пены в резервуаре составило 5,7... 25,0 секунд. При расчете было учтено изменение плотности нефтепродукта, изменение диаметра струи пены при подъеме в резервуаре, изменение кратности пены и расхода раствора через пеногенератор. При натурном эксперименте на резервуаре РВС-2000, расположенном на территории ОАО «Нафтан», проведена апробация подслоного способа тушения с помощью устройства оперативной врезки и получено суммарное значение времени, включающее в себя время прохождения пены через трубопровод и время подъема пены в резервуаре. При выполнении эксперимента на резервуаре невозможно отделить время нахождения пены в трубопроводе. Суммарное среднее время (по данным эксперимента) составляет около 30 секунд, что соответствует значению, полученному при моделировании.

При изменении температуры окружающего воздуха изменяется плотность и вязкость нефтепродукта. Это изменение, судя по аналитическим формулам, описывающим движение пены на различных этапах, может повлиять на скорость подъема пены, а, следовательно, и на время подъема пены в резервуаре. Однако, диапазон изменения плотности топлива, введенный в модель, полностью охватывает значения плотности бензина при температурах от -40 °С до +40 °С. В работах, посвященных исследованию свойств нефтепродуктов и в нормативных документах на их производство, плотности бензинов, дизельных топлив, керосинов и т.д. не приводятся в детерминированных значениях для каждой марки, а указан диапазон, в котором допустимо изменение плотности [6]. При моделировании не выявлено существенного влияния данного параметра на временные критерии.

Далее был определен диапазон изменения критерия «время растекания пены по поверхности нефтепродукта». Изменяемые параметры: расход огнетушащего средства, кратность пены, коэффициент гидросопротивления и др. При моделировании получены следующие значения критерия 9,7...239,0 секунд. Максимальное время растекания получено при самом неблагоприятном сочетании параметров тушения. Полученные значения критериев сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Разброс значений критериев

№ п/п	Критерий	Минимальное значение, с	Максимальное значение, с
1.	Время движения пены по трубопроводу	0,57	2,55
2.	Время подъема пены в резервуаре	5,7	25,0
3.	Время растекания пены по поверхности нефтепродукта	9,7	239,0

Чтобы обеспечить наибольшую эффективность тушения необходимо минимизировать время. Это сделано путем введения ограничений на критерии и решения обратной задачи (определения оптимальных параметров) в ограниченном пространстве критериев.

На критерии наложены следующие ограничения (таблица 3):

- в 10 % -ном диапазоне от минимальных значений критериев;
- в 25 % -ном диапазоне от минимальных значений критериев;
- в 50 % -ном диапазоне от минимальных значений критериев.

Таблица 3 – Ограничения на критерии

№ п/п	Критерий	10 % - ный диапазон	25 % - ный диапазон	50 % - ный диапазон
1.	Время движения пены по трубопроводу	0,57...0,77	0,57...1,07	0,57...1,56
2.	Время подъема пены в резервуаре	5,7...7,63	5,7...10,52	5,7...15,35
3.	Время растекания пены по поверхности нефтепродукта	9,7...32,63	9,7...67,03	9,7...124,35

Анализ результатов моделирования в приведенных диапазонах критериев показывает, что первый (10 %-ный) и второй (25 %-ный) диапазоны не имеют практического значения, так как суммарное время тушения от 15,97 до 78,62 секунды может быть достигнуто при неоправданно большом расходе огнетушащего средства, высокой интенсивности подачи пены и пенном слое на поверхности нефтепродукта от 100 миллиметров. Наиболее рациональным является третий диапазон. Однако, в него были внесены коррективы, продиктованные следующими соображениями. Влияние времени прохождения пены через технологический трубопровод до резервуара при штатном расстоянии врезки по сравнению с другими критериями незначительно и диапазон изменения этого критерия до 1 секунды допустим. Процесс подъема пены в резервуаре наименее изучен, однако рассчитанное по предложенной математической модели время оказалось близким к экспериментальному (около 25 секунд). Для уменьшения общего времени тушения примем в качестве допустимого время подъема пены до 20 секунд.

**Заключение.** Таким образом, определяем параметры подслоного тушения при следующих ограничениях на критерии:

- время движения пены в трубопроводе – до 1 секунды;
- время подъема пены в резервуаре – до 20 секунд;
- время растекания пены по поверхности – до 35 секунд.

При моделировании в ограниченном пространстве критериев установлено, что необходимо поддерживать значения управляемых параметров следующими:

- плотность пены –  $237,8 \text{ кг/м}^3$ , то есть кратность 4,2 (допустимый разброс 3,7...4,6);

- расход пены 20,18 л/с (допустимый разброс 18,5... 21,3 л/с);

- оптимальная толщина слоя пены на поверхности нефтепродукта для тушения 54 мм (допустимый разброс 41... 62 мм).

Данные значения управляемых параметров обеспечивают заданное время тушения с вероятностью 99,9 % при учете разброса остальных параметров.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малашенко, С.М. Математическая модель движения пены при подслоном тушении нефтепродуктов / С.М. Малашенко [и др.] // Сборник трудов XII МНТК «Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации». – 2015. – Курск, Россия. – С. 27–31.
2. Факторы, определяющие эффективность тушения пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах подслоным способом / Малашенко С.М., Смиловенко О.О. // «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация» – 2015. – № 1 (37). – С. 126–133.
3. Малашенко, С.М. Имитационное моделирование процесса движения пены при подслоном тушении / С.М. Малашенко // Вестник Командно-инженерного института. – 2016. – № 1 (23). – С. 85-91.
4. Smilovenko Olga, Zhilinsky Oleg, Skorynin Yury Estimation method for quality of functioning and reliability of technical systems on basic LPτ-sequences // RELCOMEX'89 / Technical University of Wroclaw, Poland.- 1989. – P. 169-174.
5. Смиловенко О.О., Скорынин Ю.В., Джокич В. Выбор параметров трибомеханической системы, имеющей несколько критериев работоспособности // YUTRIB'91: Сб. науч. тр. междунар. конф. (Крагуевац, СФРЮ, 1991 г.).- Крагуевац, 1991.- С. 124-130.
6. Гуреев, А.А. Применение автомобильных бензинов / А.А. Гуреев. – М.: Химия, 1972. – 368с.



## ВИБІР РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ГАСІННЯ РЕЗЕРВУАРІВ ПІДШАРОВИМ СПОСОБОМ

С.М. Малашенко<sup>1</sup>, О.О. Смиловенко<sup>2</sup>, канд. техн. наук, доцент

<sup>1</sup> Установа «Науково-дослідний інститут пожежної безпеки та проблем надзвичайних ситуацій» Міністерства з надзвичайних ситуацій Республіки Білорусь, м. Мінськ

<sup>2</sup> Державна установа освіти «Командно-інженерний інститут МНС Республіки Білорусь»

---

### КЛЮЧОВІ СЛОВА

резервуар, пожежа, повітряно-механічна вогнегасна піна, підшаровий спосіб гасіння нафти и нафтопродуктів, час гасіння

---

### АНОТАЦІЯ

Розроблено спосіб підшарового гасіння з використанням оперативної врізки в технологічний трубопровід резервуара з нафтопродуктами для вертикальних сталевих резервуарів об'ємом 500-5000 тон, не обладнаних стаціонарно змонтованими пінопроводами.

Розроблено математичну модель і метод імітаційного комп'ютерного моделювання процесу руху піни при підшаровому гасінні резервуарів, що дозволяє досліджувати цей процес з урахуванням зміни параметрів гасіння і прогнозувати його час.

Розроблено методику вибору режимних параметрів гасіння. Визначено значення режимних параметрів гасіння, що забезпечують задані часові показники (критерії) гасіння для резервуара ємністю 2000 тон, заповненого бензином

## CHOICE OF RATIONAL PARAMETERS EXTINGUISHING IN THE TANKS BY SUBSURFACE METHOD

C. Malashenko<sup>1</sup>, O. Smilovenko<sup>2</sup>, Cand. of Sc. (Eng.), Assoc. Prof.

<sup>1</sup>Institution "Research Institute of Fire Safety and Emergencies", Ministry for Emergencies, Republic of Belarus, Minsk

<sup>2</sup>State Educational Institution "Command and Engineering Institute" Ministry for Emergencies, Republic of Belarus, Minsk

---

### KEYWORDS

tank, fire, air and mechanical fire-extinguishing foam, subsurface extinguishing method of oil and oil products, extinguishing time

---

### ANNOTATION

The subsurface extinguishing method using the operative cut-in integrated device in the industrial pipeline tank with oil products for vertical steel tanks of 500-5000 tons capacity, not equipped with fixed mounted foam wires has been developed.

The mathematical model and computer simulation method of the foam motion during subsurface extinguishing of tanks, which allows to investigate this process taking into account the actually existing drift of the extinguishing parameters and to predict extinguishing time, has been developed.

The method of selection of operating extinguishing parameters has been developed. The values of operating extinguishing parameters, providing specified time indicators (criteria) of the extinguishing tank of 2000 tons capacity, filled with gasoline have been defined.

УДК 614.843.8

## ОБОСНОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА МОЛНИЕЗАЩИТЫ С РАЗРАБОТКОЙ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ И РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ВЛИЯНИЯ ГРОВОЗОВЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ НА ЗДАНИЯ

А.Н. Скрипка\*, Л.В. Мисун, д-р техн. наук, проф., В.В. Кобяк, канд. техн. наук

Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций МЧС республики Беларусь г. Минск

### ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

Поступила в редакцию 13.06.2016  
Прошла рецензирование: 25.07.2016

#### Ключевые слова:

грозовые проявления, удар молнии, молниезащита, здания, сооружения, пожар, производственная безопасность

### АННОТАЦИЯ

Несмотря на принимаемые меры, не снижается количество пожаров от грозовых проявлений в зданиях, ухудшаются условия производственной безопасности, увеличиваются масштабы последствий от ударов молнии. В работе приводится обоснование оптимальных характеристик технических средств защиты от прямых ударов молнии зданий и сооружений с разработкой образцов молниеотводов. Предложены рекомендации, в основе которых содержатся методы определения зон защиты молниеотводов с учетом опыта их эксплуатации

В Республике Беларусь грозовые проявления относятся к опасным метеорологическим явлениям. Ежегодно в стране в грозовой сезон происходит в среднем до 8 пожаров в день. Более 90% пожаров в зданиях и сооружениях вызвано прямым ударом молнии. Основными причинами пожароопасной обстановки, вызванной грозовыми проявлениями, являются использование не эффективных мер молниезащиты (стержневых молниеотводов); отсутствие учета опыта её эксплуатации, в том числе отрицательного; пассивная позиция субъектов хозяйствования к поддержанию средств защиты от грозовых разрядов в надлежащем состоянии. Отсутствие научно-обоснованных норм, необходимых для проведения экспертизы, создает ряд трудностей при определении эффективности молниезащиты зданий и подводит к целесообразности разработки конкретных действенных мер и средств в области пожарной безопасности и охраны труда, регламентирующих исключительно вопросы молниезащиты.

Теоретические основы молниезащиты были внедрены в практику в середине прошлого столетия по результатам трудов А. Акопяна, И.С. Стекольниковой, Э.М. Базеляна [1-3]. Вопросами безопасности работников и защиты производственных объектов от воздействия грозовых проявлений в разное время занимались также Ю.П. Райдер, Н.М. Ермолаев, Л.В. Загоровский, В.П. Ларионов, И.М. Мишкин, Р.Н. Карякин, В.М. Куприенко и др. [3-8]. Следует отметить, что объектом их исследований было поведение лидера молнии

относительно молниеотвода. При этом не рассматривалась взаимозависимость в системе «молниеотвод – производственная среда – объект защиты» с учетом особенностей объекта защиты, конструктивных особенностей средства защиты. В республике до настоящего времени не проводилось обобщения опыта поражениями молниями объектов с целью установления факторов, отрицательно влияющих на защитные параметры молниезащиты; отсутствует опыт внедрения рациональных технических решений по молниезащите в нормативно-техническую базу республики.

Анализ условий эксплуатации свидетельствует, что более половины объектов эксплуатируются с нарушением требований молниезащиты. В 63% случаев к ним относился конструктивный недостаток, в 37% – организационные нарушения, связанные с низкой организацией производственной безопасности и охраны труда. Более половины нарушений молниезащиты связаны с отклонением от оси защиты и падением стержневых молниеотводов.

На фоне анализа нарушений в области молниезащиты, приводящих к пожарам, исследования по совершенствованию характеристик молниезащиты зданий в республике стали актуальными. Целью их проведения послужило снижение влияния грозовых проявлений на здания, в том числе путем обоснования оптимальных технических средств защиты от прямых ударов молнии с разработкой образца молниеотвода и

\* E-mail: skripko32@yandex.by (А. Скрипка)

рекомендацій по молниезащите зданий. Работа выполнялась в соответствии с важными практическими задачами, связанными с повышением производственной безопасности и снижением количества пожаров от ударов молнии [9].

Обзор ранее проводимых исследований и патентных баз позволил установить, что ежегодной статистике нарушений в области молниезащиты способствует недостаток внедрения рациональных технических решений по защите зданий от прямых ударов молнии, применении неэффективных способов молниезащиты. Вместе с этим в республике до настоящего времени не проводилось обобщения опыта наблюдения за поражениями молниями объектов с целью установления факторов, отрицательно влияющих на защитные параметры молниезащиты, уточнения и совершенствования этих параметров.

Анализ статистических данных о пожарах, собственный опыт позволили сделать вывод, что безопасное функционирование здания во время грозových проявлений зависит от большого количества факторов различной природы. Для проведения исследований по обоснованию наиболее существенных факторов, влияющих на устойчивость здания к возникновению пожаров от ударов молнии, обеспечению требований производственной безопасности обслуживающего персонала использовался отсеивающий эксперимент на основе плана Плаккетта-Бермана [10]. Путем проведения отсеивающих экспериментов было определено, что конструкция молниеотвода в верхней его точке должна иметь сечение не менее 50 мм<sup>2</sup>. Защита зданий и сооружений, как правило, должна выполняться отдельно стоящими молниеотводами. Конструктивное исполнение молниеотвода должно предусматривать меры, исключающие падения и отклонения мачты молниеотвода от установленной проектом оси защиты.

По результатам теоретических исследований необходимо отметить, что объем зоны защиты, образованной молниеотводом, должен иметь избыточную величину по отношению к объему объекта защиты. При этом высота молниеотвода над защищаемой поверхностью (м) должна определяться из выражения 1:

$$H_m = \frac{2\sqrt{2,36 \cdot H_{o.z} \cdot \cos \beta} - 1,5104 \cdot H_{o.z}}{2(1 - \sqrt{2,36 \cdot \cos \beta})}, \quad (1)$$

где  $H_{o.z}$  – высота объекта защиты, м;  
 $L_{o.z}$  – длина (ширина) объекта защиты, м.

При заданной высоте объекта защиты ( $H_{o.z}$ ), определяемой по формуле 1, высоте молниеотвода ( $H_m$ ) и постоянной величине угла  $\beta = 53$  Град. по рисунку 1 определяется высота над защищаемой поверхностью ( $H_v$ ), необходимая для построения зоны защиты по требованиям [11-12].

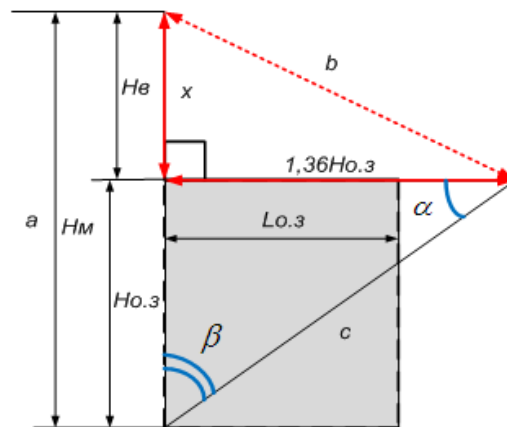


Рисунок 1 – Графическое выражение высоты над защищаемой поверхностью

$H_{o.z}$  – высота объекта защиты, м;  $H_v$  – высота молниеотвода над защищаемой поверхностью объекта защиты, м;  $H_m$  – высота молниеотвода, установленная проектом, м;  $\beta = 90$ ;  $\alpha$  – угол защиты, образованный высотой молниеотвода и наклонной линией, между крайними точкам зоны защиты молниеотвода, Град;  $\alpha = \arctg 0,74$ .

Что касается заземлителя как элемента «производственная среда», следует отметить, что параметры его конфигурации должны обеспечивать безопасные условия растеканию тока молнии в земле, которые зависят непосредственно от его конструкции, материала заземлителя и электротехнических характеристик грунта.

Результатами отсеивающих экспериментов установлено, что необходимые безопасные условия по растеканию тока молнии в земле зависят от отношения длины проводника заземлителя к нормируемому значению сопротивления заземлителя ( $R_n$ ). При этом если длину проводника, выразить через  $11,7R_n$ , тогда количество вертикальных электродов заземлителя (шт.) при требуемом сопротивлении заземлителя возможно определить выражением:

$$N_g = \frac{0,03128 \cdot k_1 \cdot \rho \cdot \left( \lg 24,6316 \frac{R_n}{d} + \frac{1}{2} \lg \left( \frac{4t - 11,7R_n}{4t + 11,7R_n} \right) \right)}{R_n^2 \cdot \eta_g}, \quad (3)$$

где  $k_1$  – климатический коэффициент для вертикальных электродов;  
 $\rho$  – удельный расчётный коэффициент сопротивления двухслойного грунта, Ом·м;  
 $R_n$  – нормируемого значения сопротивлению заземлителя, Ом;  
 $d$  – диаметр стержня заземлителя, м;  
 $t$  – расстояние от поверхности земли до середины заземлителя, м.

$\eta_g$  – коэффициент использования вертикальных заземлителей.

При заданной длине вертикальных электродов заземлителя, определенному по формуле (3), и их количеству ( $N_g$ ) выражается длина горизонтального заземлителя (м):

$$L_z = 11,7R_n - L_g \cdot N_g, \quad (4)$$

где  $L_v$  – длина вертикальных электродов заземлителя, устанавливается по каталожным либо справочным сведениям, м.

После установления необходимых длин вертикальных и горизонтальных стержней, проектировщик либо эксперт с учетом требований по конструктивному исполнению типов заземлителей по [11, 12] определяется с конфигурацией и типом заземлителя.

Обработкой результатов наблюдений за молниезащитой зданий установлено, что стержневые молниеотводы в процессе эксплуатации испытывают различного рода деформации, из-за чего изменяются зоны защиты, снижается эффективность приема прямого удара молнии и в результате чего происходят пожары. Для изучения величин отклонений молниеотводов в рамках научно-технической работы [9, 10] в НИИ ПБиЧС МЧС Беларуси были проведены экспериментальные исследования функциональной устойчивости молниеотвода. В процессе экспериментов устанавливались периодичность и метод их проведения, способы фиксации и проводилась обработка результатов исследований.

Было установлено, что с увеличением высоты молниеотвода над защищаемой поверхностью производственного объекта пропорционально уменьшается размер зоны защиты. Формирование оси зоны защиты молниеотвода фиксируется преимущественно в первый год эксплуатации. Функции отклонений молниеотводов высотой от 1 до 3 м носят

линейный характер, от 3 до 7 м – логарифмический вид, высотой с 7 и до 10 м – экспоненциальный вид.

Результаты проведенных исследований позволили конструктивно усовершенствовать средства защиты от прямого удара молнии и были предложены новые технические решения для защиты от прямых ударов молнии [13-14] (рисунок 2).

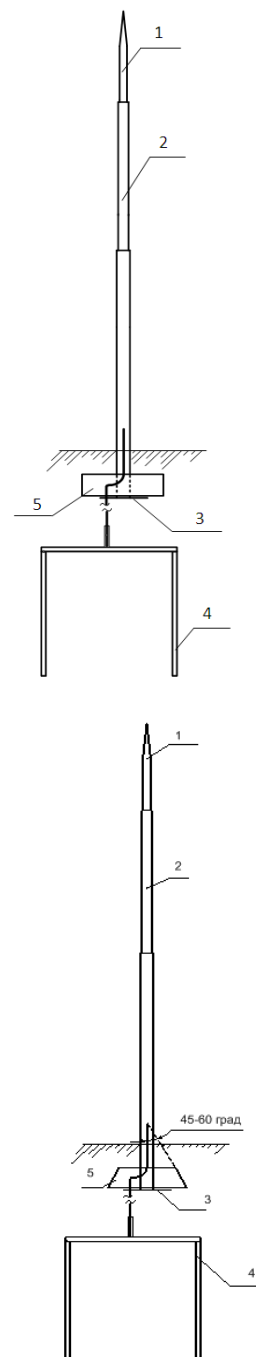


Рисунок 2 – Молниеотводы с повышенными характеристиками устойчивого функционирования:

- 1 – молниеприемник; 2 – токоотвод; 3 – опора;
- 4 – стержень-заземлитель; 5 – бетонный груз

Так в отличие от известных конструкций молниеотводов технические решения дополнены бетонным грузом в виде кругового конуса или цилиндра с центральным вертикальным осевым отверстием. Груз за счет своей формы имеет пониженный центр тяжести, что обеспечивает увеличение устойчивости конструкции молниеотвода и в итоге позволяет минимизировать отклонения, от которых зависит стабильность параметров защиты молниеотвода (размера зоны защиты угол защиты) и, соответственно, эффективность работы молниеотвода, в результате чего повышается производственная безопасность. Также были установлены отличные от действующих в нормативных документах [11-12] величины параметров зоны защиты (угол

защиты, размер зоны защиты) молниеотводов различных высот с учетом их эксплуатации.

По результатам проведенных экспериментов были разработаны рекомендации по снижению влияния грозовых проявлений на здания и сооружения в основу которых положены аналитический (таблица) и графический (рисунок 3) методы определения размеров зон защиты молниеотводов различных высот и уровней молниезащиты. При использовании аналитического метода на первом этапе определяются наиболее высокие точки объекта защиты, затем под выбранный параметр подбирается высота молниеотвода. Объект считается защищенным, если полностью находится в зоне защиты молниеотвода.

Таблица – Определение размеров зон защиты молниеотводов с учетом опыта эксплуатации

Высота над защищаемой поверхностью ( $H_v$ ), м	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Размер зоны защиты молниеотвода:										
I уровня, м	2,829	5,711	6,623	7,365	8,097	8,648	8,989	9,178	9,599	9,547
II уровня, м	3,419	6,871	8,593	9,745	10,497	11,028	11,819	12,448	12,939	13,307
III уровня, м	4,259	8,561	10,343	12,155	13,517	14,598	15,419	16,048	16,529	17,587
IV уровня, м	5,069	10,191	11,913	13,795	15,167	17,178	17,939	19,448	19,809	20,997

Разработанный графический метод определения зон защиты молниеотводов в зависимости от высоты над защищаемой поверхностью и уровня молниезащиты является

альтернативой методу, изложенному в действующих требованиях по молниезащите [11] (рисунок 4).

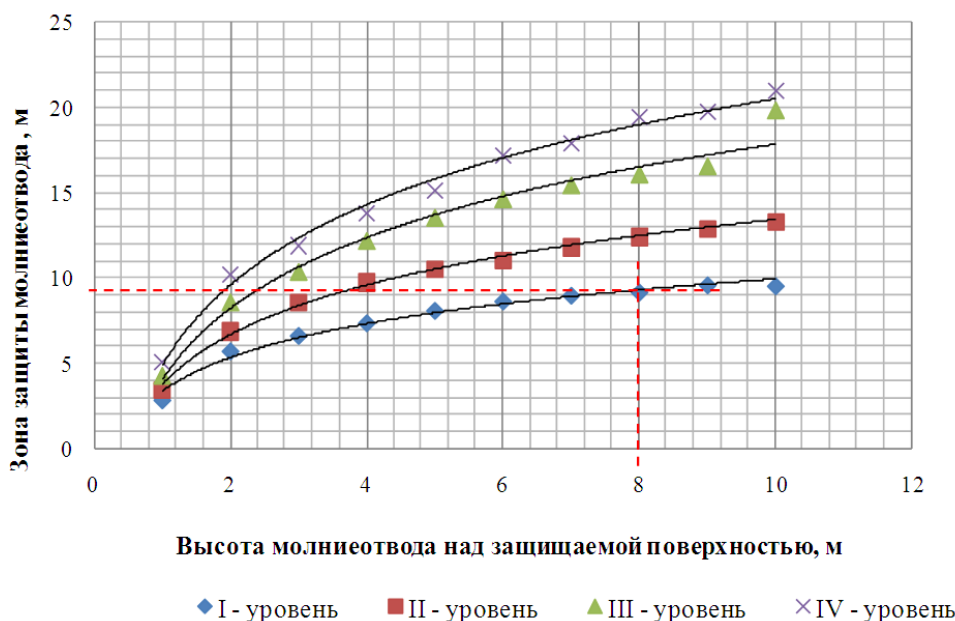
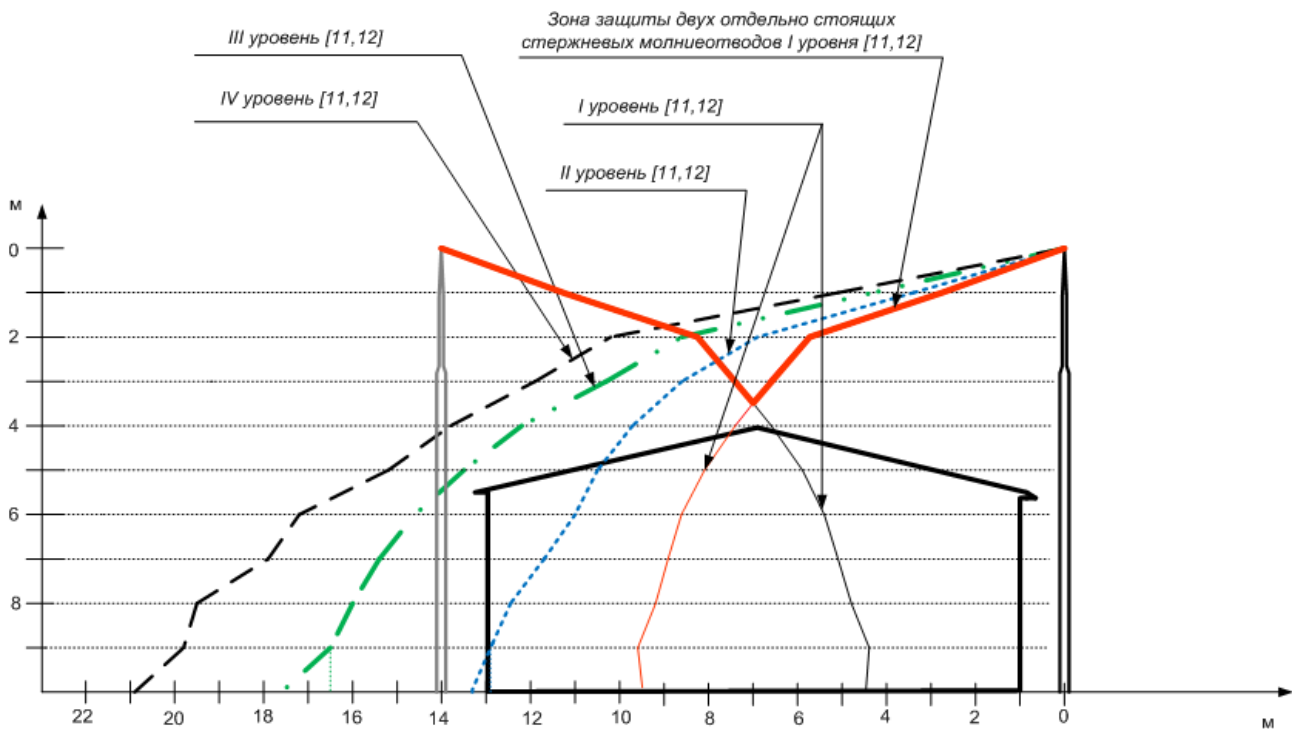


Рисунок 3 – Графический метод определения размеров зон защиты молниеотводов

Метод не потребує математических вичислень, призначений для експрес-оценки. Кривими зображені залежності розмірів зони захисту молниеотводів від висоти та рівня молниезахисту. По осі ординат графика відкладені величини зони захисту молниеотводів, по осі абсцисс їх висоти. З рисунка 3 видно, що молниеотвод висотою 8 м і I рівнем молниезахисту (нижня крива), орієнтовочно забезпечує розмір зони захисту на рівні захищеної поверхні в 9,2 м.

В методикі розрахунок зон захисту молниеотводів по вимогам [11] відсутні вказівки по вибору раціонального місця розташування окремих стоячих молниеотводів, зони захисту яких мають

складні геометричні форми, що суттєвим чином накладається на оцінку об'єктивності захисту будівель та споруд. В залежності від рівня молниезахисту, висоти стержневого молниеотвода та відстані до об'єкта захисту, шляхом накладення зон захисту молниеотвода на габарити об'єкта, встановлюється оптимальна кількість молниеотводів захищеного об'єкта. Для захисту об'єкта висотою 6 м (рисунки 3 та 4) вимагається встановлення одного молниеотвода висотою 10 м з рівнем молниезахисту не нижче III. Для молниезахисту II або I рівня необхідно два окремих стоячих молниеотвода висотою не менше 10 м, розташованих на відстані в 1 м від захищеного об'єкта.



Рисунки 3 та 4 – Схематичне зображення вибору місця розташування окремих стоячих молниеотводів відносно захищеного будівлі

Наукова та практична значимість проведеної роботи заключається в обґрунтуванні конструктивних особливостей технічних засобів захисту від прямих ударів, уточненні його захисних параметрів з урахуванням досвіду експлуатації, а також розробці методів визначення зон захисту молниеотводів різних висот та рівнів.

Результати досліджень використані для розробки нормативно-технічної бази республіки при встановленні критеріїв визначення необхідності встановлення молниезахисту, способів розміщення молниеотводів відносно об'єктів захисту.

Рекомендації можуть бути використані при актуалізації загальних та спеціальних вимог по молниезахисті будівель та споруд; рекомендуються при розробці довідкового, методического матеріалу для проєктувальників, зацікавлених проєктуванням молниезахисту; спеціалістів відділів охорони праці об'єктів господарювання при підготовці засобів молниезахисту к грозовому сезону, а також в повсякденній діяльності органів та підрозділів по надзвичайних ситуаціях

**СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Акопян, А.А. Исследование защитного действия молниеотводов. – Труды ВЭИ, 1940, вып. 36.
2. Стекольников, И.С. Грозозащита промышленных сооружений и зданий / И.С. Стекольников, В.С. Комельков, А.Ф. Богомолов и др. – М.: Изд-во АН СССР, 1951.
3. Базелян, Э.М. Физика молнии и молниезащиты / Э.М. Базелян, Ю.П. Райдер. – М. : Физматлит, 2001. – 319 с.
4. Ермолаев Н.М., Загоровский Л.В., Мамина Н.М. Пособие по устройству грозозащиты строений в сельской местности. Москва: Минкомхоз РСФСР, 1961, 98 с.
5. Ларионов, В.П. Защита жилых домов и производственных сооружений от молнии. 2-е изд. - М.: Энергия, 1966.
6. Мишкин, И.М. Молниезащита сельскохозяйственных объектов. Москва: Колос, 1979, 104 с.
7. Карякин, Р.Н. Справочник по молниезащите / Р.Н.Карякин. – М: Энергосервис, 2005. – 879 с.
8. Куприенко, В.М. Методика и результаты испытаний по определению угла защиты для отдельно стоящих стержневых и тросовых молниеотводов. – Вестник Национального технического университета «ХПИ», 2006, № 17.
9. Скрипко, А. Н. Научное обоснование оптимальных технических средств защиты от прямых ударов молнии зданий и сооружений, разработка экспериментального отечественного образца молниеотвода / А. Н. Скрипко, Л. В. Мисун, В. А. Качан; НИИ ПБиЧС МЧС Беларуси (Отчёт о НИР № ГР 20140450).— Мн., 2014. — 83 с. — Библиогр.: с. 82–83 (21 назв.). — Рус. — Деп. в ГУ «БелИСА» 13.03.2015 № Д201505.
10. Мисун, Л. В. Снижение влияния грозовых проявлений на объектах агропромышленного комплекса / Л. В. Мисун, А. Н. Скрипко. – Минск : БГАТУ, 2015. – 116 с.
11. ТКП 336-2011 Молниезащита зданий, сооружений и инженерных коммуникаций. – Введ. 01.11.2011. – Минск: филиал «Информационно-издательский центр ОАО «Экономэнерго», 2011. – 187 с.
12. IEC 62305-1: 2006. Protection against lightning – Part 1: General principles.
13. Молниеотвод: пат. 10701 Респ. Беларусь, МПК Н 02 Н 9/06 (2006.01) Н 02G 13/00 (2006.01) / А.Н. Скрипко, Л.В. Мисун, В.А. Агейчик, В.В. Кобяк; заявитель Учреждение «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. – № u20080793; заявл. 06.01.2015; опубл. 30.06.2015.
14. Молниеотвод с повышенными характеристиками устойчивого функционирования: пат. 10767 Респ. Беларусь, МПК Н 02G 13/00 (2006.01) / А.Н. Скрипко, Л.В. Мисун, В.А. Агейчик, В.В. Кобяк; заявитель Учреждение «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. – № u20140413; заявл. 14.11.2014; опубл. 30.08.2015.

## **ОБОСНОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА МОЛНИЕЗАЩИТЫ С РАЗРАБОТКОЙ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ И РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ВЛИЯНИЯ ГРОЗОВЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ НА ЗДАНИЯ**

*А.Н. Скрипко, Л.В. Мисун, д-р техн. наук, проф., В.В. Кобяк, канд. техн. наук*  
*Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций МЧС*  
*республики Беларусь г. Минск*

---

### **КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА**

грозовые проявления, удар молнии, молниезащита, здания, сооружения, пожар, производственная безопасность

### **АННОТАЦИЯ**

Несмотря на принимаемые меры, не снижается количество пожаров в зданиях от грозových проявлений, ухудшаются условия производственной безопасности, увеличиваются масштабы последствий от ударов молнии. В работе приводится обоснование оптимальных характеристик технических средств защиты от прямых ударов молнии зданий и сооружений с разработкой образцов молниеотводов. Предложены рекомендации, в основе которых содержатся методы определения зон защиты молниеотводов с учетом опыта их эксплуатации

## **STUDY OF LIGHTNING PROTECTION CHARACTERISTICS AND DEVELOPMENT OF TECHNICAL SOLUTIONS AND RECOMMENDATIONS ON REDUCTION OF LIGHTNING STROKE CONSEQUENCES ON BUILDINGS**

*A. Skripko, L. Misun, Doc. of Sc. (Eng.), Prof, V. Kobayak, Cand. of Sc. (Eng.)*  
*Institution "Research Institute of Fire Safety and Emergencies", Ministry for Emergencies, Republic of Belarus, Minsk*

---

### **KEYWORDS**

existence of lightning, lightning, lightning protection, buildings, structures, fire, safety

### **ANNOTATION**

Despite the action taken, the number of indoor fires occurred as a result of lightning is not decreased, conditions of occupational safety are getting worse, and consequences from lightning stroke are increased. Research on optimal characteristics of buildings protection equipment from direct lightning stroke and development of lightning rod samples are presented in this paper. The recommendations based on methods for determination of lightning rod protection zones taking into account the experience of the rods operation are offered.



УДК 629.113

## РОЗРАХУНКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ПЛАВНОСТІ ХОДУ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ З СИСТЕМОЮ ПІДРЕСОРЮВАННЯ ЩО МАЄ КВАЗІНУЛЬОВУ ЖОРСТКІСТЬ ПРИ ВИПАДКОВИХ ЗБУРЕННЯХ НЕРІВНОСТЯМИ ДОРОГИ

О.О. Ларін<sup>1\*</sup>, к.т.н., доцент; О.О. Водка<sup>1</sup>, к.т.н., Р.О. Кайдалов<sup>2</sup>, к.т.н., доцент, В.М. Баштовий<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна

<sup>2</sup> Національна Академія Національної гвардії України

### ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції: 15.06.2016

Пройшла рецензування: 18.07.2016

#### Ключові слова:

спеціалізовані транспортні засоби, плавність ходу, нелінійне підресорювання, системи із квазінульовою жорсткістю, випадкові вимушені коливання нелінійних систем

### АНОТАЦІЯ

Стаття присвячена вивченню ефективності застосування нелінійного дворівневого підресорювання спеціальних транспортних засобів, яке спрямоване на підвищення плавності їх ходу. Побудовано математичну нелінійну модель даного транспортного засобу, на основі якої проведено серію досліджень її випадкових коливань що виникають в наслідок дії нерівностей дорожньої основи під час руху транспортного засобу. Наведено результати порівняльного аналізу щодо частот та амплітуд коливань які встановлюються в транспортному засобі в лінійній та запропонованій дворівневій нелінійній компоновках при випадковому у часі збудженні, що прикладається до коліс даного транспортного засобу

**Вступ.** Вантажні та пасажирські перевезення автомобільним транспортом є важливою частиною сучасної економіки будь-якої країни. Плавність ходу транспортних засобів (ТЗ), звичайно є однією з важливих характеристик, що забезпечують безпечність та комфорт транспортування. При цьому слід зазначити, що перевезення деяких категорій товарів (небезпечних та вібросутливих вантажів) вимагає зниження вібраційного навантаження, щоб уникнути пошкодження вантажу або навіть виникнення надзвичайних ситуацій [1-3]. Динамічне навантаження, яка впливає на пасажирів і вантажів обумовлено впливом різних дорожніх нерівностей поверхні, яка передається через колеса і підвіски.

У сучасній інженерній практиці широко використовується в системах підвіски з нелінійною жорсткістю або демпфуванням [4-8], які дозволяють зменшити динамічний вплив на вантаж при їзді автомобіля. Серед різних ідей щодо згаданих вище питань нелінійні підвіски з квазінульовою жорсткістю заслуговують на особливу увагу, оскільки вони дозволяють досягати вібро-ізоляційного ефекту в деяких умовах експлуатації в поєднанні з високою продуктивністю і компактними розмірами [9-12].

В даній роботі представлені результати теоретичного моделювання динамічної поведінки спеціалізованого транспортного засобу, який призначений для перевезення небезпечних вантажів [10-12]. Це спеціалізований транспортний засіб має систему подвійної підвіски. Перший рівень є типовою торсіонною підвіскою з лінійною жорсткістю, а другий рівень має нелінійну характеристику з квазінульовою жорсткістю в робочій області.

**Побудова дискретної нелінійної розрахункової моделі.** Розглядається двовісний колісний ТЗ, який умовно складається з несучої рами (кузова) та вантажної платформи на якій розташовується вантаж для перевезень (рис. 1). Рама (кузов) ТЗ забезпечена традиційним лінійним підресорюванням, в той час як вантажна платформа має додаткову ступінь підресорювання, яка монтується до рами за допомогою пружинного блоку. Даний блок пропонується виконати у формі ферми Мізеса (рис. 1,б), що має нелінійну характеристику із областю, яка реалізує стан квазінульової жорсткості.

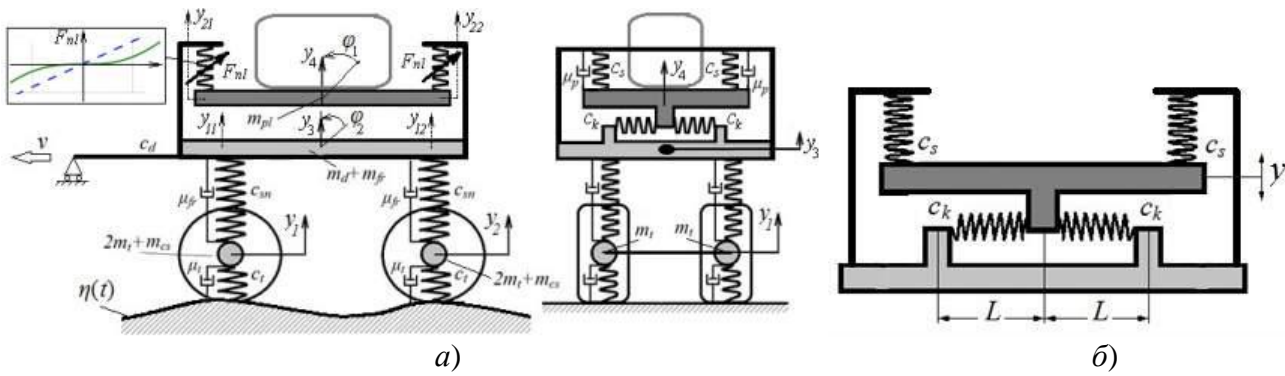


Рисунок 1 – Дискретна модель ТЗ із дворівневою системою підресорювання

Нелінійна характеристика даної системи сформована геометричними співвідношеннями між деформацією горизонтальних пружин та вертикальними переміщеннями. Причому горизонтальні пружини повинні бути попередньо у стисненому стані. Якщо ввести позначення  $L$  – довжина пружини у горизонтальному стисненому положенні,  $\Delta$  – величина попереднього стискання,  $c_s$  – жорсткість пружин вертикальних,  $c_k$  – жорсткість пружин горизонтальних,  $y$  – вертикальне переміщення платформи із вантажем, то нелінійна приведена пружна сила, що виникатиме в пружинному блоці матиме вигляд (1), а жорсткість ферми  $C_{nl}(y)$  є похідною від сили і може бути записана у вигляді (2).

$$F_{nl}(y) = c_s \cdot y + c_k \cdot y \cdot \left[ 1 - \frac{L_k + \Delta}{\sqrt{L_k^2 + y^2}} \right] \quad (1)$$

$$C_{nl}(y) = c_s + c_k \cdot \left( 1 - \frac{L_k + \Delta}{\sqrt{L_k^2 + y^2}} + y^2 \cdot \frac{(L_k + \Delta)}{(L_k^2 + y^2)^{3/2}} \right) \quad (2)$$

На рис. 3, а наведено графік залежності нелінійної пружної сили  $F_{nl}(y)$  від вертикальних переміщень платформи, на рис. 3, б наведено графік залежності жорсткості ферми Мізеса від переміщень платформи. Для наочності графіків пунктирною лінією показана лінійна пружна сила та жорсткість, що утворюється при демонтажі горизонтальних пружин коректорів жорсткості. Наведена залежність нелінійної пружної сили вказує на наявність області із квазінульовою жорсткістю: це інтервал переміщень  $\pm 0,02$  м. Крім того в межах

переміщень  $\pm 0,4$  м горизонтальні коректори забезпечують меншу пружну силу ніж лінійна компоновка без коректорів жорсткості. Окремо слід зазначити, що із збільшенням можливих переміщень жорсткість даної системи різко зростає, що призведе до протилежного відносно віброізоляції ефекту. Для побудови дискретної нелінійної моделі відповідно до схеми, що приведена на рис. 1 застосуємо рівняння Лагранжа 2-го роду

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) + \frac{\partial \Pi}{\partial q_i} + \frac{\partial R}{\partial \dot{q}_i} = 0, \quad i = \overline{1..6}, \quad (3)$$

де  $t$  – час,  $T$  – кінетична енергія системи,  $\Pi$  – потенційна енергія системи,  $R$  – потенціал дисипативних сил,  $q_i$  – узагальнені координати, що складаються з вертикальних переміщень мас в системі та кутів повороту (4). Точкою над функціями показано похідну по часу від неї.

$$\{q\}_{i=1..6} = \{y_1, y_2, y_3, \varphi_1, y_4, \varphi_2\}^T \quad (4)$$

Кінетична енергія в системі визначається для кожної маси:

$$T = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^4 m_i \dot{y}_i^2 + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^2 J_i \dot{\varphi}_i^2, \quad (5)$$

де  $m_1 = 2m_t + m_{cs}$  – для маси передньої колісної осі, яка складається з маси двох коліс та осі, аналогічно для маси задньої колісної осі  $m_2 = m_1$ ,  $m_3 = m_{fr} + m_d$  позначимо для сумарної маси рами та розміщеного на ній обладнання (без врахування вантажної платформи і вантажу), які розглядаються в дані роботі окремо:  $m_4 = m_{pl} + m_l$ . Також моменти інерції для рами і для вантажної платформи з вантажем позначено  $J_1$  та  $J_2$ .

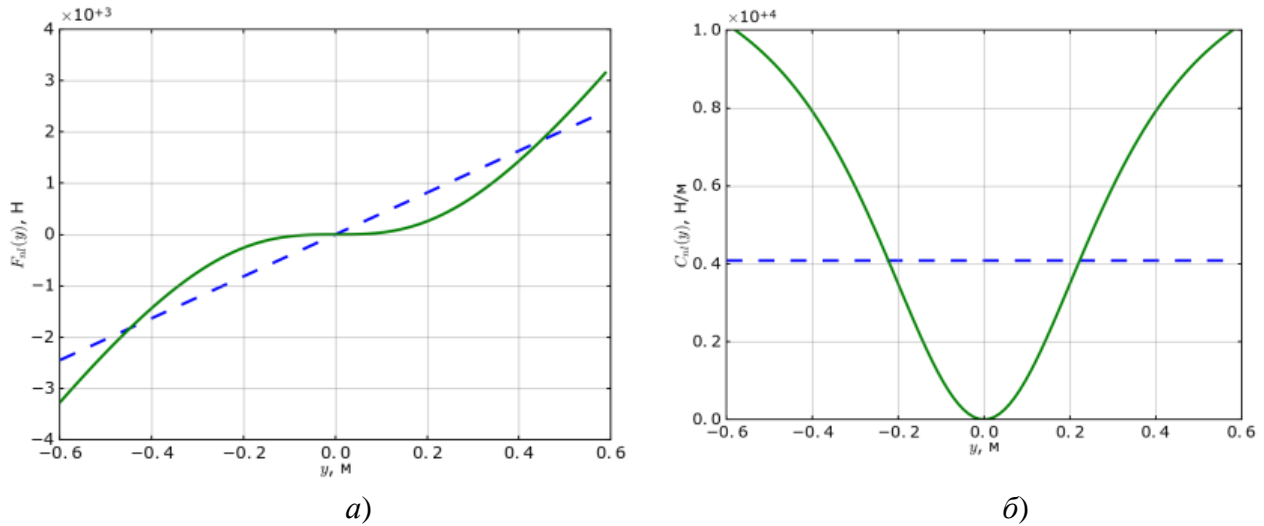


Рисунок 2 – Характеристики ферми Мізеса: а) – пружна сила; б) – жорсткість.

Пунктирною лінією показані відповідні характеристики лінійної системи

Потенційна енергія складається з потенційної енергії для лінійних пружних елементів та потенційної енергії нелінійного підвищення другого рівня:

$$\begin{aligned} \Pi = \Pi_L + \Pi_{NL} = \frac{1}{2} c_i \sum_{i=1}^2 (y_i - \eta_i(t))^2 + \\ + \frac{1}{2} c_{sn} \sum_{i=1}^2 (y_3 - y_{li})^2 + \Pi_{NL} \end{aligned} \quad (6)$$

Потенційна енергія підвищення другого рівня визначається потенційною енергією ферм Мізеса (рис. 1, б). Враховуючи, що в системі встановлено дві ферми Мізеса то з урахуванням позначень введених на рис. 1, а, отримаємо наступний вираз

$$\begin{aligned} \Pi_{NL} = \Pi_{NL1}(z_1) + \Pi_{NL2}(z_2) = \Pi_{FM}(z_1 = y_4 - y_{21}) + \\ + \Pi_{FM}(z_2 = y_4 - y_{22}) \end{aligned} \quad (7)$$

$$\Pi_{FM}(y) = \frac{1}{2} c_s y^2 + \frac{1}{2} c_k \left( y^2 - 2(L_k + \Delta) \sqrt{L_k^2 + y^2} \right) \quad (8)$$

У рівняннях (6) та (7) введено позначення:

$$y_{11} = y_3 - \frac{L}{2} \varphi_1, \quad y_{12} = y_3 + \frac{L}{2} \varphi_1 \quad (9)$$

$$y_{21} = y_4 - y_3 + \frac{L}{2} (\varphi_1 - \varphi_2),$$

$$y_{22} = y_4 - y_3 + \frac{L}{2} (\varphi_2 - \varphi_1) \quad (10)$$

Аналогічно введемо потенціал дисипативних сил, які вважаються лінійними функціями вектору швидкості узагальнених координат, що введені в систему як показано на рис. 1, а.

$$R = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^2 [2\mu_t \dot{y}_i^2 + \mu_{fr} (\dot{y}_{li} - \dot{y}_i)^2 + \mu_p (\dot{y}_{2i} - \dot{y}_{li})^2] \quad (11)$$

Підставляючи (5), (6) та (11) з урахуванням (7)-(10) у рівняння Лагранжа (3) отримаємо розрахункову систему рівнянь (12). Числові значення основних параметри, що використовувались в роботі наведені в таблиці 1.

Таким чином, отримано систему диференціальних рівнянь, що описує динаміку ТЗ, який має дворівневу нелінійну систему підресорювання, при чому другий рівень є додатковим і має нелінійну пружну характеристику, що реалізує підвищення із квазінульовою жорсткістю. Система дозволяє аналізувати вертикальні та кутові коливання даного ТЗ, що формуються кінематичним збудження  $\eta_1(t)$  та  $\eta_2(t)$ , яке прикладається до коліс ТЗ і моделює його взаємодію із нерівностями дорожньої основи.

$$\begin{cases}
 m_1 \ddot{y}_1 + 2\mu_t \dot{y}_1 - \mu_{fr} \left( \dot{y}_3 - \dot{y}_1 + \frac{L}{2} \dot{\phi}_1 \right) + (c_t + c_{sn1})y_1 - c_{sn1}y_3 + \frac{L}{2} c_{sn1} \phi_1 = c_t \eta_1(t) \\
 m_2 \ddot{y}_2 + 2\mu_t \dot{y}_1 - \mu_{fr} \left( \dot{y}_3 - \dot{y}_2 - \frac{L}{2} \dot{\phi}_1 \right) + (c_t + c_{sn2})y_2 - c_{sn2}y_3 - \frac{L}{2} c_{sn2} \phi_1 = c_t \eta_2(t) \\
 m_3 \ddot{y}_3 + \frac{\partial R}{\partial y_3} - c_{sn1}y_1 - c_{sn2}y_2 + (c_{sn1} + c_{sn2})y_3 + \frac{L}{2}(c_{sn2} - c_{sn1})\phi_1 + \frac{\partial \Pi_{NL1}}{\partial z_1} \frac{\partial z_1}{\partial y_3} + \frac{\partial \Pi_{NL2}}{\partial z_2} \frac{\partial z_2}{\partial y_3} = 0 \\
 J_1 \ddot{\phi}_1 + \frac{\partial R}{\partial \phi_1} + \frac{L}{2} \left[ c_{sn1}y_1 - c_{sn2}y_2 + (c_{sn2} - c_{sn1})y_3 + \frac{L}{2}(c_{sn1} + c_{sn2})\phi_1 \right] + \frac{\partial \Pi_{NL1}}{\partial z_1} \frac{\partial z_1}{\partial \phi_1} + \frac{\partial \Pi_{NL2}}{\partial z_2} \frac{\partial z_2}{\partial \phi_1} = 0 \\
 m_4 \ddot{y}_4 + 2\mu_p (\dot{y}_4 + \dot{y}_3) + \frac{\partial \Pi_{NL1}}{\partial z_1} \frac{\partial z_1}{\partial y_4} + \frac{\partial \Pi_{NL2}}{\partial z_2} \frac{\partial z_2}{\partial y_4} = 0 \\
 J_2 \ddot{\phi}_2 + \mu_p \frac{L^2}{4} (\dot{\phi}_1 + \dot{\phi}_2) + \frac{\partial \Pi_{NL1}}{\partial z_1} \frac{\partial z_1}{\partial y_4} + \frac{\partial \Pi_{NL2}}{\partial z_2} \frac{\partial z_2}{\partial y_4} = 0
 \end{cases} \quad (12)$$

Таблиця 1 – Параметри системи

Параметр	$L$	$m_1, m_2$	$m_3$	$m_4$	$I_1$	$I_2$	$c_{sn1}, c_{sn2}$	$c_w$	$\mu_b$	$\mu_{fr}$	$\mu_p$
Одиниця вимірювання	м	кг	кг	кг	кг·м <sup>2</sup>	кг·м <sup>2</sup>	кН/м	кН/м	кг/с	кг/с	кг/с
Значення	2,2	83	168	176	252,3	344,6	240	350	250	$3,5 \cdot 10^3$	25

В даній роботі розглядається випадкове збудження коливальних ТЗ. З літератури [13] відомо, що при русі ТЗ на постійній швидкості нерівності дорожньої основи (мікропрофіль дороги) будуть формувати стаціонарний у часі процес із спектральною щільністю наступного виразу:

$$S_{\eta}(\omega) = a \cdot \omega^{-b}, \quad (13)$$

де  $\omega$  – частота, яка задана в Гц,  $a$  – параметр, який задає інтенсивність спектральної щільності (характеризує можливі висоти нерівностей),  $b$  – параметр, що визначає ширину спектру частот нерівностей, які зустрічаються при русі ТЗ.

Параметр  $a$  може змінюватись у широкому діапазоні від  $3 \cdot 10^{-5}$  до  $1 \cdot 10^{-2}$  для дороги з асфальтовим покриттям та бездоріжжя. Так, для дороги з якісними асфальто-бетонним покриттям  $a = 3 \cdot 10^{-5}$ , а для асфальтового покриття, яке зношене (поганої якості з ямами та вибоїнами)  $a = 5 \cdot 10^{-4}$ . Для доріг з гравійним покриттям  $a = 5 \cdot 10^{-4} - 10^{-3}$ . Для ґрунтової дороги  $a = 2 \cdot 10^{-3} - 8 \cdot 10^{-3}$ . Параметр  $b$  для більшості дорожніх покриттів дорівнює 2.

Система диференціальних рівнянь (12) є суттєво нелінійною і пошук аналітичного розв’язку якої є досить складною проблемою. В даній роботі відповідна система обчислюється чисельно з явною схемою інтегрування. Для проведення розрахунків із випадковим навантаженням необхідно попередньо

згенерувати випадковий процес, що відповідатиме спектральній щільності (13).

Сучасні комп’ютерні системи мають можливість генерувати випадкові величини, з яких можна згенерувати часову послідовність, що представлятиме собою дискретний білий шум. Тобто стаціонарний випадковий процес, який має постійну спектральну щільність обмежену по діапазону частот (має скінчену дисперсію). Для формування стаціонарного випадкового процесу з спектральною щільністю (13) можна використати дискретний білий шум та лінійний диференційний фільтр. Тобто до системи (12) додаємо ще одне диференційне рівняння, яке визначатиме функцію нерівностей дорожньої основи  $\eta(t)$  через дискретний білий шум  $f(t)$

$$c \dot{\eta} = f(t), \quad (14)$$

Параметр  $c$  в цьому рівнянні задається так аби спектральна щільність процесу  $\eta(t)$  відповідала рівнянню (13) із заданим параметром  $a$  та з урахуванням характеристик дискретного білого шуму, що генерується

$$c = \frac{S_0}{2\pi \cdot a} = \frac{\sigma_{wn}^2 \cdot \Delta t}{2\pi \cdot a}, \quad (15)$$

де  $S_0$  – інтенсивність дискретного білого шуму, яка визначається дисперсією випадкових величин, що генеруються для формування

даного білого шуму,  $\sigma_{wn}^2$  – дисперсія дискретного білого шуму, що задається (в даній роботі використовується генератор нормальних випадкових величин тому  $\sigma_{wn}^2=1$ ),  $\Delta t$  – крок дискретизації по часу, який використовувався для генерації випадкового процесу (білого шуму), як функції часу, а також який потім використовувався для інтегрування системи (12).

Отже, відповідно до задачі на першому етапі рішення проблеми випадкових коливань ТЗ відбувається формування випадкового дискретного білого шуму з однічною дисперсією та із заданим крок дискретизації по часу  $\Delta t$ . Далі чисельно інтегрується рівняння (14). Отриманий розв’язок є стаціонарним випадковим процесом із спектральною щільністю (13). Згенерована попередньо функція  $\eta(t)$  застосовується на наступному етапі рішення задачі, як зовнішнє навантаження (права частина системи рівнянь (12)), враховуючи, що кінематичне навантаження на осі ТЗ повинно мати запізнення у часі, тобто

$$\eta_1(t) = \eta(t), \quad \eta_2(t) = \eta\left(t + \frac{L}{v}\right), \quad (16)$$

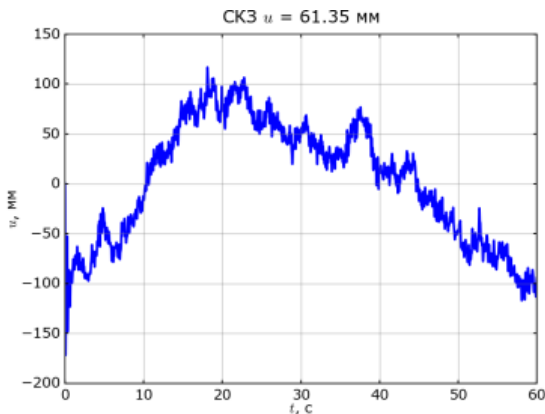
де  $L$  – відстань між колісними осями,  $v$  – швидкість руху ТЗ (в роботі розглядалися коливання на швидкості руху 10 км/год).

**Результати розрахункових досліджень.**

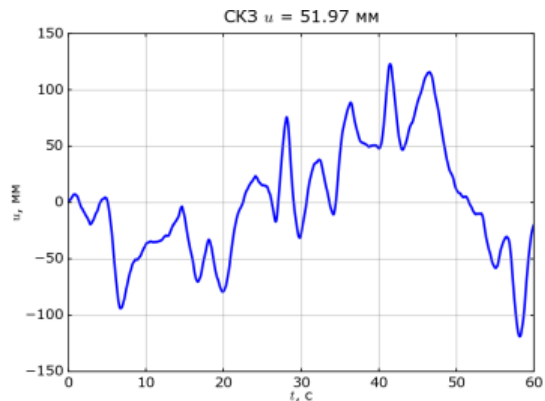
Для визначення динамічної поведінки ТЗ система рівнянь (12) розв’язувалась при різних амплітудах навантаження (висоті нерівностей, що задається параметром  $a$ ). Частотний склад коливань визначався за спектральною щільністю.

Особлива увага в роботі приділяється порівняльним дослідженням спеціалізованого транспортного засобу з класичною однорівневою лінійною підвіскою та із запропонованою дворівневою нелінійною. Аналіз цих двох варіантів конструкцій на різних умовах експлуатації дозволить оцінити ефективність запровадження додаткового нелінійного підресорювання.

На рис. 3 наведено результати розрахунку моделей, як залежності в часі для руху по дорозі із асфальтним покриттям задовільної якості ( $a = 1.0 \cdot 10^{-4}$ ).



а)



б)

Рисунок 3 – Коливання верхньої платформи при русі по дорозі із асфальтним покриттям задовільної якості а) – класична лінійна модель ТЗ, б) – запропонована нелінійна модель

З наведених графіків на рис. 3 можна бачити, що коливання у класичній моделі супроводжується присутністю високочастотних коливань які не спостерігаються у запропонованій моделі. Оскільки плавність ходу ТЗ в першу чергу визначається рівнями віброприскорень та частотним складом вібрацій

[14-15] які спостерігаються при русі ТЗ, то доцільно проаналізувати окремо й ці характеристики вібрацій. На рис. 4 представлено реалізацію у часі віброприскорень вантажної платформи для лінійної та нелінійної моделей, що формуються при коливаннях, які наведено на рис. 3.

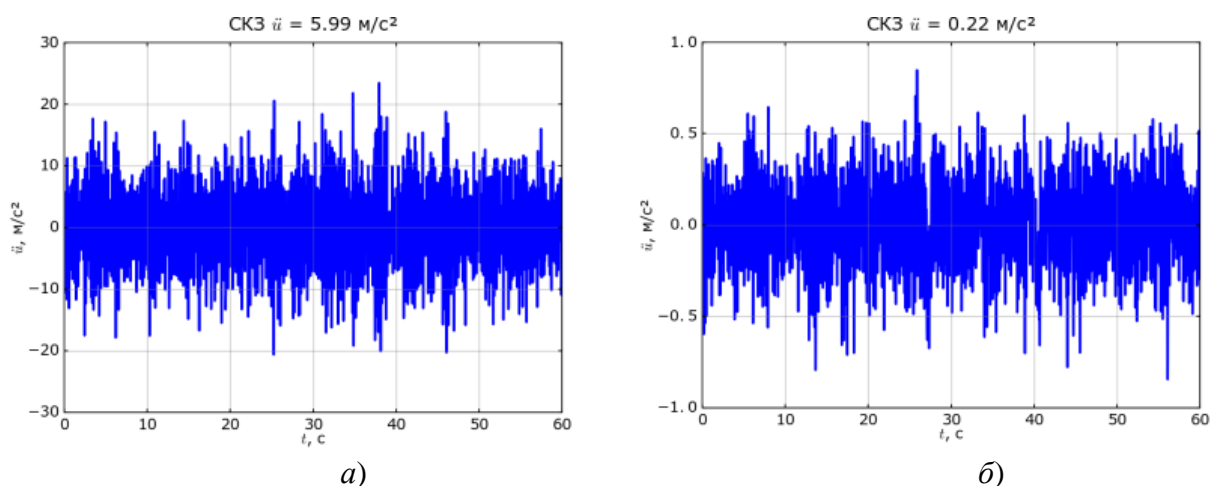


Рисунок 4 – Віброприскорення коливань верхньої платформи при русі по дорозі із асфальтним покриттям задовільної якості  
 а) – класична лінійна модель ТЗ, б) – запропонована нелінійна модель

Аналіз наведених результатів, показує, що скз переміщень верхньої платформи в обох варіантах конструкцій є близькими, більш того аналіз коливань при збільшенні рівнів навантаження (рух по дорогам з гіршим покриттям) показує, що скз переміщень навіть суттєво збільшується у запропонованій моделі (рис. 5, а). Разом із тим, скз віброприскорень у запропоновані конструкції ТЗ суттєво є

нижчими ніж в класичній конструкції (рис. 5, б). Так, при русі по дорозі з асфальтовим покриттям середньої якості використання системи підресорювання другого рівня із квазінульовою жорсткістю дає ефективне зниження віброприскорень у близько 10-и разів, а при русі по бездоріжжю майже у 5 разів.

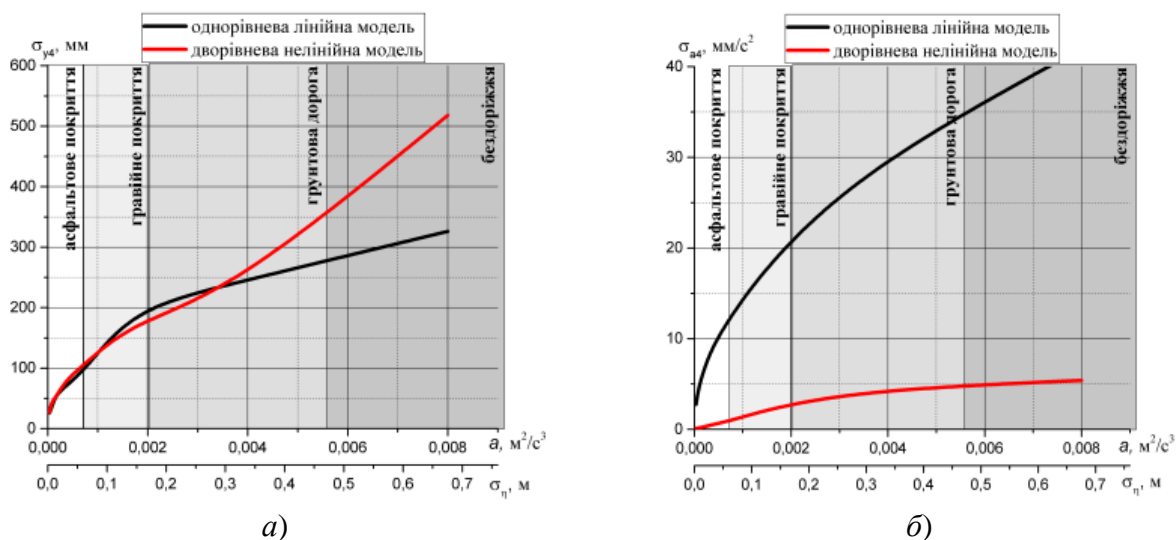


Рисунок 5 – Скз переміщень (а) та віброприскорень (б) коливань верхньої платформи при русі по дорогам різної якості

Для розрахованих віброприскорень коливань верхньої платформи ТЗ при русі по дорогам різної якості було визначено їх спектральні щільності (рис. 6), які надають

можливість провести аналіз частотного складу випадкових коливань, що відбуваються в ТЗ класичної та запропонованої конструкцій.

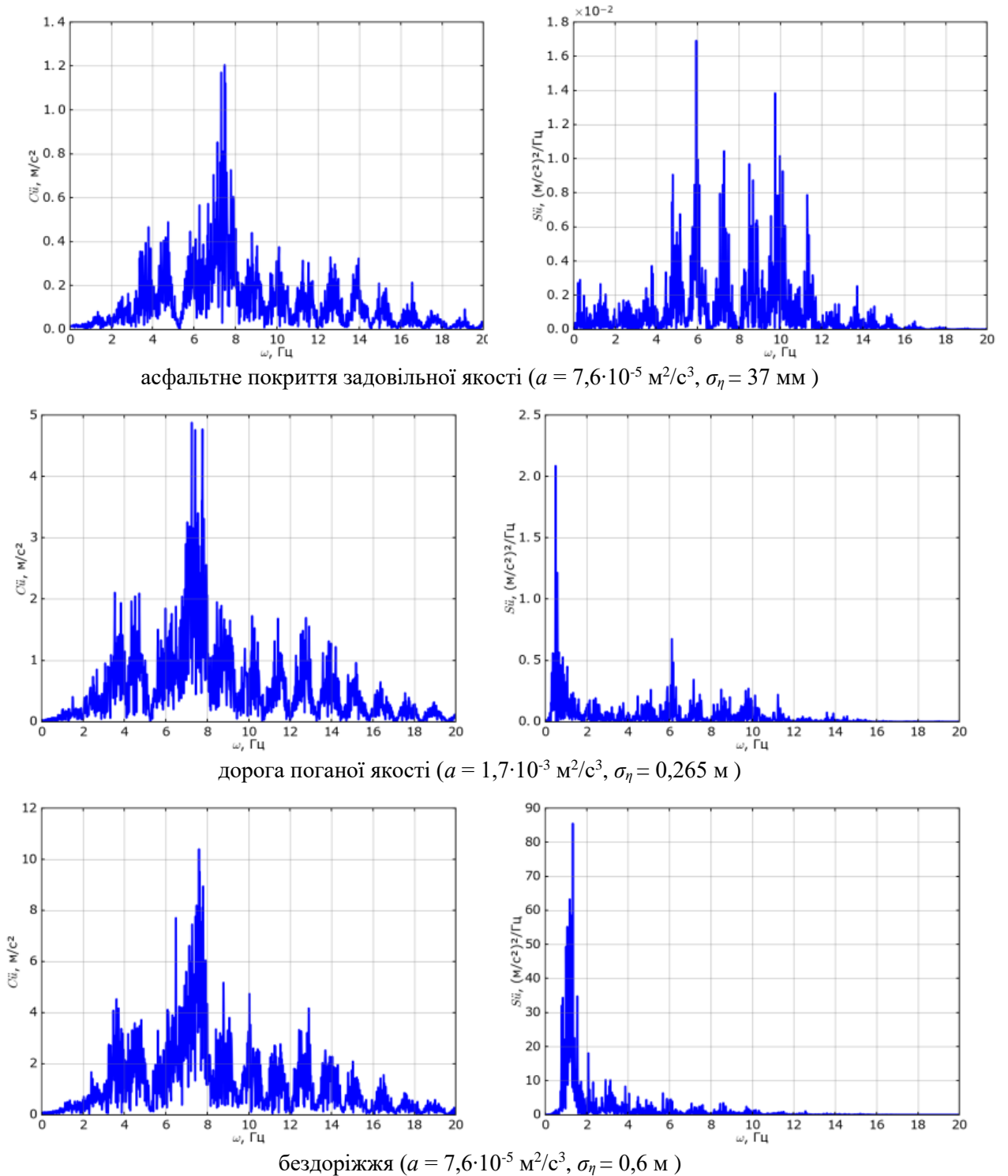


Рисунок 6 – Спектральні щільності віброприскорень коливань верхньої платформи при русі по дорогам різної якості (для лінійної моделі (класична конструкція з однорівневим підресорюванням) – зліва, для нелінійної моделі (запропонована конструкція з дворівневим підресорюванням) - справа)

Аналіз наведених спектральної щільності показує, що спектр віброприскорень в класичній конструкції є майже однаковим: коливання відбуваються на частотах 3,5 Гц, 4,5 Гц, 7,5 Гц та шумоподібний спектр в

діапазоні (9-17) Гц. Домінуючою є гармоніка з частотою 7,5 Гц. Можна відміти, що з ростом рівня навантаження спостерігається невелике збільшення амплітуд нижчих гармонік (з частотами 3,5 Гц та 4,5 Гц), що пояснюється



збільшенням навантаження саме з меншими частотами. Для нелінійної моделі запропонованої конструкції спектральна щільність віброприскорень суттєво залежить від рівня навантаження. Так, на малих рівнях навантаження (дорога з асфальтовим покриттям) спектральна щільність демонструє наявність шумоподібного спектру в діапазоні малих частот від 0,1 Гц до 4 Гц та в діапазоні від 5 Гц до 12 Гц. Тобто можна бачити, що спектр зсунувся в область з меншими частотами, крім того зникло домінування гармоніки з 7.5 Гц. Із збільшенням навантаження спектр віброприскорень повністю переміщується в зону низькочастотних гармонік. При цьому виражено домінують коливання з малою частотою, яка так само є залежною від рівня навантаження та поступово збільшується в діапазоні від 0,5 Гц до 1 Гц.

**Висновки.** У роботі побудовано модель та проведено чисельні дослідження випадкових коливань спеціального транспортного засобу з лінійним та нелінійним підресорюванням. Проведено порівняльний аналіз вібраційних характеристик ТЗ. Встановлено, що система нелінійної підвіски у порівнянні з лінійною є ефективною з точки зору підвищення плавності ходу ТЗ (перевезенні вантажу на спеціальній платформі).

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ST/SGAC.10/1/Rev.17: Recommendations on the transportation of the dangerous goods United Nations (2011), New York and Geneva // режим доступу: [http://www.unece.org/fileadmin/DAM/transport/danger/publi/unrec/rev17/English/Rev17\\_Volume1.pdf](http://www.unece.org/fileadmin/DAM/transport/danger/publi/unrec/rev17/English/Rev17_Volume1.pdf).
2. European Commission. (2006). European road safety action programme mid-term review. Brussels: European Commission // режим доступу: [http://ec.europa.eu/transport/road\\_safety/specialist/knowledge/postimpact/references/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/transport/road_safety/specialist/knowledge/postimpact/references/index_en.htm).
3. Nijol Batarlien Accident probability risk factors of hazardous freight transportation / Nijol Batarlien // Proc. of the 12th International Conference "Reliability and Statistics in Transportation and Communication" (Rel-Stat'12), 17–20 October 2012, Riga, Latvia, p. 122 - 127.
4. Elmadany M M. On a subclass of nonlinear passive and semi-active damping for vibration isolation / Elmadany M M. and El-Tamimi A. // Computers & Structures, 1990. – Vol. 36. No. 5. – pp. 921-931.
5. S. P. Chavan Experimental Verification of Passive Quarter Car Vehicle Dynamic System Subjected to Harmonic Road Excitation with Nonlinear Parameters / S. P. Chavan, S. H. Sawant, J. A. Tamboli // IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering, February, 2013. – PP: 39-45.
6. M. Daniel da Silva Modeling of a vehicle suspension with non linear elements and performance comparison to a semi-active model / Motta Daniel da Silva, Zampieri Douglas Eduardo // Proc. of COBEM 2005 18th International Congress of Mechanical engineering, November 6-11, 2005, Ouro Pre-to, MG.
7. D. Younesian Numerical and Experimental Analysis of Nonlinear Parabolic Springs Employed in Suspension System of freight cars / D.Younesian, M. S. Fallahzadeh // International Journal of Automotive Engineering. – Vol. 4, Number 3, Sept 201. – Pp. 812-826.
8. G. Verros Design Optimization of Quarter-car Models with Passive and Semi-active Suspensions under Random Road Excitation / G. Verros, S. Natsiavas, C. Papadimitriou // Journal of Vibration and Control, V.11, 2005.- Pp. 581–606.
9. Алабужев П. М. Виброзащитные системы с квазиулево́й жесткостью. / К. М. Рагульскис, П. М. Алабужев, А. А. Гритчин, Л. И. Ким и др. – Л.: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1986 – 96 с.
10. Кайдалов Р.О. Експериментальне оцінювання плавності ходу спеціалізованого транспортного засобу з нелінійним підресорюванням при русі по бездоріжжю / РО Кайдалов, ВМ Баштовий, ОО Ларін, ОО Водка // Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України, 2015. - Вип. 2 (26) 27 . С. 27-31.
11. Ларін О. Дослідження динамічних характеристик спеціалізованого транспортного засобу, що має дворівневу нелінійну систему підресорювання / О.О. Ларін, О.О. Водка, Р.О. Кайдалов, В.М. Баштовий // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення у сучасних технологіях. — 2015. — No. 62. — P. 17–22.
12. Калиновський А. Я. Експериментальні дослідження вертикальних коливань спеціалізованого транспортного засобу з нелінійним підресорюванням при переїзді одиночної нерівності / А. Я. Калиновський [і ін.] // Вісник Нац. техн. ун-ту "ХПІ" : зб. наук. пр. Темат. вип. : Динаміка і міцність



- машин. – Харків : НТУ "ХПІ". – 2014. – № 58 (1100). – С. 31-39.
13. Хачатуров, А. А. Динамика системы дорога-шина-автомобиль-водитель [ / А. А. Хачатуров и др. – М. : Маш-ние, 1976. – 536 с.
14. Hohl G.H. Ride comfort of off-road vehicles / G.H. Hohl // Proc. of the 8th international conference of the ISTVS, vol. I of III, Cambridge, England, August 5–11; 1984.
15. Pradko F. Vibration comfort criteria / F. Pradko, R.A. Lee // Society of Automotive Engineers (SAE). – Technical Paper 660139, Warrendale; 1966.

## РАСЧЕТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛАВНОСТИ ХОДА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА С СИСТЕМОЙ ПОДРЕССОРИВАНИЯ, КОТОРАЯ ИМЕЕТ КВАЗИНУЛЕВУЮ ЖЕСТКОСТЬ ПРИ СЛУЧАЙНЫХ ВОЗМУЩЕНИЯХ НЕРОВНОСТЯМИ ДОРОГИ

*А.А. Ларин*, канд. техн. наук, доц., *А.А. Водка*<sup>1</sup>, канд. техн. наук, *Р.О. Кайдалов*<sup>2</sup>, канд. техн. наук, *В.М. Баитовой*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Украина*

<sup>2</sup> *Национальная Академия Национальной гвардии Украины*

---

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

специализированные транспортные средства, плавность хода, нелинейное поддресоривание, системы с квазинулевой жесткостью, случайные вынужденные колебания нелинейных систем

---

### АННОТАЦИЯ

Статья посвящена изучению эффективности применения нелинейного двухуровневого поддресоривания специальных транспортных средств, которое направлено на повышение плавности их хода. Построена математическая нелинейная модель данного транспортного средства, на основе которой проведена серия исследований ее случайных колебаний что возникают в следствие действия неравенств дорожной основы во время движения транспортного средства. Приведены результаты сравнительного анализа относительно частот и амплитуд колебаний которые устанавливаются в транспортном средстве в линейной и предложенной двухуровневой нелинейной компоновках при случайном во времени возбуждении, которое прикладывается к колесам данного транспортного средства.

## RESEARCHING ESTIMATE INDICATORS OF SPECIALISED VEHICLE ON SMOOTH RIDING WITH CUSHION SYSTEM THAT HAS QUASI-ZERO STIFFNESS IN CASE OF INFLUENCE, CAUSED BY THE UNEVEN ROAD SURFACE

*O.Larin*<sup>1</sup>, *Cand. of Technical Sc., Docent*, *O.Vodka*<sup>1</sup>, *Cand. of Technical Sc.*, *R. Kaidalov*<sup>2</sup>, *Cand. of Technical Sc., Docent*, *V. Bashtovy*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *The National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Ukraine*

<sup>2</sup> *The National Academy of the National Guard of Ukraine*

---

### KEYWORDS

specialized vehicles, smooth riding, nonlinear cushion system, systems with quasi-zero stiffness, accidentally on purpose oscillations of nonlinear systems

---

### ANNOTATION

The article deals with the research of an effective use of double level nonlinear cushion system on the specialized vehicles and it is aimed at improving smooth riding. On the basis of the mathematical model of the nonlinear system of these specialized vehicles, it undertook the researches of its accidental oscillations as a result of vehicle movements on uneven roads. The results of comparative analysis of the frequencies and amplitudes that are set in the vehicle within two different cushion systems: in the linear and suggested double level nonlinear configurations under impact excitation to wheels of that vehicle.

УДК 519.216.3:678

## АНАЛІЗ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ МІЦНОСТІ ГУМОКОРДНОГО РУКАВА, ЩО МАЄ ДОДАТКОВЕ ПОСИЛЕННЯ СПІРАЛЬНО НАМОТаниМ МЕТАЛЕВИМ ДРОТОМ

О.О. Ларін\*, к.т.н., доцент

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна

### ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції: 15.06.2016

Пройшла рецензування: 18.07.2016

#### Ключові слова:

гумокордний рукав, гумові композити, міцність

### АНОТАЦІЯ

В роботі розглянуто задачу комп'ютерного моделювання міцності гумокордного рукава з додатковим посиленням спіраллю накрученим металевим дротом. Задача розв'язувалась в тривимірній нелінійній постановці із застосуванням методу скінчених елементів. Запропоновано оригінальну систему крайових умов, що дозволяє звести аналіз задачі до розрахунків лише сектору труби із певною кількістю представницьких секторів "спіралльної симетрії", що існує в конструкції. Визначено характеристики напружено деформованого стану

**Вступ.** Напірні рукава та шланги (рис. 1 та рис. 2) застосовують для подачі під високим тиском різних рідин, газів, пару, пульпи, суспензій, абразивних сумішей, сипучих

матеріалів. Їх використовують в якості гнучких трубопроводів для з'єднання і компенсації взаємних переміщень елементів різних видів машин і устаткування в процесі роботи.



Рисунок 1 – Фотографії типових напірних гумових шлангів

Рукава виготовляються будь-якої довжини та діаметру, виходячи із специфіки діяльності відповідної машини та функціональних вимог що висуваються (рис. 2). Основні вимоги, що висуваються до напірних рукавів та шлангів є вимога щодо гнучкості, герметичності, широкому температурному діапазону роботи та, звичайно вимоги щодо забезпечення їх міцності і довговічності.

Для забезпечення окреслених вимог напірні рукава виготовляють з еластимірних матеріалів, що посилені кордом. Зазвичай, вони мають композитну багат шарову внутрішню будову, яка характеризується наявністю внутрішнього та інколи зовнішнього гумового шару, також наявності одного або декількох шарів текстильного чи металевих каркасу (рис. 3). Наявність каркасу дозволяє суттєво

підвищити міцність (і як наслідок підвищити припустимий в експлуатації тиску), а також забезпечити необхідну стійкість і радіальну жорсткість рукава. Звичайно, що для рукавів та шлангів, що працюють в умовах з відносно невеликим внутрішнім тиском застосовуються одношарове армування, а для підвищених тисків використовують багат шарове армування. Окремо слід розглянути рукава, що застосовуються в умовах надзвичайно високого тиску або із абразивними та сипучими матеріалами. В цьому випадку додатково гумову трубу посилюють зовнішньою спіраллю намоткою металевим дротом (рис. 3).



Рисунок 2 – Схематичне зображення внутрішньої будови напірних гумових шлангів



Рисунок 3 – Гумові рукава високого тиску, які мають додаткове посилення металевим дротом

Відмови гумових рукавів та шлангів є типовим явищем в сучасному машинобудуванні. В літературі наводяться дані щодо близько 30% всіх відмов в машинах, які мають гідравлічні системи приходить на пошкодження гумових з'єднувальних шлангів [1]. З досліджень, що проведені іншими авторами відомо, що найпоширенішими типами відмов є пошкодження, що з'являються на поверхні [2–4] або між шарами [5]. Дослідження показали, що в багатошарових шлангах відносно слабка між-фазна міцність, і

в наслідок дії навантажень з'являються внутрішні початкові тріщини, які поступово переростають в зовнішній гумовий шар, що приводить до остаточного розриву.

Таким чином, важливими з науково-практичної точки зору є дослідження які спрямовані на визначення характеристик напружено-деформованого стану (НДС) гумових шлангів та рукавів, що формуються в експлуатації та дозволяють проводити оцінку їх міцності та надійності.

**Постановка задачі.** В даній роботі представлено дослідження закономірності формування НДС в гумовому шлангу, що посилений одним шаром текстильного корду, а також спіральним намотуванням металевим дротом. Відповідний рукав використовується

для перекачування пульпи та інших сумішей під високим тиском. Моделювання проводилось в тривимірні постановці із явним врахуванням наявності металевго дроту, що утворює зовнішнє додаткове армування. Розглядався сектор у 45 градусів.

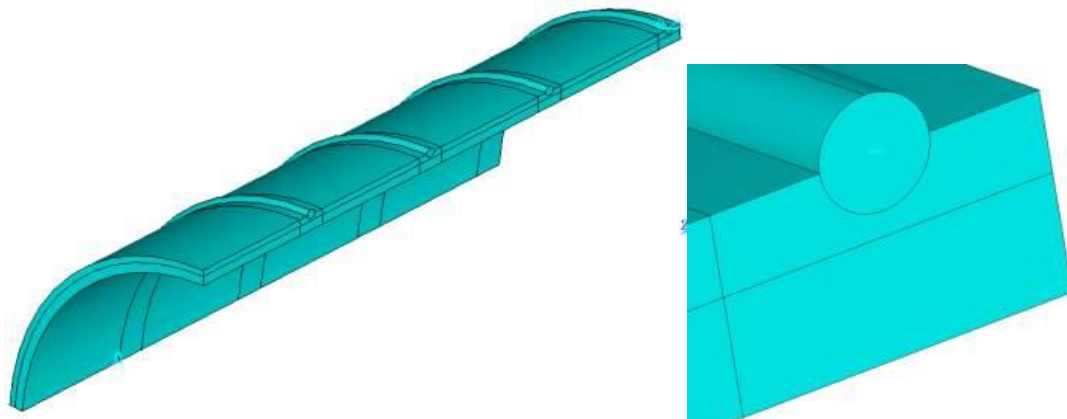


Рисунок 4 – Геометрична модель гумо-кордної труби, що досліджується

Аналіз НДС проведено в рамках застосування методу скінчених елементів. На рис.5 представлено скінчено-елементну сітку.

Моделювання проводилось із застосуванням гексаєдральних ізопараметричних елементів з 8 вузлами та 3 ступенями волі у вузлі.



Рисунок 5 – Скінчено-елементна модель

Дослідження проводилось нелінійній постановці, що припускає можливість великих деформацій. Гумова основа моделювалась із врахуванням можливої її гіперпружної поведінки відповідно до неогуківської моделі матеріалу. Внутрішній прошарок труби, що має

посилення текстильним кордом моделювалось неявно з завданням усереднених ортотропних властивостей. Для цього застосовувалась спеціальна технологія: в кожний скінчений елемент прошарку, що повинен мати відповідне кордне посилення було поміщено додатковий



елемент, який має лінійну мембранну ортотропну жорсткість, що розраховувалась відповідно до правила суміші (тобто жорсткість усереднювалась відповідно до об'ємної долі волокон корда у прошарку). Мембранна жорсткість додавалась у циліндричній системі координат відтворюючи таким чином особливості окружної намотки текстильного корду.

Спіральний металевий дріт, що моделювався окремим тілом, розглядався в рамках його контактної взаємодії з гумовою трубою, відповідно до технології моделювання контакту деформованих тіл з контактними парами типу "поверхня-поверхня".

Для коректно завдання граничних умов, як дозволять відтворити спіральну повторюваність частин труби на бічні поверхні накладались

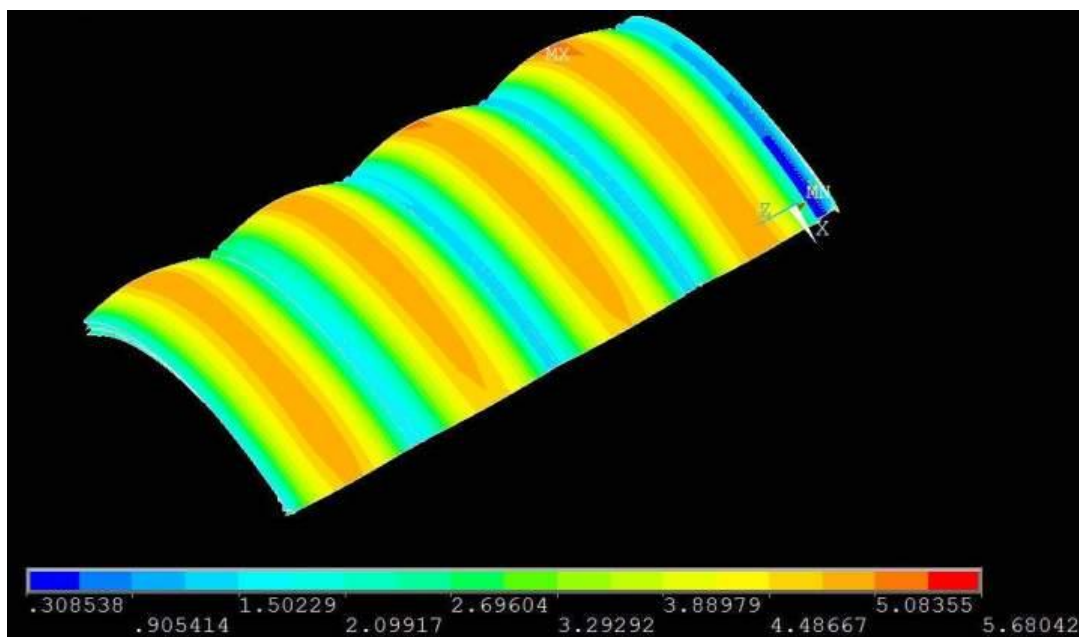
умови рівності переміщень вузлів скінчених елементів з урахуванням їх зміщення, що сформується в наслідок спірального кордного посилення (рис. 6). Крайні частини замикались аналогічними умовами самі на себе, утворюючи у такий спосіб нескінченно довгу трубу із спіральним посиленням. На торцеві поверхні (крайні окружні перетини) було накладено умови симетрії. Металевий корд на одному з країв був жорстко закріпленим з тим аби уникнути можливість просторового руху всієї системи, як твердого тіла. Моделювалось 4 умовні секції труби проте крайні секції не розглядались в подальшому оскільки мали спотворені в наслідок крайових ефектів результати. Навантаження прикладлось у вигляді рівномірно розповсюдженого тиску на зовнішню поверхню труби і складало 20 МПа.



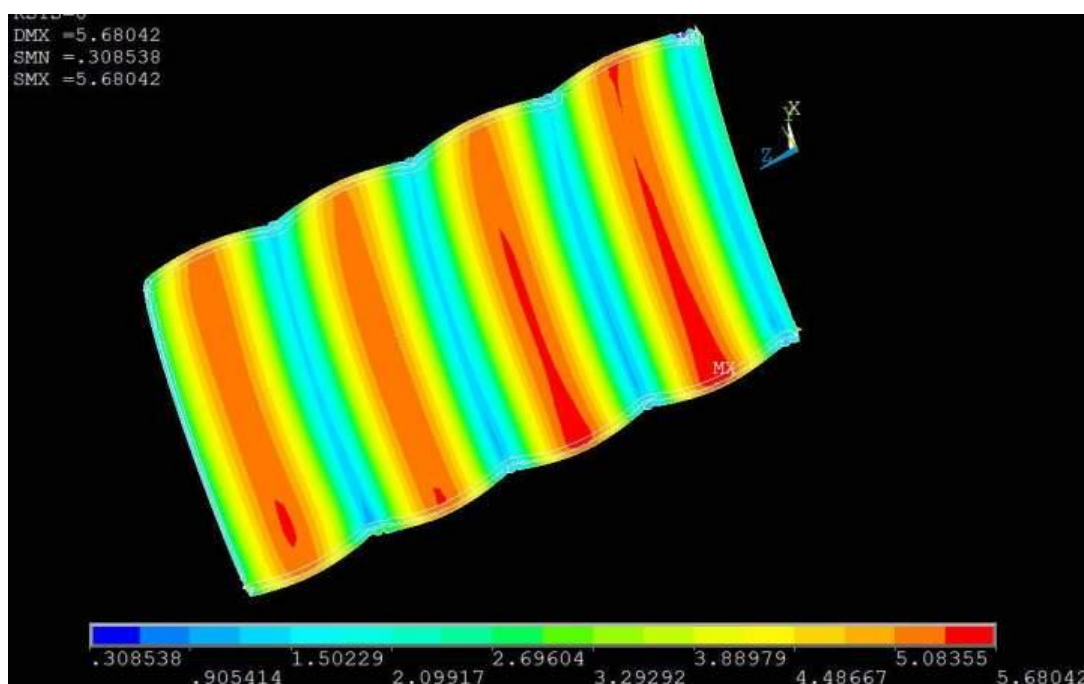
Рисунок 6 – Умови "спіральної" симетрії

**Аналіз результатів.** Результати розрахунків НДС представлені на рис. 7 -8. На рис. 7 наведено поля розподілу переміщень в трубі (зовнішній вид та вид з "середини" труби), що виникають при дії зазначеного вище навантаження. Числові дані приведені в мм. Аналіз наведених результатів показує, що

основна деформації труби формується в зонах між металевим кордом який виступає суттєвим обмеженням для деформування самої труби. Відкидаючи негативний прояв крайових ефектів, які пов'язані з жорстким завданням граничних умов, можна бачити, що максимальний прогин труби сягає 5 мм.



a)

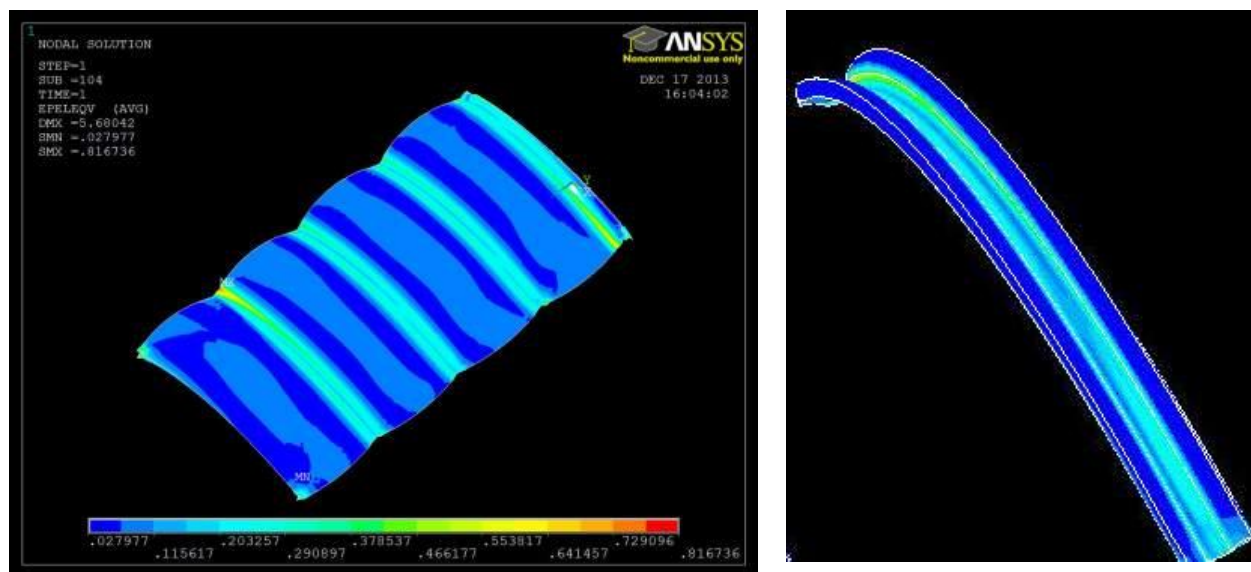


б)

Рисунок 7 – Розподіл переміщень по трубі: зовнішній вид (а) та вид з "середини" (б)

Напружений стан, який формується за такого деформування показано на рис. 8. Наведено головні напруження, що виникають в гумовій матриці труби. Результати представлені в МПа. Основна концентрація напружень виникає в місцях взаємодії металевого дроту та гумової труби. Максимальні напруження досягають 0,5 МПа (при визначенні цієї величини було відкинуто крайові ефекти, тобто розглядався

представницький сектор в середині моделі). Для гумового матеріалу з якого виготовлена дана труби, границя міцності складає 10 МПа. Таким чином, дана конструкція має достатній запас міцності. Разом із тим, слід враховувати, що експлуатаційне навантаження є циклічним, що призводить до процесу накопичення втоми і здатне з часом викликати появу тріщин в місцях концентрації напружень.



а) б)  
Рисунок 8 – Розподіл головних напружень в гумовій матриці труби  
а) – загальний вид, б) – окремо виділена зона концентрації напружень

**Висновки.** В роботі розглянуто задачу комп'ютерного моделювання міцності гумокордного рукава з додатковим посилення спірально накрученим металевим дротом. Відповідний рукав використовується для перекачування пульпи та інших сумішей під високим тиском. Задача розв'язувалась в тривимірній нелінійній постановці із застосуванням методу скінчених елементів. Визначено, що найбільш напруженими зонами в даній системі є місця контакту металевих дроту з гумовою трубою. Разом із тим система має достатній запас статичної міцності за експлуатаційних навантажень.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дружинин П. В. Диагностирование и прогнозирование остаточного ресурса рукавов высокого давления / П. В. Дружинин, М. Ю. Бабушкин // Техно-технологические проблемы сервиса. — 2013. — No. 3 (25).
2. Fedorko G. Failure analysis of irreversible changes in the construction of the damaged rubber hoses / G. Fedorko, V. Molnar, M. Dovica[et al.] // Engineering Failure Analysis. — 2015. — Vol. 58. — P. 31–43.
3. Cho J. . Fatigue life assessment of fabric braided composite rubber hose in complicated large deformation cyclic motion / J. . Cho, Y. H. Yoon, C. W. Seo, Y. G. Kim // Finite Elements in Analysis and Design. — 2015. — Vol. 100. — P. 65–76.
4. Cho J.-R. Large deformation analysis of anisotropic rubber hose along cyclic path by homogenization and path interpolation methods / J.-R. Cho, Y.-H. Yoon // Journal of Mechanical Science and Technology. — 2016. — Vol. 30, No. 2. — P. 789–795.
5. Kwak S.-B. Micro-damage formation of a rubber hose assembly for automotive hydraulic brakes under a durability test / S.-B. Kwak, N.-S. Choi // Engineering Failure Analysis. — 2009. — Vol. 16, No. 4. — P. 1262–1269.



## **АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ПРОЧНОСТИ РЕЗИНОКОРДНОГО РУКАВА, КОТОРЫЙ ИМЕЕТ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ УСИЛЕНИЕ СПИРАЛЬНО НАМОТАННЫМ МЕТАЛЛИЧЕСКИМ ПРОВОДОМ**

*А.А. Ларин, канд. техн. наук, доц.*

*Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Украина*

---

### **КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА**

резинокордный рукав, резиновые композиты, прочность

### **АННОТАЦИЯ**

В работе рассмотрена задача компьютерного моделирования прочности резинокордного рукава с дополнительным усилением спирально накрученным металлическим проводом. Задача развязывалась в трехмерной нелинейной постановке с применением метода законченных элементов. Предложена оригинальная система краевых условий, что позволяет провести анализ задачи к расчетам лишь сектору трубы с определенным количеством представительских секторов "спиральной симметрии", которая существует в конструкции. Определены характеристики напряженно деформированного состояния.

## **ANALYSIS OF OPERATIONAL STRENGTH OF RUBBER-CORD HOSE, WITH ADDITIONAL REINFORCEMENT OF SPIRALLY WOUND ON METAL WIRE**

*O.Larin, Cand. of Technical Sc., Docent*

*The National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Ukraine*

---

### **KEYWORDS**

rubber-cord hose, rubber composites, strength

### **ANNOTATION**

The article deals with the problem of computer modeling of rubber-cord hose with additional reinforcement of spirally wound on metal wire. The problem was solved in a three-dimensional nonlinear formulation, using the method of finished elements. An original system of boundary conditions is proposed. It allows analyzing the problem to the calculation of a hose sector assigning certain number of the "helical symmetry" sectors. The characteristics of the stress-strain state have been analyzed