



**ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ  
З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ**



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

# **«Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація»**

***Збірник наукових праць***

**№ 2 / 2017**

***Свідectтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової  
інформації, Серія КВ № 22700-12600ПР,  
видане 04.05.2017 Міністерством юстиції України***

*Рекомендовано до друку та до поширення через мережу Інтернет  
Вченою радою Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля  
Національного університету цивільного захисту України  
(протокол № 4 від 20.12.2017.)*

*Дозволяється публікація матеріалів збірника у відкритому доступі комісією  
Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України  
з питань роботи із службовою інформацією  
(протокол № 15 від 22.12.2017.)*

**УДК 614.8  
Н 17**

Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація : збірник наукових праць. – Черкаси: ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2017. – № 2. – 138 с.

<i>Мирошник О. М., Землянський О. М., Лагно Д. В., Бас О. В.</i> <b>ЗАСТОСУВАННЯ НЕЧІТКОГО МЕТОДУ ГРУПОВОГО ВРАХУВАННЯ АРГУМЕНТІВ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ЗОН РОЗПОВСЮДЖЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН В УМОВАХ АВАРІЇ.....</b>	<b>71</b>
<i>Myroshnyk O. M., Zemliansky O. M., Lagno D. V., Bas O. V.,</i> <b>APPLICATION OF NON-BASED METHOD OF GROUP TESTING OF ARGUMENTS FOR MODELING THE DISTRIBUTION ZONE OF HAZARDOUS CHEMICALS IN THE CONDITIONS OF THE ACCIDENT</b>	
<i>Мосов С. П., Чубіна Т. Д.</i> <b>ЗАГАЛЬНІ ТЕНДЕНЦІЇ СТАНОВЛЕННЯ ТА РОЗВИТКУ ПОЖЕЖНОЇ АЕРОДРОМНОЇ ТЕХНІКИ.....</b>	<b>76</b>
<i>S. Mosov, T. Chubina</i> <b>GENERAL TRENDS FOR THE FIRE AIRCRAFT TECHNOLOGY FORMATION AND DEVELOPMENT</b>	
<i>В. М. Нуянзін, А. О. Биченко, М. О. Пустовіт</i> <b>УДОСКОНАЛЕННЯ ЗАСОБІВ ПРОГНОЗУВАННЯ МАСШТАБІВ АВАРІЙ, ПОВ'ЯЗАНИХ З ОБІГОМ НЕБЕЗПЕЧНИХ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН.....</b>	<b>90</b>
<i>V. Nuyanzin, A. Bychenko, M. Pustovit</i> <b>IMPROVEMENT OF MEANS FOR PREDICTING THE SCOPE OF ACCIDENTS RELATED TO THE TRAFFIC OF DANGEROUS CHEMICALS</b>	
<i>Соколов Д. Л.</i> <b>РОЗРОБКА КОМПОНУВАННЯ МОБІЛЬНОГО МІНІ КАТЕРА З ДИСТАНЦІЙНИМ КЕРУВАННЯМ ДЛЯ ПОРЯТУНКУ ПОСТРАЖДАЛИХ НА ВОДІ.....</b>	<b>100</b>
<i>D. Sokolov</i> <b>DEVELOPMENT OF COMPOSING OF MOBILE MINI BOAT WITH REMOTE CONTROL FOR RESCUING ON WATER</b>	
<i>Тарадуда Д. В.</i> <b>РОЗРОБКА АЛГОРИТМІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО КОМПЛЕКСУ МОНІТОРИНГУ ТА УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОЮ ПОТЕНЦІЙНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТІВ .....</b>	<b>105</b>
<i>Taraduda D. V.</i> <b>DEVELOPMENT OF ALGORITHMS OF THE FUNCTIONING OF THE SOFTWARE AND TECHNICAL COMPLEX OF MONITORING AND SAFETY MANAGEMENT OF POTENTIALLY DANGEROUS OBJECTS</b>	
<i>О. М. Тесленко, О. Г. Доценко, О. В. Савченко, О. В. Вересенко, А. С. Борисова</i> <b>ДОСВІД ОЦІНЮВАННЯ ДІЙ ПІДРОЗДІЛІВ ОПЕРАТИВНО-РЯТУВАЛЬНОЇ СЛУЖБИ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ПІД ЧАС РЕАГУВАННЯ НА НЕБЕЗПЕЧНІ ПОДІЇ.....</b>	<b>115</b>
<i>O. Teslenko, O. Dotsenko, O. Savchenko, O. Veresenko, A. Borysova</i> <b>THE EXPERIENCE OF EVALUATION OF ACTIONS OF OPERATIONAL-RESCUE UNITS OF CIVIL PROTECTION SERVICE DURING RESPONSE ON HAZARDOUS EVENTS</b>	
<i>Tishchenko Ye. O., Nekora O. V., Zmaga Ya. V., Novgorodchenko A. U.,</i> <b>APPLICATION OF THE CALCULATING METHOD FOR DETERMINING THE CLASS OF FIRE RESISTANCE OF WOODEN BEAMS .....</b>	<b>122</b>
<i>Тищенко Є. О., Некора О. В., Я. В. Змага, А. Ю. Новгородченко</i> <b>ЗАСТОСУВАННЯ РОЗРАХУНКОВОГО МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ КЛАСУ ВОГНЕСТІЙКОСТІ ДЕРЕВ'ЯНИХ БАЛОК</b>	
<i>Фещенко А. Б., Закора А. В.</i> <b>ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ОПЕРАТИВНОЙ ГОТОВНОСТИ АППАРАТУРЫ ОПЕРАТИВНОЙ ДИСПЕТЧЕРСКОЙ СВЯЗИ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ.....</b>	<b>127</b>
<i>Feschenko, A. B., Zakora A. V.</i> <b>FORECASTING THE OPERATIVE READINESS COEFFICIENT OF THE OPERATIONAL DISPATCH COMMUNICATION UNIT UNDER THE CONDITIONS OF THE EMERGENCY SITUATION</b>	

*Тарадуда Д. В., канд. техн. наук,  
Національний університет цивільного захисту України*

## **РОЗРОБКА АЛГОРИТМІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО КОМПЛЕКСУ МОНІТОРИНГУ ТА УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОЮ ПОТЕНЦІЙНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТІВ**

*Україна за насиченістю території промисловими об'єктами в цілому та потенційно небезпечними об'єктами зокрема випереджає розвинені європейські держави, тому проблема забезпечення їх безпеки і надійного захисту населення від надзвичайних ситуацій техногенного характеру на сьогодні є актуальною. У роботі проведено аналіз досліджень, присвячених проблемі забезпечення техногенної безпеки промислових об'єктів. Розроблено та аналітично обґрунтовано алгоритми функціонування програмно-технічного комплексу моніторингу та управління безпекою потенційно небезпечних об'єктів.*

**Ключові слова:** надзвичайна ситуація, потенційно небезпечний об'єкт, моніторинг, техногенна безпека, управління безпекою.

**Постановка проблеми.** Україна за насиченістю території промисловими об'єктами випереджає розвинені європейські держави. Значну частину з них становлять потенційно небезпечні об'єкти (ПНО), пов'язані з виробництвом, переробкою та зберіганням сильнодіючих отруйних, вибухонебезпечних і пожежонебезпечних речовин. На сьогодні Державний реєстр об'єктів підвищеної небезпеки містить докладні відомості про понад 23 тис. об'єктів, до числа яких входять промислові підприємства, шахти, кар'єри, магістральні газо-, нафто- і продуктопроводи, гідротехнічні споруди, вузлові залізничні станції, мости, тунелі, накопичувачі та полігони промислових відходів, місця збереження небезпечних речовин тощо. [1]. Найбільша їх кількість розташована на території Донецької, Дніпропетровської, Запорізької, Харківської та Львівської областей. В основному, це пожежонебезпечні (41%), вибухонебезпечні (37%), хімічно небезпечні (7,9%), радіаційно небезпечні (2,1%), гідродинамічнонебезпечні (1,85%) та біологічно небезпечні (1,8%) об'єкти [2], технічний стан переважної більшості яких потребує суттєвого оновлення. Про це свідчать і статистичні дані, адже у період з 2012 до 2016 року в Україні щороку в середньому на таких об'єктах виникало 125 надзвичайних ситуацій (хімічне забруднення довкілля,

пожежі, вибухи тощо), унаслідок чого в середньому щороку гинуло 85 осіб, а матеріальні збитки становили 288 млн грн. [3-6]. Тому проблема забезпечення безпеки ПНО і надійного захисту населення від надзвичайних ситуацій техногенного характеру на сьогодні є актуальною.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблема забезпечення техногенної безпеки промислових об'єктів в цілому та ПНО зокрема знайшла висвітлення у наукових працях як зарубіжних вчених [7, 8, 11], так і вітчизняних дослідників [9, 10, 12-14]. Загальним недоліком більшості розроблених концепцій моніторингу та забезпечення безпеки ПНО є відсутність системності та комплексного підходу, адже небезпечні фактори, що здійснюють негативний вплив на ПНО, знаходяться в тісному взаємозв'язку один з одним. У ході цієї взаємодії виникає результуючий комплекс загроз, який не є простою їх сукупністю. Виходячи з цього, забезпечити ефективну протидію існуючим та потенційним факторам безпеки можна тільки враховуючи особливості кожного з них, а також специфіку їх виникнення. Отже, можна зробити висновок, що стан безпеки ПНО носить комплексний і системний характер.

**Формулювання цілей статті.** Як показав аналіз останніх досліджень і публікацій, вирішення проблеми

забезпечення техногенної безпеки ПНО на сьогодні не можливе без проведення постійного комплексного моніторингу та аналізу стану їх безпеки. У зв'язку з цим виникає необхідність розробки програмно-технічних засобів моніторингу стану техногенної безпеки ПНО на основі аналітично обґрунтованих алгоритмів функціонування.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** На початковому етапі виникнення надзвичайної ситуації, до появи вражаючих чинників (надлишковий тиск ударної хвилі при виникненні вибуху, відкрите полум'я, висока температура тощо), від технічних засобів збору інформації надходять сигнали про виникнення в середньому не більше двох небезпечних факторів, які можуть спровокувати подальше виникнення та розвиток надзвичайної

ситуації. Тому, при фіксуванні трьох і більше факторів можна зробити висновок, що надзвичайна ситуація вже трапилася, і така кількість провокуючих факторів пояснюється дією на технологічне обладнання чи обладнання системи вражаючих чинників надзвичайної ситуації.

Оскільки пріоритетним є попередження надзвичайних ситуацій на ПНО, то нас цікавить саме початковий етап виникнення надзвичайної ситуації до появи вражаючих чинників. Отже, розглядаємо одночасне виникнення усередненої максимально можливої кількості небезпечних факторів (два), що можуть призвести до виникнення надзвичайної ситуації.

Для визначення можливих варіантів надходження сигналів про небезпечні фактори складемо матрицю небезпек (табл. 1).

Таблиця 1 – Матриця сигналів від засобів контролю за небезпечними факторами, що мають місце на ПНО

	1	2	3	4	5	6	7	8
1		++	+	++	++	++	+	++
2	–		+	+	++	++	+	++
3	–	–		+	+	+	+	+
4	–	–	–		+	++	+	++
5	–	–	–	–		++	+	+
6	–	–	–	–	–		+	++
7	–	–	–	–	–	–		+
8	–	–	–	–	–	–	–	

1 – надходження сигналу від сигналізаторів газу; 2 – надходження сигналу від сповіщувачів полум'я; 3 – надходження сигналу від теплових сповіщувачів; 4 – надходження сигналу від датчиків інфрачервоного випромінювання; 5 – надходження сигналу від датчиків тиску та рівня рідини; 6 – надходження сигналу від датчиків тривожної сигналізації; 7 – надходження сигналу від датчиків охоронної сигналізації; 8 – надходження сигналу від датчиків тиску; ++ – надходження сигналів можливе при виникненні однієї й тієї ж надзвичайної ситуації; + – надходження сигналів не характерне для однієї й тієї ж надзвичайної ситуації; – – випадок уже розглядався.

Випадки, коли одночасно надходять різні сигнали про появу небезпечних факторів, які не можуть призвести до виникнення однієї і тієї ж надзвичайної ситуації, менш важкі для працездатності системи в цілому, ніж випадки «++», адже система усуває небезпечні чинники, що виникли, паралельно і незалежно один від одного за заздалегідь визначеними алгоритмами. При появі ж сигналів, характерних для виникнення однієї й тієї ж надзвичайної ситуації, системі необхідно

виконувати не просто незалежні одна від одної дії, а комплексні заходи, які будуть більш ефективними для попередження чи ліквідації аварії. Для виконання цих заходів системі необхідно обробити та проаналізувати більший масив інформації, що потребує додаткового часу, якого за певних обставин може не бути. При розробці програмно-технічного комплексу особливу увагу приділено саме таким випадкам (режим надзвичайної ситуації), а саме: ситуація 1, 2 –

надходження сигналів від сигналізаторів газу та сповіщувачів полум'я; ситуація 1, 4 – надходження сигналів від сигналізаторів газу та датчиків інфрачервоного випромінювання; ситуація 1, 5 – надходження сигналів від сигналізаторів газу, датчиків тиску та рівня рідини; ситуація 1, 6 – надходження сигналів від сигналізаторів газу та датчиків тривожної сигналізації; ситуація 1, 8 – надходження сигналів від газосигналізаторів та датчиків тиску; ситуація 2, 5 – надходження сигналів від сповіщувачів полум'я, датчиків тиску та рівня рідини; ситуація 2, 6 – надходження сигналів від сповіщувачів полум'я та датчиків тривожної сигналізації; ситуація 2, 8 – надходження сигналів від сповіщувачів полум'я та датчиків тиску; ситуація 4, 6 – надходження сигналів від датчиків інфрачервоного випромінювання та датчиків тривожної сигналізації; ситуація 4, 8 – надходження сигналів від датчиків інфрачервоного випромінювання та датчиків тиску; ситуація 5, 6 – надходження сигналів від датчиків тиску та рівня рідини, а також датчиків тривожної сигналізації; ситуація 6, 8 – надходження сигналів від датчиків тривожної сигналізації та датчиків тиску.

Виникнення однієї з перелічених вище ситуацій не обов'язково буде свідчити про можливість розвитку однієї і тієї ж надзвичайної ситуації. Адже хоча отримані сигнали й характерні для неї, але вони можуть надходити з різних місць, що не пов'язані технологічним процесом, тобто не мають між собою ніякого просторового зв'язку. Також важливу роль у виявленні початкової стадії виникнення однієї й тієї ж надзвичайної ситуації відіграє такий фактор, як одночасність надходження сигналів.

Припустимо, що існує два основних типових випадки кожної з вищеперерахованих ситуацій, а саме:

- **випадок 1** – одночасне надходження декількох просторово не пов'язаних сигналів та надходження тих же сигналів у різні періоди часу;

- **випадок 2** – одночасне надходження декількох просторово

пов'язаних сигналів та надходження тих же сигналів у різні періоди часу.

Розглянемо алгоритми роботи системи при отриманні сигналів залежно від місця та часу їх надходження на прикладі ситуації 1,2.

У першому випадку така інформація свідчить про те, що на одній частині території ПНО трапився витік газу, що обертається в технологічному процесі, а на іншій з'явилося полум'я. Алгоритм дії системи управління в такій ситуації буде мати вигляд (рис. 1).

Різницею між наведеними на рис. 1 випадками буде те, що в одному випадку  $t_A > t_{A1}$  або  $t_A < t_{A1}$ , тобто  $t_A \neq t_{A1}$ , а в іншому  $t_A = t_{A1}$ , що пояснюється лише збігом обставин і аж ніяк не виникненням однієї і тієї ж надзвичайної ситуації.

Обидва види сигналів при цьому не пов'язані між собою, тому заходи щодо ліквідації небезпечних факторів система проводить окремо для кожного чинника та без часового зв'язку.

Розглянемо випадок одночасного надходження декількох просторово пов'язаних сигналів і таких же сигналів у різні періоди часу для тієї ж ситуації 1, 2 (випадок 2).

За рівнем безпеки випадок 2 у свою чергу поділяється на два варіанти: варіант 1 – час виникнення ситуації А більший від часу виникнення ситуації А<sub>1</sub> ( $t_A > t_{A1}$ ); варіант 2 – час виникнення ситуації А дорівнює або менший ніж час виникнення ситуації А<sub>1</sub> ( $t_A \leq t_{A1}$ ). Менш небезпечним є реалізація варіанта 1, адже в такому випадку ситуація 1,2 свідчитиме про незалежне виникнення двох небезпечних факторів, які ще не призвели, але можуть призвести до розвитку надзвичайної ситуації. Виникнення цих факторів може пояснюватися лише несприятливим збігом обставин. Алгоритм дії комплексу буде мати такий вигляд (рис. 2).

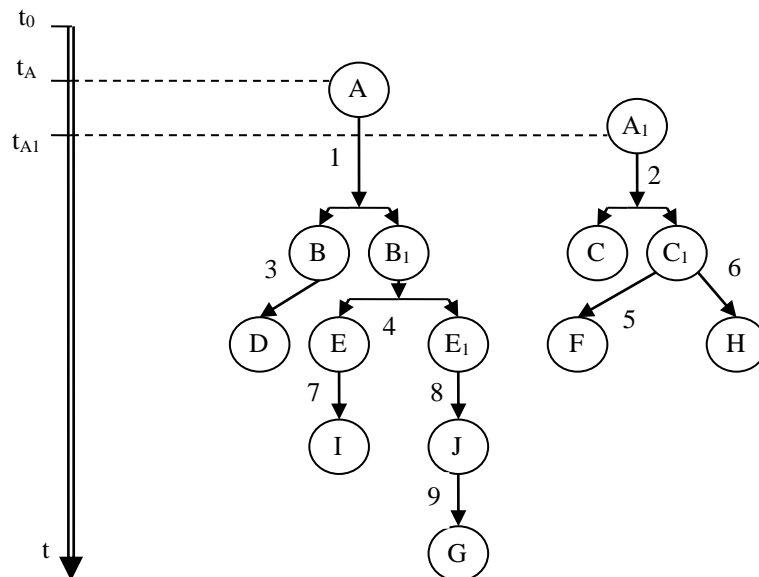


Рисунок 1 – Алгоритм функціонування комплексу при виникненні ситуації 1, 2 у випадку одночасного та неодночасного надходження просторово не пов'язаних сигналів:  $t_0$  – початок роботи системи;  $t_A$  – час виникнення ситуації  $A$  (надходження сигналу від сигналізаторів газу);  $t_{A1}$  – час виникнення ситуації  $A_1$  (надходження сигналу від сповіщувачів полум'я); 1 – подача сигналу на електрозасувки про припинення подачі газу, що обертається в технологічному процесі на відповідному відрізьку; 2 – подача сигналу на автоматичні установки пожежогасіння «ПОЖЕЖА»;  $B$  – подача газу припинена, сигналізатори газу показують припинення зростання концентрації;  $C$  – загоряння ліквідовано, сповіщувачі полум'я увійшли в нормальний режим роботи;  $B_1$  – концентрація газу продовжує зростати;  $C_1$  – загоряння не ліквідовано, виникла пожежа; 3 – подача сигналу до вузла керування вентиляцією для проведення додаткового провітрювання;  $D$  – сигналізатори газу показують зменшення концентрації газу до безпечного рівня; 4 – подача сигналу системою до всіх вузлів про припинення технологічного процесу;  $E$  – технологічний процес зупинено, подачу газу припинено, сигналізатори газу показують припинення зростання концентрації;  $E_1$  – технологічний процес не зупинено, концентрація газу продовжує зростати; 5 – подача сигналу до системи мовного оповіщення про необхідність оголошення евакуації обслуговуючого персоналу на відповідних ділянках та на центральний пульт пожежно-рятувальної частини населеного пункту про виникнення пожежі;  $F$  – евакуація обслуговуючого персоналу проведена; 6 – подача сигналу системою оператору про необхідність прийняття негайних заходів з ліквідації пожежі (як один із варіантів – ручний запуск автоматичної установки пожежогасіння);  $H$  – пожежа локалізована та ліквідована; 7 – подача сигналу до вузла керування вентиляцією для проведення додаткового провітрювання;  $I$  – сигналізатори газу показують зменшення концентрації газу до безпечного рівня; 8 – подача сигналу системою оператору про необхідність прийняття негайних заходів для зупинки технологічного процесу та припинення виходу газу;  $J$  – технологічний процес зупинено, подачу газу припинено, сигналізатори газу показують припинення зростання концентрації; 9 – подача сигналу до вузла керування вентиляцією для проведення додаткового провітрювання;  $G$  – сигналізатори газу показують зменшення концентрації газу до безпечного рівня, система входить у нормальний режим роботи

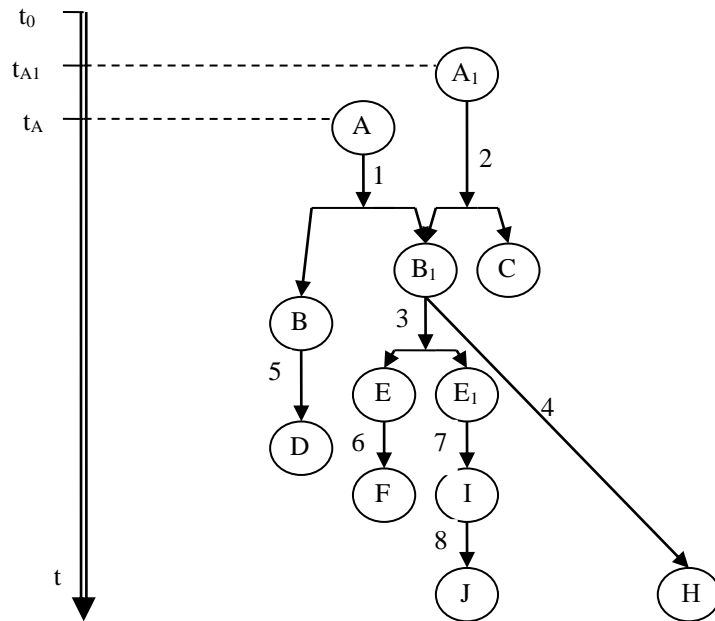


Рисунок 2 – Алгоритм функціонування комплексу при виникненні ситуації 1, 2 у випадку неодночасного ( $t_{A1} < t_A$ ) надходження просторово пов'язаних сигналів:  $A$  – надходження сигналу від сигналізаторів газу;  $A_1$  – надходження сигналу від сповіщувачів полум'я; 1 – подача сигналу на електрозасувки про припинення подачі газу, що обертається в технологічному процесі на відповідному відрізку; 2 – подача сигналу на автоматичні установки пожежогасіння «ПОЖЕЖА»;  $B$  – подача газу припинена, сигналізатори газу показують припинення зростання концентрації;  $C$  – загоряння ліквідоване, сповіщувачі полум'я увійшли в нормальний режим роботи;  $B_1$  – концентрація газу продовжує зростати, загоряння не ліквідоване, виникла пожежа; 3 – подача сигналу системою до усіх вузлів про припинення технологічного процесу, подача сигналу системою оператору про необхідність прийняття негайних заходів щодо ліквідації пожежі (як один із варіантів – ручний запуск автоматичної установки пожежогасіння); 4 – подача сигналу до системи мовного сповіщення про необхідність оголошення повної евакуації обслуговуючого персоналу та подача сигналу на центральний пульт пожежно-рятувальної частини населеного пункту про виникнення пожежі; 5 – подача сигналу до вузла керування вентиляцією для проведення додаткового провітрювання;  $D$  – сигналізатори газу показують зменшення концентрації газу до безпечного рівня;  $E$  – технологічний процес зупинено, подача газу припинена, пожежа ліквідована, сигналізатори газу показують припинення зростання концентрації;  $E_1$  – пожежа локалізована та ліквідована, але технологічний процес не зупинено, концентрація газу продовжує зростати; 6 – подача сигналу до вузла керування вентиляцією для проведення додаткового провітрювання;  $F$  – сигналізатори газу показують зменшення концентрації газу до безпечного рівня; 7 – подача сигналу системою оператору про необхідність прийняття негайних заходів для зупинки технологічного процесу та припинення виходу газу;  $H$  – евакуація обслуговуючого персоналу проведена;  $I$  – технологічний процес зупинено, подача газу припинена, сигналізатори газу показують припинення зростання концентрації газу; 8 – подача сигналу до вузла керування вентиляцією для проведення додаткового провітрювання;  $J$  – сигналізатори газу показують зменшення концентрації газу до безпечного рівня, система входить у нормальний режим роботи

У випадку реалізації варіанта 2 ситуація 1, 2 свідчить про те, що в одному з приміщень чи на деякій частині території об'єкта трапився витік газу з подальшим його загорянням, тобто надзвичайна ситуація трапилася майже миттєво та почала розвиватися.

Алгоритм дії системи управління в такій ситуації буде мати вигляд (рис. 3).

Реалізація варіанта 2 є найнебезпечнішим випадком, адже вважається, що надзвичайна ситуація вже трапилася і заходи з її попередження вже не актуальні, тому необхідне виконання заходів, спрямованих на якнайшвидшу ліквідацію та зменшення негативних наслідків НС.

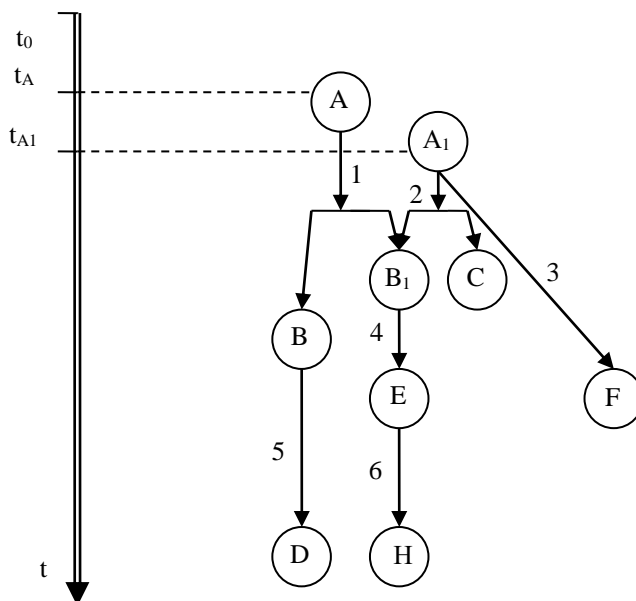


Рисунок 3 – Алгоритм функціонування комплексу при виникненні ситуації 1, 2 у випадку одночасного ( $t_{A1}=t_A$ ) та неодноточасного ( $t_A < t_{A1}$ ) надходження просторово пов'язаних сигналів: А – надходження сигналу від сигналізаторів газу; А<sub>1</sub> – надходження сигналу від сповіщувачів полум'я; 1 – подача сигналу системою до всіх вузлів про припинення технологічного процесу; 2 – подача сигналу на автоматичні установки пожежогашіння «ПОЖЕЖА»; 3 – подача сигналу до системи мовного сповіщення про необхідність оголошення повної евакуації обслуговуючого персоналу та подача сигналу на центральний пульт пожежно-рятувальної частини населеного пункту про виникнення пожежі; В – подача газу, що обертається в технологічному процесі припинена, сигналізатори газу показують припинення зростання концентрації; С – пожежу ліквідована, сповіщувачі полум'я увійшли в нормальний режим роботи; В<sub>1</sub> – концентрація газу продовжує зростати, пожежа продовжує розвиватися; 4 – подача сигналу системою оператору про необхідність прийняття негайних заходів для зупинки технологічного процесу та ліквідації пожежі (як один із варіантів – ручний запуск автоматичної установки порошкового пожежогашіння); 5 – подача сигналу до вузла керування вентиляцією для проведення додаткового провітрювання; D – сигналізатори газу показують зменшення концентрації газу до безпечного рівня; E – технологічний процес зупинено, подача газу припинена, пожежа локалізована та ліквідована, сигналізатори газу показують припинення зростання концентрації газу; 6 – подача сигналу до вузла керування вентиляцією для проведення додаткового провітрювання; F – евакуація обслуговуючого персоналу проведена; H – сигналізатори газу показують зменшення концентрації газу до безпечного рівня, система входить у нормальний режим роботи

**Висновки.** Таким чином, розроблені алгоритми роботи програмно-технічного комплексу моніторингу та управління безпекою ПНО дозволяють проводити моніторинг стану небезпеки реального об'єкта в режимі online, а отже становлять практичну цінність з погляду трьох сторін: керівника організації, на території якої знаходиться ПНО, тому що він зацікавлений у безаварійній роботі об'єкта протягом якомога тривалішого часу; державних органів нагляду, до функціональних обов'язків яких входять перевірки стану безпеки ПНО та страхових компаній для розробки ефективних

бізнес-проектів. Для державних органів нагляду застосування комплексу на розроблених алгоритмах становить цінність як предмет аналізу фактичного стану небезпеки об'єкта контролю, результати якого є підґрунтям для прийняття рішень щодо застосування відповідних санкцій. Для страхових компаній – як предмет визначення можливості виникнення надзвичайних ситуацій на об'єкті, що розглядається. Для керівника організації – як предмет допомоги в прийнятті управлінських рішень, пов'язаних із розробкою стратегії безпеки на об'єкті контролю.



## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Державний реєстр об'єктів підвищеної небезпеки України [Електронний ресурс] / Офіційний сайт Державної служби гірничого нагляду та промислової безпеки України. – Електрон. дан. – 2017. – Режим доступу: <http://dnop.gov.ua/index.php/uk/operativna-informatsiya/neshchasni-vipadki/658-uncategorised/5858-4242>.
2. Ілляшенко І.О. Потенційно небезпечні об'єкти як джерела екологічної небезпеки [Електронний ресурс] Офіційний сайт «Електронне наукове фахове видання «Ефективна економіка». – Електрон. дан. – 2013. – Режим доступу: <http://www.m.nayka.com.ua/?op=1&j=efektyvnae-konomika&s=ua&z=1645>.
3. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2012 році [Електронний ресурс] / Офіційний сайт ДСНС. – Електрон. дан. – 2013. – Режим доступу: <http://www.mns.gov.ua/content/nasdropov2012.html>.
4. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2013 році [Електронний ресурс] / Офіційний сайт ДСНС. – Ел. дан. – 2014. – Режим доступу: [http://www.mns.gov.ua/content/annual\\_report\\_2013.html](http://www.mns.gov.ua/content/annual_report_2013.html).
5. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2014 році [Електронний ресурс] / Офіційний сайт ДСНС. – Електрон. дан. – 2015. – Режим доступу: <http://undicz.dsns.gov.ua/ua/Nacionalna-dopovid-pro-stan-tehnogennoyi-ta-prirodnoyi-bezpeki-v-Ukrayini.html>.
6. Аналітичний огляд стану техногенної та природної безпеки в Україні [Електронний ресурс] / Офіційний сайт ДСНС. – Електрон. дан. – 2017. – Режим доступу: <http://undicz.dsns.gov.ua/ua/Analitichniy-oglyad-stanu-tehnogennoyi-ta-prirodnoyi-bezpeki-v-Ukrayini.html>.
7. Nakagawa M. The New Methodology of Quantitative Process Hazard Analysis (MQPHA) / T. Shiraio, Y. Kawasaki // In: PSAM 5 – Proceedings of the 5th International Conference on Probabilistic Safety Assessment and Management Vol 1. Universal Academy Press, Inc., Tokyo, S. 307–313.
8. Van der Voort M.M. A quantitative risk assessment tool for the external safety of industrial plants with a dust explosion hazard / M.M. van der Voort, A.J.J. Klein, M. de Maaijer, A.C. van den Berg, J.D. van Deursen, N.H. Versoot // Loss Prev. Process Ind. – 2007. № 4-6. – С. 375-386.
9. Лифар В.О. Моделі надзвичайних ситуацій та метод оцінки техногенного ризику в автоматизованій системі забезпечення безпеки виробництва: дис. ... кандидата техн. наук: 05.13.06 / Лифар Володимир Олексійович. – Х., 2007. – 278 с.
10. Михайлюк О.П. Ідентифікація об'єктів підвищеної небезпеки як складова забезпечення рівня техногенної безпеки / О.П. Михайлюк, В.В. Олійник // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2007. – №4. – С. 167-172.
11. Пат. 2395829 РФ, МПК<sup>7</sup> G 05 В 13/00. Система автоматического управления и регулирования пром- и экобезопасностью оборудования с пожаровзрывоопасным продуктом для процесса с высокой энергией / Зиновьев А.П., Рыжов Г.И., Зиновьев С.А., Рыжов И.Г.; заявитель и патентообладатель ГОУВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет». – № 2008140802/09; заявл. 14.10.2008; опубл. 27.07.2010.
12. Пат. 48747 Україна, МПК<sup>8</sup> G 05 В 11/00. Спосіб контролю і керування роботою об'єкта / Воробейчик О.С.; власник патенту Воробейчик Олег Станіславович. – № u200912223; заявл. 27.11.2009; опубл. 25.03.2010, бюл. № 6.
13. Соловей В.В. Анализ и оценка риска аварий – основа принятия решений при управлении промышленной безопасностью / В.В. Соловей, О.В. Давидюк, Ю.В. Буц // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2006. – № 4. – С. 219-231.
14. Тарадуда Д.В. Аналіз методологічної бази з оцінки ризику виникнення аварії на потенційно небезпечних об'єктах / Р.І. Шевченко, Д.В. Тарадуда, В.В. Палюх // Проблеми надзвичайних ситуацій. Зб. наук. пр. – Харків: НУЦЗУ, 2012. – Вип. 16. – С. 138-148. – Режим доступу: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol16/shevchenko.pdf>

## REFERENCES

1. Derzhavnyi reiestr ob'ektiv pidvyshchenoi nebezpeky Ukrainy [Elektronnyi resurs] / Ofitsiinyi sait Derzhavnoi sluzhby hirnychoho nahliadu ta promyslovoi bezpeky Ukrainy. – Elektron. dan. – 2017. – Rezhym dostupu: <http://dnop.gov.ua/index.php/uk/operativna-informatsiya/neshchasni-vipadki/658-uncategorised/5858-4242>.
2. Illiashenko I.O. Potentsiino nebezpechni ob'ekty yak dzherela ekolohichnoi nebezpeky [Elektronnyi resurs] / Ofitsiinyi sait «Elektronne naukove fakhove vydannia «Efektyvna ekonomika». – Elektron. dan. – 2013. – Rezhym dostupu: <http://www.m.nayka.com.ua/?op=1&j=efektyvn-ekonomika&s=ua&z=1645>.
3. Natsionalna dopovid pro stan tekhnohennoi ta pryrodnoi bezpeky v Ukraini u 2012 rotsi [Elektronnyi resurs] / Ofitsiinyi sait DSNS. – Elektron. dan. – 2013. – Rezhym dostupu: <http://www.mns.gov.ua/content/nasdpov2012.html>.
4. Natsionalna dopovid pro stan tekhnohennoi ta pryrodnoi bezpeky v Ukraini u 2013 rotsi [Elektronnyi resurs] / Ofitsiinyi sait DSNS. – El. dan. – 2014. – Rezhym dostupu: [http://www.mns.gov.ua/content/annual\\_report\\_2013.html](http://www.mns.gov.ua/content/annual_report_2013.html).
5. Natsionalna dopovid pro stan tekhnohennoi ta pryrodnoi bezpeky v Ukraini u 2014 rotsi [Elektronnyi resurs] / Ofitsiinyi sait DSNS. – Elektron. dan. – 2015. – Rezhym dostupu: <http://undicz.dsns.gov.ua/ua/Nacionalna-dopovid-pro-stan-tehnogennoyi-ta-prirodnoyi-bezpeki-v-Ukrayini.html>.
6. Analitichnyi ohliad stanu tekhnohennoi ta pryrodnoi bezpeky v Ukraini [Elektronnyi resurs] / Ofitsiinyi sait DSNS. – Elektron. dan. – 2017. – Rezhym dostupu: <http://undicz.dsns.gov.ua/ua/Analitichnyi-oglyad-stanu-tehnogennoyi-ta-prirodnoyi-bezpeki-v-Ukrayini.html>.
7. Nakagawa M. The New Methodology of Quantitative Process Hazard Analysis (MQPHA) / T. Shirao, Y. Kawasaki // In: PSAM 5 – Proceedings of the 5th International Conference on Probabilistic Safety Assessment and Management Vol 1. Universal Academy Press, Inc., Tokyo, S. 307–313.
8. Van der Voort M.M. A quantitative risk assessment tool for the external safety of industrial plants with a dust explosion hazard / M.M. van der Voort, A.J.J. Klein, M. de Maaijer, A.C. van den Berg, J.D. van Deursen, N.H. Versoot // Loss Prev. Process Ind. – 2007. № 4-6. – С. 375-386.
9. Lyfar V.O. Modeli nadzvychainykh sytuatsii ta metod otsinky tekhnohennoho ryzyku v avtomatyzovanii systemi zabezpechennia bezpeky vyrobnytstva: dys. ... kandydata tekhn. nauk: 05.13.06 / Lyfar Volodymyr Oleksiiovych. – Kh., 2007. – 278 s.
10. Mykhailiuk O.P. Identyfikatsiia ob'ektiv pidvyshchenoi nebezpeky yak skladova zabezpechennia rivnia tekhnohennoi bezpeky / O.P. Mykhailiuk, V.V. Oliinyk // Problemy nadzvychainykh sytuatsii. – 2007. – №4. – С. 167-172.
11. Pat. 2395829 RF, MPK7 G 05 B 13/00. Sistema avtomaticheskogo upravleniya i regulirovaniya prom- i ekobezopasnostyu oborudovaniya s pozharovzryvoopasnym produktom dlya protsessa s vysokoy energiei / Zinovev A.P., Ryzhov G.I., Zinovev S.A., Ryzhov I.G.; zayavitel i patentoobladatel GOUVPO «Ufimskiy gosudarstvennyy neftyanoy tekhnicheskiiy universitet». – № 2008140802/09; zayavl. 14.10.2008; opubl. 27.07.2010.
12. Pat. 48747 Ukraina, MPK8 G 05 B 11/00. Sposib kontroliu i keruvannia robotoiu ob'ekta / Vorobeichyk O.S.; vlasnyk patentu Vorobeichyk Oleh Stanislavovych. – № u200912223; zaiavl. 27.11.2009; opubl. 25.03.2010, biul. № 6.
13. Solovey V.V. Analiz i otsenka riska avariiv – osnova prinyatiya resheniy pri upravlenii promyshlennoy bezopasnostyu / V.V. Solovey, O.V. Davidiuk, Yu.V. Buts // Problemi nadzvichaynykh situatsiy. – 2006. – № 4. – С. 219-231.
14. Taraduda D.V. Analiz metodolohichnoi bazy z otsinky ryzyku vynyknennia avarii na potentsiino nebezpechnykh ob'ektakh / R.I. Shevchenko, D.V. Taraduda, V.V. Paliukh // Problemy nadzvychainykh sytuatsii. Zb. nauk. pr. – Kharkiv: NUTsZU, 2012. – Vyp. 16. – С. 138-148. – Rezhym dostupu: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol16/shevchenko.pdf>

*Тарадуда Д. В., канд. техн. наук,  
Национальный университет гражданской защиты Украины*

## **РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ФУНКЦІОНІРОВАНИЯ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА МОНИТОРИНГА І УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЮ ПОТЕНЦІАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ**

Украина по насыщенности территории промышленными объектами в целом и потенциально опасными объектами в частности опережает развитые европейские государства, поэтому проблема обеспечения их безопасности и надежной защиты населения от чрезвычайных ситуаций техногенного характера на сегодня является актуальной.

В работе проведен анализ исследований, посвященных проблеме техногенной безопасности промышленных объектов. Общим недостатком большинства разработанных концепций мониторинга и обеспечения безопасности потенциально опасных объектов является отсутствие системности и комплексного подхода, ведь опасные факторы, оказывают негативное влияние на объект, находятся в тесной взаимосвязи друг с другом. В ходе этого взаимодействия возникает результирующий комплекс угроз, не являющийся простой их совокупностью. Исходя из этого, обеспечить эффективное противодействие существующим и потенциальным факторам опасности можно только учитывая особенности каждого из них, а также специфику их возникновения. Итак, можно сделать вывод, что состояние безопасности потенциально опасных объектов носит комплексный и системный характер.

В статье разработаны и аналитически обоснованы алгоритмы функционирования программно-технического комплекса мониторинга и управления безопасностью потенциально

опасных объектов, которые позволяют проводить мониторинг состояния опасности реального объекта в режиме online, а следовательно составляют практическую ценность с точки зрения трех сторон: руководителя организации, на территории которой находится потенциально опасный объект, так как он заинтересован в безаварийной работе объекта в течение как можно более длительного времени; государственных органов надзора, в функциональные обязанности которых входят проверки состояния безопасности потенциально опасных объектов, и страховых компаний для разработки эффективных бизнес-проектов. Для государственных органов надзора применения комплекса на разработанных алгоритмах составляет ценность как предмет анализа фактического состояния опасности объекта контроля, результаты которого являются основой для принятия решений по применению соответствующих санкций. Для страховых компаний – как предмет определения возможности возникновения чрезвычайных ситуаций на объекте, который рассматривается. Для руководителя организации – как предмет помощи в принятии управленческих решений, связанных с разработкой стратегии безопасности на объекте контроля.

**Ключевые слова:** чрезвычайная ситуация, потенциально опасный объект, мониторинг, техногенная безопасность, управление безопасностью.

## **DEVELOPMENT OF ALGORITHMS OF THE FUNCTIONING OF THE SOFTWARE AND TECHNICAL COMPLEX OF MONITORING AND SAFETY MANAGEMENT OF POTENTIALLY DANGEROUS OBJECTS**

*Ukraine, due to the saturation of the territory by industrial objects in general and potentially dangerous objects, in particular, outperforms the developed European states, therefore the problem of ensuring their and reliable protection of the population from emergencies of anthropogenic character is today relevant safety.*

*In the work the analysis of researches devoted to the problem of technogenic safety of industrial objects has been carried out. The general disadvantage of most developed concepts of monitoring and ensuring the safety of potentially dangerous objects is the lack of systemicity and integrated approach, because the dangerous factors that have a negative impact on the object, are closely interrelated with each other. In the course of this interaction, the resultant set of threats arises, which is not simply their aggregate. On this basis, it is possible to provide effective counteraction to existing and potential hazards only taking into account the features of each of them, as well as the specifics of their occurrence. So, we can conclude that the state of safety of potentially dangerous objects is complex and systemic.*

*The article develops and analytically validates the algorithms of the functioning of the software and hardware complex for monitoring*

*and control of the safety of potentially dangerous objects, which allow to monitor the state of danger of a real object in an online mode, and therefore has practical value from the point of view of three parties: the head of the organization in whose territory a potentially dangerous object is situated, as it is interested in the accident-free operation of the object for as long as possible; state bodies of oversight, whose functional responsibilities include checking the state of safety of potentially dangerous objects and insurance companies to develop effective business projects. For state bodies of supervision the application of the complex on the developed algorithms constitutes value as an object of analysis of the actual state of the danger of the object of control, the results of which are the basis for making decisions on the application of the corresponding sanctions. For insurance companies - as a subject of determining the possibility of emergencies in the object being considered. For the head of the organization - as a matter of assistance in making managerial decisions related to the development of a security strategy at the control object.*

**Key words:** *emergency, potentially dangerous object, monitoring, technogenic safety, safety management.*

УДК 614.849

Тесленко О. М., Доценко О. Г., Савченко О. В., Вересенко О. В., Борисова А. С.,  
Український науково-дослідний інститут цивільного захисту

### ДОСВІД ОЦІНЮВАННЯ ДІЙ ПІДРОЗДІЛІВ ОПЕРАТИВНО-РЯТУВАЛЬНОЇ СЛУЖБИ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ПІД ЧАС РЕАГУВАННЯ НА НЕБЕЗПЕЧНІ ПОДІЇ

*Проведено аналіз вітчизняного та зарубіжного досвіду щодо оцінювання дій підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту під час реагування на небезпечні події. Визначені критерії, за якими доцільно виконувати оцінювання дій та основні етапи порядку проведення такої роботи. Описані основні недоліки нормативних документів щодо Оцінювання дій оперативно-рятувальних підрозділів під час ліквідації пожеж та надзвичайних ситуацій. Вивчено досвід підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту щодо оцінювання дій під час реагування на пожежі та надзвичайні ситуації. Проаналізовано основні питання, які розглядаються в аналізі діяльності органів управління, сил та засобів з ліквідації пожеж і надзвичайних ситуацій. Обґрунтовано порядок оцінювання дій підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту під час гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій. Результати роботи будуть використовуватися посадовими особами Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту ДСНС України під час проведення оцінювання дій аварійно-рятувальних формувань ОРС ЦЗ під час реагування на небезпечні події, послідовність складання Звіту про оцінювання дій на основі реалізації «Рекомендацій про порядок оцінювання дій аварійно-рятувальних формувань ОРС ЦЗ під час реагування на небезпечні події».*

**Ключові слова:** оцінювання дій, порядок оцінювання дій, травмування, загибель, пошкодження техніки.

**Постановка проблеми.** В більшості випадків травмування та загибелі працівників пожежно-рятувальних підрозділів під час ліквідації пожеж і надзвичайних ситуацій відбувається в наслідок неправильних рішень та дій під час виконання оперативних завдань. У зарубіжних країнах з метою недопущення повторення помилок працівниками пожежно-рятувальних підрозділів під час виконання оперативних завдань в рамках функціональної підготовки проводиться робота серед особового складу із вивчення та аналізування дій підрозділів, в результаті яких допускалися помилки, що призводили до травмування, загибелі людей та ускладнення оперативної обстановки.

Щороку в Україні під час ліквідації пожеж і надзвичайних ситуацій в середньому отримують травми 25 та гине 2 працівників оперативно-рятувальної служби цивільного захисту (ОРС ЦЗ). Однією із причин такого стану є незадовільний стан функціональної підготовки особового складу ОРС ЦЗ,

складовою якого є недосконалий порядок проведення аналізу дій підрозділів ОРС ЦЗ під час реагування на небезпечні події (далі – Оцінювання дій).

**Формулювання цілей статті.** Метою цієї роботи є проаналізувати вітчизняний та зарубіжний досвід щодо порядку Оцінювання дій.

Об'єктом досліджень є процес Оцінювання дій.

Предметом досліджень є вітчизняні та зарубіжні вимоги нормативних документів.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** В Україні нині під час Оцінювання дій керуються [1]. Згідно із цим документом Оцінювання дій є однією складовою дослідження пожежі і входить до групи вихідних даних про організацію гасіння пожежі (рисунок 1).

Дослідженню підлягають всі пожежі, які беруться на облік, а також пожежі, до ліквідації яких залучалися підрозділи ОРС ЦЗ. Дослідження складних пожеж, збиток від яких становить 1,0 тис. і більше

мінімальних заробітних плат, проводять досвідчені групи співробітників та за результатом складають опис пожежі. Дослідження інших пожеж проводить керівник гасіння пожежі, при цьому за результатами дослідження пожеж, на ліквідацію яких задіяні два та більше караулів, складається картка бойових дій, порядок оформлення результатів дослідження інших пожеж не визначено.

Кінцевим етапом дослідження пожежі є розгляд пожежі з начальницьким складом гарнізону (частини, загону) та особовим складом, який брав участь у гасінні пожежі. Під час розгляду пожежі заслуховують керівника гасіння пожежі та інших керівників дільниць, надається можливість кожному учаснику висловити свою думку,

подати зауваження та пропозиції. Керівник занять узагальнює виступи, характеризуються позитивні та негативні моменти у діях підрозділу ОРС ЦЗ під час гасіння пожежі. Порядок проведення розгляду пожежі визначений в [2], так, в документі визначено, що під час розгляду пожежі оцінюються особливості її розвитку, бойові дії підрозділів, нехарактерні явища і події, що ускладнювали гасіння, питання безпеки праці та розробляються заходи, що направлені на запобігання недоліків, які мали місце в ході гасіння, узагальнення й поширення позитивного досвіду гасіння.

На підставі результатів досліджень пожеж кожний підрозділ один раз на півроку, а ГУ(У) ДСНС України, один раз на рік, готують аналіз дій підрозділів ОРС ЦЗ.

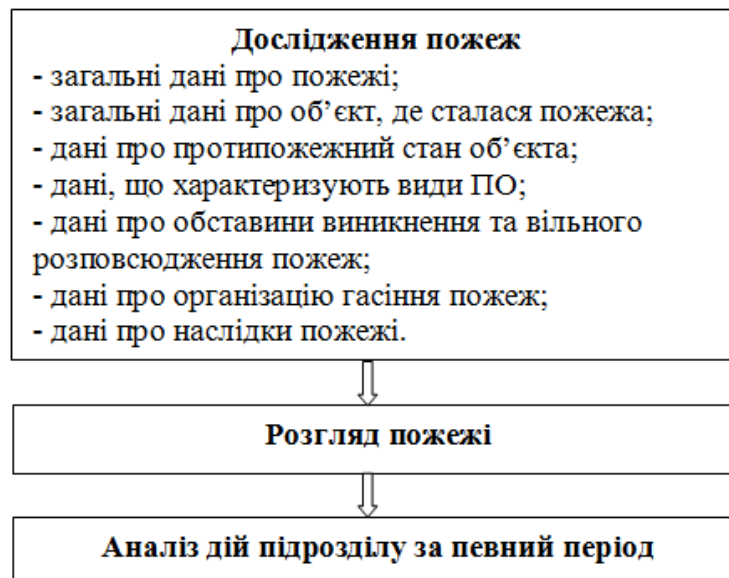


Рисунок 1 – Схема дослідження пожеж згідно із [1]

Недоліками документа [1] є:

- невідповідність його змісту новим завданням та функціям, що покладені на ДСНС України, зокрема щодо функцій дослідження пожеж;

- проведення Оцінювання дій підрозділів ОРС ЦЗ за кожною пожежею є не доцільним та несе необґрунтовані додаткові навантаження, тому актуальним є визначення критеріїв, за якими доцільно проводити таке Оцінювання дій;

- відсутній порядок оформлення результатів дослідження пожежі у випадку, якщо на пожежу виїздив один караул;

- проведення Оцінювання дій керівником гасіння пожежі може бути упередженим та необ'єктивним, оскільки керівник гасіння пожежі є зацікавленою особою, особливо якщо під час гасіння пожежі мав місце випадок неналежного виконання обов'язків або допущені помилки, що призвело до негативних наслідків;

- даний документ не визначає порядок Оцінювання дій підрозділів ОРС ЦЗ під час ліквідації надзвичайних ситуацій.

Порядок оцінювання дій органів управління і сил цивільного захисту, які залучені, або залучались для проведення рятувальних та інших невідкладних робіт,

наведений в документі [3], що на сьогодні втратив чинність. Згідно із цим джерелом інформації Оцінювання дій проводиться посадовими особами органів державного нагляду у складі комісій з ліквідації надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру. Під час оцінювання дій складається журнал аналізу дій органів управління і сил цивільного захисту, в якому зазначаються характеристика місця

виникнення надзвичайної ситуації, параметри і характеристики (часові або інші) дій підрозділів, оцінка кожного параметру дії та загальна оцінка. Схему порядку оцінювання дій органів управління і сил цивільного захисту, які залучались для проведення рятувальних та інших невідкладних робіт згідно із [3], наведено на рисунку 2.

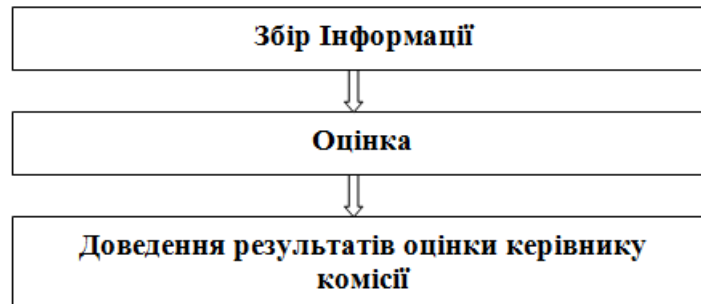


Рисунок 2 – Схема порядку оцінювання дій органів управління і сил цивільного захисту, які залучались для проведення рятувальних та інших невідкладних робіт згідно із [3]

Недоліками зазначеного порядку Оцінювання дій є:

- відсутні критерії, що визначають, у яких випадках необхідно проводити Оцінювання дій та не установлені терміни проведення Оцінювання;

- проведення Оцінювання дій посадовою особою органу Державного пожежного нагляду є необґрунтованим, оскільки така особа за своїми обов'язками не має відповідних знань, навичок та практичного досвіду для виконання такої роботи;

- результати оцінювання оформляються у вигляді оцінки (числового значення). При цьому не наводяться пропозиції, висновки, не передбачено доведення їх до іншого особового складу, що бере участь у ліквідації надзвичайних ситуацій.

Рекомендації щодо аналізу дій органів управління та сил під час ліквідації надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру викладені в [4]. Згідно із цим документом Оцінювання дій проводять для всіх надзвичайних ситуацій регіонального та державного рівнів. Оцінювання дій проводять найбільш підготовлені фахівці в термін до 20 діб після її ліквідації. За результатами готується Аналіз дій органів управління та сил під час ліквідації надзвичайної ситуації.

Кінцевим етапом Оцінювання дій є розбір дій з керівним складом підпорядкованих органів управління. Схема Оцінювання дій органів управління та сил під час ліквідації надзвичайної ситуації згідно з [4] наведена на рисунку 3.



Рисунок 3 – Схема Оцінювання дій органів управління та сил під час ліквідації надзвичайної ситуації згідно з [4]

Недоліками документу [4] є те, що рівень надзвичайної ситуації не може бути критерієм для Оцінювання дій, оскільки не завжди надзвичайна ситуація певного рівня зумовлена діяльністю або бездіяльністю підрозділів ОРС ЦЗ, крім того присвоєння надзвичайній ситуації певного рівня згідно з [5] передбачає певний термін, що не може бути прив'язаний до Оцінювання дій підрозділів ОРС ЦЗ та впливати на якість їхньої роботи.

В Російській Федерації Оцінювання дій підрозділів під час гасіння пожеж та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій проводиться згідно з [6, 7].

Порядок, що визначається в документі [6] аналогічний [1]. Разом із цим в цьому документі чітко визначені критерії, що обумовлюють необхідність проведення дослідження пожежі. Так, для пожеж, на яких сталася загибель 1-4 людей, травмування 1-9 людей, збиток від пожежі склав менше 3420 мінімальних заробітних плат складається картка дій пожежного підрозділу по гасінню пожежі. Картка складається у термін 5 діб з моменту ліквідації пожежі та підлягає вивченню у термін 10 діб. Для пожеж, на яких сталася загибель 5 і більше людей, травмування 10 і більше людей, збиток від пожежі склав 3420 і більше мінімальних заробітних плат, до гасіння пожежі залучалися сили і засоби за підвищеним номером (рангом) виклику складається опис пожежі. Опис пожежі складається у термін 30 діб з моменту ліквідації пожежі.

Слід відмітити, що збиток від пожежі не може бути критерієм для Оцінювання дій, оскільки не завжди великі збитки від пожежі є наслідком діяльності або бездіяльності підрозділів ОРС ЦЗ.

Згідно із [7] Оцінювання дій під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру є одним із складових етапів аналізу надзвичайної ситуації (аналіз діяльності органів управління, сил і засобів з ліквідації надзвичайної ситуації), який проводить робоча група, що створюється комісією з питань техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій. До складу комісії включається представники об'єкта, на якому сталася надзвичайна ситуація, органу виконавчої влади, страхових компаній

експертних організацій. В ході аналізу діяльності органів управління, сил і засобів з ліквідації надзвичайної ситуації досліджуються такі питання: хронологія ліквідації надзвичайної ситуації, інформація про сили і засоби, що задіяні для ліквідації надзвичайної ситуації, аналіз ефективності дій сил, аналіз ефективності застосування для ліквідації надзвичайної ситуації техніки та технологій, аналіз результатів приймання іноземної допомоги під час ліквідації надзвичайної ситуації, висновки, що відображають позитивний досвід ліквідації надзвичайної ситуації, недоліки діяльності органів управління силами і засобами, а також пропозиції щодо їх усунення.

В Республіці Білорусь Оцінювання дій проводиться згідно із [8]. Принципово схема порядку Оцінювання дій аналогічна в Російській Федерації. Так, дослідженню підлягають пожежі зі збитком на суму 50000 базових величин, з груповою загибеллю людей (5 і більше чоловік), а також пожежі, для гасіння яких притягувалися сили і засоби більш ніж одного пожежного аварійно-рятувального підрозділу, та представляли науковий і практичний інтерес.

В США під час оцінювання дій особливу увагу приділяють випадкам травмування та загибелі особового складу. При цьому, не тільки під час виконання бойових завдань, але й під час навчань, повернення в підрозділ після ліквідації інциденту, під час несення чергування, поза черговий час (в побуті, в тому числі захворювання, які стали наслідком професійної діяльності).

Інциденти, на яких особовий склад отримав травми, аналізуються, порядок такого аналізу визначений [9], та за результатами проведеного аналізу складається звіт, який оприлюднюється на офіційному сайті профспілки пожежників. На підставі таких звітів формується та ведеться постійна статистика отримання травм, яку веде Національна протипожежна асоціація (NFPA), та причин їх отримання, а також формуються пропозиції щодо розроблення відповідних стандартів та ведення пропаганди. Звіти в обов'язковому порядку надсилаються у всі муніципальні департаменти.. Схема виконання зазначеної роботи наведена на рисунку 4.





Рисунок 4 – Схема вивчення причин травмування особового складу пожежної охорони США

В Польщі порядок Оцінювання дій пожежно-рятувальних підрозділів регламентовано наказом Міністра внутрішніх справ [10]. Оцінювання дій проводить кожний окремий пожежний підрозділ, при цьому складається картка події (має затверджену форму).

Оцінювання дій проводиться як під час виконання бойових завдань, так і під час навчань пожежних підрозділів. Особливо увага приділяється під час Оцінювання дій наданню першої домедичної допомоги постраждалим. Оцінювання дій проводиться у разі загибелі або травмування людей в тому числі серед особового складу пожежних підрозділів, під час дорожньо-транспортних подій за участю пожежних підрозділів, під час пошкоджень пожежних автомобілів на пожежах чи навчаннях. Під час Оцінювання дій проводиться опитування свідків та осіб, що залучалися до ліквідації пожежі, при цьому використовуються фото, відео з камер відеореєстраторів тощо.

Картка події направляється в центральний апарат Міністерства внутрішніх справ із підписами диспетчера, командира підрозділу, який виїжджав на пожежу, та начальника частини для узагальнення інформації. За результатом узагальнення інформації робляться висновки про експлуатаційну готовність пожежного підрозділу для подальшого несення служби.

Суб'єкт пожежі (приватна особа чи страхова компанія) може також самостійно підготувати Оцінювання дій пожежних підрозділів під час ліквідації пожежі.

**Висновки.** За результатами проведених досліджень можна зробити такі висновки:

1. В Україні Оцінювання дій є однією складовою дослідження пожеж і наслідків надзвичайних ситуацій, що не відповідає завданням та функціям аварійно-рятувальних формувань.

2. Відсутні критерії, які визначають необхідність проведення Оцінювання дій, проведення таких робіт за кожною пожежею, є недоцільним та несе не обґрунтовані навантаження на аварійно-рятувальні формування. При цьому в зарубіжних країнах такими критеріями, як правило, є: загибель та травмування людей, в тому числі серед особового складу пожежних підрозділів, пошкодження аварійно-рятувальної техніки тощо.

3. В зарубіжних країнах порядок Оцінювання дій, як правило, обумовлений такими етапами: збір інформації про небезпечну подію, узагальнення інформації про небезпечну подію, встановлення причин наслідків, що сталися, розробка висновків та пропозицій, поширення отриманого досвіду серед інших підрозділів.

4. Формування критеріїв, які визначають необхідність проведення Оцінювання дій, доцільно здійснити з урахуванням того, що аварійно-рятувальні підрозділи реагують на небезпечну подію (в тому числі пожежу). При цьому, до зазначених критеріїв не доцільно включати збитки та ранг надзвичайної ситуації.

**Перспективи подальших досліджень.** В подальших дослідженнях доцільно сформулювати критерії, які визначають необхідність проведення Оцінювання дій, обґрунтувати основні етапи Оцінювання дій та розробити порядок Оцінювання дій.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Вказівка з вивчення та аналізу пожеж, затверджена начальником ГУДПО МВС України 25.03.2002 №12/2/1090.
2. Вказівка по тактичній підготовці начальницького складу Державної пожежної охорони МВС України, затверджена начальником ГУДПО МВС України 30.12.1998.
3. Наказ МНС України від 12.01.2010 р. № 1, зареєстрований в Міністерстві юстиції України 05.05.2010 за №316/17611 “Про затвердження Інструкції з організації роботи органів державного нагляду у сфері цивільного захисту та техногенної безпеки”.
4. Наказ МНС України від 05.07.2007 № 685 «Про затвердження методичних рекомендацій органів управління в надзвичайних ситуаціях».
5. Наказ МНС України від 12.12.2012 № 1400 «Про затвердження кваліфікаційних ознак надзвичайних ситуацій».
6. Методические рекомендации по изучению пожаров, утвержденные главным военным экспертом 27.02.2013 г. №2-4-87-2-18.
7. Методические рекомендации по анализу чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера на территории Нижегородской области, утвержденные начальником главного управления МЧС по Нижегородской области 07.11.2012 г.
8. «Инструкция по составлению описаний пожаров и карточек боевых действий сил и средств на пожаре».
9. NFPA 1500, Standard on Fire Department Occupational Safety and Health Program (Стандарт з пожежної безпеки та охорони праці).
10. Постанова Міністра внутрішніх справ Республіки Польща від 18 лютого 2011 року «Правила для організації національного порятунку та ліквідації пожеж».

## REFERENCES

1. Vkazivka z vyvchennia ta analizu pozhezh, zatverdzhena nachalnykom HUDPO MVS Ukrainy 25.03.2002 №12/2/1090.
2. Vkazivka po taktychnii pidhotovtsi nachalnyiatskoho skladu Derzhavnoi pozhezhnoi okhorony MVS Ukrainy, zatverdzhena nachalnykom HUDPO MVS Ukrainy 30.12.1998.
3. Nakaz MNS Ukrainy vid 12.01.2010 r. № 1, zareiestrovanyi v Ministerstvi yustytzii Ukrainy 05.05.2010 za №316/17611 “Pro zatverdzhennia Instruktсии z orhanizatsii roboty orhaniv derzhavnoho nahliadu u sferi tsyvilnoho zakhystu ta tekhnohennoi bezpeky”.
4. Nakaz MNS Ukrainy vid 05.07.2007 № 685 «Pro zatverdzhennia metodychnykh rekomendatsii orhaniv upravlinnia v nadzvychainykh sytuatsiiakh».
5. Nakaz MNS Ukrainy vid 12.12.2012 № 1400 «Pro zatverdzhennia kvalifikatsiinykh oznak nadzvychainykh sytuatsii».
6. Metodicheskie rekomendatsii po izucheniiu pozharov, utverzhdennye glavnym voennym ekspertom 27.02.2013 g. №2-4-87-2-18.
7. Metodicheskie rekomendatsii po analizu chrezvychaynykh situatsiy prirodnogo i tekhnogennoho kharaktera na territorii Nizhegorskoy oblasti, utverzhdennye nachalnikom glavnogo upravleniya MChS po Nizhegorskoy oblasti 07.11.2012 g.
8. «Instruktsiya po sostavleniiu opisaniy pozharov i kartochek boevykh deystviy sil i sredstv na pozhare».
9. NFPA 1500, Standard on Fire Department Occupational Safety and Health Program (Standart z pozhezhnoi bezpeky ta okhorony pratsi).
10. Postanova Ministra vnutrishnikh sprav Respubliki Polshcha vid 18 liutoho 2011 roku «Pravyla dlia orhanizatsii natsionalnoho poriatunku ta likvidatsii pozhezh».

Тесленко А. Н., Доценко А. Г., Савченко О. В., Вересенко О. В., Борисова А. С.,  
Український науково-дослідницький інститут громадянської захисти

## **ОПЫТ ОЦЕНКИ ДЕЙСТВИЙ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ОПЕРАТИВНО-СПАСАТЕЛЬНОЙ СЛУЖБЫ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ ВО ВРЕМЯ РЕАГИРОВАНИЯ НА ОПАСНЫЕ СОБЫТИЯ**

Проведен анализ отечественного и зарубежного опыта по оценке действий подразделений оперативно-спасательной службы гражданской защиты во время реагирования на опасные события. Определены критерии, по которым целесообразно проводить Оценку действий и основные этапы порядка проведения такой работы. Описаны основные недостатки нормативных документов по Оценке действий оперативно-спасательных подразделений при ликвидации пожаров и чрезвычайных ситуаций. Изучен опыт подразделений оперативно-спасательной службы гражданской защиты по оценке действий во время реагирования на пожары и чрезвычайные ситуации. Проанализированы основные вопросы, которые рассматриваются в анализе деятельности органов управления, сил и средств по ликвидации пожаров и

чрезвычайных ситуаций. Обоснованно порядок оценки действий подразделений Оперативно-спасательной службы гражданской защиты при тушении пожаров и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Результаты работы будут использоваться должностными лицами оперативно-спасательной службы гражданской защиты ГСЧС Украины при проведении оценки действий аварийно-спасательных формирований ОСС ГЗ при реагировании на опасные события, последовательность составления Отчета об оценке действий на основе реализации «Рекомендаций о порядке оценки действий аварийно-спасательных формирований ОРС ЦЗ при реагировании на опасные события».

**Ключевые слова:** оценка действий, порядок оценки действий, травмирование, гибель, повреждение техники

*O. Teslenko, O. Dotsenko, O. Savchenko, O. Veresenko, A. Borysova,  
Ukrainian Scientific and Research institute of Civil Protection*

## **CONCERNING EXPERIENCE EVALUATION OF ACTIONS OF OPERATIONAL-RESCUE DIVISIONS OF CIVIL PROTECTION SERVICE DURING RESPONSE ON HAZARDOUS EVENTS**

The analysis of domestic and foreign experience in actions assessment of units of operational and rescue civil protection service during dangerous events response has been carried out. The criteria on which it is expedient to carry out actions assessment and main stages of the order of such work are determined. The main shortcomings of normative documents regarding the actions assessment of units of operational and rescue civil protection service during the elimination of fires and emergencies are described. The experience of units of operational and rescue civil protection service during the elimination of fires and emergencies has been studied. The main issues that are considered in the analysis of the activity of the management bodies, forces and means for the elimination of fires and emergencies are analyzed. The procedure of actions assessment of units of operational and

rescue civil protection service during during fire extinguishing and emergencies response is substantiated. The results of the work will be used by officials of operational and rescue civil protection service of the State Emergency Service of Ukraine during carrying out the assessment of actions of emergency rescue units of units of operational and rescue civil protection service during response to dangerous events, the sequence of compilation of the Report on assessment of actions on the basis of the implementation of «Recommendations on the procedure for assessing the actions of emergency rescue units of the units of operational and rescue civil protection service during response to dangerous events».

**Key words:** evaluation of actions, actions evaluation procedure, injury, death, equipment damage.

UDC 614.841.41

*Tichenko Ye. O., PhD in technical sciences, Docent, Nekora O. V., PhD in technical sciences, Zmaga Ya. V., PhD in technical sciences, Novgorodchenko A.U., Cherkassy institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes National University of Civil Protection of Ukraine*

## APPLICATION OF THE CALCULATING METHOD FOR DETERMINING THE CLASS OF FIRE RESISTANCE OF WOODEN BEAMS

*The article is devoted to the behavior of wooden beams with fire protection in case of fire. The results of calculations of the geometry of the charcoal zone of fragments of wooden beams of various configurations with fire protection are presented.*

**Key words:** *fire resistance, fire bio protection, scheme of measuring geometric parameters of the charred zone of samples.*

**Introduction.** Researches [1; 2; 3] show that wooden beams in buildings with wooden structures are one of the most crucial elements to which special requirements for fire resistance are needed. Among the most common means of fire protection of wood, the most widespread are fire and bio protecting impregnations [4, 5]. The mechanism of such means is based on slowing down of burning processes on the surface of elements of wooden structures. Nevertheless, over time the thermal effects of fire-treated layer is subjected to decomposition and charring process extends to the unprotected layers, whereby the beam is still destroyed. Considering this, the parameters for predicting the charring zone, which is one of the main parameters for calculating fire resistance limits of wooden beams according to the standard must be indicated [6].

**Raising the problem and its solution.** The purpose of this article is an example a calculation technique for predicting geometric configuration of the zone of charring of wooden beams with fireproof impregnation when exposed to fire with a standard temperature regime.

To achieve this goal, we have set following tasks:

- present the existing methodology experimental researches of fragments of wooden bearing beams with integrated protection against heat and fire, biological damage to the wood and determine the temperature in the inner layers of samples and the thickness of the charred layer;

- on the basis of the test results, to reveal the regularities of growth of the thickness of the charred layer;

- to develop a methodology for calculating geometric configuration of the charred zone for different sizes of beams .

**Results.** To study the behavior of wooden beams, their fragments were used, the scheme and the form of which are shown in Fig. 1. Test samples were made of pine bars with dimensions of 200\*65\*400 mm, and plywood with dimensions of 400\*400\*16 mm.

For the tests, a heating installation, which is a steel chamber with dimensions of 500 × 500 × 500 mm was used. On the back side, the chamber has a hole which diameter is 60 mm for installing the burner nozzle. On the inside, the walls of the chamber are protected with a layer of non-combustible insulation "Conlit 150" produced by Rockwool company with thickness of 100 mm to minimize heat loss, which also protects it from high temperatures. General view of the installation for fire tests of fragments of wooden beams with fireproof impregnation under the standard temperature regime [7].

Using the measurements, the average lateral thickness and the average end thickness of the charred layer were calculated, the graphs of the dependences on exposure time. Analyzing the graphs it can be seen that the dependencies of the thicknesses of charring on time are similar. Charring of wood with impregnation occurs much more slowly. Impregnation of the type 4 [8].

When predicting geometric configuration of the charred zone there was a hypothesis the idea of which was an assumption that, when the charring behavior depends on temperature, the charring zone must be limited to a certain isotherm. To implement this hypothesis, it is

necessary to construct isotherms in the cross section of the fragment. In this case, two methods can be used: by solving a heat conduction equation, or by approximating isotherms by means of interpolation functionals. To solve the heat conduction problem, the thermophysical characteristics of wood with fire protection which are unknown are required therefore, the second method was used [8].

To approximate the isotherms, we used a functional of the form:

$$y(x) = y_0 \left( 1 - \left( \frac{x}{x_0} \right)^p \right)^{1/p}, \quad (1)$$

where  $x_0$  and  $y_0$  – coordinates on the axes  $x$  and  $y$  at their intersection by an approximating curve;  $p$  – exponent determined by approximating curve.

A graphic representation of curves set by the expression is given in [9].

Using this approach and measurements of temperature at the reference points of the section during the tests [9], interpolation of temperature distributions was carried out.

For prediction of the charred zone of the beam fragments, measurements of the charring thicknesses. Comparing the measured thicknesses

of the charred layer and found temperature distributions, critical charring temperatures were determined using the formula:

$$T_{\text{кр},i} = T_{0i} + (T_{gi} - T_{0i}) \left[ \frac{0,5a - d(i)}{0,5a} \right]^{Q_{gi}} \quad (2)$$

where  $T_{0i}$ ,  $T_{gi}$  – the temperature of the first and last points of the control section line in  $i$  moment of time;  $a$  – section width;  $Q_{gi}$  – exponent of approximating parabola in  $i$  moment of time;  $d(i)$  – dependence of lateral thickness on exposure time [10].

Dependencies of the thickness of charring on time were obtained on the basis of regression analysis. The parameters of regression dependences are given in [10].

The dependencies of rate of the side charring on time were obtained by differentiating the regression dependences described in Table 2 [10]. The parameters of the obtained dependences are given in Table. 3 [10].

Using the data of Table 2 [10] and the developed calculation method, charring zones for the tested fragments were set. The results are shown Table 1.

Table 1 – Fire resistance class for wooden beams without taking into account the carbonization zone

Type of wooden beams	fire resistance class, min
Sample without impregnation	9
Sample with impregnation «Neomid 450-1»	28
Sample with impregnation «Senezh»	31
Sample with impregnation «Strazh-2» (BS13)	33

Data tab 1 indicate that fire retardants have a noticeable effect on increasing the fire resistance of wooden beams, but this effect is insufficient as it does not allow for providing the required fire resistance limit for required fire resistance classes R 45 and R 60.

In view of the conduct of the study, it is possible to formulate the main provisions of the method of estimation of fire resistance of wooden beams with fireproof impregnations. The implementation of the proposed method requires the implementation of such procedures.

1. Determination of temperature distributions at each control moment of the

development of a fire using the solution of the heat equation (1) using one of the numerical methods, finite differences, or finite elements.

2. By the formula (2) of the experimental dependencies of the type shown in Table. 1 actual work for one or another type of fire retardant is determined by the critical temperature at each control point of the time of fire development.

3. The isotherm, corresponding to the determined critical temperature, determines the configuration of the carbonating zone that is cut off by this isotherm at each control moment of the fire development.

4. Under the temperature field in the non-charred zone, the strength and deformation characteristics of the wood are determined in accordance with the method described in the previous paragraph of the actual work at each control point of the time of the development of the fire.

5. The method of increasing deformation determines the bearing capacity of a wooden beams with fire protection at each control point of the time of fire development.

6. Based on the values obtained, the curve of reducing the bearing capacity with the time of the development of the fire is constructed.

7. By comparison at each time of the development of the fire of the bearing capacity of the beam and the operating load is determined by the time when the operating load becomes equal to or greater than the carrying capacity, which will be the time of the onset of the limiting state of its loss.

According to the algorithm of the proposed method, the temperature distributions given in Fig. 1.

Applying the approach for determining the configuration of the charcoal zone, charcoal zones were determined for the cross section of beams with and without fire retardant impregnations. The results are presented in Fig. 2.

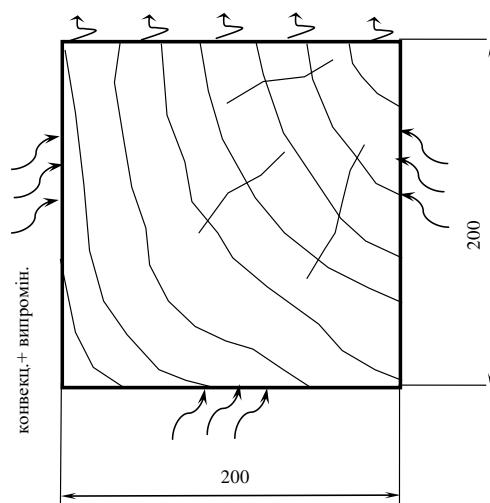


Fig. 1 – The calculation scheme of the section of a wooden beam for the elaboration of procedures of the proposed method of calculation of fire resistance

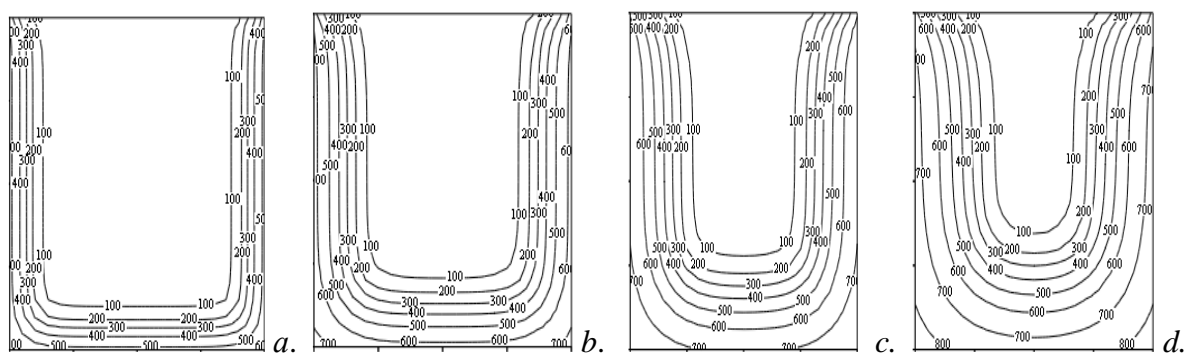


Fig. 2 – Temperature distributions in the section of a wooden beam and the corresponding scale at time points: a - 15 min; b - 30 min; c - 45 minutes; d - 60 min

From the data on the configuration of the carbonized section of the cross section, one can see that the type III fire protection means possess the greatest fire-protection ability.

Using the obtained configurations of the charcoal zone, we can determine the

distributions of the mechanical characteristics of the cross section of the beam, the fire resistance, which is subject to the estimation by the method proposed by us. Fire resistance class, defined by the graphs in Fig. 3 are reduced to the table. 2

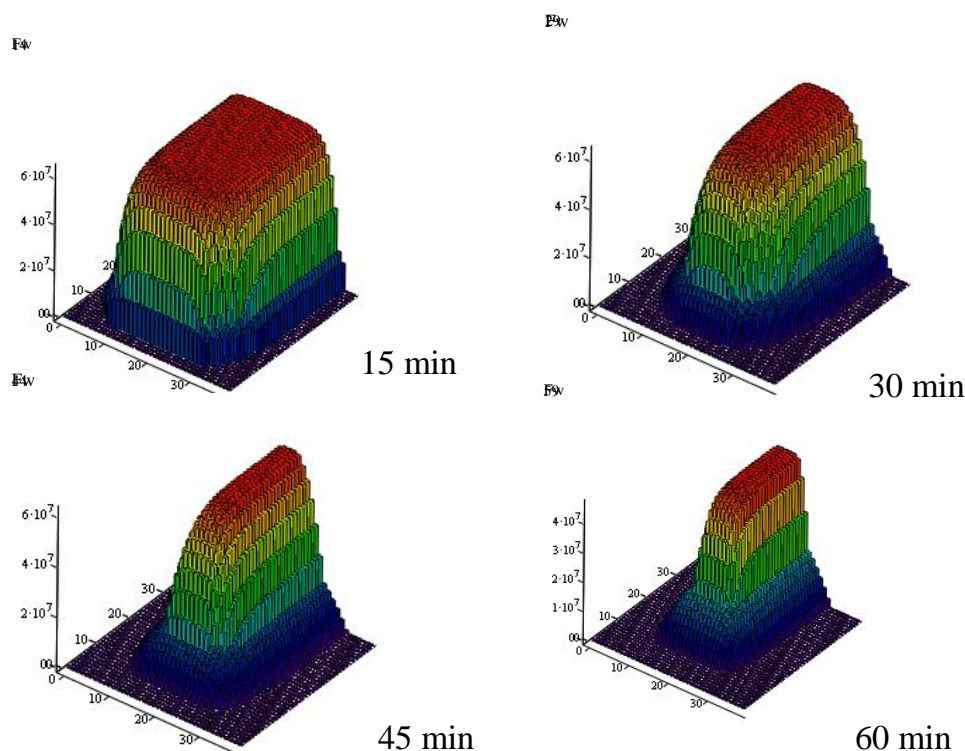


Fig. 3 – Typical distributions of wood strength in the section of beams with and without fire retardation at different times of fire exposure to fire.

Table 2 – Fire resistance class for wooden beams section 200x200 with and without fire protection

Type of wooden beams	fire resistance class, min
Sample without impregnation	31
Sample with impregnation «Neomid 450-1»	33
Sample with impregnation «Senezh»	35
Sample with impregnation «Strazh-2» (BS13)	36

### Conclusions.

1. The method of estimation of fire resistance of wooden beams with fireproof impregnation is developed;

2. Fireproof impregnation has a noticeable effect when increasing the fire resistance of wooden beams, but this effect is insufficient as it does not allow to provide the required fire resistance limit for required fire resistance classes R 45 and R 60;

3. The most effective in increasing the fire resistance of the beam, the fragment of

which was investigated, is a fire retardant impregnation of the III type;

4. Increase of the width of the section of a wooden beam to 200 mm leads to a significant reduction in the effectiveness of fireproof impregnations to improve the fire resistance class, as it increases by a maximum of 2-3 minutes;

5. The proposed method for assessing fire resistance of fireproof wooden beams is most effectively used for beams with a width of a cross section not more than 200 mm.

### REFERENCES

1. Taubkin, S. I., *Pozhar i vzryv, osobennosti ikh ekspertizy* (1999). [Fire and explosion, Peculiarities of their Expertise] - Moscow: VNIIGU MVD Russia, 599 p.
2. Tychino, N. A. *Osobennosti prakticheskogo primeneniya ogne- i biozashchitnykh sredstv dlya propitki drevesiny* [Features of Practical Application of Fire and Biosecurity Means for Impregnating Wood]. *Pozharovzryvoopasnost veshchestv i materialov* [Fire and Explosion Hazard of Substances and Materials]. Issue 6, 2002 - Moscow.: VNIPO., – p. 38-43. -ISSN 0869-7493.

3. *Zakhyst víd pozhezhí. Pozhezhna bezpeka ob'ëktív budívnitstva DBN V.1.1-7-2016* [Protection from Fire. Fire Safety of Construction Objects]. DBN V.1.1-7-2016 [from 2017-06-01.]. – Kyiv: Publishing house "Libra", 2017. – 87 p – (National Standard of Ukraine).
4. Shnal T. M. *Vohnestiykist ta vohnezakhyst derevyanykh konstruktsiy: Navchalnyy posibnyk* [Fire Resistance and Fire Protection of Wooden Structures: Textbook]. - Lviv. Publishing House of National University "Lviv Polytechnic", 2006. - 220 p.
5. Antonov A. V., Borisov O. V., Orel V. P. *Vohnehasni rehovyny: posibnyk* [Extinguishing Agents: A Guide] – Kyiv, Pozhinformtekhnik, 2004, 176 p.
6. EN 1995-1-2:2005 Eurocode 5: Design of wood structures. Part 1-2: General rules - Structural fire design, Brussels, 2004.
7. Gorbachenko Ya. V. Fire resistance of wooden beams with fire protection / Gorbachenko Ya. V., Pozdeev SV, Nekora OV, Tishchenko O. M., Gvozd V. M. // Fire safety: the theory and practice: a collection of scientific works APB them. Heroes of Chernobyl, - No. 15. - p.63-68. (Series KV № 17574-6424 PR).
8. Gorbachenko Ya. V. Investigation of behavior of wooden beams with fire protection under fire / Gorbachenko Ya.V., Tyschenko O.M. // Fire safety: theory and practice: a collection of scientific papers CHIBB them. Heroes of Chernobyl NUTZU, - No. 17. - p.4-11. (Series KV № 17574-6424 PR).
9. Gorbachenko Ya.V. Geometry of the carbonating zone in cross sections of fire-protected wooden beams under fire conditions // Podzheev SV, Nekora O.V., Gorbachenko Ya.V., Fedchenko I.V. // Problems fire safety. - Kharkiv: NUTZU, 2015. - Issue 37. - p. 168-177 (Series KV 16673-5245 PR).
10. Zmaga Ya.V Osipenko V.I. Novgorochenko A.U., Samchenko T.V. RESEARCH OF BEHAVIOR OF WOODEN BEAMS WITH FIRE BIO PROTECTION IN FIRE «Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація» Збірник наукових праць № 1 / 2017, Україна, ЧПБ, - с. 101 – 108.

*Тищенко Е. А., канд. техн. наук, доцент, Некора О. В., канд. техн. наук, с. н. с.,  
Змага Я. В., канд. техн. наук, Новгородченко А. Ю.,  
Черкасский институт пожарной безопасности имени Героев Чернобыля  
Национального университета гражданской защиты Украины*

### **ПРИМЕНЕНИЕ РАСЧЕТНОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КЛАССА ОГНЕСТОЙКОСТИ ДЕРЕВЯННЫХ БАЛОК**

Статья посвящена исследованию поведения деревянных балок с огнезащитой в условиях пожара по стандартной температурной кривой. Представлены результаты огневых испытаний и расчетов геометрии зоны обугливания фрагментов деревянных балок различной конфигурации с тремя огнезащитными средствами, позволяющими определить закономерность эффективности огнезащитного пропитки для повышения класса огнестойкости данной конструкции.

*Тищенко Е. О., канд. техн. наук, доцент, Некора О. В., канд. техн. наук, с. н. с.,  
Змага Я. В., канд. техн. наук, Новгородченко А. Ю.,  
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля  
Національного університету цивільного захисту України*

### **ЗАСТОСУВАННЯ РОЗРАХУНКОВОГО МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ КЛАСУ ВОГНЕСТІЙКОСТІ ДЕРЕВ'ЯНИХ БАЛОК**

Стаття присвячена дослідженням поведінки дерев'яних балок з вогнезахистом в умовах пожежі за стандартною температурною кривою. Представлені результати вогневих випробувань та розрахунків геометрії зони обуглення фрагментів дерев'яних балок різної конфігурації з трьома вогнезахисними засобами, що дозволяє визначити закономірність ефективності вогнезахисного просочення для підвищення класу вогнестійкості даної конструкції.



УДК 621.395

*Фещенко А. Б., канд. техн. наук, доцент, Загора А. В., канд. техн. наук, доцент,  
Национальный университет гражданской защиты Украины*

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ОПЕРАТИВНОЙ ГОТОВНОСТИ АППАРАТУРЫ ОПЕРАТИВНОЙ ДИСПЕТЧЕРСКОЙ СВЯЗИ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ**

*Эффективность работы аппаратуры оперативной диспетчерской связи (ОДС) и оповещения по обеспечению устойчивого управления спасением объектов экономики и первоочередной помощью пострадавшему населению определяется её коэффициентом оперативной готовности, являющимся комплексным показателем безотказности и восстанавливаемости в режиме пиковой нагрузки в условиях чрезвычайной ситуации (ЧС). Получены и проанализированы выражения коэффициента оперативной готовности аппаратуры ОДС после отказов в условиях чрезвычайной ситуации, установлена взаимосвязь между коэффициентом готовности, показателями безотказности и ремонтпригодности. Представлена математическая модель, получены и проанализированы результаты расчета коэффициента оперативной готовности аппаратуры ОДС в зависимости от среднего числа отказов и соотношения интенсивности отказов к интенсивности восстановления в условиях ЧС.*

**Ключевые слова:** оперативная диспетчерская связь, чрезвычайная ситуация, вероятность безотказной работы, коэффициент оперативной готовности.

**Постановка проблемы.** В условиях ЧС аппаратура ОДС и оповещения обеспечивает своевременное направление сил и средств на ликвидацию ЧС, доведение задач, поставленных органами управления, до подразделений, контроль за их выполнением, координацию действий при проведении мероприятий по ликвидации ЧС, передачу оперативной информации органам управления ликвидации ЧС, оповещение и информирование населения о возникновении ЧС.

Показатели надежности и восстанавливаемости аппаратуры оперативной диспетчерской связи (ОДС) и оповещения в режиме чрезвычайной ситуации (ЧС) зависят от электрических перегрузок, что может приводить к длительным отказам элементов сети электросвязи, что требует принятия мер и затрат для восстановления её работоспособности в условиях ЧС.

Одной из проблем при этом является прогнозирование значения коэффициента оперативной готовности аппаратуры ОДС в условиях ЧС по данным показателей безотказности и ремонтпригодности за время эксплуатации.

**Анализ последних исследований и публикаций.** В работе [1] рассматривается способ поддержания работоспособности телекоммуникационных сетей за счет формирования резервных технических средств.

В работе [2] рассмотрен способ устранения отказа ОДС при прерывании внешнего электропитания за счет перехода на резервный источник питания в пределах времени автономной работы, прогнозируемого по расчетной методике, в условиях ЧС.

В работе [3] представлены методика расчета необходимого количества ЗТС для восстановления аппаратуры ОДС после отказов в условиях ЧС.

В работе [4] произведен вероятностный расчет достаточности комплекта ЗТС для восстановления и ремонта аппаратуры ОДС в условиях ЧС.

В работах [5, 6] рассмотрено влияние режима электрической нагрузки на показатели надежности и корректировка обеспеченности аппаратуры ОДС комплектом ЗТС при восстановлении её после отказов в условиях чрезвычайной ситуации

### Формулировка целей статьи.

Целью данной статьи является получение и анализ выражения для коэффициента оперативной готовности аппаратуры ОДС, установление взаимосвязи между коэффициентом оперативной готовности и обеспеченностью аппаратуры комплектом запасных технических средств. Предполагается разработка математической модели, расчета коэффициента оперативной готовности аппаратуры ОДС в зависимости от показателей безотказности и ремонтпригодности в условиях ЧС.

**Изложение основного материала исследования.** Проанализировав приведенные научные работы, получим математическую модель для расчета коэффициента оперативной готовности аппаратуры ОДС в зависимости от показателей безотказности и ремонтпригодности, а именно среднего числа отказов и соотношения интенсивности отказов к интенсивности восстановления в условиях ЧС.

Аппаратуру ОДС необходимо обеспечивать требуемым комплектом запасных элементов, так как в противном случае значительно увеличивается время восстановления. Критерий достаточности запасных элементов зависит от составляющих среднего времени восстановления ОДС из следующего выражения [6]:

$$T_{\text{в}} = T_{\text{а}} + T_{\text{ад}} + T_{\text{п}}, \quad (1)$$

где  $T_{\text{а}}$  – среднее время активного ремонта;

$T_{\text{ад}}$  – среднее время вынужденного простоя при текущем ремонте из-за административных факторов;

$T_{\text{п}}$  – среднее время вынужденного простоя аппаратуры из-за отсутствия в ЗТС необходимых элементов (время пополнения).

Представим выражение (1) в следующем виде:

$$T_{\text{в}} = T'_{\text{в}} + T_{\text{п}}, \quad (2)$$

где  $T'_{\text{в}}$  – среднее время восстановления аппаратуры при неограниченном

(идеальном) комплекте ЗТС (т.е. при отсутствии задержек в снабжении).

Время  $T_{\text{п}}$  может быть принято за критерий достаточности ЗТС. Достаточность ЗТС влияет и на коэффициент готовности аппаратуры:

$$K_{\text{г}} = T_{\text{о}} / (T_{\text{о}} + T_{\text{в}}), \quad (3)$$

или с учетом выражений (1 - 2):

$$K_{\text{г}} = T_{\text{о}} / (T_{\text{о}} + T'_{\text{в}} + T_{\text{п}}), \quad (4)$$

где  $T_{\text{о}}$  – наработка на отказ.

Выполнив соответствующие преобразования, получим:

$$K_{\text{г}} = \frac{T_{\text{о}}}{(T_{\text{о}} + T_{\text{в}})} = \frac{T_{\text{о}}}{(T_{\text{о}} + T'_{\text{в}})} \cdot \frac{(T_{\text{о}} + T'_{\text{в}})}{(T_{\text{о}} + T'_{\text{в}} + T_{\text{п}})} = K'_{\text{г}} K_{\text{об}}, \quad (5)$$

где 
$$K'_{\text{г}} = \frac{T_{\text{о}}}{(T_{\text{о}} + T'_{\text{в}})} = \frac{1}{(1 + \frac{\Lambda_{\text{з}}}{\mu})}$$
 –

коэффициент готовности аппаратуры при неограниченном комплекте ЗТС;

$$K_{\text{об}} = \frac{(T_{\text{о}} + T'_{\text{в}})}{(T_{\text{о}} + T'_{\text{в}} + T_{\text{п}})} = \frac{1}{(1 + \frac{T_{\text{п}}}{(T_{\text{о}} + T'_{\text{в}})})} = \frac{1}{(1 + \frac{T_{\text{п}} \cdot \Lambda_{\text{з}} \cdot \mu}{(\Lambda_{\text{з}} + \mu)})}$$

– коэффициент обеспеченности аппаратуры запасными элементами;

$$\Lambda_{\text{з}} = \sum_{j=1}^N \lambda_{\text{з}j} = N \cdot \lambda'_{\text{з}} \cdot K_{\text{р}} \quad \text{– эксплуатационная}$$

интенсивность отказов аппаратуры ОДС, учитывающая коэффициент электрической нагрузки  $K_{\text{р}}$ , и сложность исполнения с количеством ЭРИ ( $n=N=100$ );

$\mu$  – интенсивность восстановления;

$T_{\text{п}}$  – среднее время вынужденного простоя аппаратуры из-за отсутствия в ЗТС необходимых элементов (время пополнения).

Рассмотрим выражение для коэффициента оперативной готовности  $K_{\text{ог}}$  аппаратуры ОДС [4]:

$$K_{\text{ог}} = P(t) \cdot K_{\text{г}} = P(t) \cdot K'_{\text{г}} \cdot K_{\text{об}}, \quad (6)$$

где  $P(t)$ ;  $K_{\text{г}} = K'_{\text{г}} \cdot K_{\text{об}}$  – вероятность безотказной работы и коэффициент готовности аппаратуры ОДС.

Преобразуем коэффициент обеспеченности аппаратуры запасными элементами к виду:

$$K_{об} = \frac{1}{(1 + \frac{T_{п} \cdot \Lambda_{э}}{(1 + \Lambda_{э}/\mu)})} = \frac{1}{(1 + \frac{n_{ср}}{(1 + \Lambda_{э}/\mu)})}, \quad (7)$$

где  $\Lambda_{э}/\mu$  – соотношение интенсивности отказов к интенсивности восстановления аппаратуры ОДС в условиях ЧС;

$n_{ср} = T_{п} \cdot \Lambda_{э}$  – математическое ожидание числа отказов аппаратуры ОДС за время пополнения комплекта ЗТС.

Воспользуемся вероятностью числа отказов за время  $t=T_{п}$ , определяемой законом Пуассона для расчета вероятности безотказной работы  $P(t)$  [5]:

$$P_n(t=T_{п}) = \frac{(\Lambda_{э} T_{п})^n}{n!} e^{-n\Lambda_{э}} = \frac{(n_{ср})^n}{n!} e^{-n_{ср}} = \psi(n, n_{ср}), \quad (8)$$

где  $n_{ср} = \Lambda_{э} T_{п}$  – математическое ожидание количества отказов;

$\psi(n, n_{ср})$  – функция, значения которой получаются из табличной функции

$$\psi(\chi, \mu) = \frac{(\mu)^\chi}{\chi!} e^{-\mu} \quad [9] \quad \text{путем замены}$$

переменных  $\chi = n, \mu = n_{ср}$ .

Поскольку вероятность безотказной работы  $P(t)$  соответствует отсутствию отказов в аппаратуре ОДС ( $n=0$ ) за время работы  $t=T_{п}$ , то из выражения (8) следует:

$$P(t) = P_{n=0}(t=T_{п}) = \psi(n=0, n_{ср}) = \psi(0, n_{ср}), \quad (9)$$

С учетом (5 – 9), выражение для коэффициента оперативной готовности примет вид:

$$K_{ог} = \frac{1}{(1 + \frac{\Lambda_{э}}{\mu})} \cdot \frac{1}{(1 + \frac{n_{ср}}{(1 + \frac{\Lambda_{э}}{\mu})})} \cdot \psi(0, n_{ср}). \quad (10)$$

Из анализа (5) следует, что коэффициент оперативной готовности зависит от соотношения эксплуатационной интенсивности отказов к интенсивности восстановления  $\Lambda_{э}/\mu$  и математического ожидания числа отказов  $n_{ср} = \Lambda_{э} \cdot T_{п}$  за время пополнения комплекта ЗТС и описывается в виде произведения функций

$$K_{ог}(\Lambda_{э}/\mu, n_{ср}) = K'_г(\Lambda_{э}/\mu) \cdot K_{об}(\Lambda_{э}/\mu, n_{ср}) \cdot \psi(0, n_{ср}).$$

Проведем ориентировочный расчет коэффициента оперативной готовности  $K_{ог}$  аппаратуры ОДС при следующих значениях  $N=100$ ;  $T_{п}=720$ ч; 2160ч; 4329ч,  $\lambda_{б}=10^{-6}$ ; час<sup>-1</sup>, в дежурном режиме (базовом или номинальном режим  $K_p = 1$ ), используя табличные данные [7].

Результаты расчетов  $K_{ог}$  сведем в табл. 1, по которым для наглядности построим графики функции  $K_{ог}(\Lambda_{э}/\mu, n_{ср})$ , помещенные на рис. 1.

Таблица 1 – Расчет коэффициента оперативной готовности  $K_{ог}$  в дежурном режиме в условиях ЧС, при ( $N=100$ ,  $\lambda_{б}=10^{-6}$ ч<sup>-1</sup>)

$\Lambda_{э}/\mu$	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
$K'_г$	1,00	0,95	0,91	0,87	0,83	0,80	0,77	0,74	0,71	0,69	0,67
K <sub>ог1</sub> при T <sub>п1</sub> =720 ч, n <sub>ср</sub> =0,22, ψ(0,n <sub>ср</sub> )=0,92											
K <sub>об1</sub>	0,855	0,861	0,866	0,871	0,876	0,880	0,884	0,888	0,892	0,895	0,898
K <sub>ог1</sub>	0,786	0,754	0,724	0,697	0,672	0,648	0,626	0,605	0,586	0,568	0,551
K <sub>ог3</sub> при T <sub>п1</sub> =2160 ч, n <sub>ср</sub> =0,17, ψ(0,n <sub>ср</sub> )=0,8											
K <sub>об3</sub>	0,820	0,827	0,833	0,839	0,845	0,850	0,855	0,860	0,864	0,868	0,876
K <sub>ог3</sub>	0,656	0,630	0,606	0,584	0,563	0,544	0,526	0,510	0,494	0,479	0,467
K <sub>ог6</sub> при T <sub>п1</sub> =4320 ч, n <sub>ср</sub> =0,49, ψ(0,n <sub>ср</sub> )=0,67											
K <sub>об1</sub>	0,671	0,682	0,692	0,701	0,710	0,718	0,726	0,734	0,741	0,747	0,754
K <sub>ог1</sub>	0,450	0,435	0,421	0,409	0,396	0,385	0,374	0,364	0,354	0,345	0,337

Из анализа графиков (рис. 1.) следует, что коэффициент оперативной готовности  $K_{ог}$  аппаратуры ОДС в дежурном режиме в условиях ЧС снижается при увеличении соотношения эксплуатационной интенсивности отказов к интенсивности восстановления  $\Lambda_э / \mu$ , а также при увеличении математического ожидания числа отказов  $n_{ср} = \Lambda_э \cdot T_n$  за время пополнения комплекта ЗТС, что происходит в том числе при снижении вероятности безотказной работы

$\psi(0, n_{ср})$  (табл. 1). Для повышения коэффициента оперативной готовности  $K_{ог}$  аппаратуры ОДС целесообразно применять общие методы повышения надежности, резервирование, мероприятия по восстановлению и улучшению обеспеченности и снижению времени пополнения ЗТС, а также методы определения оптимальной периодичности проведения профилактических и регламентных работ [8].

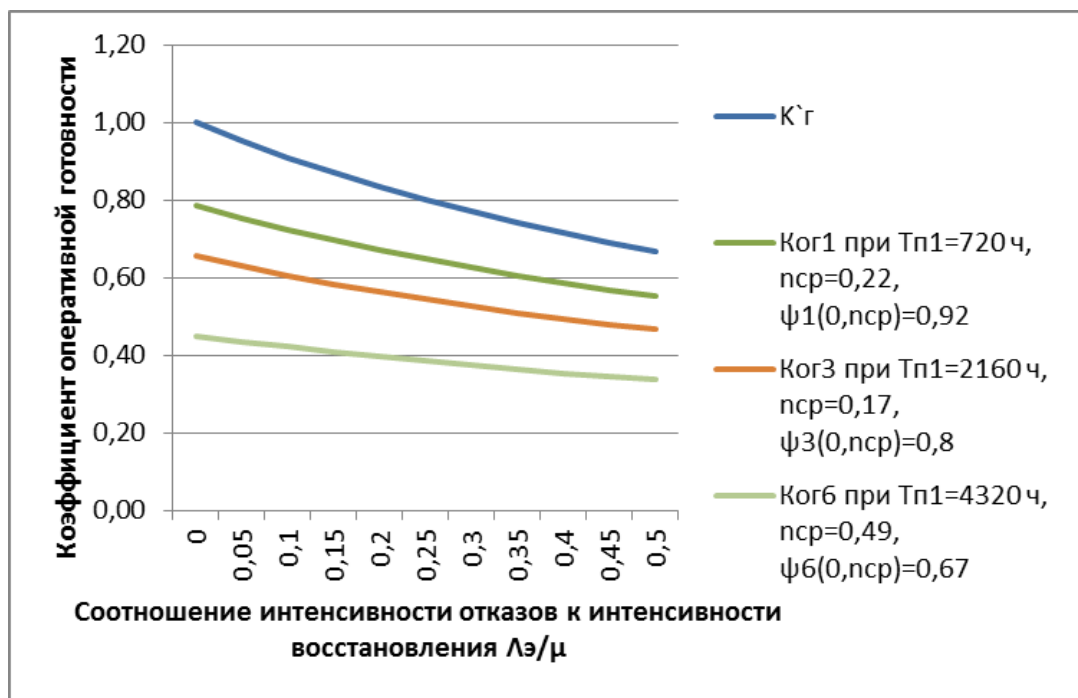


Рисунок 1 – График коэффициента оперативной готовности  $K_{ог}$  в дежурном режиме ( $K_p = 1$ ) в условиях ЧС, при  $N=100$ ;  $T_n = 720$  ч, 2160, 4320 ч;  $\lambda_б = 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$

**Выводы.** Выбрана математическая модель расчета коэффициента оперативной готовности  $K_{ог}$  в условиях ЧС.

Получены и проанализированы выражения для оценки коэффициента оперативной готовности аппаратуры ОДС в условиях ЧС. В результате проведенного расчета отмечено снижение коэффициента оперативной готовности  $K_{ог}$  аппаратуры ОДС в дежурном режиме в условиях ЧС снижается при увеличении соотношения эксплуатационной интенсивности отказов к интенсивности восстановления  $\Lambda_э / \mu$ , а также при увеличении математического ожидания числа отказов  $n_{ср} = \Lambda_э \cdot T_n$  за время пополнения комплекта ЗТС.

**Перспективы дальнейших исследований.** Для повышения коэффициента оперативной готовности  $K_{ог}$  аппаратуры ОДС целесообразно оценить эффективность применения общих методов повышения надежности, резервирования, применения мероприятий по восстановлению работоспособности, улучшению обеспеченности и снижению времени пополнения комплекта ЗТС, а также проведение сравнительной оценки эффективности применения методов определения оптимальной периодичности проведения профилактических и регламентных работ.

## ПЕРЕЧЕНЬ ИСТОЧНИКОВ

1. А.К. Леваков Задачи формирования комплекса резервных технических средств для восстановления отказов в сети электросвязи вследствие чрезвычайных ситуаций [Электронный ресурс] / А.К. Леваков // Электросвязь - наука. – М.: «Электросвязь», 2013. - №12. – С. 38 - 40 Режим доступа: <http://openarchive.nure.ua/handle/document/547?locale=ru>
2. Загора А.В. Методика расчета времени автономной работы аварийного источника электропитания аппаратуры оперативной диспетчерской связи в условиях чрезвычайной ситуации [Электронный ресурс] / Е.Е., Селеенко, А.Б., Фещенко // Проблемы надзвичайних ситуацій. – Х.: НУЦЗУ, 2015. - №21. – с. 23 – 30. - Режим доступа: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/1363>
3. Загора А.В. Методика расчета количества запасных технических средств для восстановления аппаратуры оперативной диспетчерской связи после отказов в условиях чрезвычайной ситуации [Электронный ресурс] / А.Б. Фещенко // Проблемы надзвичайних ситуацій. – Х.: НУЦЗУ, 2015. - №22. – с. 23 – 37. - Режим доступа: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/1352>
4. Загора А.В. Взаимосвязь коэффициента готовности аппаратуры оперативной диспетчерской связи с достаточностью комплекта запасных технических средств при восстановлении после отказов в условиях чрезвычайной ситуации. [Электронный ресурс] / Е.Е. Селеенко, Д.Л. Соколов, А.Б. Фещенко // Проблемы надзвичайних ситуацій. – Х.: НУЦЗУ, 2016. - №23. – с. 20 - 26. - Режим доступа: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/1349>
5. Фещенко А.Б. Влияние режима электрической нагрузки на показатели надежности оперативной диспетчерской связи в условиях чрезвычайной ситуации. [Электронный ресурс] / А.В. Загора. Е.Е. Селеенко, // Проблемы надзвичайних ситуацій. – Х.: НУЦЗУ, 2017. - №24– с. 62 - 67. Режим доступа: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/1350>
6. Фещенко А.Б. Влияние режима электрической нагрузки на корректировку обеспеченности аппаратуры оперативной диспетчерской связи комплектом запасных технических средств при восстановлении её после отказов в условиях чрезвычайной ситуации. [Электронный ресурс] / А.В. Загора. Е.Е. Селеенко, // Проблемы надзвичайних ситуацій. – Х.: НУЦЗУ, 2017. - №25– с. 138-143. Режим доступа: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/1385>
7. Абезгауз Г.Г. Справочник по вероятностным расчетам [Текст] / А.П. Тронь, Ю.Н. Копенкин и др. - М.: Воениздат, 1970. - с. 395 – 397.

## REFERENCES

1. A.K. Levakov Zadachi formirovaniya kompleksa rezervnyih tehnikeskikh sredstv dlya vosstanovleniya otkazov v seti elektrosvyazi vsledstvie chrezvychaynyih situatsiy [Elektronnyiy resurs] / A.K. Levakov // Elektrosvyaz - nauka. – M.: «Elektrosvyaz», 2013. - #12. – S. 38 - 40 Rezhim dostupa: <http://openarchive.nure.ua/handle/document/547?locale=ru>
2. Zakora A.V. Metodika rascheta vremeni avtonomnoy raboty avariynogo istochnika elektropitaniya apparatury operativnoy dispetcherskoy svyazi v usloviyah chrezvychaynoy situatsii [Elektronnyiy resurs] / E.E., Seleenko, A.B., Feschenko // Problemi nadzvichaynih situatsiy. – H.: NUTsZU, 2015. - #21. – s. 23 – 30. - Rezhim dostupa: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/1363>
3. Zakora A.V. Metodika rascheta kolichestva zapasnyih tehnikeskikh sredstv dlya vosstanovleniya apparatury operativnoy dispetcherskoy svyazi posle otkazov v usloviyah chrezvychaynoy situatsii [Elektronnyiy resurs] / A.B. Feschenko // Problemi nadzvichaynih situatsiy. – H.: NUTsZU, 2015. - #22. – s. 23 – 37. - Rezhim dostupa: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/1352>

4. Zakora A.V. Vzaimosvyaz koeffitsienta gotovnosti apparatury i operativnoy dispetcherskoy svyazi s dostatochnostyu komplekta zapasnykh tekhnicheskikh sredstv pri vosstanovlenii posle otkazov v usloviyakh chrezvyichaynoy situatsii. [Elektronnyy resurs] / E.E. Seleenko, D.L. Sokolov, A.B. Feschenko // Problemi nadzvichaynykh situatsiy. – H.: NUTsZU, 2016. – #23. – s. 20 - 26. – Rezhim dostupa: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/1349>

5. Feschenko A.B. Vliyanie rezhima elektricheskoy nagruzki na pokazateli nadezhnosti operativnoy dispetcherskoy svyazi v usloviyakh chrezvyichaynoy situatsii. [Elektronnyy resurs] / A.V. Zakora. E.E. Seleenko, // Problemi nadzvichaynykh situatsiy. – H.: NUTsZU, 2017. – #24– s. 62 - 67. Rezhim

dostupa: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/1350>

6. Feschenko A.B. Vliyanie rezhima elektricheskoy nagruzki na korrektyrovku obespechennosti apparatury i operativnoy dispetcherskoy svyazi komplektom zapasnykh tekhnicheskikh sredstv pri vosstanovlenii eYo posle otkazov v usloviyakh chrezvyichaynoy situatsii. [Elektronnyy resurs] / A.V. Zakora. E.E. Seleenko, // Problemi nadzvichaynykh situatsiy. – H.: NUTsZU, 2017. – #25– s. 138-143. Rezhim dostupa: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/1385>

7. Abezgauz G.G. Spravochnik po veroyatnostnyim raschetam [Tekst] / A.P. Tron, Yu.N. Kopenkin i dr. – M.: Voenizdat, 1970. – s. 395 – 397.

*Фещенко А. Б., канд. техн. наук, доцент,*

*Закора А. В., канд. техн. наук, доцент,*

*Національний університет цивільного захисту України*

## **ПРОГНОЗУВАННЯ КОЕФІЦІЄНТА ОПЕРАТИВНОЇ ГОТОВНОСТІ АПАРАТУРИ ОПЕРАТИВНОГО ДИСПЕТЧЕРСЬКОГО ЗВ'ЯЗКУ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ**

*Ефективність роботи апаратури оперативного диспетчерського зв'язку (ОДЗ) і оповіщення по забезпеченню стійкого управління порядком об'єктів економіки й першочерговою допомогою постраждалому населенню визначається її коефіцієнтом оперативної готовності, що є комплексним показником безвідмовності й відновлюваності в режимі пікового навантаження в умовах надзвичайної ситуації (НС).*

*Отримані й проаналізовані вираження коефіцієнту оперативної готовності апаратури ОДЗ після відмов в умовах надзвичайної ситуації, встановлений взаємозв'язок між коефіцієнтом готовності й показниками безвідмовності й ремонтпридатності.*

*Представлена математична модель, отримані й проаналізовані результати розрахунків коефіцієнту оперативної готовності апаратури ОДЗ залежно від середнього числа відмов і співвідношення інтенсивності відмов до інтенсивності відновлення в умовах НС.*

*У результаті проведеного дослідження встановлено, що коефіцієнт оперативної готовності апаратури ОДЗ у черговому режимі в умовах НС знижується при збільшенні співвідношення експлуатаційної інтенсивності відмов до інтенсивності відновлення, а також при збільшенні математичного очікування числа відмов за час поповнення комплекту ЗТЗ, що відбувається в тому числі за рахунок зниження ймовірності безвідмовної роботи.*

*Для підвищення коефіцієнта оперативної готовності апаратури ОДЗ запропоновано застосовувати загальні методи підвищення надійності, резервування, заходи щодо відновлення й поліпшення забезпеченості й зниження часу поповнення ЗТЗ, а також методи визначення оптимальної періодичності проведення профілактичних і регламентних робіт.*

**Ключові слова:** *оперативний диспетчерський зв'язок, надзвичайна ситуація, ймовірність безвідмовної роботи, коефіцієнт оперативної готовності.*

*Feschenko, A. B., PhD, Docent,*

*Zakora A. V., PhD, Docent,  
National University of Civil Protection of Ukraine*

## **FORECASTING THE OPERATIVE READINESS COEFFICIENT OF THE OPERATIONAL DISPATCH COMMUNICATION UNIT UNDER THE CONDITIONS OF THE EMERGENCY SITUATION**

*The equipment of operational dispatch communication and notification provides timely dispatch of the operational rescue forces to liquidate the emergency situation, by means of transmission through the communication channels of the command teams from the control bodies to the units.*

*In addition, with the help of operational dispatch equipment, operational information on the liquidation of the emergency situation is transferred from the units to the management bodies.*

*The equipment of operational dispatch communication carries out notification and informing the population about the emergence of an emergency situation.*

*Indicators of reliability and recoverability of equipment for operational dispatch communication and notification in an emergency situation depend on electrical overloads, which can lead to long-term failures of the elements of the telecommunication network.*

*This requires measures to be taken to restore the operability of emergency dispatch equipment in an emergency situation.*

*The efficiency of the operational dispatch communication equipment is determined by the operational readiness factor, which is a complex indicator of reliability and recoverability.*

*The article analyzes the expression for the operational readiness coefficient of the operational dispatch communication equipment and determines its dependence on the average number of failures and the ratio of the failure rate to the recovery intensity in the peak load mode under emergency conditions*

*In the study of the mathematical model for the operational readiness coefficient of the operational dispatch communication equipment, it was found that the operational readiness coefficient of the operational dispatch communication equipment in the standby mode decreases with an increase in the ratio of the operational failure rate to the recovery intensity, and also with the increase in the mathematical expectation of the number of failures during the replenishment of the spare technical means.*

*To increase the operational readiness coefficient of operational dispatch communication equipment, it is suggested to apply general methods of increasing reliability, such as redundancy, reducing the time for replenishment of a set of spare technical means.*

*It is also proposed to apply methods for determining the optimal frequency of preventive and routine maintenance.*

**Key words:** *operational dispatch communication, emergency situation, probability of failure, factor of operational readiness.*

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Сборника научных трудов

Черкасского института пожарной безопасности имени Героев Чернобыля  
Национального университета гражданской защиты Украины  
«Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация»

**ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР** – *Тищенко Александр Михайлович*, канд. техн. наук, проф. (Черкасский институт пожарной безопасности имени Героев Чернобыля Национального университета гражданской защиты Украины);

**ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА** – *Поздеев Сергей Валерьевич*, д-р техн. наук, проф. (Черкасский институт пожарной безопасности имени Героев Чернобыля Национального университета гражданской защиты Украины);

**ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ** – *Школяр Евгений Владимирович*, канд. психол. наук (Черкасский институт пожарной безопасности имени Героев Чернобыля Национального университета гражданской защиты Украины);

**ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ**

*Абрамов Юрий Алексеевич*, д-р техн. наук, проф. (Национальный университет гражданской защиты Украины (г. Харьков);

*Акинъшин Валерий Дмитриевич*, д-р физ-мат. наук, проф. (Черкасский институт пожарной безопасности имени Героев Чернобыля Национального университета гражданской защиты Украины);

*Беликов Анатолий Серафимович*, д-р техн. наук, проф. (ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры» (г. Днепр);

*Ватуля Глеб Леонидович*, д-р техн. наук, доц. (Украинская государственная академия железнодорожного транспорта (г. Харьков);

*Ващенко Вячеслав Андреевич*, д-р техн. наук, проф. (Черкасский государственный технологический университет);

*Волянин Ежи*, д-р техн. наук, проф. (Главная школа пожарной службы (г. Варшава, Республика Польша);

*Дыя Хенрик*, д-р техн. наук, проф. (Ченстоховский политехнический университет (Республика Польша)

*Кырыченко Оксана Вячеславовна*, д-р техн. наук, с. н. с. (Черкасский институт пожарной безопасности имени Героев Чернобыля Национального университета гражданской защиты Украины);

*Кнапиньський Марцин*, д-р техн. наук (Ченстоховский политехнический университет (Республика Польша);

*Кэнпка Павел*, д-р техн. наук (Главная школа пожарной службы (г. Варшава, Республика Польша);

*Ковалышин Василий Васильевич*, д-р техн. наук, проф. (Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности);

*Мазур Валерий Леонидович*, д-р техн. наук, проф. (Физико-технологический институт металлов и сплавов Национальной академии наук Украины (г. Киев)

*Мызерський Анжей*, д-р техн. наук, проф. (Главная школа пожарной службы (г. Варшава, Республика Польша);

*Мосов Сергей Петрович*, д-р воен. наук, проф. (Национальный авиационный университет (г. Киев);

*Осипенко Василий Иванович*, д-р техн. наук, проф. (Черкасский государственный технологический университет);

*Радомяк Хенрик*, д-р техн. наук (Ченстоховский политехнический университет (Республика Польша);



**Семерак Михаил Михайлович**, д-р техн. наук, проф. (Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности);

**Тарасенко Александр Андреевич**, д-р техн. наук, с. н. с. (Национальный университет гражданской защиты Украины (г. Харьков)

**Землянський Олег Николаевич**, канд. техн. наук, доц. (Черкасский институт пожарной безопасности имени Героев Чернобыля Национального университета гражданской защиты Украины);

**Камлюк Андрей Николаевич**, канд. техн. наук, доц. (Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь (г. Минск);

**Некора Ольга Валерьевна**, канд. техн. наук, с. н. с. (Черкасский институт пожарной безопасности имени Героев Чернобыля Национального университета гражданской защиты Украины);

**Нуязин Виталий Михайлович**, канд. техн. наук (Черкасский институт пожарной безопасности имени Героев Чернобыля Национального университета гражданской защиты Украины);

**Стась Сергей Васильевич**, канд. техн. наук, доц. (Черкасский институт пожарной безопасности имени Героев Чернобыля Национального университета гражданской защиты Украины);

**Пармон Валерий Викторович**, канд. техн. наук, доц. (Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь (г. Минск);

**Полевода Иван Иванович**, канд. техн. наук, доц. (Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь (г. Минск);

**Швыденко Андрей Валерьевич**, канд. техн. наук, доц. (Черкасский институт пожарной безопасности имени Героев Чернобыля Национального университета гражданской защиты Украины);

**Ясколовський Вальдемар**, канд. техн. наук (Главная школа пожарной службы (г. Варшава, Польша).

**ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕДАКТОР – Рябоконт Виктория Викторовна**, канд. пед. наук (Черкасский институт пожарной безопасности имени Героев Чернобыля Национального университета гражданской защиты Украины).

**РЕДАКТОР ТЕХНИЧЕСКИХ ТЕКСТОВ СО ЗНАНИЕМ АНГЛИЙСКОГО ЯЗЫКА – Хряпак Сергей Александрович**, канд. филол. наук (Черкасский институт пожарной безопасности имени Героев Чернобыля Национального университета гражданской защиты Украины).

**EDITORIAL BOARD**

**Collection of Scientific Papers**

**Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes**

**«Emergencies: Prevention and Liquidation»**

**EDITOR IN CHIEF** – *Tyshchenko Oleksandr Mykhailovych*, PhD in Technical Sciences, Professor (Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes of National University of Civil Protection of Ukraine);

**DEPUTY EDITOR** – *Pozdieiev Serhii Valeriiovych*, Doctor of Technical Sciences, Professor (Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes of National University of Civil Protection of Ukraine);

**EXECUTIVE SECRETARY** – *Shkoliar Yevhenii Volodymyrovych*, PhD in Psychological Sciences (Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes of National University of Civil Protection of Ukraine);

**EDITORIAL BOARD MEMBERS:**

*Abramov Yurii Oleksiiovych*, Doctor of Technical Sciences, Professor (National University of Civil Protection of Ukraine (Kharkiv))

*Akinshyn Valerii Dmytrovych*, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor (Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes of National University of Civil Protection of Ukraine);

*Anzhei Mizerskyi*, Doctor of Technical Sciences, Professor (The Main School of Fire Service (Warsaw, the Republic of Poland));

*Bielikov Anatolii Serafimovych*, Doctor of Technical Sciences, Professor (SHEE «Prydniprovsk State Academy of Construction and Architecture» (Dnipro));

*Vatulia Hlib Leonidovych*, Doctor of Technical Sciences, Docent (Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv));

*Vashchenko Viacheslav Andriiovych*, Doctor of Technical Sciences, Professor (Cherkasy State Technological University);

*Yezhy Volianin*, Doctor of Technical Sciences, Professor (The Main School of Fire Service (Warsaw, the Republic of Poland))

*Kyrychenko Oksana Viacheslavivna*, Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher (Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes of National University of Civil Protection of Ukraine);

*Kovalyshyn Vasyl Vasylovych*, Doctor of Technical Sciences, Professor (Lviv State University of Life Safety);

*Mazur Valerii Leonidovych*, Doctor of Technical Sciences, Professor (Physical and Technological Institute of Metals and Alloys of National Academy of Sciences of Ukraine (Kyiv))

*Martsin Knapinskyi*, Doctor of Technical Sciences (Czestochowa University of Technology (the Republic of Poland))

*Mosov Serhii Petrovych*, Doctor of Military Sciences, Professor (National Aviation University (Kyiv));

*Osypenko Vasyl Ivanovych*, Doctor of Technical Sciences, Professor (Cherkasy State Technological University);

*Pavel Kenpka*, Doctor of Technical Sciences (The Main School of Fire Service (Warsaw, the Republic of Poland));

*Semerak Mykhailo Mykhailovych*, Doctor of Technical Sciences, Professor (Lviv State University of Life Safety);

*Tarassenko Oleksandr Andriiovych*, Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher (National University of Civil Protection of Ukraine (Kharkiv));

*Khenrik Dya*, Doctor of Technical Sciences, Professor (Czestochowa University of Technology (the Republic of Poland));

**Khenrik Radomiak**, Doctor of Technical Sciences (Czestochowa University of Technology (the Republic of Poland));

**Valdemar Yaskolovskiy**, PhD in Technical Sciences (The Main School of Fire Service (Warsaw, the Republic of Poland));

**Zemlianskyi Oleh Mykolaiovych**, PhD in Technical Sciences, Docent (Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes of National University of Civil Protection of Ukraine);

**Kamliuk Andrii Mykolaiovych**, PhD in Technical Sciences, Docent (University of Civil Protection of the Ministry of Emergencies of the Republic of Belarus (Minsk));

**Nekora Olha Valeriivna**, PhD in Technical Sciences, Senior Researcher (Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes of National University of Civil Protection of Ukraine);

**Nuianzin Vitalii Mykhailovych**, PhD in Technical Sciences (Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes of National University of Civil Protection of Ukraine);

**Stas Serhii Vasylovych**, PhD in Technical Sciences, Docent (Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes of National University of Civil Protection of Ukraine);

**Parmon Valerii Viktorovych**, PhD in Technical Sciences, Docent (University of Civil Protection of the Ministry of Emergencies of the Republic of Belarus (Minsk));

**Polievoda Ivan Ivanovych**, PhD in Technical Sciences, Docent (University of Civil Protection of the Ministry of Emergencies of the Republic of Belarus (Minsk));

**Shvydenko Andrii Valeriiovych**, PhD in Technical Sciences, Docent (Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes of National University of Civil Protection of Ukraine).

**TECHNICAL EDITOR – Riabokon Viktoriia Viktorivna**, PhD in Pedagogical Sciences (Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes of National University of Civil Protection of Ukraine).

**EDITOR OF TECHNICAL TEXTS WITH KNOWLEDGE OF ENGLISH – Khriapak Serhii Oleksandrovysh**, PhD in Philological Sciences (Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes of National University of Civil Protection of Ukraine).

**Наукове видання**

**УДК 614.8  
Н 17**

Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація :  
збірник наукових праць. – Черкаси: ЧІПБ ім. Героїв  
Чорнобиля НУЦЗ України, 2017. – № 2. – 138 с.

Підписано до друку 30.12.2017.  
Ум. друк. арк. 17,5. Обл.-вид. арк. 10,55.  
Зам. № 98.  
Черкаський інститут пожежної безпеки  
імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України  
18034, м. Черкаси, вул. Онопрієнка, 8.