ISSN 2079-9969

НАУКОВИЙ ВІСНИК УкрНДІПБ

№ 2 (28), 2013

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

Редакційна колегія:

головний редактор ***Кропивницький В.С.***
заст. головного редактора
канд. техн. наук ***Коваленко В.В.***

науковий редактор
д-р техн. наук ***Жартовський В.М.***
заст. наукового редактора
канд. техн. наук ***Антонов А.В.***

д-р фіз.-мат. наук ***Акіньшин В.Д.***
д-р техн. наук ***Ващенко В.А.***
д-р техн. наук ***Губарєв О.П.***
д-р техн. наук ***Демчина Б.Г.***
д-р техн. наук ***Кашуба О.І.***
д-р техн. наук ***Ковалишин В.В.***
д-р техн. наук ***Копилов Н.П. (Росія)***
д-р техн. наук ***Круковський П.Г.***
д-р техн. наук ***Мамаєв В.В.***
д-р техн. наук ***Пашковський П.С.***
д-р техн. наук ***Поздєєв С.В.***
д-р техн. наук ***Рак Ю.П.***
д-р техн. наук ***Рудник Є. (Польща)***
д-р техн. наук ***Семерак М.М.***
д-р техн. наук ***Сидорчук О.В.***
д-р техн. наук ***Хасанов І.Р. (Росія)***
д-р мед. наук ***Шафран Л.М.***
канд. хім. наук ***Білкун Д.Г.***
канд. техн. наук ***Боровиков В.О.***
канд. техн. наук ***Дунюшкін В.О.***
канд. техн. наук ***Новак С.В.***
канд. техн. наук ***Огурцов С.Ю.***
канд. техн. наук ***Сізіков О.О.***
канд. техн. наук ***Соколенко К.І.***
технічний редактор ***Несенюк О.О.***

Заснований у 2000 році
Виходить 2 рази на рік

Засновник
Український науково-дослідний інститут пожежної безпеки (УкрНДІПБ) МНС України
Видавець
Український науково-дослідний інститут цивільного захисту (УкрНДІЦЗ)

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

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

У разі передруковування матеріалів письмовий дозвіл УкрНДІЦЗ є обов'язковим

Рекомендовано до видання рішенням науково-технічної ради УкрНДІЦЗ України

Протокол від 19.12.2013 № 12

Адреса редакції:
01011, м. Київ, вул. Рибальська, 18
Телефон:
(+380 44) 280-18-01
http://undicz.mns.gov.ua
e-mail: nti@mns.gov.ua,undicz@mns.gov.ua

Підписано до друку 19.12.2013

Формат 60 × 84/8.
Наклад 100 прим.

© УкрНДІЦЗ, 2000 – 2013

ЗМІСТ

Я. Збоина, Я. Келин, Ю. Мазур
Передовые информационные и коммуникационные технологии поддержки проектирования спасательной системы на уровнях: населенный пункт, район, область — **5**

Н. В. Корепанова, С.С. Замислов, Г.П. Перепелятников, О.В. Невінчаний
Аварійно-рятувальні роботи під час ліквідування надзвичайних ситуацій унаслідок аварій з викиданням радіоактивних речовин — **12**

В.С. Кропивницкий, А.А. Ковалев
К вопросам обоснования технических требований и оснащения речного пожарного катера — **17**

Ю.Н. Ревякина
Экспериментальные исследования комплексного влияния физико-химических свойств воздуха на процесс его регенерации — **21**

Ю.С. Иванов
Деятельность и разработки Научно-исследовательского института пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций МЧС Республики Беларусь — **29**

А.И. Кодрик, С.А. Никулин, М.А. Никулин
К вопросу утилизации нефтяных загрязнений на водной поверхности и под водой — **35**

С.В. Новак, Л.Н. Нефедченко, В.В. Коваленко
Нормативное обеспечение определения пожарной опасности внешних стен с фасадной теплоизоляцией — **39**

В.В. Присяжнюк, О.П. Жихарєв, О.М. Крикун, С.П. Савинський, М.В. Єрмаков
Критерії утворення державних пожежно-рятувальних підрозділів (частин) оперативно-рятувальної служби цивільного захисту в адміністративно-територіальних одиницях України — **46**

С.М. Чумаченко, С.В. Валуйський
Дослідження впливу параметрів навколишнього середовища та типу обладнання повітряних суден державної служби України з надзвичайних ситуацій на ефективність авіаційного радіотехнічного пошуку — **53**

В.В. Шаповал
Підвищення рівня захищеності пожежних автомобілів локальним бронюванням — **62**

Р.В. Ліхньовський
Тест-системи. Перспективи застосування — **65**

С. П. Греков, И.Н. Зинченко, В.З. Брюм
Прогноз параметров пожара по данным мониторинга на исходящих струях в горных выработках — **69**

CONTENTS

Ya. Zboina Ya. Kelin, J. Mazur
Advanced information and communication technology design support system at the rescue: city, state or region — **5**

N. Korepanova, S. Zamyslov, G. Perepelyatnykov, O. Nevinchanyy
Rescue work during emergencies liquidation as a result of accidents involving the ejection of radioactive substances — **12**

V. Kropivnitsky, A. Kovalev
Regarding the validity of technical requirements and equipment of the river fire boat — **17**

J. Revyakina
Experimental research complex influence of physical and chemical properties of air on its regeneration process — **21**

Y. Ivanov
The main activities and achievements of Research institute of the fire safety and emergency situation of Belarus Republic — **29**

A. Kodryk, S. Nikulin, M. Nikulin
Oil polution utilization problems on water surface and under water — **35**

S. Novak, L. Nefedchenko, V. Kovalenko
Regulatory support definition of fire danger of external walls with façade insulation — **39**

V. Prysiazhnyuk, O. Zhikharev, O. Crikun, S. Savynskyy, M. Ermakov
Criteria education state fire and rescue units (parts) resque civil defence in administrative-territorial units Ukraine — **46**

S. Chumachenko, S. Valyisky
Research of influence of the parameters of the environment and equipment type aircraft civil service of Ukraine for emergency situations in search of efficiency airport radio systems — **53**

V. Shapoval
The increases level protecting of fire cars local reserving — **62**

R. Likhnyovskiy
Test systems. Future use — **65**

S. Greeks, I. Zinchenk, V. Bryum
Fire weather parameters according to monitoring the casting in mines — **69**

Я.Б. Кирилів, І.Л. Ущапівський
Аналіз технічного стану пожежних насосів, що мають засмічення робочого колеса шляхом вібродіагностики **74**

Ya. Kiriliv, I. Uschapivsky
Method of checking of results homogeneity of laboratory tests in the field of fire safety

В.В. Ковалишин, Т.Б. Юзьків, Ю.В. Гуцуляк, В.В. Артеменко
Експериментальне визначення межі вогнестійкості збірних залізобетонних східчастих складок **82**

V. Kovalyshyn, T. Yuzkiv, J. Hutsulyak, V. Artemenko
Experimental determination of the fire resistance of precast concrete folds

О.М. Ларін, Г.О. Чернобай, С.Ю. Назаренко
Визначення поздовжньої жорсткості рукаві з внутрішнім діаметром 51 мм, якими оснащуються пожежні автомобілі **89**

O. Larin, G. Chernobay, S. Nazarenko
Definition longitudinal stiffness sleeve with inner diameter of 51 mm, which are equipped with fire truck

В.Б. Лоїк
Аналіз проектів і програм регіонального розвитку на прикладі міста Львова в умовах надзвичайних ситуацій **95**

V. Loik
Analysis of projects and programs of regional development in emergencies on the example of Lviv

Б.В. Штайн, Б.В. Болібрух
Результати стендових досліджень теплозахисних показників якості захисного одягу USP 2-2 в мобільному тренажері «Егерія-2000» **103**

B. Stayn, B. Bolibrukh
Determination of undersuit space temperature regimes of heat resistant clothing of a firefighter while fighting fires in enclosures

С.А. Виноградов, М.О. Консуров, В.В. Калабанов
Розробка системи вимірювання швидкості високошвідкисних водяних струменів **111**

S. Vinogradov, M. Konsurov, V. Kalabanov
Development of measuring system for highspeed water jet

Д.П. Войтович
Шляхи підвищення рівня підготовки керівного складу підрозділів оперативно-рятувальної служби **115**

D. Voytovych
Ways of improve the preparation of management staff units

В.В. Астанін, О.І. Олефір, Г.О. Щегель, В.В. Шаповал, В. С. Олефір
Полігонні дослідження спричинених пожежею і вибухом ударних пошкоджень **122**

V. Astanin, A. Olefir, G. Schegel, V. Shapoval, V. Olefir
Firing ground researches of initiated with fire and explosion impact damages

А.Г. Виноградов
Методика розрахунків параметрів водяних завіс на основі теорії затоплених струменів **127**

A. Vinogradov
Calculation method of water curtain parameters on basis of the submerged jet theory

М.А. Скидан, О.М. Євдін
Організаційні основи надання екстреної медичної та домедичної допомоги під час надзвичайних ситуацій **140**

M. Skidan, O. Evdin
Organizational framework for emergency medical first aide

В.В. Ковалишин
Перевірка на адекватність моделювання процесів розвитку і гасіння пожеж в кабельних тунелях (в обмежених об'ємах) **147**

V. Kovalyshyn
Check the adequacy modeling of development and extinguishing fires in cable tunnels (in a limited volume**)**

В.В. Хижняк, С.П. Куліков
Оцінювання вартісних показників авіаційного пошуку з використанням безпілотних літальних апаратів **153**

V. Khyzhniak, S. Kulikov
Estimation of cost indexes of aviation search using unmanned aerial vehicles

А.Ф. Никулин, А.Н. Титенко
Комплекс средств автоматизации в составе мобильной установки по производству терморасширенного графита **164**

A. Nikulin, A. Titenko
Complex of facilities of automation in composition the mobile plant for the production of the thermally expaned graphite

В.В. Ніжник
Визначення параметрів подавання води з системи пожежогасіння в підкупольних дерев'яних конструкціях культових споруд **168**

V. Nizhnyk
Determination of parameters of water with feed in extinguishing system pidkupolnyh wood construction of religious buildings

И.Н. Грицына, С.А. Виноградов, Н.О. Консуров
Высокоскоростные струи жидкости как средство гидроразрушения элементов строительных конструкций при проведении аварийно-спасательных работ **173**

I. Gritsyna, S. Vinogradov, N. Konsurov
High as a means of liquid jet gidrorazrusheniya elements during construction rescue operations

Р.І. Кравченко, О.В. Савченко, В.В. Ніжник
Інформаційний пошук як ресурс технічного регулювання у сфері цивільного захисту **178**

R. Kravchenko, O. Savchenko, V. Nizhnyk
Information search as a resource technical regulation in the field of civil protection

Г.П. Перепелятніков, О.М. Євдін, О.П. Яцюк
Нормативне та методичне забезпечення сфери цивільного захисту **183**

G. Perepelyatnikova, O. Yevdin, A. Yatsyuk
Normative and methodological provision of civil protection

Р.В. Климась
Ефективність застосування дослідно-випробувальними лабораторіями фізико-хімічних методів дослідження пожеж **189**

R. Klymas
Determination of the efficiency of application of physical and chemical methods purposed to the research of fires by research and testing laboratories

В.К. Костенко, Е.Л. Завьялова, Д.А. Козырь, Б.Б. Бандурян
Анализ влияния внешних факторов на результаты тепловизионного контроля очагов горения на породных отвалах **194**

V. Kostenko, E. Zavyalova, D. Kozyr, B. Banduryan
Analysis of the influence of external factors on results thermal control centers for burning dumps

В.К. Словінський
Обґрунтування методу розв'язку міцнісної задачі при розрахунковій інтерпретації результатів вогневих випробувань залізобетонних колон **203**

V. Slovinskiy
Ground of the method of decision of strenght task during calculation interpretation of results of fire tests of reinforced concrete columns

С.В. Жартовський, О.В. Добростан
Дослідження ефективності вогнезахисту дерев'яних конструкцій дахів в полігонних умовах **210**

S. Zhartovskiy, A. Dobrostan
Choice of a method of quality level estimation of fire retardant treatment of wooden building constructions

О.Ф. Нікулін, С.М. Чумаченко, В.С. Кропивницький
Шляхи підвищення ефективності застосування пожежно-рятувального катеру UMS-1000 за рахунок легкого безпілотного авіаційного комплексу **214**

A. Nikulin, S. Chumachenko, V. Kropivnizki
Ways of improving the efficiency of fire and rescue boats UMS-1000 due to light unmanned aviation systems

С.В. Новак, О.П. Якименко, М.Б. Григор'ян
Методичне забезпечення застосування експериментально-розрахункового методу визначення вогнезахисної здатності покриттів залізобетонних оправ тунельних споруд **223**

S. Novak, O. Yakimenko, M. Grigor'yan
Methodical ensuring of application of an experimental and calculation method for the determination of fire retardant capability of the coatings of ferroconcrete cases for tunnel structures

З.В. Андрусяк
Обґрунтування методу оцінки показників якості газохімзахисного костюму **232**

Z. Andrusyak
Rationale evaluation method of quality for suit which protect against exposure to chemicals

С.Ю.Огурцов, С.Д. Кухаришин
Дослідження тенденцій технічного розвитку індивідуальних електронних приладів безпеки пожежників-рятувальників **238**

S. Ogurtsov, S. Kukharishyn
Study of technical trends electronic devices safety firefighter to the rescue

А.В. Антонов, І.Г.Стилик
Методи випробувань вогнегасних порошків з визначення їх вогнегасної здатності за класом пожежі Д **242**

A. Antonov, I. Stylyk
Test methods for dry chemical powders for the determination of their fire extinguishing capability for D - class of fire

АНОТАЦІЇ **249** **ANNOTATIONS**

УДК 614.84

Я. Збоина, Я. Келин,Ю. Мазур

ПЕРЕДОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДДЕРЖКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СПАСАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НА УРОВНЯХ: НАСЕЛЕННЫЙ ПУНКТ, РАЙОН, ОБЛАСТЬ

Представлена фактическая информация о ходе осуществления научно-исследовательского проекта «Передовые информационные и коммуникационные технологии поддержки проектирования спасательной системы на уровнях: населенный пункт, район, область».

Ключевые слова: проектирование, спасательная система, проект, пожарная охрана, безопасность, базы данных, информационные технологии, инструменты, огонь, пожар, требования, база потребителей, SWD-ST, программное обеспечение.

Y.Zboyna,Y.Kelin,Y.Mazur

ADVANCED TELECOMMUNICATION TECHNOLOGIES ASSISTS OF DESIGNING A RESCUE SYSTEM ON THE LEVELS: MUNICIPALITY, COUNTY, STATE

The article describes factual assumptions as well as realisation progress of the scientific and research project entitled «Advanced telecommunication technologies assists of designing a rescue system on the levels: municipality, county, state».

Keywords: designing, rescue system, project, fire department, security, data bases, information technologies, tools, accident, incident, fire, requirements, user base, SWD-ST, software.

Угроза для жизни, здоровья и имущества людей порой возникает совершенно неожиданно. В настоящее время, невозможно точно предсказать возможность возникновения чрезвычайной ситуации, просчитать степень опасности и риска и тем более ее последствия. С учетом этого подразделения противопожарной защиты должны быть готовы действовать в различных неблагоприятных условиях, т.е обычных событиях, кризисных ситуациях, а также квалифицированных (чрезвычайных). Они также должны быть готовы к отражению широкого спектра угроз, которые упрощенно можно разделить на пожары и локальные угрозы. Если относительно пожара не возникает вопросов, то в отношении концепции локальных опасностей не всё так ясно, поскольку она может включать в себя деятельность, касающуюся от спасения кошки с дерева до взрыва бомбы во время массового мероприятия. Пожарную команду вызывают на каждое из этих событий, на них возложены функции координации, руководства либо поддержки на различных уровнях: региональном, ведомственном и муниципальном.

Ежегодные тревожные статистические данные, касающиеся увеличения количества пожаров, катастроф и неожиданных катаклизмов, которые ведут к увеличению числа погибших, указывают на несовершенную систему гражданской защиты, в том числе и в противопожарной защиты. В табл.1 приведены основные показатели статистики пожаров.

Интенсивное развитие инфраструктуры и появление новых инновационных технологий, кроме повышения уровня жизни, также привело к увеличению количества критических событий. Эти ситуации приводят к возникновению в регионе широкого спектра проблем, касающихся противопожарно-спасательных подразделений:

- их малому количеству на данной территории;
- неблагоприятного малоэффективного размещения подразделений;
- несоответствующее реальной необходимости обеспечение оборудованием;

– нехватке должным образом подготовленных кадров и т.д.

Похоже,что далеко не во всех регионах страны система противопожарной защиты является совершенной.

Таблица 1 — Статистические данные количества пожаров с участием людей.

Год	Числопожаров	Числопогибшихвовремяпожара	Приблизительное число пострадавших во время пожара (в том числе отравления)	
			тяжелые	легкие
2001	116 602	481	4800	48000
2002	151 026	487	4900	49000
2003	220 855	521	5200	52000
2004	146 728	446	4500	45000
2005	184 316	543	5400	54000
2006	165 190	568	5600	56000
2007	151 069	553	5500	55000
2008	161 744	534	5300	53000
2009	159 122	584	5800	58000
2010	135 555	525	5250	52500
2011	171 794	585	5850	58500
средняя	160 364	530	5 282	52 818
1 жертва/потерпевший на число n пожаров		**303**	**30**	**3**

Иногда в определенной части территории довольно часто происходят инциденты, такие, как дорожно-транспортные происшествия, нет в наличии достаточного количества спасательного оборудования или средств для выполнения спасательных и пожаротушащих действий либо времени, требуемого на прибытие к месту ДТП, превышает возможное из-за неблагоприятного размещения подразделения (проезды через многолюдные улицы, многочисленные пересечения, районы с расположением школ, крупных торговых центров и т.д.). Это все указывает на то, что спасательная система не отвечает необходимым требованиям. Стремясь к улучшению качества спасательной системы надо основываться на передовых информационных технологиях и соответствующем программном обеспечении, которые способны учитывать малейшие детали, анализировать их и представлять варианты решений.

Во время многочисленных дискуссий и конференций, а также заседаний начальников и комендантов противопожарных служб вопрос относительно надлежащей разработки спасательной системы и размещения противопожарных подразделений часто был приоритетным вопросом.

Эта тематика появилась в списке Национального Центра Исследований и Развития (NCBiR) в прошлогоднем конкурсе 3/2012 под названием "Передовые информационные и коммуникационные технологии для поддержки проектирования спасательной системы на уровнях: населенный пункт, район, область"

Проект реализует консорциум из 5 организаций, одна из которых является Лидером (рис.1).

	SGSP – Лидер проекта www.sgsp.edu.pl
CNBOP-PIB	**CNBOP-PIB**
Uczelnia Heleny Chodkowskiej	**WSZiP – Wyższa Szkoła Zarządzania i Prawa** http://www.chodkowska.edu.pl
asseco POLAND	**ASSECO POLAND Sp. z o.o.** http://asseco.com/pl
iTTi e-technologies & business	**„ITTI e-technologies & business”** http://www.itti.com.pl

Рисунок 1 — Консорциум проекта

Последние две организации это информационные компании, которые на основании разработанных данных предложат телеинформационные решения вышеупомянутых проблем. Проект полностью финансируется NCBiR.

Задачами проекта являются:

• разработка и анализ реальных потребностей конечного пользователя основывается на операционных показателях и характеристиках функционирования пожарной охраны;

• разработка программных средств для поддержки исследований существующих баз данных и создания нового принципа для расширенных баз данных;

• разработка и внедрение программного обеспечения ИКТ для поддержки проектирования спасательной системы на уровнях: населенный пункт, район, область;

• анализ и разработка методов и моделей оценки опасностей и рисков наряду с методом генерации карт для данной области и по типу этих событий;

• программное обеспечение методологии и моделей для диагностики существующей спасательной системы на уровне: населенный пункт, район, область;

• разработка методов оптимального размещения спасательных и дополнительных служб помощи на уровне села, района и области;

• анализ и разработка методов и стандартов оказания первой неотложной помощи;

• разработка мобильного применения для более эффективного информирования общественности о правилах безопасного поведения во время чрезвычайной ситуации;

• разработка и внедрение методической и предметной подготовки электронного обучения / изложений для конечных пользователей и системных администраторов;

• проведение демонстрации программного обеспечения в практических условиях;

• разработка технической документации системы и программного обеспечения.

Реализация задач проекта была разделена на два этапа: научные исследования и разработка.

• этап научных исследований - получение VI уровня технической готовности - это задачи: VI.1,2,3,4,5,6,7,8;

• этап разработки - получение VIII уровня технической готовности - это задачи: VIII.1,2,3,4,5,6.

Этап научных исследований – это прежде всего когнитивно-аналитические мероприятия относительно спасательной системы и ее проектирования. Эти работы необходимы для надлежащего, основного достижения главной цели проекта и конкретных

задач. Этап научных исследований имеет целью выполнение задач в определенных интервалах времени.

Этап научных исследований – это прежде всего действия программного обеспечения в отношении выполнения разработанных раньше методологий, моделей, данных и баз данных на VIII технологическом уровне, включая проверку и тестирование. Эта работа определит окончательную разработку проектного замысла, то есть программного обеспечения (инструмента) для поддержания проектирования спасательной системы на уровне: села, района и области.

Второй этап разработки проекта содержит уже практические задания:

Методология исследования разрабатывается непосредственно исходя из постановки задач. Первоначально проводятся аналитические работы и исследования потребительских требований, потом исследуются базы данных, затем исследованию подвергается лабораторная модель, включающая избранные критерии функциональности, а затем тест демонстратора. Каждая лабораторная задача выполняется с использованием другой методологии.

В рамках проекта будут проводиться исследования в области новых технологий, которые будут способствовать построению и последующему оптимальному использованию конечным потребителем программного обеспечения. Телеинформационный инструмент (программное обеспечение) для поддержки проектирования спасательной системы ИКТ на уровнях: деревни, района, области будет принимать во внимание использование разработанных в соответствии с проектом процедур, правил, методологий и моделей. Эти исследования необходимы для того, чтобы демонстратор был разработан и сделан в соответствии с новейшей методологией и стандартами создания и документирования процессов построения программного обеспечения.

Во время реализации проекта предусматривается использование широкого спектра коммуникационных и сетевых технологий, в том числе телеметрии, предназначенных для интеграции, поддержки и мониторинга существующих спасательных систем. Необходимо будет разработать системы баз данных для сбора информации об исторических данных и ресурсах спасательной системы, чтобы контролировать ее текущее состояние. Эти базы данных будут характеризоваться большим числом простой реализации операций распознавания и записи, учитывая целостность (соответствие) данных в многочисленной пользовательской среде и высокой эффективностью работы.

Записи, содержащиеся в базе данных, будут использоваться для оценки возможностей и проверки текущего состояния спасательной системы на различных уровнях (село, район, область). В результате, записи станут основой для разработки функциональных требований и ограничений ИКТ инструмента (программного обеспечения) для поддержания проектирования спасательной системы, необходимых в процессе ее разработки. Полученные требования (функциональные и нефункциональные) будут использованы для выбора признанной методологии проектирования системы и связанных с ним технологий.

Полезным будет использовать данные в процессах анализа, для создания и модификации, а также формулирования выводов относительно разработки и верификации спасательной системы.

Правильная подготовка для профилактики и борьбы с угрозами требует готовности соответствующих аварийных служб, которые будут в состоянии быстро принять соответствующие решения и действовать во время возникновения неблагоприятных событий. Возможность немедленного реагирования при появлении угрозы в значительной степени зависит от обеспечения логистических операторов НациональнойСистемы (KSRG). Соответствующее количество машин, готовых для использования во время инцидента, способствует обеспечению силами и средствами, необходимыми для проведения пожарных и спасательных операций во время чрезвычайной ситуации [1].

Благодаря этому, действия организаций KSRG позволяют обеспечить безопасность и сохранить здоровье людей, животных и минимизировать потери.

Эффективность логистических услуг и, следовательно, эффективность проведенных спасательных операций в значительной степени зависят от поддержки технической

готовности соответствующего числа и видов транспортных средств. Транспортные средства, участвующие в спасательных операциях, предназначены для транспортировки к месту и с места происшествия: спасателей, аварийно-спасательного оборудования, огнетушащих средств. Автомобили также могут быть использованы для эвакуации раненых и их имущества. Для случаев масштабных происшествий логистических задачи становятся еще шире. Они должны обеспечивать поддержку аварийно-спасательных служб, проживание, а также материально-техническую базу проведения спасательных операций.

Это обеспечение должно основываться на идентификации опасностей, появляющихся на охраняемой территории и рисках, т.е вероятности и последствиях. Достаточное количество транспортных средств и оборудования специального назначения должен иметь в своем распоряжении командный состав, который благодаря постоянным теоретическим и практическим обучениям должен обеспечить достаточно высокий уровень безопасности. Результат проекта будет направлен на разработку методов, которые применяются в реальных профилактических мерах, готовности и спасательных действиях пожарных. Проект позволит определить и утверждать методы, которые в последствии могут действовать автономно.

Результаты реализации проекта направлены на защиту жизни, здоровья и имущества человека, в частности:

– предотвращение и / или минимизацию возникновения и распространения пожара, стихийного бедствия или других местных опасностей;

– обеспечение надлежащих сил и средств для тушения пожара, стихийного бедствия или других опасностей;

– правильную организацию и проведение аварийно-спасательных работ во время пожаров, стихийных бедствий или ликвидации черезвычайных ситуаций;

– правильную идентификацию оперативных показателей (время тревоги, время выезда, время прибытия, продолжительность спасательных операций, время "сервиса" происшествия, время возвращения в подразделение, и т.д.);

– предметный анализ базы данных EWID (в настоящее время: SWD- ST) инструментами, поддерживающими исследование этих баз данных. Этот компонент поможет разработать методы определения оперативных возможностей в пожарной части, соответствующих видам деятельности и угрозам путем определения возможностей (эффективности) на основе анализа эксплуатационных параметров (указателей) , так чтобы можно было сравнить эффективность действия в случае того же типа угрозы (идентификация, анализ, оценка угрозы). Измеряя показатели действий можно количественно определить их эффективность;

– разработку методов и моделей для оценки опасностей и рисков, наряду с методом генерации карт для данной области и по типу этих событий. Будут обозначены зоны/районы, указывающие на различные уровни риска, изменяющиеся во времени (уровень опасности и риска в городских центрах, в общественных зданиях - школах, офисах, детских садах отличается в ночное время, когда эти учреждения не функционируют). Исследования, проведенные в рамках проекта также могут дать ответ на вопрос, что нужно создать "временные посты" в местах очень высокого риска (разработка методов оптимального размещения спасательных служб и служб помощи для села, района и области);

– разработку методологий и моделей для диагностики существующей спасательной системы на уровне села, района и области;

– разработку рекомендаций по внедрению в стране стандартов первой спасательной помощи, чтобы при надлежащем уровне была предоставлена эффективная помощь;

– развитиеинформационных материалов для повышения осведомленности общественности о правилах безопасного поведения в момент опасности. Современная система спасания требует системного подхода к повышению уровня своих знаний и ответственности граждан в условиях угроз. (как вести себя в условиях риска, как оказать первую помощь, как подготовить себя, свою семью и дом к химической угрозе, жаре, наводнению, эпидемии и т.д.);

– разработку и внедрение электронного обучения / конспектов для конечных пользователей и системных администраторов указывающих на необходимость и использование проектирования спасательной системы.

Разработанные методы, базы данных, аппликации, модели помогут проектированию и реализации основных спасательных заданий и приспособят их к специфике данного вида случаев, а также стихийных бедствий.

Результаты проекта повлияют не только на лучшую организацию и подготовку пожарной охраны, но непосредственно посодействуют большой экономии финансовых ресурсов.

Результаты проекта будут представлять существенный инструмент проектирования, планирования и организации спасательной системы и внедрения профилактических действий, способствуя тем уменьшению уровня угроз.

Реализация проекта отвечает актуальным и реальным потребностям нынешней реальности, прежде всего в пространствах управления безопасностью. Современное управление в какой-либо отрасли требует соответствующих инструментов.

В отрасли гражданской безопасности возможности использования инструментов в виде компьютерных программ, облегчающих идентификацию угроз, анализ имеющихся данных, а также принятие объективных и экономически эффективных решений могут оказаться бесценными. Те инструменты относятся также к обеспечению безопасности, делая возможным эффективное и более точное распознавание возможных дисфункций данного сообщества.

Конечный результат проекта посодействует улучшению управления безопасностью, выгодно влияя на качество спасательной системы. Каждая спасательная система складывается из связанных с собой организационно, функционально и заданиями единиц/учреждений, которые благодаря эффекту синергизму должны лучше действовать, лучше функционировать, лучше защищать граждан.

Инструмент (программное обеспечение), который появится в результате проекта, одинаково послужит при проектированию спасательной системы, а также мобильной аппликации увеличения сознания общества относительно принципов безопасного поведения во время возникновения угроз.

Внедрение результатов исследований принесет выгоды в сфере:

– повышения уровня безопасности государства, как политического и общественного учреждения, людей, имущества и среды, а также увеличения качества охраны и защиты существования и национального развития, в том числе культурного, общественного и хозяйственного;

– укрепления позиции государства и его привлекательности на международной арене благодаря достижению соответствующего спасательного потенциала;

– роста доверия граждан к государству и гарантии квалифицированной реакции на угрозы;

– получения экономичного эффекта благодаря рациональному ведению хозяйства с людскими и материальными ресурсами, а также расходования финансовых средств на цели безопасности;

– повышения уровня безопасности в таких отраслях, как: химическая, экологическая, высотная, водная, техническая и другие безопасности, указывая направления необходимых усовершенствований организационной, нормативной, функциональной и технологической среды;

– совершенствования механизмов, реализующих гарантии безопасности с учетом развития страны;

– получения эффектов научного и образовательного характера, указывая, соответственно: направления основных исследований, развития сознания, а также профилактических спасательных и экологических положений, обеспечение граждан необходимыми знаниями, умениями и навыками, которые повышают уровень личной и общественной безопасности;

– получения системного эффекта, следовательно увеличения качества результата действий и повышения эффективности управления и координации, в том числе: улучшение эффективности проектирования спасательной системы и финансового управления ею;

– высокой готовности к действию независимо от уровня риска возникновения угрозы.

В результате реализации проекта возникнет инновационное телеинформатическое программное обеспечение, поддерживающее проектирование спасательной системы на разных административных уровнях, опираясь на существующих (SWD-ST) и запроектированных базах данных.

Программное обеспечение обеспечит методики и модели, которые позволяют диагнозировать нынешнюю спасательную систему на уровне: села, района и области, а также позволит оценить уровень обеспечения спасательной помощью.

Результаты Проекта главным образом направлены для публичной администрации, службы, охраны и инспекций, которые принимают действующее участие в проектировании, реализации и управлении спасательной системой либо сотрудничающими системами с этой системой на разных уровнях (интервенционным, тактическим и стратегическим). Среди этих учреждений можно перечислить такие:

– Государственная Пожарная Охрана;

– Добровольная Пожарная Охрана;

– служащие, пожарные и инспекции, осуществляющие деятельность в сфере спасательной системы, функционирующие в пределах областей, районов и сел;

– заводскаяпожарная охрана;

– заводская спасательная служба;

– военная служба противопожарной охраны;

– внеправительственные организации, сотрудничающие в рамках спасательной системы;

– другие связанные учреждения, имеющие влияние на местную безопасность и безопасность государства.

Важным получателем результатов результатов реального применения телеинформатического инструмента, помогающего проектированию спасательной системы, являются органы публичной администрации, такие как:

– губернаторы областей, а следовательно, отделы безопасности и кризисного управления областных учреждений, областные коллективы и центры кризисного управления;

– губернаторы (мэры городов с правами района), компетентные ведомства по вопросам кризисного управления в поселках (городах), районные (городские) группы и центры управления в чрезвычайных ситуациях;

– глава сельского совета (в сельских местностях), соответствующие отделы по делам кризисного управления главы сельсовета (села, деревни), селькие коллективы и центры кризисного управления

Проект непосредственно связан с обеспечением соответствующего уровня безопасности государства. Составленная в заглавии спасательная система определяется как элемент нацбезопасности. Целью спасательной системы является охрана жизни, здоровья, имущества и окружающей среды путем борьбы с пожарами и другими стихийными бедствиями при помощи спасательной технической, химической, экологической и медицинской служб. Главным принципом системы есть создание целостной и связной структуры, сосредоточивающей связанных с собой разных спасательных субъектов, так, чтобы можно было эффективно провести каждое спасательное действие.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. МазурР.,Квасиборски А. OCENA STOPNIA BEZPIECZEŃSTWA W ASPEKCIE STATYSTYK ZDARZEŃ ZA LATA 2007-2012. POŻARY Kwartalnik CNBOP- PIB „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza” 2013/2, s. 17-22.

❖❖❖

УДК 006; 614.8; 331.46: 502. 34/.37

Н. В. Корепанова, С.С. Замислов,д-р. біол. наук, Г.П. Перепелятников, О.В.Невінчаний

АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНІ РОБОТИ ПІД ЧАС ЛІКВІДУВАННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ УНАСЛІДОК АВАРІЙ З ВИКИДАННЯМ РАДІОАКТИВНИХ РЕЧОВИН

Проведеноаналіз досвіду ліквідування надзвичайних ситуацій унаслідок аварій з викиданням радіоактивних речовин в Україні та за її межами, та також аналіз нормативних документів джерел з цьогопитання.

Ключові слова: аварійно-рятувальні роботи, ліквідування надзвичайних ситуацій, аварій з викиданням радіоактивних речовин.

N. Korepanova, S. Zamyslov,Doc. ofSc. (Biolog.), G. Perepelyatnykov, O. Nevinchanyy

RESCUEWORKDURINGEMERGENCIESLIQUIDATION AS A RESULT OF ACCIDENTS INVOLVING THE EJECTION OF RADIOACTIVE SUBSTANCES

The analysis of the experience of liquidation of emergencies resulting from accidents ejection of radioactive substances in the Ukraine and abroad, and also analyzes the sources of regulations on the subject.

Keywords: Search and rescue activities, elimination of emergencies, accidents ejection of radioactive substances.

Радіаційні аварії належать до найбільш небезпечних і складних надзвичайних ситуацій техногенного характеру, оскільки пов’язані з труднощами ліквідування їх наслідків.

Роботи, які проводять під час ліквідування аварій з викиданням радіоактивних речовин, є найбільш складним і специфічним видом аварійно-рятувальних робіт. Це, в першу чергу, пов’язано з необхідністю залучення сил цивільного захисту від різних відомств, спеціальної підготовки особового складу, суворого дотримання послідовності та порядку виконання робіт і норм радіаційної безпеки на всіх етапах їх ведення.

Досвід ліквідування надзвичайних ситуацій унаслідок аварій з викиданням радіоактивних речовин в Україні та за її межами показує, що проведення аварійно-рятувальних робіт у зонах радіоактивного забруднення обумовлює необхідність виконання комплексу відповідних заходів під час проведення цих робіт формуваннями цивільного захисту.

В Україні заходи з ліквідування наслідків радіаційних аварій або локальних радіаційних забруднень здійснюють, в основному, на підставі нормативно-правових актів, розроблених з метою правового врегулювання дій територіальних і функціональних підсистем єдиної державної системи цивільного захисту («Кодекс цивільного захисту» [1], «План реагування на надзвичайні ситуації державного рівня» [2], «План реагування на радіаційні аварії» [3] та ряд інших). Положення цих нормативних актів мають узагальнений характер і не відображають специфіки безпосереднього проведення аварійно-рятувальних робіт на забрудненій радіоактивними речовинами території.

Відповідно до вимог вищезазначених нормативних актів територіальні і функціональні органи управління центральних і місцевих органів влади заінтересованих підприємств та організацій розробляють окремі плани реагування на радіаційні аварії на підвідомчій території, згідно з якими залучають сили цивільного захисту до ліквідування наслідків надзвичайних ситуацій.

Аналіз відомчих нормативних документів ДСНС України, Мінохороніздоров'я, Мінінфраструктури, Держядеррегулювання показав, що питання участі формувань цивільного захисту в проведенні аварійно-рятувальних робіт у зоні радіоактивного забруднення визначено за окремими напрямами (методика спостережень щодо оцінки радіаційної обстановки, індивідуальний дозиметричний контроль, організація постів радіаційного спостереження, режими діяльності рятувальників у ЗІЗ, норми радіаційної безпеки, правила безпеки при перевезенні радіаційно-небезпечних вантажів і поводження з радіоактивними відходами та інше), які в умовах ведення аварійно-рятувальних робіт на забруднених радіоактивними речовинами територіях можна використати тільки як розрізнені частки цілого комплексу заходів, які повинні виконуватись у певній послідовності.

Аналіз російських джерел інформації показав, що в Російській Федерації розроблено стандарти та нормативні документи, в яких встановлено загальні вимоги до аварійно-рятувальних робіт під час ліквідування наслідків радіаційних аварій, зокрема такі як: міждержавний стандарт ГОСТ 22.8.06-2002 Безопасность в чрезвычайныхситуациях. Аварийно-спасательные работы при ликвидации последствий аварий на радиационно опасных объектах. Общие требования [5], Методические рекомендации по ликвидации последствий радиационных и химических аварий [6], які базуються виключно на положеннях російських стандартівта нормах російського законодавства.

В Україні немає нормативного документа, який узагальнював би рекомендації щодо порядку та послідовності виконання комплексу заходів під час проведення аварійно-рятувальних робіт першим ешелоном «ліквідаторів» на забрудненій радіоактивними речовинами території.

Виходячи з аналізу сучасного стану проблеми, виникла потреба у проведенні досліджень, метою яких є: наукове обґрунтування вимог до проведення аварійно-рятувальних робіт під час ліквідування наслідків радіаційних аварій або локального радіоактивного забруднення території.

Об'єктом досліджень були загальні вимоги до проведення аварійно-рятувальних робіт під час ліквідування надзвичайних ситуацій унаслідок аварій з викиданням радіоактивних речовин (радіаційних аварій або локальних радіоактивних забруднень).

Для досягнення поставленої мети було визначено до розв'язання такі завдання:

− провести аналіз законодавчих та нормативних документів щодо ліквідування радіаційних аварій;

− проаналізувати досвід Російської Федерації;

− систематизувати інформацію;

− розробити проект стандарту ДСНС «Безпека у надзвичайних ситуаціях. Аварійно-рятувальні роботи під час ліквідування надзвичайних ситуацій унаслідок аварій з викиданням радіоактивних речовин», що включає розроблення першої редакції, розсилання її на відгуки, збір, оброблення та узагальнення відгуків, доопрацювання проекту стандарту з урахуванням оброблених відгуків.

У процесі роботи за результатами аналізу нормативних документів було визначено окремі види аварійно-рятувальних робіт у зоні радіоактивного забруднення.

Відповідно до Кодексу цивільного захисту, національних нормативних документів, аналітичних напрацювань відділу радіаційного і хімічного захисту та евакуаційних заходів Департаменту цивільного захисту ДСНС України та, з урахуванням особливостей проведення аварійно-рятувальних робіт у зоні радіоактивного забруднення, наведених у російських джерелах інформації, було виділено сім основних видів робіт, до проведення яких залучають сили та засоби територіальних і функціональних підсистем єдиної системи цивільного захисту:

− радіаційна розвідка;

− убезпечення населення і сил цивільного захисту, що залучені до аварійно-рятувальних робіт у зоні радіоактивного забруднення;

− пошук та рятування постраждалих;

− надання домедичної допомоги постраждалим;
− евакуювання постраждалих із зони радіоактивного забруднення;
− локалізування радіоактивного забруднення;
− дезактивація споруд, промислових об'єктів, техніки, обладнання.

Для побудови та викладення стандарту використано чинні в Україні нормативні документи у сфері радіаційної безпеки, основними з яких є:

НРБУ-97 [7], НРБУ-97/Д-2000, ОСПУ-2005 [8], ПБПРМ-2006, тощо.

На підставі аналізу відомчих національних та російських нормативних документів були напрацьовані заходи, які слід виконувати під час аварійно-рятувальних робіт в зоні радіоактивного забруднення, спрямовані на підвищення рівня оперативної взаємодії між різними спеціалізованими формуваннями сил цивільного захисту (розвідки, радіаційного контролю, медичного забезпечення, санітарного оброблення особового складу та спеціальної обробки техніки, оснащення та інших).

При цьому були використані такі нормативні документи: «Методика спостережень щодо оцінки радіаційної обстановки» [10]; «Інструкція про організацію індивідуального дозиметричного контролю» [11]; «Методичні рекомендації щодо планування і порядку проведення евакуації населення» [12]; «Статут дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту»[13]; ПБПРМ-2006 [14] та інші.

Систематизування цієї інформації дало змогу підготувати проект стандарту, що допоможе заповнити наявні прогалини на галузевому рівні у таких аспектах ведення робіт у зонах радіаційного забруднення як: організація пунктів спеціальної обробки; збирання, транспортування та тимчасове зберігання радіоактивних відходів, що виникли під час аварійно-рятувальних робіт; особливості надання домедичної допомоги та евакуювання постраждалих із зони радіоактивного забруднення.

Першу редакцію проекту СОУ 075.2-37535001-007:201_ «Безпека у надзвичайних ситуаціях. Аварійно-рятувальні роботи під час ліквідування надзвичайних ситуацій унаслідок аварій з викиданням радіоактивних речовин» було розглянуто та схвалено на засіданні науково-технічної ради УкрНДНЦ у вересні 2012 року і надіслано на розгляд до 11 заінтересованих організацій.

З урахуванням надісланих зауваг та пропозицій складено звід відгуків і розроблено остаточну редакцію проекту стандарту ДСНС, яка має таку структуру:

1. Сфера застосування
2. Нормативні посилання
3. Терміни та визначення понять
4. Основні положення
5. Загальні вимоги:
5.1. Радіаційна розвідка
5.2. Убезпечення сил, що залучені до аварійно-рятувальних робіт в зоні радіоактивного забруднення і населення
5.3. Пошук і рятування постраждалих
5.4. Надання домедичної допомоги
5.5. Евакуювання постраждалих із зони радіоактивного забруднення
5.6. Локалізування радіоактивного забруднення
5.7. Дезактивація споруд, промислових об'єктів, техніки, обладнання.

Додаток А. Форма карти індивідуального обліку дози опромінення

Додаток Б. Перелік оснащення автомобіля, призначеного для постійного перевезення вантажів з радіоактивними речовинами

Додаток В. Класифікація способів дезактивації

Додаток Г. Бібліографія.

Остаточну редакцію погоджено з Департаментом організації заходів цивільного захисту ДСНС, Департаментом реагування на надзвичайні ситуації ДСНС, Державним

агентством України з управління зоною відчуження, а також Технічним комітетом стандартизації ТК 40 «Страховий фонд документації».

На підставі проведених досліджень розроблено стандарт, у якимрегламентовано загальні вимоги до проведення аварійно-рятувальних робіт під час ліквідування надзвичайних ситуацій унаслідок аварій з викиданням радіоактивних речовин, які узгоджено з нормативно-правовими актами у сфері цивільного захисту.

Проект стандарту призначено для застосування центральним органом виконавчої влади, який забезпечує формування та/або реалізує державну політику у сфері цивільного захисту, силами цивільного захисту, органами управління всіх рівнів, які планують та організовують аварійно-рятувальні роботи на територіях (в зонах радіоактивного забруднення) під час ліквідування радіаційних аварій або локальних радіоактивних забруднень.

Застосування стандарту сприятиме підвищенню:

– безпеки рятувальників під час виконання аварійно-рятувальних робіт в зоні радіоактивного забруднення;

– ефективності робіт;

– рівня розуміння і оперативної взаємодії спеціалізованих служб різного підпорядкування, що забезпечує більшу ефективність їх використання.

Упровадження стандарту розширить нормативну базу у сфері цивільного захисту.

Результати роботи буде реалізовано після прийняття стандарту наказом ДСНС України з подальшої реєстрацією в НДІ стандартизації ДПУкрНДНЦ.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кодекс цивільного захисту від 02.10.2012 № 5403-VI
2. План реагування на надзвичайні ситуації державного рівня, затверджений Постановою Кабінету Міністрів України від 16.11.2001№ 1567
3. План реагування на радіаційні аварії, затверджений наказом Державного комітету ядерного регулювання України та МНС України від 17.05.2004 № 87/211, зареєстрований в Міністерстві юстиції 10.06.2004р. за № 720/9319
4. ДСТУ 7098:2009 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Ліквідування надзвичайних ситуацій та їх наслідків. Загальні положення
5. ГОСТ Р 22.8.06-99 Безопасность в чрезвычайныхситуациях. Аварийно-спасательныеработы при ликвидациипоследствийаварий на радиационноопасныхобъектах. Общиетребования
6. Методическиерекомендации по ликвидациипоследствийрадиационных и химическихаварий. Подобщейредакцией доктора технических наук В.А. Владимирова. Москва, 2005 г.
7. НРБУ-97 Норми радіаційної безпеки України, затверджені Постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01.12.1997 № 62
8. ОСПУ-2005 Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України, затверджені Наказом МОЗ України від 02.02.2005 № 54, зареєстрований в Міністерстві юстиції 20.05.2005 за № 552/10832
9. СОУ МНС 75.2-00013528-006:2011 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Режими діяльності рятувальників, що використовують засоби індивідуального захисту під час ліквідування наслідків аварій на хімічно та радіаційно небезпечних об’єктах. Загальні вимоги

10. Методика спостережень щодо оцінки радіаційної обстановки, затверджена Наказом МНС України від 06.08.2002 № 186, зареєстрований в Міністерстві юстиції 29.08.2002р. за № 708/6996

11. Інструкція про організацію індивідуального дозиметричного контролю, затверджена Наказом МНС України від 21.02.2007 № 85

12. Методичні рекомендації щодо планування і порядку проведення евакуації населення, затверджені наказом МНС України від 07.09.2004 № 44

13. Статут дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту, затверджений Наказом МНС України від 13.03.2012 № 575

14. ПБПРМ-2006 Правила ядерної та радіаційної безпеки при перевезенні радіоактивних матеріалів, затверджені Наказом Комітету ядерного регулювання України 30.08.2006 № 132, зареєстрований в Міністерстві юстиції України 18.09.2006 за № 1056/12930.

❖❖❖

УДК629.122, 614.81, 614.84, 614.88

В.С.Кропивницкий, А.А.Ковалев, канд. техн. наук

К ВОПРОСАМ ОБОСНОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ И ОСНАЩЕНИЯ РЕЧНОГО ПОЖАРНОГО КАТЕРА

Обоснована необходимость создания и сформулированы тактико-технические требования к конструкции малого речного пожарного катера с учётом эксплуатации на водных объектах с малыми глубинами, засоренным фарватером, а также на объектах, труднодоступных для автотранспорта.

Ключевые слова: пожарный катер, тактические задачи, схемы размещение пожарно-спасательного оборудования.

V.Kropivnitsky, A.Kovalev, Cand. of Sc. (Eng.)

REGARDING THE VALIDITY OF TECHNICAL REQUIREMENTS AND EQUIPMENT OF THE RIVER FIRE BOAT

.
The necessity of creation and formulated tactical and technical requirements for the design of small river fire boat to operate with water objects with smaller depths clogged waterway, as well as at sites inaccessible to vehicles.

Keywords: fire boat, tactical tasks, layouts of the fire and rescue equipment

Большинство населенных пунктов в Украине размещено вдоль водоемов, крупных и малых рек, а также у морского побережья. В прибрежных зонах живут сотни тысяч людей, размещены жилые строения и объекты инфраструктуры, организованы места стоянки и хранения водного транспорта. В данной ситуации особенно актуальными становиться вопросы обеспечения пожарной безопасности объектов водного транспорта и береговой линии, размещённых на несудоходных реках с малыми глубинами, засоренным фарватером, а также на объектах, труднодоступных для автотранспорта, островах, лесных посёлках, гидросооружениях и т.д. При возникновении на данных территориях аварийных ситуаций или пожаров добраться до них могут только специализированные пожарные катера [1].

Цель работы является обоснование технических требований и оснащения пожарного катера, предназначенного для эксплуатации на малых глубинах. На сегодняшний день отечественными и зарубежными судостроительными предприятиями производится пожарно-спасательные катера с различными вариантами планировки палубного пространства и схемой размещения комплекса специального оборудования и снаряжения. На рисунках 1 и 2. представлены существующие модели пожарно-спасательных катеров несущие боевое дежурство на внутренних водных путях стран СНГ. Данные катера предназначены для проведения работ по пожаротушению и эвакуации пострадавших.

Анализ существующих конструкций пожарных катеров показал, что основным средством пожаротушения на них являются высокопроизводительные (до 140 л/с) насосы, подающие воду в стационарные лафетные стволы или в рукавные линии.

Рисунок1 — Пожарно-спасательный водометный катер КС-110-39

Рисунок 2 — Пожарно-спасательный катер ПК-10/130

Насосы имеют привод от специальных или ходовых двигателей катера и устанавливаются ниже конструктивной ватерлинии, что обеспечивает быстрое заполнение насосов самотеком. Лафетные стволы, как правило, устанавливаются на носу, корме и надстройке и обеспечивают длину (вылет) струи до 100 м. На некоторых катерах имеются телескопические вышки и стрелы, так же оборудованные пожарными стволами. Кроме того, указанные вышки и стрелы используются для высадки аварийных партий к очагам пожара и снятия людей с горящих судов. Водоизмещение речных пожарных катеров от 7 до 25 т., при максимальной скорости до 45 узлов [2].

Общим существенным недостатком всех рассмотренных пожарных катеров является ограниченность тактических возможностей, вследствие отсутствия технической возможности проведения аварийно-спасательных работ на водных объектах с малыми глубинами и засоренным фарватером, а также отсутствия специального оборудования для проведения аварийно-спасательных и водолазных работ. Также, существенным недостатком является отсутствие вспомогательных средств проведения эвакуации пострадавших [3].

Таким образом, учитывая недостатки конструкций и тактических возможностей существующих моделей пожарных катеров, очевидна необходимость разработки малого речного пожарного катера с расширенными тактическими возможностями, способного выполнять следующие задачи:

– проведение аварийно-спасательных работ на несудоходных реках с малыми глубинами, засоренным фарватером или городских каналах при сохранении высоких значений ходкости, остойчивости и маневренности;

– оперативная доставка к месту пожара боевого расчета, пожарно-технического вооружения и запаса огнетушащих веществ;

– подача в очаг пожара воды из открытого водоема через стационарный лафетный ствол и ручные стволы;

– подачу в очаг пожара воздушно-механической пены с забором пенообразователя из штатныхпенобаков;

– проведение аварийно-спасательных работ с использованием размещенного на борту соответствующего комплекта оборудования;

– проведение водолазных работ;

– проведение поисковых операций и разведки водоемов;

– проведение буксировки малых катеров;

– проведение эвакуации пострадавших при помощи вспомогательных средств;

– проведение водоотливных водооткачивающих работ.

Как объект проектирования пожарные катера представляют собой сложные технические системы высокой степени иерархии. В них объединены в единый комплекс разнообразные пожарные и аварийно-спасательные технические средства с различным характером функционирования, а также степенью влияния на эффективность выполнения поставленных задач. В отличие от пожарных автомобилей, пожарные катера являются дорогими малосерийными образцами пожарной техники. Поэтому актуальной задачей требующей решения является создание оптимальной схемы размещения и компоновки пожарно-спасательного оборудования и снаряжения на борту катера базовой конструкции. Также необходимо отметить, особенностью проектирования пожарного катера является то, что спасательно-техническое вооружение в объёме палубной надстройки минимальных размеров должно быть размещено таким образом, чтобы время боевого развертывания спасательными подразделениями было минимальным.

Для решения поставленной задачи были определены следующие технические требования к конструкции и схеме размещения пожарно-спасательного оборудования на борту пожарного катера:

Эксплуатационные требования учитывают размещение аварийно-спасательного оборудования в контейнерах по функциональному признаку. К эксплуатационным требованиям относится размещения оборудования, которое часто используется, в легкодоступных местах пожарного катера. Повышения ходкости, остойчивости и маневренности пожарного катера и как следствие уменьшение времени следования к месту аварийной ситуациями, достигается за счет уменьшения габаритных размеров палубной надстройки, а также за счет снижения центра масс укомплектованного пожарного катера. Уменьшение размеров надстройки пожарного катера достигается за счет плотной компоновки оборудования, при этом компоновка должна обеспечить спасателям быстрый, лёгкий и полный доступ к оборудованию и снаряжению, то есть один контейнер оборудования не должен загромождать другой. С этой целью должны быть выдержаны сквозные промежутки между рядами и слоями оборудования.

Эргономические требования учитывают удобство работы спасателей при боевом развертывании и проведении аварийно-спасательных работ. Это ограничение на размещение оборудования и снаряжения в объеме надстройки пожарного катера: по высоте и глубине, для сокращения неоправданных перемещений личного состава, с сокращением пространственных пересечений боевого расчета.

Технологические требования учитывают максимально допустимые массу и габаритные размеры контейнеров оборудования (снаряжения), а также способы их размещения в отсеке палубной надстройки и трюме пожарного катера.

Выводы: Определённые в статье технологические, эксплуатационные и эргономические требования целесообразно использовать в математическом и компьютерном моделировании, для создания оптимальной схемы размещения пожарно-спасательного оборудования и снаряжения на борту катера базовой конструкции, что позволит создать модель малого речного пожарного катера с расширенными тактическими возможностями, учитывая эксплуатацию на водных объектах с малыми глубинами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гурович А.Н., Проектирование спасательных и пожарных судов [Текст] /А.Н. Гурович А.А. Родионов – Л.: Судостроение, 1971. – 283 с.
2. Дмитриев В.В. Морской энциклопедический словарь [Текст] / В.В. Дмитриев – Л.: Судостроение, 1991. – 503 с.
3. ДСТУ 2273-93 Пожарная техника. Термины и определения [Текст]. – К.: Госстандарт Украины, 1993. – 47 с.

❖❖❖

УДК 614.7./8

Ю.Н. Ревякина

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ВЛИЯНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОЗДУХА НА ПРОЦЕСС ЕГО РЕГЕНЕРАЦИИ

В статье представлены результаты экспериментальной оценки совместного влияния физико-химических свойств воздуха (температуры, влажности, содержания углекислого газа, объемный расход) на эффективность процесса его регенерации, осуществляемого в регенеративных установках убежищ гражданской защиты.

Ключевые слова: регенерация воздуха, убежище, хемосорбция, регенеративная установка, регрессионный анализ.

J. Revyakina

EXPERIMENTAL RESEARCH COMPLEX INFLUENCE OF PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF AIR ON ITS REGENERATION PROCESS

The experimental research of complex influence of physical and chemical properties of air on the efficiency of the process of its regeneration that take place in the regenerative installation in shelters are introduced in this article.

Keywords: air regeneration, shelter, chemisorptions, regenerative installation, regression analysis.

Наличие в Украине развитой промышленности, ее сверхвысокая концентрация в отдельных регионах, существование эксплуатируемых атомных электростанций, больших промышленных комплексов, многие из которых являются химически опасными, сосредоточение на них агрегатов и установок высокой и сверхвысокой мощности, развитая сеть транспортных коммуникаций, а также нефте-, газо- и продуктопроводов, обеспечивающих перемещение на огромных территориях опасных химических грузов, все это увеличивает вероятность возникновения техногенных чрезвычайных ситуаций (ЧС), сопровождающихся заражением атмосферного воздуха комплексом опасных химических веществ (ОХВ) и продуктами горения в местах массовых пожаров [1].

Наиболее надежным способом защиты населения от крупномасштабных ЧС, вызванных взрывами, пожарами, авариями и катастрофами на химически и радиационно-опасных объектах, является укрытие в защитных сооружениях гражданской защиты, оснащенных средствами регенерации воздуха [2, 3].

Регенерация воздуха в герметичных объектах - сложный физико-химический процесс, который заключается в удалении получаемого в результате дыхания человека диоксида углерода и поддержании концентрации кислорода на безопасном для дыхания человека уровне [3, 4].

Для убежищ гражданской защиты и запасных пунктов управления наиболее рациональными и экономически оправданными являются средства регенерации воздуха на основе хемосорбции с использованием надпероксидов щелочных металлов [4].

Системы химической регенерации воздуха на основе надпероксидных продуктов обладают, по сравнению с другими, рядом уникальных свойств, а именно [4]:

- постоянной готовностью к применению в процессе хранения, без работ по обслуживанию (гарантийный срок может превышать 20 лет);
- отсутствием сложной запорной арматуры и систем клапанов;

- возможностью работы без подвода внешней энергии, используя конвективный принцип, при этом обеспечивая источник тепла и электроэнергии для других целей;

- способностью выделения кислорода с одновременным поглощения не только углекислого газа, но и других вредных примесей (антропотоксинов) [5];

- взрывобезопасностью при пожаре в помещениях;

- простотой в использовании;

- не нуждаются в усилении строительных конструкций.

Однако с помощью существующих средств регенерации воздуха сегодня не решаются задачи [6]:

- защиты от ОХВ "пробивного" действия, разрушителей углей, при создании в убежище подпора атмосферным воздухом;

- создания условий обитания (по содержанию кислорода и диоксида углерода, продуктов жизнедеятельности), необходимых для решения оперативно-тактических задач по ликвидации чрезвычайных ситуаций;

- увеличения штатной продолжительности режима "регенерации" воздуха;

- возможности управления процессом регенерации воздуха (ПРВ) в зависимости от степени заполнения убежища людьми.

Использование надпероксидов щелочных металлов в качестве регенеративных продуктов также связано с рядом проблем [7]. Во-первых, при реакции с парами воды и CO_2 супероксиды щелочных металлов имеют тенденцию к образованию расплава на поверхности гранул, который затрудняет диффузию газа к поверхности непрореагировавшего вещества. В результате этого снижается эффективность использования регенеративных продуктов. Кроме того, плавление гранул регенеративного продукта способствует спеканию шихты и росту сопротивления воздушному потоку. Невысокая эффективность использования химического продукта приводит к увеличению массогабаритных характеристик установок.

Во-вторых, вследствие избыточного неуправляемого выделения кислорода надпероксидами натрия и калия, наблюдается высокий коэффициент регенерации и полезное использование кислорода составляет не более 50…70 %.

Все это подтверждает актуальность всестороннего исследования и совершенствования систем химической регенерации воздуха.

Разработкой систем регенерации воздуха и связанных с ними регенеративными продуктами занимаются такие ведущие страны мира, как США, Китай, Россия, Германия, Франция [8]. В Украине имеются разработки только по химическим соединениям, способным к регенерации воздуха и изолирующим дыхательным аппаратам [9,10,11].

Согласно [12, 13] регенерация внутреннего воздуха в убежищах ГЗ при III режиме осуществляется в установках РУ-150/6 и Устройстве 300.

Конструктивные параметры патрона и используемый в них продукт закладываются на стадии разработки и не могут регулироваться в процессе функционирования регенеративного оборудования, что требует поиска путей и способов управления данным процессом [4]. В свою очередь, как показали проведенные в работах [14, 15] исследования, комбинирование физико-химических свойств воздуха, поступающего на регенерацию, управляемо и может оказать непосредственное влияние на характер протекания ПРВ без изменения принципиальной конструкции РУ.

С целью исследования комплексного влияния физико-химических свойств воздуха (влажности, содержания углекислого газа, температуры, расхода воздуха) на эффективность процесса его регенерации был проведен полный факторный эксперимент. За показатели эффективности были приняты следующие показатели:

- равномерное и умеренное выделение кислорода из регенеративного патрона (РП);

- невысокая температура регенерированного воздуха на выходе из РП, а следовательно пониженное тепловыделение от установки;

- высокая динамическая активность РП по CO_2;

- повышенное время защитного действия РП, а следовательно и время безопасного пребывания людей в убежище.

Решение поставленных задач осуществлялось экспериментальным путем на специально созданной макетной установке, принципиальная схема которой показана на рис. 1. Основные методики проведения указанных исследований описаны в [16].

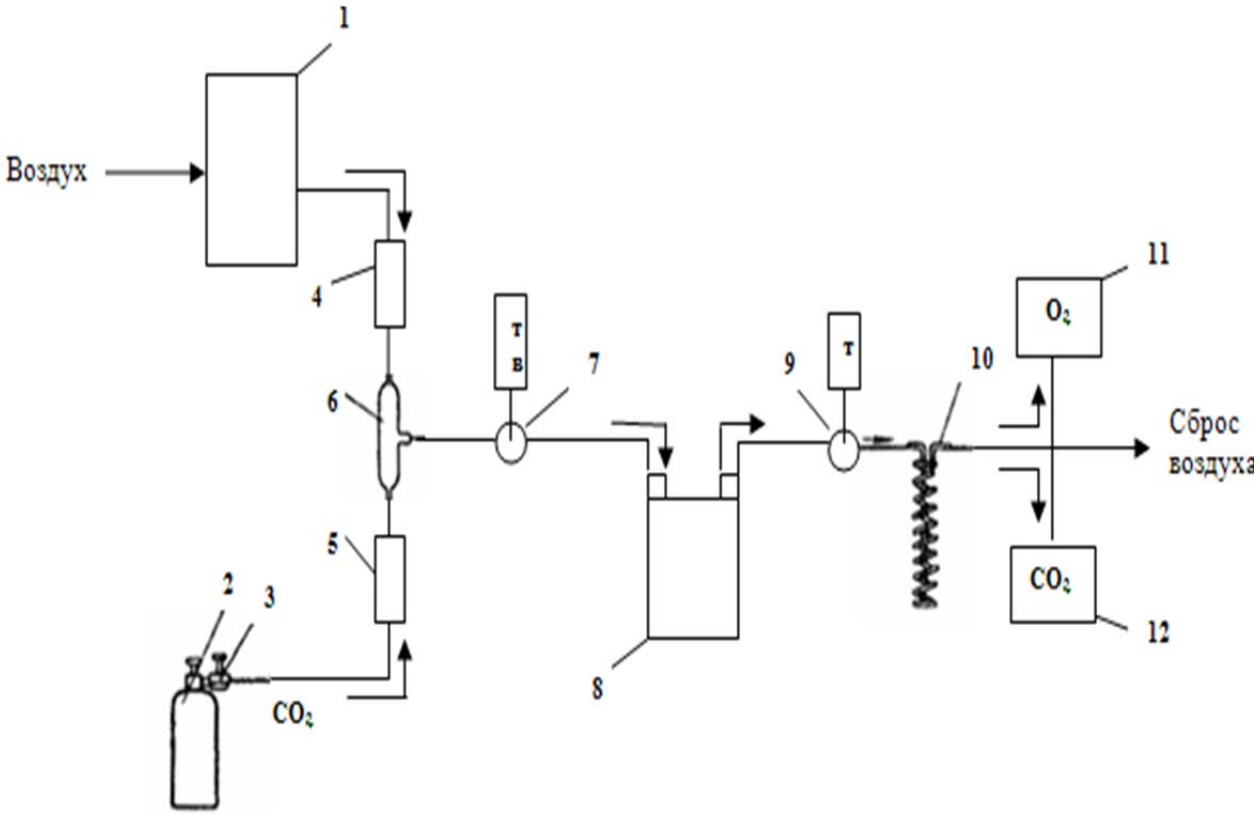


Рисунок 1 — Схема динамической установки для испытания регенеративных патронов:

1 - компрессор, 2 - баллон с CO^2, 3 - редуктор, 4,5 - расходомеры, 6 - смеситель, 7 - датчик влажности и температуры, 8 - регенеративный патрон, 9 - датчик температуры, 10 - змеевик, 11 - газоанализатор O^2, 12 - газоанализатор CO^2.

Экспериментальные исследования осуществлялись в два этапа. На первом этапе исследования проводились при температуре входящей ГВС ниже 20 °С, на втором – выше 20 °С. Эксперименты были повторены трижды для каждого сочетания факторов для определения среднего значения результата и ошибки опыта (среднего квадратичного отклонения). На выходе каждого эксперимента фиксировались три функции отклика:

- $\overline{f}_1^0$ - динамическая активность регенеративного патрона (ДА);
- $\overline{f}_2^0$ - время защитного действия патрона (ВЗД);
- $\overline{f}_3^0$ - температура регенерированного воздуха ($T_{вых}$).

Матрица планирования и результаты плана эксперимента показаны в таблице 1.

Таблица 1 – Матрица планирования и результаты эксперимента типа 2^3

№ опыта	Кодированные параметры											Выходные параметры					
												$T_{вход}$ >20 °C			$T_{вход}$ <20 °C		
	z_0	влажность z_1		концентрация CO_2 z_2		расход ГВС z_3		z_1z_2	z_1z_3	z_2z_3	$z_1z_2z_3$	ДА, мин. (y_1)	ВЗД, мин. (y_2)	$T_{вых}$, °С (y_3)	ДА, мин. (y_1)	ВЗД, мин. (y_2)	$T_{вых}$, °С (y_3)
1	+	+	70	+	2	+	30	+	+	+	+	45	90	≈100	90	210	35,2
2	+	-	50	+	2	+	30	-	-	+	-	80	140	59,5	70	125	85
3	+	+	70	-	1	+	30	-	+	-	-	70	0	44,1	170	0	31,7
4	+	-	50	-	1	+	30	+	-	-	+	100	0	44,9	170	0	55,8
5	+	+	70	+	2	-	20	+	-	-	-	70	100	41,2	61	152	44,8
6	+	-	50	+	2	-	20	-	+	-	+	35	210	57,3	50	0	31,5
7	+	+	70	-	1	-	20	-	-	+	+	45	45	32,8	85	105	25,2
8	+	-	50	-	1	-	20	+	+	+	-	95	0	29,0	100	0	34,4

Стандартная методика [17] статистической обработки результатов опытов, позволила вывести уравнения регрессии, описывающие аналитическую функцию изменения различных параметров эффективности ПРВ от исследуемых факторов. Числовые значения полиноминальных моделей для двух этапов экспериментов занесены в таблицы 2 и 3.

Таблица 2 — Результаты регрессионного анализа полного трехфакторного эксперимента при температуре входящей ГВС выше 20°С

№	Варьируемые параметры			Функция отклика								
				На основе эксперимента			По уравнению регрессии			С учетом эффектов взаимодействия		
	x_1	x_2	x_3	f_1^0	f_2^0	f_3^0	$\bar{f}_1^0$	$\bar{f}_2^0$	$\bar{f}_3^0$	$\bar{f}_1'^0$	$\bar{f}_2'^0$	$\bar{f}_3'^0$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	70	2	30	45	90	100	53,75	105	78,95	45	90	100
2	50	2	30	80	140	59,5	73,75	133,75	72,1	80	140	59,5
3	70	1	30	70	0	44,1	73,75	-18,75	52,15	70	0	44,1
4	50	1	30	100	0	44,9	93,75	10	45,3	100	0	44,9
5	70	2	20	70	100	41,2	41,25	136,25	56,9	70	100	41,2
6	50	2	20	35	210	57,3	61,25	165	50,05	35	210	57,3
7	70	1	20	45	45	32,8	61,25	12,5	30,1	45	45	32,8
8	50	1	20	95	0	29	81,25	41,25	23,25	95	0	29

Таблица 3 — Результаты регрессионного анализа полного трехфакторного эксперимента при температуре входящей ГВС ниже 20°С

№	Варьируемые параметры			Функция отклика								
				На основе эксперимента			По уравнению регрессии			С учетом эффектов взаимодействия		
	x_1	x_2	x_3	f_1^0	f_2^0	f_3^0	$\bar{f}_1^0$	$\bar{f}_2^0$	$\bar{f}_3^0$	$\bar{f}_1'^0$	$\bar{f}_2'^0$	$\bar{f}_3'^0$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	70	2	30	90	210	35,2	96,25	174,25	49,375	90	210	35,2
2	50	2	30	70	125	85	91,25	88,75	66,825	70	125	85
3	70	1	30	170	0	31,7	158,75	78,75	37,025	170	0	31,7
4	50	1	30	170	0	55,8	153,75	-6,75	54,475	170	0	55,8

Продолжение таблицы 3

5	70	2	20	65	152	44,8	46,25	154,75	31,425	65	152	44,8
6	50	2	20	50	0	31,5	41,25	69,25	48,875	50	0	31,5
7	70	1	20	85	105	25,2	108,75	59,25	19,075	85	105	25,2
8	50	1	20	100	0	34,4	103,75	-26,25	36,525	100	0	34,4

Как видно из таблиц 2 и 3, числовые значения в колонках 5-7 и 8-10 различаются. Точные значения целевых функций в точках плана получены путем усложнения линейной модели членами взаимодействия первого и второго порядков (колонки 11-13 таблицы 2 и3).

По результатам регрессионного анализа алгебраические полиномы, описывающие зависимость изменения функций отклика от влажности, концентрации CO_2, скорости потока входящей ГВС для каждого исследуемого выхода могут быть представлены системами уравнений 1 и 2.

Коэффициенты линейной модели при температуре входящей ГВС >20 °С:

$$\left.\begin{aligned} \overline{f}_1^0 &= 67,5 - 10z_1 - 10z_2 + 10z_1z_2 - 11,25z_1z_2z_3, \\ \overline{f}_2^0 &= 73,125 - 14,375z_1 + 61,875z_2 - 15,625z_3 - 25,625z_1z_2 + 13,125z_1z_2z_3, \\ \overline{f}_3^0 &= 51,1 + 3,425z_1 + 13,4z_2 + 11,025z_3 + 2,675z_1z_2 + 6,5z_1z_3 + 4,225z_2z_3 + 7,65z_1z_2z_3. \end{aligned}\right\} (1)$$

Коэффициенты линейной модели при температуре входящей ГВС <20 °С:

$$\left.\begin{aligned} \overline{f}_1^0 &= 100 - 31,25z_2 + 25z_3 + 6,25z_1z_2 - 13,75z_2z_3, \\ \overline{f}_2^0 &= 74,0 + 42,75z_1 + 47,75z_2 + 9,75z_3 + 16,5z_1z_2 - 21,5z_1z_3 + 36,0z_2z_3, \\ \overline{f}_3^0 &= 42,95 - 8,725z_1 + 6,175z_2 + 8,975z_3 - 9,5z_1z_3 - 6,025z_1z_2z_3. \end{aligned}\right\} (2)$$

Гипотеза значимости коэффициентов регрессии проверялась с помощью критерия Стьюдента. Проверка адекватности описания объектов полинома первого порядка производилась с помощью F-критерия Фишера.

Представленные уравнения регрессии позволяют количественно оценить влияние каждого из исследуемых факторов на эффективность всего ПРВ.

Наиболее полная картина результатов экспериментальной оценки влияния физико-химических свойств воздуха на процесс регенерации представлена в таблице 4.

Таблица 4 — Результаты экспериментального исследования процесса регенерации воздуха в зависимости от условий его проведения

Основные параметры				**Результаты**				**Примечания**
$C^{вх}_{co_2}$, %	φ, %	ω, л/мин	$\overline{T_{вх}}$, °С	ДА, мин.	ВЗД, мин.	$T^{вых}_{max}$, °С	$C^{вых\ max}_{O_2}$ %	
1	50	20	19,0	100		34,4	23,2	Co_2 ниже 23,5 % на протяжении всего эксперимента
1	50	20	24,4	95		29,0	23,5	Co_2 ниже или равна 23,5 % на протяжении всего эксперимента
1	50	30	25,3	100		44,9	22,5	Co_2 ниже 23,5 % на протяжении всего эксперимента

Продолжение таблицы 4

1	50	30	18,0	170		55,8	22,3	Co_2 ниже 23,5 % на протяжении всего эксперимента
1	70	20	17,4	85	105	25,2	23,8	Опыт остановлен по достижению минимально допустимой Co_2
1	70	20	27,7	45	45	32,8	26,6	Опыт остановлен по достижению максимально допустимой C_{CO_2}
1	70	30	17,5	170		31,7	22,9	Co_2 ниже 23,5 % на протяжении всего эксперимента
1	70	30	22,9	70		44,1	23,4	Co_2 ниже 23,5 % на протяжении всего эксперимента
2	50	20	26,2	35	210	57,3	29,3	Опыт остановлен по достижению максимально допустимой C_{CO_2}
2	50	20	19,0	120		63,6	22,8	Co_2 ниже 23,5 % на протяжении всего эксперимента
2	50	30	23,8	80	140	59,5	24,6	Опыт остановлен по достижению минимально допустимой Co_2
2	50	30	19,1	70	125	> 70	24,5	Опыт остановлен по достижению минимально допустимой Co_2
2	70	20	17,3	60	152	41,3	25,6	Опыт остановлен по достижению минимально допустимой Co_2
2	70	20	28,4	70	100	41,2	30,9	Опыт остановлен по достижению максимально допустимой C_{CO_2}
2	70	30	16,6	90	210	35,2	25,5	Опыт остановлен по достижению минимально допустимой Co_2
2	70	30	28,6	45	90	≈100	28,2	Опыт остановлен по достижению максимально допустимой C_{CO_2}

Анализ результатов эксперимента показал, что наиболее эффективно процесс регенерации воздуха протекает при температуре входящей ГВС ниже 20^0С. При данном режиме работы наблюдается высокая степень отработки хемосорбента по углекислому газу,

ни в одном из опытов данной серии работа регенеративного патрона не была остановлена по достижению максимально допустимой концентрации диоксида углерода на выходе из РП.

Равномерное выделение кислорода, не превышающее пожароопасных уровней, умеренная температура регенерированного воздуха в сочетании с высоки временем защитного действия зафиксированы при содержании во входящей ГВС концентрации CO_2 2%, а паров воды на уровне 70%.

Уменьшение расхода ГВС в данном случае приводит к более качественной обработке входного потока по удалению из него диоксида углерода, но приводит к уменьшению количества поглощаемого вещества в единицу времени и, следовательно, к уменьшению скорости выделения кислорода.

Полученные статистические модели в виде уравнений регрессии в дальнейшем могут быть использованы для выбора рациональных технологических режимов функционирования систем регенерации воздуха и принятия лучших конструктивных решений для совершенствования регенеративных установок.

Такой подход при решении задачи повышения эффективности ПРВ позволит добиться более высокой степени отработки регенеративных продуктов и, как следствие, увеличения времени защитного действия и динамической активности, а в целом, ведения эффективного и безопасного процесса регенерации воздуха.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2012 році, Київ, 2013.
2. Закон України Про правові засади цивільного захисту № 1859-IV від 24.06.04.
3. СОУ МНС 75.2-00013528-004:2010 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Засоби очищення повітря захисних споруд цивільного захисту (цивільної оборони). Класифікація й загальні технічні вимоги.
4. Путин С.Б. Математическое моделирование и управление процессом регенерации воздуха. – М.: Машиностроение, 2008. – 176 с.
5. Вольнов И.И. Перекисные соединения щелочных металлов. – М.: Наука, 1980, 160 с.
6. Путин С.Б., Усов В.Н., Астахов Н.А. Перспективные методы и средства защиты от воздействия отравляющих химических веществ // Журн. Химическая физика. М.: том 26, №10, 2007. – с. 77 – 81.
7. Регенеративные продукты нового поколения: технология и аппаратурное оформление: монография / Н.Ф. Гладышев, Т.В. Гладышева, С.И. Дворецкий, С.Б. Путин, М.А. Ульянова, Ю.А. Ферапонтов. – М.: "Издательство Машиностроение-1", 2007. – 156 с.
8. Изолирующие дыхательные аппараты и основы их проектирования: учебное пособие / С.В. Гудков, С.И. Дворецкий, С.Б. Путин, В.П. Таров. – М.: Машиностроение, 2008. – 188 с.
9. Пат. 53676 України. МПК A62B19/02, A62B7/08. Регенеративний патрон ізолюючого дихального апарата / Зборщик Л.О., Ільїнський Е.Г., Конопелько Є.І., Лучко В.М., Овчаров В.К., Пілягін Ю.Я.; заявник Науково-дослідний інститут гірничорятувальної справи Науково-виробничого об'єднання «Респіратор». - № 99073854; заяв. 07.07.99; опубл. 17.02.03, Бюл. №2.
10. Пат. 25907 України. МПК (2006) A62B19/00, A62B7/08 (2007.01). Регенеративний патрон ізолювального дихального апарата / Вассерман Г.Д., Грищук О.В., Котюхов М.В., Літман Л.С., Лучко В.М., Стародуб В.О., Талалаєв Д.Г.; заявник Вассерман Г.Д., Грищук О.В., Котюхов М.В., Літман Л.С., Лучко В.М., Стародуб В.О., Талалаєв Д.Г. - № u200704397; заяв. 20.04.07; опубл. 27.08.07, Бюл. №13.
11. Пат. 44019 України. МПК 7 A62B19/00, A62B7/08. Регенеративний патрон дихального апарата з хімічно зв'язаним киснем / Ільінський Е.Г., Конопелько Є.І., Лебедков С.О., Лучко В.М., Овчаров В.К. - № 2001010504; заяв. 23.01.01; опубл. 16.08.04, Бюл. №8.
12. ДБН В.2.2-5-97. Будинки та споруди. Захисні споруди цивільної оборони.
13. Інструкція щодо утримання захисних споруд цивільної оборони у мирний час, затверджена наказом МНС України від 09.10.2006 № 653.

14. Стоянов В. У., Ревякина Ю. Н., Брежнев И. А. Исследование возможности повышения эффективности работы регенеративных установок // VII міжнародна науково-практична конференція «Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення»: Зб. наук. ст. у 2-х т. Т. 2/УкрНДІЕП. - Х.: Райдер, 2011. - с. 277 - 280.

15. Ревякина Ю.Н. Исследование возможности управления и повышения эффективности процесса регенерации воздуха // изика. М.: том 26, №10, 2007. – с. 77 – 81. Научно-технический сборник «Строительство и техногенная безопасность». Симферополь.: Вып. 40, 2011. – с. 66 - 74.

16. Руководство по лабораторным испытаниям изолирующих противогазов. - М.: Военное издательство министерства обороны СССР, 1959. - 124 с.

17. Чемодуров В.Т. Методы теории планирования эксперимента в решении технических задач: монография / В.Т. Чемодуров, В.В. Жигна. – Симферополь, 2012. – 112 с.

❖ ❖ ❖

УДК 614.84

Ю.С. Иванов, канд. техн. наук

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И РАЗРАБОТКИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ИНСТИТУТА ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ПРОБЛЕМ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ МЧС РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

В работе проведен анализ научной деятельности Научно-исследовательского института пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций Министерства по чрезвычайным ситуация Республики Беларусь.

Ключевые слова: предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций, пожарная безопасность.

Y. Ivanov, Cand. of Sc. (Eng.)

THE MAIN ACTIVITIES AND ACHIEVEMENTS OF RESEARCH INSTITUTE OF THE FIRE SAFETY AND EMERGENCY SITUATION OF BELARUS REPUBLIC

The paper analyzes the performance of scientific of the Research Institute of Fire Safety and Emergencies of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus.

Keywords: prevention and management of emergencies, fire safety.

Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций Министерства по чрезвычайным ситуация Республики Беларусь является ведущей научно-исследовательской организацией, подведомственной МЧС, на которую в соответствии с уставом возложено решение научно-технических проблем в области предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Институт является головным техническим научно-исследовательским учреждением по вопросам чрезвычайных ситуаций в Республике Беларусь, государственным испытательным центром республики, испытательным центром в системе сертификации продукции Российской Федерации, членом Европейской ассоциации лабораторий по огневым испытаниям, инспекции и сертификации (EGOLF). Институт аккредитован в системе Госстандарта на проведение испытаний продукции, имеет лицензии на научно-техническую, экспертную и консультационную деятельность по обеспечению пожарной безопасности. На испытательно-исследовательском полигоне института проводятся испытания строительных изделий и конструкций по показателям пожароопасности, а также испытания опытных образцов аварийно-спасательного оборудования. Институт осуществляет издание научно-технического журнала «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация», включенного ВАК Беларуси в перечень научных изданий, публикации в которых признаются при защитах диссертаций.

В соответствии с отраслевой принадлежностью основными приоритетными направлениями деятельности института являются:

научное обеспечение безопасности объектов народнохозяйственного комплекса республики, предупреждения и тушения пожаров, проведение аварийно-спасательных работ;

разработка и совершенствование нормативных документов системы противопожарного нормирования и стандартизации, нормативной документации в области тактики тушения пожаров и ликвидации аварий;

проведение научных исследований в области динамики развития пожаров и других чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;

разработка и совершенствование пожарной и аварийно-спасательной техники, снаряжения и вооружения, огнетушащих веществ, технических средств противопожарной защиты, средств обеспечения безопасности и спасания при пожарах, чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера, методов и средств обеспечения безопасности людей и имущества;

исследования параметров пожарной опасности продукции, выпускаемой предприятиями республики и поступающей по импорту, включая огневые испытания крупногабаритных строительных конструкций, а также разработка и производство соответствующего испытательного оборудования;

выставочная, издательская, пропагандистская деятельность.

Институт являлся головной организацией-исполнителем:

Государственной научно-технической программы «Разработка и внедрение средств и технологий для развития Государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» («Защита от чрезвычайных ситуаций»), включенной в перечень государственных научно-технических программ на 2011-2015 годы и на период до 2020 года;

Государственной программы научных исследований на 2011–2015 годы «Информатика и космос, научное обеспечение безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций» («Научное обеспечение безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций»).

Учитывая важность выполнения подразделениями МЧС задач по ликвидации чрезвычайных ситуаций и проведению аварийно-спасательных работ, актуальной остается проблема обеспечения боеготовности подразделений по чрезвычайным ситуациям современной техникой, оборудованием, средствами пожаротушения.

При непосредственном участии института только за последние 5 лет в рамках государственных научно-технических программ разработан модельный ряд пожарных автоцистерн и автомобиль быстрого реагирования на шасси МАЗ, создано новое производство данной техники на базе учреждения «Производственно-технический центр Минского областного управления МЧС Республики Беларусь». Проводилось выполнение заданий по разработке и освоению производства пожарных и аварийно-спасательных автомобилей на шасси МАЗ 4370 и МАЗ 5337 – автоцистерн с емкостями для воды 2 и 5 куб. м., предназначенных для использования органами и подразделениями по чрезвычайным ситуациям при ликвидации ЧС природного и техногенного характера, проведения связанных с ними аварийно-спасательных и разведывательных работ.

Для данных автомобилей характерен ряд конструктивных преимуществ, таких как маневренность, устойчивость и безопасность при движении за счет снижения центра тяжести, что обусловлено применением низкопольной модификации шасси МАЗ 4370, специальных демпфирующих элементов при креплении цистерны к шасси, стабилизаторов поперечной устойчивости. Значительное внимание при проектировании уделено долговечности, достигнутой применением материалов, не подверженных коррозии или обработанных антикоррозийным покрытием.

Обеспечена высокая функциональность автомобилей посредством применения современных высокопроизводительных и надежных насосных установок, оптимальных по своим свойствам и техническим характеристикам, комплектующих и оборудования. В конструкции широко применяются современные системы крепления оборудования на выдвижных рельсах и эргономичные быстросъемные приспособления. Напорные пожарные рукава размещены в пеналах в нижней части надстройки, что позволяет быстро и безопасно их извлекать. Максимально рационально использовано рабочее пространство надстройки, улучшены возможности для работы в темное время суток и в условиях низких температур.

Проведены опытно-конструкторские работы по созданию двух модификаций пожарных автоцистерн на базе полноприводного шасси повышенной проходимости МАЗ-530905 с колесной формулой 4х4, что особенно актуально при тушении природных пожаров. Учитывая различную численность отделений на пожарных автоцистернах, разработанные автомобили имеют возможность доставки отделения численностью два и шесть человек

(включая водителя). Кроме того, конструкцией одной из модификаций предусмотрен увеличенный до 5,8 куб. м. объем цистерны для воды, что при сохранении вывозимой номенклатуры пожарно-технического вооружения и аварийно-спасательного оборудования, используемого при ликвидации различных видов чрезвычайных ситуаций, повышает энерговооруженность и эффективность применения автомобиля более чем на 15% по сравнению с аналогичными автомобилями, производимыми на двухосных шасси.

Следует отметить, что на одном из разработанных автомобилей применена сдвоенная кабина принципиально новой конструкции, разработанная и изготовленная на Минском автомобильном заводе совместно и по специальному заказу Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь и отвечающая всем современным требованиям по безопасности и эргономике.

В зависимости от назначения данные модификации могут укомплектовываться дополнительным специфическим оборудованием, таким как оборудование для спасания на водах. Это позволит использовать данную технику не только для тушения пожаров, но и для ликвидации других видов чрезвычайных ситуаций, характерных для территории выезда подразделения, что актуально для подразделений с небольшим количеством пожарной аварийно-спасательной техники.

Институтом с Филиалом ОАО «МАЗ» «Завод «Могилевтрансмаш» (г. Могилев) проведены мероприятия по разработке и постановке на производство автолестницы пожарной с высотой подъема 52 метра и автомобильного коленчатого пожарного подъемника с высотой подъема 48 метров, организации и проведению испытаний. Техника поставлена в подразделения МЧС Республики Беларусь.

Сегодня особенно актуальна потребность в универсальном транспортном средстве, способном работать в труднодоступных районах, не нанося им ущерба, обладающим при этом высокой проходимостью, маневренностью и безопасностью. В 2013 году нами осуществлена разработка отечественного образца пожарной аварийно-спасательной техники на базе квадроцикла для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ. Целесообразность применения пожарной аварийно-спасательной техники на базе квадроцикла обусловлена целым рядом преимуществ: простота управления, низкий расход топлива, высокий уровень маневренности и достаточно небольшая масса. При этом четырехколесная опора квадроцикла обеспечивает возможность устойчивого буксирования прицепных устройств, а также перевозку грузов.

Скоростные характеристики, маневренность и укомплектованность техники данного типа аварийно-спасательным инструментом обеспечит ее практическое применение в составе объектовых аварийно-спасательных подразделений, а также позволит выполнять работы по ликвидации ЧС, тушению пожаров в начальной стадии и другие аварийно-спасательные работы в условиях трудной проходимости и бездорожья.

В рамках реализации мероприятий Программы устойчивого развития села на 2011-2015 годы организована разработка и изготовление экспериментального образца прицепа для тушения пожаров в экосистемах и на объектах агропромышленных комплексов на базе шасси типа ИАПЗ-739 и аналогичных, имеющихся в значительных количествах на складах мобилизационного и иного видов резервов. Указанные прицепы позволят оснастить добровольные пожарные команды и иные формирования предприятий агросектора базовой техникой для ликвидации пожаров и загораний.

В целях внедрения современных технологий в области ликвидации ЧС и тушения пожаров институтом большое внимание уделяется разработке современных образцов аварийно-спасательного оборудования и инструмента. В частности, разработаны:

ствол пожарный ручной комбинированный СПРК-50, предназначенный для формирования и направления сплошной или распыленной (с изменяемым углом факела) струи воды, а также при установке смачивателя-картриджа Эффект СК в тубус ствола струи раствора ПАВ (смачивателя). Смачиватель-картридж для тушения пожаров Эффект СК также разработан институтом. Он представляет собой гомогенную смесь полиэтиленгликоля,

карбамида и алкилсульфатов натрия в форме цилиндра, предназначен для тушения пожаров класса А (твердые вещества);

генератор пены низкой кратности для подслойного тушения резервуаров «ГПВ» – это автономное устройство, вырабатывающее пену низкой кратности из водного раствора пенообразователя путем смешивания его с атмосферным воздухом в пропорции, определяемой конструкцией устройства. Указанное устройство может использоваться как в стационарных системах подслойного пожаротушения резервуаров, так и совместно с устройством оперативной врезки в технологические трубопроводы резервуаров при тушении с помощью пожарной аварийно-спасательной техники.

Организована разработка сетки плавающей всасывающей для забора воды из открытых водоисточников. Указанное оборудование позволяет осуществлять забор воды с помощью штатных насосных устройств с поверхности водоисточника глубиной от 2 см.

Большое внимание в республике уделяется совершенствованию и разработке новой боевой одежды, соответствующей современным требованиям. С участием института разработана и нашла широкое использование в подразделениях МЧС, других специализированных структурах боевая одежда пожарного-спасателя первого уровня защиты, которая предназначена для защиты тела человека от высокой температуры, тепловых потоков большой интенсивности и возможных выбросов пламени при работе в экстремальных условиях, возникающих при тушении пожаров, проведении разведки и спасании людей. По показателю высокой термостойкости волокно превосходит известные мировые аналоги «Номекс» и «Кевлар» на 30%, при значительно меньшей стоимости. При производстве одежды используется отечественная водоупорная и воздухопроницаемая (не менее 15 $дм^3/м^2с$) мембрана (подкладка).

Разработаны, производятся и широко используются комплект специальной защитной одежды от повышенных тепловых воздействий легкого типа защиты (ТОК-200) и одежда пожарных специальная защитная от повышенных тепловых воздействий тяжелого типа (ТК-800).

Эта защитная одежда предназначена для защиты тела человека от воздействия интенсивного теплового излучения, контакта с нагретыми поверхностям, тепловых потоков, открытого пламени, механических воздействий, агрессивных сред, возникающих при проведении работ по тушению пожаров и связанных с ними аварийно-спасательными работами в непосредственной близости к открытому пламени.

ТОК-200 имеет коэффициент ослабления инфракрасного излучения 70 % и устойчивость к воздействию температуры 200 °С до 8 мин., ТК-800 – устойчивость к воздействию температуры 800 °С 20 с, 200 °С 16 мин.

Анализ ситуаций, складывающихся при тушении пожаров, показывает необходимость использования новых высокоэффективных технологий. Нашим институтом, в частности, проведены исследовательские работы по осуществлению тушения пожаров в резервуарах для хранения нефти и нефтепродуктов. На сегодняшний день такие пожары, как правило, тушат пеной средней кратности, которую подают через верх резервуара с помощью стационарной системы пенного пожаротушения или передвижной пожарной техники. Но данные способы не являются оптимальными и актуальной задачей являлась разработка и использование альтернативных способов. Одним из таких способов является подслойный способ тушения. Институтом в 2011 году разработан комплекс оперативной врезки, предназначенный для тушения пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах подслойным способом. Комплекс состоит из устройства оперативной врезки интегрированного, модуля хранения сжатого воздуха, генератора пены высоконапорного Время подключения устройства к технологическим коммуникациям резервуара и подачи огнетушащего состава не превышает 15 минут.

Применение данного метода пожаротушения позволяет снизить риск для жизни и здоровья личного состава (личный состав находится за обвалованием на расстоянии до 100 м от резервуара), а также повышает эффективность тушения пожара в резервуаре. Также в этом

направлении разработаны технологические режимы и приемы подслойного тушения пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах, тактика тушения подслойным способом нефти и нефтепродуктов в резервуарах, не оборудованных стационарной системой пожаротушения.

Институтом также разработаны:

фторсинтетические пенообразователи «Барьер-пленкообразующий» целевого назначения, предназначенные для получения с помощью специальной аппаратуры воздушно-механической пены, применяемой при тушении пожаров класса А и В. Фторуглеродный компонент снижает поверхностное натяжение водного раствора пенообразователя до величины меньшей, чем у нефтепродуктов. Вследствие этого пленка раствора, выделяющегося из пены, растекается по поверхности топлива и резко сокращает скорость его испарения. Кроме того, фторуглеродный компонент пенообразователя придает пене инертность к углеводородным жидкостям, что существенно снижает возможность загрязнения пены горючей жидкостью и позволяет подавать низкократную пену в очаг пожара навесной струей или в нижнюю часть резервуара под слой нефтепродукта. При использовании фторсодержащих пленкообразующих пенообразователей появляется возможность значительно снизить как экономические, так и экологические последствия пожаров и аварий с утечками нефти и нефтепродуктов;

огнезащитное покрытие по металлу с повышенной устойчивостью к старению, налажен выпуск огнезащитного состава серии «Гард» для огнезащиты металлических конструкций с целью достижения требуемого предела огнестойкости на объектах всех классов функциональной пожарной опасности;

лак для длительной огнезащиты древесины и материалов на ее основе, внедрен технологический процесс его производства;

измерительно-вычислительный комплекс «Тембр» и программное обеспечение для обработки данных, получаемых с его помощью. Данный комплекс позволяет регистрировать вибрационные колебания конструкций при проведении их испытаний методом динамического воздействия, проводить оценку остаточной устойчивости и жесткости зданий и сооружений. Комплекс успешно зарекомендовал себя в г. Баку при оказании дружественной помощи МЧС Азербайджана.

Подготовлены технические решения по объединению автономных пожарных извещателей в сеть. Проводится опытная эксплуатация объединенных в сеть АПИ с выводом сигналов о пожаре на комбинированный (свето-звуковой) оповещатель, работа по созданию промышленного образца АПИ, работающего по радиоканалу, и системы сбора сигналов о пожаре от АПИ по радиоканалу. АПИ, объединенными в сеть, будут оборудоваться индивидуальные жилые дома, квартиры в многоквартирных жилых домах, в которых проживают одинокие (одиноко проживающие) граждане старше трудоспособного возраста, инвалиды I и II групп, многодетные семьи.

В состав испытательного центра входят испытательные лаборатории, которые располагаются в городе Минске и д. Светлая Роща Борисовского района.

Созданы условия для оперативного проведения испытаний строительных конструкций (имеются испытательные печи для испытаний остекленных, вертикальных ограждающих, горизонтальных, в том числе несущих строительных конструкций, заполнений проемов противопожарных преград), систем утепления наружных стен зданий и их облицовок с внешней стороны, отделочных материалов, жидкостей, текстильных материалов, кабельной и электротехнической продукции, огнезащитных композиций и инженерных систем, как на соответствие требованиям ТНПА Республики Беларусь, так и требованиям европейских норм.

Испытательный центр аккредитован в системе аккредитации Республики Беларусь на 944 метода испытаний по 253 техническим нормативно-правовым актам; в Словацкой национальной службе аккредитации – на право проведения испытаний строительных конструкций и материалов по 19 методам испытаний по 37 ТНПА, имеется возможность проведения полного комплекса испытаний строительных материалов на соответствие

требованиям европейских норм по показателям пожарной опасности. В текущем году представителями SNAS при проведении надзора за деятельностью института отмечен высокий уровень системы менеджмента и компетентности работников испытательного центра.

Также институт аккредитован на право проведения работ по подтверждению соответствия продукции требованиям Федерального закона Российской Федерации от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» на 84 метода испытаний по 25 НД Российской Федерации. В Ассоциации «Национальный союз организаций в области обеспечения пожарной безопасности» (Россия) институт аккредитован в качестве испытательной лаборатории и органа по сертификации на 116 методов испытаний по 32 Российским и межгосударственным стандартам.

В 2014 году планируется проведения в Минске заседания Европейской организации испытательных лабораторий по пожарной безопасности (EGOLF), полноправным членом которой институт является с 2003 года.

Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций Министерства по чрезвычайным ситуация Республики Беларусь выполняет большой объем работ по решению научно-технических проблем в области предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Есть у нас и неплохие разработки, имеются хорошие специалисты и совместные наработки с научными и производственными организациями Республики Беларусь. Мы готовы и к межгосударственному общению, и проведению совместных научно-технических работ. Будем очень рады, если озвученная информация заинтересует присутствующих и готовы рассмотреть любые предложения по сотрудничеству.

❖ ❖ ❖

УДК 502.51(28);504.5:665.6

А.И. Кодрик, канд. техн. наук, С.А. Никулин, М.А. Никулин

К ВОПРОСУ УТИЛИЗАЦИИ НЕФТЯНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ НА ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ И ПОД ВОДОЙ

Рассмотрены особенности поведения нефтепродуктов при их попадании на поверхность воды при подводном истечении из естественных разломов и мест аварий при шельфовой добыче. Указывается на необходимость утилизации нефтепродуктов не только на водной поверхности, но и под водой и придонных поверхностях, где содержатся значительное количество нефтепродуктов существенно влияющих на экологию. В качестве эффективного сорбента предложен терморасширенный графит.

Ключевые слова: водная поверхность, нефть, сорбенты, утилизация нефтепродуктов, авария, экология, терморасширенный графит

A. Kodryk, Cand. of Sc (Eng.) S. Nikulin, M. Nikulin

OIL POLUTION UTILIZATION PROBLEMS ON WATER SURFACE AND UNDER WATER

Considering oil products behavior on water surface and when there is an underwater leak caused by natural fractures or mining accidents. Indicating the necessity of oil products utilization not only on water surface, but also under water and on bottom surface, where a considerable amount of oil products can be found, which have a great impact on the world ocean ecology. As an affective sorbent thermicaly expanded graphite is proposed.

Keywords: water surface, oil, sorbent, oil products utilization, accident, ecology, thermocrack graphite

К числу наиболее вредных химических загрязнений морской среды относятся нефть и нефтепродукты. Ежегодно в океан попадают более 6 млн. тонн нефти. Причинами загрязнения морской среды являются шельфовая добыча нефти, аварии танкеров, судоходство и морская деятельность. Ежегодно при обычных морских перевозках, авариях и незаконных сбросах в океаны попадает более 600 000 тонн нефти [1,2].

При ликвидации нефтяных загрязнений с водной поверхности, прежде всего производят локализацию разлившейся нефти или нефтепродуктов бонами, что является обязательным при любой технологии очистки. Данные по ликвидации нефтяных разливов всегда в основном приводятся по темпам и массе продукта, собранного с поверхности. Это справедливо, если локализация нефтяного разлива без существенного ущерба окружающей среде, в зависимости от погодных условий, не превышает 24-72 часов с момента аварии.

В противном случае часть нефтепродуктов переходит в разряд эмульсий и погружается на глубину, образуя «нефтяные облака».состоящие из нефти повышенной плотности и воды, или оседают на донную поверхность.,

Для ускорения процесса уничтожения нефтяной пленки используют специальные препараты-диспергенты, ускоряющие скорость естественного диспергирования, снижая поверхностное натяжение между молекулами нефти и способствуют образованию эмульсий и внешне очищают поверхность от нефтепродуктов [3-5].

В дальнейшем утилизацию производят нанесением сорбента на загрязненную поверхность любым механизированным или ручным способом до полного поглощения нефтяной пленки и образования плавучего конгломерата и тем или иным образом удаляют отработанный сорбент с поверхности воды [6]. Главными требованиями, предъявляемыми к

нефтесорбирующим материалам, являются: безвредность для окружающей среды; масса поглощенного нефтепродукта на единицу веса сорбента; плавучесть в исходном и насыщенном состоянии; гидрофобность; возможность регенерации и повторного использования; технологичность изготовления; удобство нанесения на поверхность и удаление; доступная стоимость. Использование порошковых сорбентов, сохраняющих плавучесть в течение длительного периода времени, позволяет значительно увеличить резервы времени для проведения подготовительных мероприятий и сбора нефти.

Целью настоящей работы является обоснование возможности применения терморасширенного графита, полученного на предлагаемой опытно-промышленной установке, в качестве сорбента нефтепродуктов.

Украинским Научно-исследовательским институтом гражданской защиты (г. Киев) проведены работы по исследованию возможностей использованию в качестве сорбента терморасширенного (вспушенного) графита (ТРГ) и его сочетаний с другими сорбентами, например, карбоизолом. Создана мобильная опытно-промышленная установка для выработки и нанесения ТРГ на водную поверхность и нейтрализации нефтепродуктов. Установку планируется устанавливать на подвижные платформы (морские и воздушные суда) и применять непосредственно в зоне разливов. Если учесть ,что килограмм ТРГ способен адсорбировать на себя порядка 100 кг. нефти, то в течении часа можно оперативно обработать поверхность, на которой разлито до 90 тонн нефтепродуктов.

Особый подход требует ликвидации истоков нефти при ее добычи в море, проявление естественных выходов нефти. Добыча нефти на морском шельфе неизбежно сопутствуют различного рода аварии. Это источники возможного загрязнения морской среды на всех стадиях проведения работ. Причины и тяжесть последствий таких аварий могут варьироваться в широких пределах, это зависит от конкретного стечения обстоятельств, природных и техногенных факторов. Самые типичные - это поломка оборудования, ошибки персонала и чрезвычайные природные явления, такие как ураганный ветер, сейсмическая активность. Основная опасность таких аварий состоит в том, что разливы или выбросы нефти ведут к тяжелым последствиям для окружающей среды. Особенно сильное влияние такие аварии оказывают на прибрежную зону, районы с ограниченным водообменном, придонную поверхность.

Сопоставление данных подводной телевизионной съемки и гидроакустического зондирования вертикального водного столба позволило [7,8] объяснить механизм переноса нефтепродуктов из глубинных недр на морскую поверхность. Существуют три вида естественных выходов нефтегазовых компонент: газовые пузырьки, жидкие капли и пузырьки, заполненные газом с нефтяной оболочкой. Газовые пузырьки по мере всплытия быстро разрушаются, насыщая толщу морской воды, органическим веществом. Часть жидких капель, имеющих большую плотность, при соприкосновении с морской водой охлаждаются и опускаются на дно. Другая часть жидких капель с меньшей плотностью, может, как растворятся и перемешиваться с водой, так и достичь морской поверхности в виде эмульсии, при этом нефтяной пленки на поверхности моря наблюдаться не будет. Пузырьки с нефтяной оболочкой имеют значительный объем и небольшую массу, они с большой скоростью преодолевают значительные расстояния, перемещаясь в вертикальном направлении с глубин моря, превышающих 1000 м, доходят до морской поверхности, образуя пленку нефтепродукта. Силы поверхностного натяжения нефтяной оболочки предохраняют пузырек от быстрого разрушения. Внутри пузырька находятся капля нефтепродукта, образованная за счет утолщения нижней части нефтяной пленки пузырька во время всплытия. Нефтяная оболочка пузырька защищает нефтяную каплю от непосредственного контакта с водой и доставляет каплю на морскую поверхность в чистом виде.Газ,содержащийся в оболочке пузырька, при достижении морской поверхности высвобождается в атмосферу. При естественных выходах углеводорода только малая часть органического вещества (в виде нефтяной пленки) попадает на поверхность моря, наибольшим углеводородным загрязнениям подвержены морское дно и нижние слои

водного столба в окрестности источника нефтевыделения, где образуются придонные зоны насыщенные нефтью и «нефтяные облака».

Крупнейший за последние десятилетия нефтяной разлив в Мексиканском заливе был вызван аварией, произошедшей на нефтяной платформе Deep -water Horizon (компания British Petroleum) 20 апреля 2010 г. По официальным данным в залив попало до 840 миллионов галлонов нефти. По состоянию на июль 2010 года, BP (Компания «Бритиш Петролеум») распылила 42 миллиона галлонов ядовитого дисперанта COREXIT 9500. Утечки происходят из донных разломов и из плохо закупоренной скважины. Группа экс - пертов, изучившая место разлива нефти в заливе [9], отметила, что ежедневно из аварийной скважины вытекает от 12 до 25 тысяч баррелей чёрного золота (специалисты BP сообщали о 5 тысячах в день). Следуя данным изложенным в [6-8] основная часть нефти не доходит до поверхности и должна находится между дном и поверхностью. И действительно, под поверхностью воды в Мексиканском заливе обнаружены «нефтяные облака»[9], максимальные размеры которых составляют 16 км в длину, 5 км в ширину и 100 м в высоту. BP отказалась отслеживать эти пятна через свои спутники и продолжает поливать поверхность воды залива токсичным дисперантом, не позволяя большей части нефти подниматься на поверхность, одновременно отравляя все формы жизни в воде и в воздухе. Это значит что последствия аварии (особенно климатические) будут длиться годы или десятилетия. Анализируя вышеизложенное актуальным становится вопрос исследования процесса утилизации нефтепродуктов не только на водной поверхности, но и в моменты их истечения из разломов, мест прорывов нефтепроводов, «нефтяных облаков», а так же природных и искусственных скоплений нефти под поверхностью воды.

Украинским научно-исследовательским институтом гражданской защиты проводятся поисковые работы по возможности использования ТРГ как эффективного сорбента для решения вышеизложенных проблем. ТРГ не взаимодействует с водой, хорошо впитывает и удерживает в себе нефть, обладает большим объемом и малой массой, что позволяет ему, приняв на себя определенное количество нефти, поднять и удерживать ее на поверхности достаточное для ее сбора время. Рассматриваемые способы доставки ТРГ в очаг загрязнения могут быть различными. Однако преимущество будет иметь технология, позволяющая производить вспушивание графита непосредственно в районе очага загрязнения. Выполнение таких работ позволит по новому взглянуть на проблемы утилизации нефтепродуктов на море, как с точки зрения экологии, так и экономики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сайт international Tanker Owners Pollution Federation Limited»: **Ошибка! Недопустимый объект гиперссылки.**www.itopf.com
2. Сайт international Petroleum Industry Environmental Conservation Associa-tion»: http://www.ipieca.org
3. Мочалова О.С., Гурвич Л.М. ,Антонова Н.М. Институт океанологии им. П.П. Ширшова, РАН. Нефтяные аварийные разливы и роль диспергирующих средств в их ликвидации. «НефтеГазоПромысловый Инжиниринг»,1/2004
4. Патин С.А. Нефть и экология континентального шельфа. М.: ВНИРО,2001 год, 247 с
5. Энергетическая рабочая группа США-Россия. Материалы семинара по предотвращению разливов нефти и ликвидации их последствий. Москва, 4-5 декабря 2003 г.
6. Воробьев Ю.Л., Акимов В.А., Соколов Ф.И. Предупреждение и ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов, Москва, 2005, 347с.
7. Асмус В.В., Андреева З.В., Затягалова В.В., Кровотынцев В.А, Круглякова Р.П. Комплексные исследования нефтяных проявлений в восточной части Черного моря на основе спутниковых и судовых измерений. // Сборник тезисы доклада на VIII

международной конференции "Геленджик-2011: Актуальные проблемы развития ТЭК регионов России и пути их решения". 6-8 июня 2011 г. Геленджик. С. 8-12.

8. Затягалова В.В. О некоторых особенностях естественных выходов углеводорода в восточной части Азово-Черноморского бассейна. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9. № 4. С. 194-201
9. Сайт http://3rm.info/religion/4412-planetarnaya-katastrofa-vtoroj-angel-vylil-chashu.html

❖ ❖ ❖

УДК 614.84

С.В. Новак, канд. техн. наук, ст. науч. сотр. Л.Н. Нефедченко, В.В. Коваленко, канд. техн. наук, ст. науч. сотр.

НОРМАТИВНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ВНЕШНИХ СТЕН С ФАСАДНОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЕЙ

Проведен анализ пожарной опасности внешних стен с фасадной теплоизоляцией. Показано, что нормативные требования к системам фасадной теплоизоляции в сфере обеспечения пожарной безопасности и методы определения пожароопасных свойств этих систем, которые сегодня действуют в Украине, не полностью обеспечивают пожарную безопасность зданий в процессе эксплуатации. Показано необходимость усовершенствования требований и методов испытаний в соответствии с требованиями Технического регламента строительных изделий, зданий и сооружений и ДБН В.1.2-7.

Ключевые слова: огнестойкость, пожарная опасность, распространение огня, реакция на огонь, система фасадной теплоизоляции.

S. Novak, Cand. of Sc. (Eng.), Sen. St. Sc., L. Nefedchenko, V. Kovalenko, Cand. of Sc. (Eng.), Sen. St. Sc.

REGULATORY SUPPORT DEFINITION OF FIRE DANGER OF EXTERNAL WALLS WITH FAÇADE INSULATION

Fire hazard analysis of external wall with façade insulation. It is shown that the regulatory requirements for the façade insulation in fire safety and fire-methods for determining the properties of these systems, which today operate in Ukraine do not fully provide fire safety of buildings during the operation. Shown the need for improvements to the requirements and methods of tests in accordance with the requirements of the Technical regulations of building products, buildings and constructions and DBN 1.2-7.

Keywords: fire resistance, fire danger, fire spread, reaction to fire, façade insulation system.

Преимущества использования фасадной теплоизоляции для обеспечения нормативных значений теплотехнических показателей стеновых конструкций, защиты конструкций от влияния окружающей среды, обеспечения нормативного микроклимата помещений и придания фасадам зданий и сооружений привлекательного внешнего вида не вызывают сомнений. Однако, при проектировании и использовании фасадных систем существует ряд проблем, связанных с обеспечением их безопасности, в том числе и пожарной. Пожарная опасность конструкции внешней стены с фасадной теплоизоляцией связана с потенциальной способностью такой конструкции развивать пожар. Можно привести некоторые данные по пожарной опасности фасадов. Например, государственная пожарная служба Польши за 4 года зафиксировала 117 случаев пожара на наружных фасадах зданий, утепленных пенополистиролом. В 67 процентах из них горение вызвало трудности при спасании людей, а наружная облицовка способствовала переходу огня с одного этажа на другой. В 13 процентах пожаров огонь перебрасывался со стен на крышу.

В Берлине 21.04.2005 из-за возгорания телевизора огонь распространился по наружной поверхности фасада, утепленного пенополистиролом и в считанные минуты охватил все здание.

30 мая 2006 года произошел пожар одного из самых высоких зданий (35 этажей) столицы Казахстана Астаны — «Транспорт Тауэр», прозванного жителями города «зажигалкой». Одна сторона фасада здания, выполненного из композитного материала

Alucobond B2 была охвачена пламенем с первого по последний этаж. По словам очевидцев, во все стороны отлетали горящие куски отделочных материалов.

22 июля 2007 года во Владивостоке горело одно из самых красивых зданий города - новый административно-жилой комплекс «Атлантис» возле гостиницы «Владивосток». Пожар начался с верхней балконной плиты 19-го этажа (наклонная часть фасада). Вероятная причина - нарушение правил проведения огневых работ при ремонте кровли, что привело к попаданию капель горящего битума в воздушный зазор фасада. Огонь распространялся лавинообразно вниз по фасаду. Из-за открытых внутренних дверей под действием тяги на 14-18 этажах огонь и дым попали через балконное пространство внутрь квартир. Очевидцы рассказывали, что было впечатление огненного шара, катившегося сверху вниз.

6 апреля 2007 года на фасаде здания «Дукат-Плейс III», которое располагается в самом центре Москвы, вспыхнул пожар. Прохожие наблюдали, как на фасаде 15-этажного здания, состоящего из стекла и алюминия, стала появляться полоса из языков пламени. Постепенно с высоты 9-го этажа огонь дошел до крыши.

В приведенных выше примерах пожаров в России фасады зданий были облицованы композитным материалом Alucobond B2, группа горючести которого определяется как Г4 (материалы повышенной горючести). Анализ фасадных пожаров в РФ показал рост числа таких пожаров. Например, в 2008 году количество пожаров в зданиях с фасадными системами возросло более чем в два раза по сравнению с 2007 годом.

В Украине также были зафиксированы пожары в зданиях с фасадной облицовкой. В 2007 году возник пожар в 4-х этажном офисном центре, под который было переоборудована Днепропетровская фабрика кукол. Вентилированный навесной фасад этого здания был облицован горючим композитным материалом. Загорание произошло около часу дня. Пламя мгновенно охватило 100 $м^2$ фасада. Локализовать пожар удалось только после полного выгорания композита через час.

В 2009 году в Симферополе три часа горел супермаркет «FoxMart». Горел фасад, огонь моментально распространялся по внешней пластиковой облицовке, площадь горения 1000 $м^2$.

Возникновение пожаров на объектах с применением фасадных систем, в основном связано с нарушением правил пожарной безопасности при проведении огневых работ при монтаже фасадных конструкций и нарушением правил устройства электроустановок при прокладке в навесной фасадной системе электропроводки и устройства наружного (иллюминационного) освещения. Развитию и распространению пожара в зданиях с фасадными системами способствуют также применяемые материалы с повышенной пожарной опасностью и конструктивные и проектные недостатки этих систем. Использование в системах наружного утепления эффективных утеплителей, в том числе, пенополистирола и некоторых видов полиуретанов, которые по своей химической природе являются пожароопасными материалами, значительно повышает пожарную опасность этих систем. Применяемые в фасадных системах защитные мембраны помимо горючести обладают свойством при горении образовывать расплавы, что обуславливает большую скорость и площадь распространения пожара вниз; наличие воздушной прослойки в вентилируемых фасадных системах, обуславливающей воздушную тягу, способствует как распространению пожара вверх, так и более эффективному режиму горения за счет притока свежего воздуха. Несоблюдение технических условий при монтаже фасадных систем, отсутствие или невыполнение конструктивных мероприятий тоже во многом увеличивают их пожарную опасность при эксплуатации зданий.

Пожары на таких объектах характеризуются стремительным распространением огня по всей высоте здания, возможными обрушениями фасадных конструкций и угрозой перехода огня на соседние здания и сооружения. Проведение действий по ликвидации таких пожаров усложняется еще и тем, что горючий материал укрыт декоративными наружными панелями, что делает невозможным обнаружение очага пожара и подачу огнетушащих средств. При этом большое количество дыма, выделяемое при горении и

распространяющееся в скрытых конструкциях, затрудняет проведение разведки и спасательных работ (работа подъемных высотных механизмов и пр.). Как следствие, создается угроза для людей, находящихся в горящем здании, сокращается время эвакуации и увеличивается риск для подразделений пожарной охраны, принимающих участие в тушении пожара и организации спасания людей.

Приведенные выше примеры говорят о необходимости проведения активной работы по снижению пожарной опасности конструкций наружных стен зданий и сооружений с фасадной теплоизоляцией, в том числе, и со светопрозрачными элементами. Одним из путей является совершенствование нормативной и испытательной базы.

В настоящее время в Украине пожарную опасность фасадных систем оценивают по требованиям Государственных строительных норм ДБН В.1.1-7 и ДБН В.2.6-33 [1, 2].

В соответствии с ДБН В.1.1-7 [1] в зданиях I степени огнестойкости запрещается выполнять наружную поверхность облицовки наружных стен зданий с использованием горючих материалов. В зданиях II - III степеней огнестойкости допускается выполнять наружную поверхность облицовки наружных стен зданий с использованием материалов группы горючести Г1 (низкой горючести). Во внутренних слоях системы наружной облицовки стен могут использоваться материалы групп горючести Г1, Г2 (низкой и умеренной горючести). Допускается проводить утепление наружных стен с использованием систем, в которых применяется горючий утеплитель, до высоты не более 26,5 метра. В развитие этих требований в ДБН В.2.6-33 [2] установлены требования к группе горючести материала теплоизоляции и облицовочного материала в зависимости от конструктивного решения фасадной системы (класса), высотности и горючести теплоизолирующего и облицовочного слоев.

Также в ДБН В.2.6-33 [2] установлено, что допускается использование конструкций *с облицовкой штукатуркой с горючей тепловой изоляцией* для зданий с условной высотой $H >$ 15 м при условии, что она не распространяет огонь. Способность фасадной системы *с облицовкой штукатуркой с горючей тепловой изоляцией* распространять огонь по фасаду оценивают по результатам натурных огневых испытаний, которые проводятся до начала строительно-монтажных работ. Эти испытания в настоящее время в Украине проводят по *Методике натурных огневых испытаний теплоизоляционно-отделочных систем наружных стен зданий и сооружений на распространение огня*, разработанной Украинским научно-исследовательским институтом пожарной безопасности МЧС Украины. За основу в этой методике взяты положения национального стандарта США *(Метод испытания для оценки показателей пожарной опасности внешних самонесущих стеновых панелей, в которых применяется изоляция из полистирола*). Испытания проводят на фрагменте двухэтажного дома. Помещение первого этажа является огневой камерой и предназначено для создания в нем в течение 30 мин стандартного температурного режима. Для этого используют источник зажигания в виде штабеля брусков из древесины регламентированных размеров плотности и влажности. Фасадная стена дома имеет высоту 5,6 м, ширину 4,2 м. На эту стену наносят исследуемую теплоизоляционно-отделочную систему.

Во время испытания проводят измерения температуры в огневой камере, у поверхности и внутри теплоизоляционно-отделочной системы. Проводится сравнение максимальных температур со значением температуры воспламенения пенополистирола или другого утеплителя, который использовался в исследуемой системе. После испытаний определяют размеры повреждений теплоизоляционно-отделочной системы, возникшие вследствие огневого воздействия, и определяют её способность распространять огонь. По результатам испытаний в зависимости от экспериментальных значений температур в утеплителе системы подразделяют на такие четыре группы:

- системы, которые не распространяют огонь;
- системы, слабо распространяющие огонь;
- системы, которые умеренно распространяют огонь;
- системы, сильно распространяющие огонь.

Методика распространяется только на фасадные системы с облицовкой штукатурками и мелкоштучными элементами (класс А по классификации ДБН В.2.6-33 [2]). За период с 1999 года по сегодняшний день институтом накоплен достаточно обширный материал о пожарной опасности различных систем наружного утепления фасадов зданий класса А. В испытанных системах использовались пенополистирольные плиты марки ПСБ-С-25 со средней объемной плотностью от 16 кг/м^3 до 25 кг/м^3 и максимальной суммарной толщиной пенополистирольного утеплителя в системах от 50 мм до 150 мм, в системы с экструдированным пенополистиролом плотностью 35 кг/м^3. Для выполнения защитного слоя в этих системах применялись различные тонкослойные армированные штукатурки толщиной от 2,5 мм до 6 мм на основе специальных цементно-песчаных составов или полимерцементных композиций. Для их армирования использовались сетки из стекловолокна. В качестве декоративного покрытия использовались силикатные, акриловые, и минеральные штукатурки средней толщиной от 1,5 мм до 3,5 мм.

Наиболее пожароопасным свойством таких штукатурных систем является их потенциальная способность содействовать распространению пожара на расположенные выше этажи здания, если пламя выходит на фасад здания. Один из механизмов проявления пожарной опасности заключается в том, что при тепловом воздействии на фасадную систему во время пожара происходит термодеструкция пенополистирола с выделением горючих газов. Часть выделившихся газов, диффундируя через слой штукатурки, попадает в факел пламени и сгорает, что повышает мощность теплового потока и высоту пламени, тем самым, способствует сокращению времени до разрушения остекления вышерасположенного этажа и распространению пожара на этот этаж. Поведение пенополистирола во внутреннем объеме штукатурной системы в условиях теплового воздействия пожара определяется его низкой температурой начала процесса термодеструкции полистирола с выделением газообразных продуктов (от 210°С) и низкой температурой воспламенения пенополистирола, которая зависит от вида исходного сырья и может составлять от 220°С (для сырья без антипиренов), до 380°С (для сырья с антипиренами).

Как свидетельствуют результаты испытаний, отсутствие в системах теплоизоляции с пенополистирольным утеплителем и тонкослойными штукатурками противопожарных поясов и окантовок оконных и дверных проемов резко увеличивает пожарную опасность этих систем, практически неизбежно вызывает переброс пожара из очага на вышерасположенный этаж здания. Роль противопожарных поэтажных поясов и окантовок оконных (дверных) проёмов из негорючих минераловатных плит заключается в том, что наличие таких поясов препятствует распространению внутри системы горючих газов; окантовка оконных проёмов по периметру препятствует попаданию расплавленного пенополистирола в факел пламени через оконный проём горящего помещения здания.

Минераловатные плиты, применяемые для окантовок и противопожарных рассечек, должны иметь температуру плавления не менее 1000°С, т.к. температура факела на выходе из оконного проема горящего помещения в реальных пожарах может достигать этих значений и даже превышать их. Применение для этих целей стекловолокнистых плит, температура плавления которых не более 550°С, недопустимо. Все минераловатные элементы окантовки оконных (дверных) проёмов обеспечивают неразрушаемость штукатурной системы в этой области фасада здания при условии правильного выполнения примыкания штукатурной системы к оконным (дверным) проёмам.

Результаты этих испытаний и проведенный анализ полученных данных были учтены в требованиях ДБН В.2.6-33 [2] к конструктивному выполнению фасадных систем для снижения их пожарной опасности. Например, при условной высоте свыше Н > 15 м предусмотрено обязательное выполнение поясов через каждые три этажа и обрамление оконных и балконных проемов тепловой изоляцией из негорючих материалов шириной не менее двух толщин использованной изоляции. Над выходами из здания должны быть смонтированы защитные навесы из негорючих материалов с вылетом от фасада не меньше чем 1,2 м при высоте здания до 15 м и не меньше чем 2,0 м при высоте здания выше 15 м.

Однако, описанный выше метод не предназначен для испытаний фасадных систем других классов. Поэтому сегодня в Украине область применения систем классов Б, В, Г (по классификации ДБН В.2.6-33 [2]) определяют только по группе горючести материалов утеплителя и защитного слоя в соответствии с требованиями ДБН В.1.1-7 [1], ДБН В.2.6-33 [2].

Группу горючести материала определяют путём лабораторных испытаний по методу, указанному в национальном стандарте Украины ДСТУ Б.В.2.7-19 [3]. *Исследованиям подвергались более 40 горючих утеплителей, таких как экструдированные и неэкструдированные пенополистеролы и полиуретаны. Из анализа результатов проведенных исследований следует, что группа горючести утеплителя из этих материалов бывает от группы Г1 (низкой горючести) до группы Г4 (повышенной горючести) и во многом зависит от химического состава.*

Вышеописанный подход к оценке пожарной опасности фасадных систем, применяемый сегодня в Украине, не позволяет оценить эту опасность в полной мере, поскольку не учитывает все аспекты и возможности развития и распространения пожара, которые зависят в большой степени от их конструкции.

Внедряемый в настоящее время в Украине подход технического регулирования пожарной безопасности в строительстве, который соответствует Директивам и методам, действующим в Европейском Союзе, позволяет оценивать пожарную опасность фасадных систем более полно и объективно.

В Украине действует *Технический регламент строительных изделий, зданий и сооружений* [4] и ДБН В.1.2-7 [5], приведенные по основным положениям, соответственно, к Директиве 89/106 и документу *Основное требование № 2. Пожарная безопасность,* который является обязательным приложением к Директиве. В ДБН В.1.2-7 [5] конкретизированы основные требования пожарной безопасности зданий и сооружений, регламентируемые в Техническом регламенте. Эти два нормативно-правовых документа обязательны для исполнения всеми субъектами хозяйственной деятельности.

В соответствии с Техническим регламентом и ДБН В.1.2-7 [5], изделия и материалы, которые обеспечивают пожарную безопасность здания, должны проходить процедуру оценки соответствия в рамках выбранных систем соответствия нормативным показателям пожарной опасности стандартизированными методами. Эти методы должны учитывать положения ДБН В.1.2-7 [5] в отношении нормированного теплового воздействия на образец, а также перечня и критериев основных характеристик, которые обеспечивают пожарную безопасность изделия или материала.

Для наружных стен с фасадной теплоизоляцией, в том числе, с застекленными прозрачными элементами, в соответствии с ДБН В.1.2-7 [5] для ограничения распространения огня и дыма с одного противопожарного отсека в другой по пустотам внутри фасадов и по внешней поверхности фасадов необходимо определять:

- характеристику фасадной системы «реакция на огонь», при этом надо использовать два подхода: распространение огня вверх внутри стены и вдоль наружных частей фасада;
- огнестойкость, которую необходимо оценивать в условиях стандартного температурного режима внутри помещения, а также под воздействием огня снаружи в условиях стандартного температурного режима до достижения температуры 600 ^{0}C и поддержании ее до конца испытания. Во время этих испытаний необходимо оценивать время достижения предельных состояний конструкции наружной стены с фасадной теплоизоляцией по признаку потери целостности (классификация по огнестойкости E) и по признаку потери целостности и теплоизолирующей способности (классификация EI). Для светопрозрачных фасадных систем необходимо определять время достижения предельного состояния по признаку достижения критических значений теплового потока с необогреваемой стороны образца (EW). Признаки достижения этих предельных состояний определены в ДСТУ Б В.1.1-4 [6]. В соответствии с ДБН В.1.2-7 [5] нормативные значения характеристик «реакция на огонь» и огнестойкости фасадной системы должны быть

приведены в государственных строительных нормах. Однако, на сегодняшний день, в нормативных документах Украины отсутствуют требования к показателям характеристик «*реакция на огонь» и «огнестойкость»* наружных стен с фасадной теплоизоляцией в зависимости от класса фасадной системы, этажности и назначения.

Оценивание реакции на огонь фасадных систем всех классов в Украине может быть проведено по ДСТУ Б В.1.1-21 [7] и ДСТУ Б В.1.1-22 [8]. Эти стандарты гармонизированы с международными стандартами ISO 13785-1 [9] и ISO 13785-2 [10] со степенью соответствия «модифицированный» и позволяют проводить оценивание характеристик «реакция на огонь» в соответствии с условиями ДБН В.1.2-7 [5].

Среднемасштабные испытания, описанные в стандарте ДСТУ Б В.1.1-22 [8], предназначены для предварительного оценивания пожароопасности материалов и уменьшения расходов на крупномасштабные испытания путем исключения фасадных теплоизоляционных систем, в которых получен отрицательный результат по среднемасштабным испытаниям. Высота фрагмента стены для монтажа теплоизоляционно-отделочной системы составляет 2,8 м, ширина 2,4 м. Источником зажигания является газовая горелка мощностью 100 кВт. Продолжительность испытаний составляет 30 мин. Во время испытаний проводят измерения температуры и плотности теплового потока. После испытаний определяют размеры зоны повреждений теплоизоляционно-отделочной системы.

Крупномасштабные испытания по ДСТУ Б В.1.1-21 [7] проводят на фрагменте двухэтажного дома. Метод испытания предназначен для оценки характеристики «реакция на огонь» внешней стены и конструкций фасадов. Испытания моделируют полностью развитый пожар внутри помещения (приближенный к стандартному температурному режиму), пламя из которого вырывается из него через окно и действует непосредственно на фасад. Огонь может распространяться по внешней горючей поверхности, а также через вертикальные и горизонтальные пустоты в фасаде или облицовке или по теплоизоляции. Опыт изучения реальных пожаров показывает, что худшая ситуация с распространением пожара складывается, когда в конструкции внешних стен с фасадной изоляцией есть внутренние углы. В конструкции образца должен быть входной угол 90**°.** Образец теплоизоляционно-отделочной системы выполняют на фасадной стене высотой 5,7 м, шириной 3,0 м, а также на поверхности боковой стены дома шириной 1,2 м, которая является "внутренним углом". В качестве источника зажигания используют горелку с нормированным расходом пропана. Удельная пожарная нагрузка должна быть не менее 25 кг/м^2. Продолжительность испытаний составляет от 23 мин до 27 мин. Огневое воздействие на образец фасада определяется уровнем теплового потока, который измеряется на внешней поверхности фасада на расстоянии 0,5 м от верха оконного проема. Во время испытаний проводят измерения температуры и плотности теплового потока, наблюдают за распространением пламени, обрушением элементов конструкции. После испытаний определяют размеры и уровень повреждений теплоизоляционно-отделочной системы, возникшие вследствие огневого воздействия. По результатам проведенных крупномасштабных огневых испытаний проводят классификацию фасадных систем по реакции на огонь и устанавливают область ее применения.

Определение огнестойкости систем фасадной изоляции всех классов в Украине в настоящее время не проводится, поскольку отсутствуют требования к огнестойкости фасадов и нет разработанных методов испытаний на огнестойкость этих видов конструкций. В Европейском Союзе в настоящее время действуют стандарты EN 1364-3 та EN 1364-4 [11, 12], которые соответствуют условиям, регламентированным в ДБН В.1.2-7 [5]. Учитывая курс Украины на интеграцию в ЕС и необходимость приведения нормативной базы в соответствие с европейской, принятие этих двух стандартов как национальных даст возможность проводить испытания по определению огнестойкости навесных фасадных систем и мест их примыканий к внешним стенам и перекрытиям.

Проведенный анализ показал, что пожарная опасность фасадных систем достаточно велика вследствие применения потенциально пожароопасных материалов, особенностей

конструкций разных классов фасадных систем и технологии их изготовления. Существующие сегодня требования пожарной безопасности не позволяют в полной мере обеспечить безопасность этих систем. Внедрение методов оценки пожарной опасности фасадных систем и оценки соответствия показателей пожарной опасности в соответствии с требованиями *Технического регламента строительных изделий, зданий и сооружений* [4] и ДБН В.1.2-7 [5] будет способствовать более широкому и безопасному применению современных и перспективных фасадных конструкций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ДБН В.1.1-7-2002 Пожарная безопасность объектов строительства.
2. ДБН В.2.6-33:2008 Конструкция зданий и сооружений. Конструкции внешних стен с фасадной теплоизоляцией. Требования к проектированию, устройству и эксплуатации.
3. ДСТУ Б В.2.7-19-95 (ГОСТ 30244-94) Строительные материалы. Методы испытаний на горючесть.
4. Технический регламент строительных изделий, зданий и сооружений (утвержденный постановой Кабинета Министров Украины № 1764 від 20.12.2006).
5. ДБН В.1.2-7:2008 Основные требования для зданий и сооружений. Пожарная безопасность.
6. ДСТУ Б В.1.1-4-98 Защита от пожара. Строительные конструкции. методы испытаний на огнестойкость. Общие требования.
7. ДСТУ Б В.1.1-21:2009 Защита от пожара. Конструкции внешних стен с фасадной теплоизоляцией. Метод крупномасштабных огневых испытаний (ISO 13785-2:2002, MOD).
8. ДСТУ Б В.1.1-22:2009 Защита от пожара. Конструкции внешних стен с фасадной теплоизоляцией. Метод среднемасштабных огневых испытаний (ISO 13785-1:2002, MOD).
9. ISO 13785-1:2002 Reaction-to-fire tests for façades - Part 1: Intermediate-scale test.
10. ISO 13785-2: 2002 Reaction-to-fire tests for façades -- Part 2: Large-scale test.
11. EN 1364-3 Fire resistance tests for non-loadbearing elements. Curtain walling. Full configuration (complete assembly).
12. EN 1364-4 Fire resistance tests for non-loadbearing elements - Part 4: Curtain walling - Part configuration.

❖ ❖ ❖

УДК 614.849

В.В. Присяжнюк, О.П. Жихарєв, О.М. Крикун, С.П. Савинський, М.В. Єрмаков

КРИТЕРІЇ УТВОРЕННЯ ДЕРЖАВНИХ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛІВ (ЧАСТИН) ОПЕРАТИВНО-РЯТУВАЛЬНОЇ СЛУЖБИ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ В АДМІНІСТРАТИВНО-ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ОДИНИЦЯХ УКРАЇНИ

Проведено аналіз документів, які регламентують критерії утворення пожежно-рятувальних підрозділів (частин) в Україні та деяких закордонних країнах. На підставі проведеного аналізу визначено основні критерії утворення державних пожежно-рятувальних підрозділів (частин) Оперативно рятувальної служби цивільного захисту в адміністративно-територіальних одиницях України, які запропоновані та викладені у проекті постанови Кабінету Міністрів України.

Ключові слова: критерії, пожежно-рятувальні підрозділи (частини), радіус обслуговування, нормативи прибуття.

V. Prysiazhnyuk, O. Zhikharev, O. Crikun, S. Savynskyy, M. Ermakov

CRITERIA EDUCATION STATE FIRE AND RESCUE UNITS (PARTS) RESQUE CIVIL DEFENCE IN ADMINISTRATIVE-TERRITORIAL UNITS UKRAINE

The analysis of the documents governing the criteria for the formation of fire- rescue units (units) in Ukraine and several foreign countries . Based on the analysis the basic criteria for the establishment of the fire and rescue units (parts) Operational Rescue Service of Civil Protection in the administrative-territorial units of Ukraine , proposed and outlined in the draft resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine.

Keywords: criteria, fire and rescue units (parts), the range of service standards arrival.

На сьогоднішній день в Україні державні пожежно-рятувальні підрозділи (частини) утворюються, як правило, на базі пожежних депо, як місця базування на певній території.

Пожежне депо – спеціальний будинок (споруда), в якому розміщується особовий склад та пожежно-рятувальна техніка пожежно-рятувального підрозділу. Основний принцип їх розміщення полягає в тому, щоб пожежно-рятувальний підрозділ у будь-який момент мав змогу оперативно прибути (в межах району виїзду) до місця виклику та виконати свої функціональні обов'язки. Відповідно до [1] район виїзду підрозділу – визначена наказом відповідного начальника територія, межі якої встановлюються за назвами конкретних вулиць (у містах) чи назвами населених пунктів (у районах області) або адміністративно-територіальним розподілом, на якій згідно з розкладом виїзду (планом залучення сил та засобів) передбачено першочергове направлення підрозділу Державної служби України з надзвичайних ситуацій (далі - ДСНС України) за викликом на ліквідацію пожежі, надзвичайної ситуації, наслідків аварії, катастрофи, стихійного лиха тощо. При цьому тривалість прибуття сил і засобів пожежно-рятувальних підрозділів до місця виклику має відповідати допустимим часовим інтервалам, зумовленим закономірностями розвитку і рівнем ризику конкретної події, та бути економічно виправданою.

Об'єктом дослідження є діяльність державних пожежно-рятувальних підрозділів (частин) Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту в адміністративно-територіальних одиницях в Україні та за кордоном.

Предметом дослідження є чинники впливу на ефективність діяльності державних пожежно-рятувальних підрозділів (частин) Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту в адміністративно-територіальних одиницях України.

Останнім часом розв'язання завдання з обґрунтування утворення державних пожежно-рятувальних підрозділів (частин) Оперативно - рятувальної служби цивільного захисту в адміністративно-територіальних одиницях України для захисту від пожеж та інших надзвичайних ситуацій набуло особливого значення. Це пов'язано зі змінами, що відбулися у сфері цивільного захисту. Зокрема, відповідно до вимог наказу ДСНС України [2] та Плану організації виконання Кодексу цивільного захисту України [3] співробітники Українського науково-дослідного інституту цивільного захисту розробили проект постанови Кабінету Міністрів України "Про затвердження критеріїв утворення державних пожежно-рятувальних підрозділів (частин) Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту в адміністративно-територіальних одиницях та переліку суб'єктів господарювання, де утворюються такі підрозділи (частини)".

Метою роботи було розроблення проекту нормативно-правового акта, спрямованого на вдосконалення державного управління у сфері пожежної безпеки, захисту населення і територій від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру, пов'язаного із виконанням вимог Кодексу цивільного захисту України [4]; координація та проведення робіт, пов'язаних із рятуванням людей під час пожеж та надзвичайних ситуацій; своєчасне реагуванням на надзвичайні ситуації, їх наслідки та гасіння пожеж тощо.

Проектом цього документу передбачено визначення "Критеріїв, за якими утворюються державні пожежно-рятувальні підрозділи (частини) Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту в адміністративно-територіальних одиницях" та "Перелік суб'єктів господарювання, де утворюються державні пожежно-рятувальні підрозділи Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту" згідно з вимогами щодо внесення суб'єктів господарювання до переліку підприємств, які мають стратегічне значення для економіки й безпеки держави та водночас належать до суб'єктів господарювання з високим ступенем ризику у сфері техногенної та пожежної безпеки, мають категорію з цивільної оборони (цивільного захисту) [5, 6].

Критерії, за якими утворюються державні пожежно-рятувальні підрозділи (частини) Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту в адміністративно-територіальних одиницях, визначають:

• кількість жителів міста або іншого населеного пункту;

• радіус обслуговування одним державним пожежно-рятувальним підрозділом (частиною);

• нормативи прибуття державних пожежно-рятувальних підрозділів (частин) до місця виклику.

Враховуючи кількість жителів у містах та інших населених пунктах, для розміщення в пожежному депо техніки, визначаються кількість та тип пожежних автомобілів на підставі вимог діючих державних будівельних норм [7], в яких також, наведена площа земельних ділянок для будівництва пожежних депо.

Одним із головних показників, що впливає безпосередньо на час прибуття підрозділів до місця виклику, є радіус виїзду. Радіус обслуговування державним пожежно-рятувальним підрозділом (частиною), в зоні виїзду якого є промислові підприємства, визначається на підставі діючих державних будівельних норм і правил. Згідно з [7] (таблиця 6.1 підпункт 15), радіус обслуговування одним підрозділом пожежної охорони (незалежно від її виду) не повинен перевищувати 3 км по дорогах загального користування.

Для боротьби з пожежами на підприємствах встановлені вимоги щодо розташування пожежних депо, які регламентуються [8, 9]. Відповідно до вимог зазначених норм пожежні депо розташовують на земельних ділянках, що прилягають до доріг загального користування. Пожежне депо, як правило, повинне обслуговувати групу підприємств. У разі коли підприємство не підпадає під зону обслуговування існуючих пожежних депо, на його території необхідно передбачити власне пожежне депо. Радіус його дії: для підприємств із виробництвами категорії А, Б та В, що займають більше 50 % всієї площі забудови - 2 км; якщо підприємства цих же категорій займають до 50 % площі забудови і підприємств із

виробництвом категорії Г та Д - 4 км. У разі перевищення вказаного радіуса на майданчиках сільськогосподарських підприємств передбачається пожежний пост на одну автомашину, який розташовується у вбудованій виробничій або підсобній будівлі.

Головною метою встановлення часового обмеження у створенні та розміщенні державних пожежно-рятувальних підрозділів (частин) є забезпечення ефективної своєчасної допомоги (рятування людей) та протидії пожежам. Враховуючи, що сучасне житлове (офісне) приміщення площею до 20 м2 повністю знищується вогнем (вигоряє) протягом 6 хв., а за 2 хв. з моменту початку горіння, виникає реальна загроза здоров'ю та життю людини, доцільно ввести норми припустимого часу прибуття державних пожежно-рятувальних підрозділів (частин) до місця виклику й від цього формувати підходи до кількості пожежно-рятувальних підрозділів (частин) та місць їхнього розташування. Своєчасність прибуття пожежно-рятувальних підрозділів до місця виклику напряму залежить від середньої площі району виїзду (кв. км) пожежно-рятувальних підрозділів (частин). З наведеної таблиці видно, що в тих містах, де цей показник найменший, реальна загроза здоров'ю та життю людини є мінімальною.

Що стосується застосування такого показника як граничний час слідування, то в деяких країнах не існує нормативів щодо тривалості слідування підрозділів до місця виклику (Польща, Угорщина), однак у більшості країн ці показники визначено, зокрема у Німеччині - 15 хв., у Франції - 20 хв. [10]. В таблиці наведено порівняльні дані щодо кількості пожежних депо, площі району, населення і території та середньої тривалості часу слідування до місця пожежі в найбільших містах світу.

Таблиця — Порівняльні дані щодо кількості пожежних депо, площі району, населення, території та середньої тривалості часу слідування до місця пожежі в найбільших містах світу.

Показник	Нью-Йорк	Токіо	Париж	Санкт-Петербург	Москва	Київ
Територія (кв. км)	790	720	105	1439	2510	839
Населення (млн. чол.)	8,4	12,6	2,2	5,03	11,9	2,8
Депо (кількість, одн.)	217	229	24	55	74	24
Середня площа району виїзду (кв. км)	3,6	3,1	4,4	11,5	13,5	26,3
Середній час слідування (хв.)	**2-3**	**2-3**	**2-3**	**6-7**	**9-10**	**13,9**

Наведені в таблиці дані дозволяють простежити певні тенденції, що спостерігаються в провідних країнах світу, а саме: для скорочення часу прибуття до місця виникнення пожежі (надзвичайної ситуації) необхідно створювати нові пожежні депо.

На рисунку 1 наведено графік середньої тривалості часу прибуття пожежно-рятувальних підрозділів до місця виклику по Україні (містах та селах) з 2000 по 2012 роки.

На пожежах визначають три періоди: вільний розвиток, локалізація та ліквідація. Вільний розвиток пожежі – це період часу, за який збільшується зона горіння та ймовірність впливу небезпечних чинників пожежі. У нашому випадку мова йде щодо тривалості вільного розвитку пожежі.

Тривалість вільного розвитку пожежі (з моменту початку (виявлення) пожежі до початку гасіння) є вирішальним фактором, від якого залежить масштаб та розвиток пожежі, успіх гасіння, наслідки пожежі тощо. Вона залежить від часу збору та виїзду по тривозі, слідування та прибуття пожежно-рятувальних підрозділів до місця пожежі, своєчасності проведення розвідки пожежі, вірності визначення вирішальних напрямків введення сил та засобів, ефективності використання вогнегасних речовин, вмілого керування гасінням пожежі.

За результатами проведеного аналізу до проекту постанови Кабінету Міністрів України закладено норматив щодо прибуття після повідомлення про пожежу до місця виклику, і він не повинен перевищувати: на територіях міст - 10 хв.; у населених пунктах,

поза межами міста, - 20 хв. Встановлені нормативи з урахуванням метеорологічних умов, сезонних особливостей та стану доріг можуть бути перевищені, але не більше ніж на 5 хв.

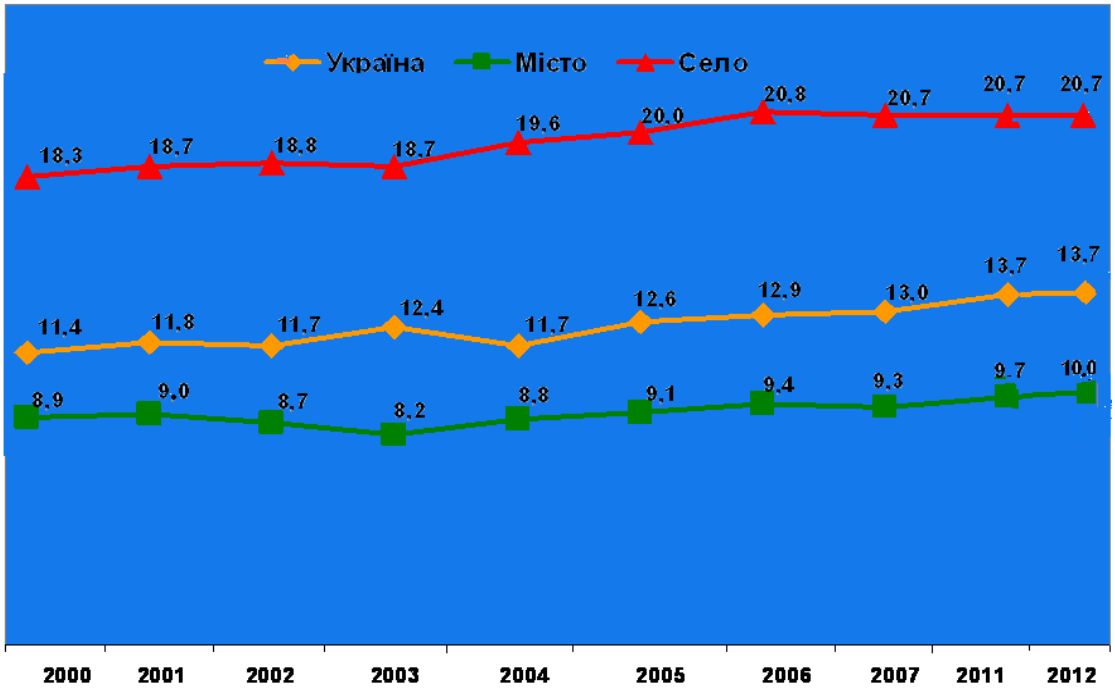


Рисунок 1 – Графік середньої тривалості часу прибуття пожежно-рятувальних підрозділів до місця виклику (місто, село), хв.

Треба зазначити, що таким чином вже працюють підрозділи бригад екстреної (швидкої) медичної допомоги [11]. Введення такого критерію дозволить впорядкувати організацію дорожнього руху а головне, дасть поштовх у напрямі виховання культури дотримання правил безпеки руху у водіїв автотранспорту для забезпечення проїзду пожежно-рятувальних автомобілів. Також такий підхід внесе зміну до порядку розміщення нових пожежних депо (на перспективу), отже у генеральні плани розвитку населених пунктів мають бути включені питання влаштування, розміщення пожежних депо з тією щільністю, яка регламентується нормативами. Основне в цих вимогах - розвивати мережу пожежних депо, тобто, керівникам населених пунктів дається вибір, - або поліпшувати якість доріг, щоб швидше діставалися пожежні підрозділи до місця виклику, або будувати пожежні депо таким чином, щоб забезпечити виконання нормативу.

У Російській Федерації умовою, на підставі якої треба визначати дислокацію підрозділів пожежної охорони на території поселень та міських округів є час прибуття першого підрозділу до місця виклику (не повинен перевищувати 10 хв. - в містах та міських округах, 20 хв. - у сільських поселеннях), що викладено в [12]. Проте все більшого значення для забезпечення місць дислокації пожежно-рятувальних підрозділів набувають математичні методи розв'язання задач [13]. Так, за нормативним документом [13] відомі такі методики розрахунків, а саме: визначення кількості та місця дислокації підрозділів пожежної охорони, визначення максимально допустимої відстані від об'єкта можливого виникнення пожежі до найближчого пожежного депо. Практика розрахунків в Російській Федерації показує: для того, щоб виконати встановлений норматив у містах, радіус виїзду повинен бути приблизно 3,8 км., а в сільських населених пунктах - 11,7 км. Практично доведено, що найбільшою проблемою як в Російській Федерації, так і Україні є забезпечення охорони пожежно-рятувальними підрозділами сільської місцевості. Існують невеликі села з незначною кількістю мешканців, але вони є віддаленими територіально від існуючих пожежно-

рятувальних підрозділів і тому час прибуття до таких пунктів в рази перевищує нормований. Отже при розв'язанні таких проблем російські вчені запропонували створити оперативні зони, які б обслуговувались добровільними підрозділами.

На сьогоднішній день у Російській Федерації діють чинні норми [14], де викладені основні вимоги до проектування об'єктів пожежної охорони, до складу яких входять пожежні депо. Залежно від призначення, кількості техніки, складу та площі приміщень пожежні депо поділяють на відповідні типи:

- тип I пожежні депо (на 6, 8, 10 та 12 одиниць техніки) для охорони міст;
- тип II центральні пожежні депо (на 2,4 та 6 одиниць техніки) для охорони міст;
- тип III центральні пожежні депо (на 6,8,10 та 12 одиниць техніки) для охорони підприємств;
- тип IV пожежні депо (на 2, 4 та 6 одиниць техніки) для охорони підприємств;
- тип V пожежні депо (на 2 та 4 одиниці техніки) для охорони населених пунктів (окрім міст).

Також за цим нормативним документом [14] визначається кількість пожежних депо і пожежних автомобілів для міст та інших населених пунктів.

У деяких європейських країнах для розв'язання проблеми щодо забезпечення пожежної безпеки в містах та сільській місцевості застосовують пожежні пости. Ці пости входять до складу пожежних частин та облаштовуються у віддалених від спеціальних пожежних частин місцях на відстані, яка перевищує радіус обслуговування або фактичний час прибуття пожежно-рятувальних підрозділів.

Крім того, в рамках виконання вищезазначених робіт було проведено моніторинг законодавства України стосовно переліку суб'єктів господарювання, де утворюються державні пожежно-рятувальні підрозділи Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту. На підставі проведеного аналізу наведено низку галузей, де на сьогоднішній день вже утворені державні пожежно-рятувальні підрозділи та запропоновано ті, які цього потребують.

Утворення об'єктових підрозділів державної пожежної охорони розроблено на основі переліку особливо важливих та режимних об'єктів та переліку підприємств, на яких в обов'язковому порядку повинні утворюватися підрозділи державної пожежної охорони, функціонування яких здійснюється на госпдоговірних засадах.

До проекту постанови Кабінету Міністрів щодо переліку суб'єктів господарювання, де утворюються державні пожежно-рятувальні підрозділи (частини) ОРСЦЗ, та функціонують, у тому числі на підставі договорів про охорону від пожеж суб'єктів господарювання, запропоновано включити:

1. Об'єкти національної економіки, що відносяться до категорій з цивільного захисту (особливої важливості, першої та другої категорії):

1.1. Нафтогазової промисловості: об'єкти з переробки, добування газу та газового конденсату;

1.2. Хімічної та нафтохімічної промисловості:

вибухо- і пожежонебезпечні об'єкти на підприємствах хімічної, нафтохімічної, нафтопереробної, газопереробної, хіміко-фармацевтичної, лісохімічної, целюлозно-паперової галузей; шинні підприємства; підприємства з виготовлення вибухових матеріалів і виробів на їх основі, виготовлення та утилізації боєприпасів;

1.3. Металургійної промисловості: об'єкти коксохімічного, агломераційного, вогнетривкого, доменного, сталеплавильного, прокатного, кисневого, феросплавного, ливарного, титаномагнієвого виробництва;

1.4. Машинобудування: об'єкти космічної галузі, літако- і суднобудування, виготовлення військової техніки, обладнання та озброєння;

1.5. Енергетики: атомні електростанції; теплові електростанції;

1.6. Оборонно-промислового комплексу;

2. Територію зони відчуження і зони безумовного (обов'язкового) відселення та Державне спеціалізоване підприємство "Чорнобильська атомна електростанція" – на бездоговірній основі;

3. Управління адміністративними будинками Державного управління справами:

адміністративні будівлі Адміністрації Президента України, Ради національної безпеки та оборони України та Державних резиденцій – на бездоговірній основі, що знаходяться на балансі Управління адміністративними будинками;

4. Управління адміністративними будинками Управління справами апарату Верховної Ради України: адміністративні будівлі Верховної Ради України – на бездоговірній основі, що знаходяться на балансі Управління адміністративними будинками;

5. Управління адміністративними будинками Господарсько-фінансового департаменту Секретаріату Кабінету Міністрів України: адміністративні будівлі Кабінету Міністрів України – на бездоговірній основі, що знаходяться на балансі Управління адміністративними будинками;

6. Міські комунальні підприємства: метрополітени;

7. Об'єкти національного культурного надбання, що мають виняткове історичне, художнє, наукове та інше культурне значення для формування вітчизняного культурного простору і визначають внесок Українського народу у всесвітню культурну спадщину;

8. Театри із загальною кількістю місць 800 і більше, що мають історичну або архітектурну цінність;

9. Торгівельно-розважальні центри (комплекси), підприємства торгівлі та дозвілля, розташовані в підземному просторі та інше (за зверненням суб'єкта господарювання).

Таким чином, прийняття запропонованої постанови Кабінету Міністрів України сприятиме вдосконаленню державного управління у сфері пожежної безпеки, захисту населення і територій від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру, об'єднанню сил і засобів для ліквідації пожеж, аварій, катастроф, стихійного лиха тощо. Застосування відповідних критеріїв дозволить обґрунтовано здійснювати необхідні розрахунки та визначати місця розташування пожежних депо з урахуванням тривалості прибуття до місця події (виклику) пожежно-рятувальних підрозділів.

Виходячи з вищенаведеного можна сформулювати такі висновки:

1.Визначена необхідність розроблення та впровадження нормативного акта в Україні, який регламентує утворення державних пожежно-рятувальних підрозділів (частин) Оперативно рятувальної служби цивільного захисту в адміністративно-територіальних одиницях України як одного з факторів, який впливає на зменшення тривалості вільного розвитку пожежі.

2.За результатами проведеного аналізу встановлено, що основними критеріями, за яких утворюються державні пожежно-рятувальні підрозділи (частини) Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту в адміністративно-територіальних одиницях, є: кількість жителів населеного пункту; радіус обслуговування одним державним пожежно-рятувальним підрозділом (частиною); нормативи прибуття державних пожежно-рятувальних підрозділів (частин) до місця виклику.

3.Застосування такого показника як гранична тривалість руху підрозділів ОРС ЦЗ до місця виклику потребує внесення змін до порядку розміщення нових пожежних депо (на перспективу). Таким чином проектанти у генеральних планах розвитку міст та населених пунктів повинні враховувати цей критерій під час улаштування, розміщення пожежних депо з тією щільністю, яка регламентується нормативами. Головне, що покладено в основі таких вимог - розвиток мереж пожежних депо для пожежно-рятувальних підрозділів (частин). Цей часовий показник не ставить у глухий кут пожежно-рятувальні підрозділи, які з тих чи інших причин (значний радіус обслуговування підрозділу, відсутність належних доріг тощо) не в змозі прибути до місця виклику у встановлений термін, а, навпаки, дозволяє удосконалити їхню роботу. Отже, утворення додаткових пожежних депо в адміністративно-територіальних одиницях України – це потреба сьогодення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Наказ МНС України від 31 жовтня 2008 року № 794 "Тимчасовий порядок організації внутрішньої, гарнізонної та караульної служб МНС України".
2. Наказ ДСНС України від 15 лютого 2013 року №19 "Про План організації виконання Кодексу цивільного захисту України в системі Державної служби України з надзвичайних ситуацій".
3. План організації виконання Кодексу цивільного захисту України від 2 жовтня 2012 року № 5403 схвалений на засіданні Кабінету Міністрів України 19 грудня 2012 року (протокол №97).
4. Кодекс цивільного захисту України прийнятий Верховною Радою України 2 жовтня 2012 № 5403-УІ.
5. Постанова Кабінету Міністрів України від 23 грудня 2004 року № 1734: "Про затвердження переліку підприємств, які мають стратегічне значення для економіки і безпеки держави".
6. Постанова Кабінету Міністрів України від 29 лютого 2012 року № 306: "Про затвердження критеріїв, за якими оцінюється ступінь ризику від провадження господарської діяльності та визначається періодичність здійснення планових заходів державного нагляду (контролю) у сфері техногенної та пожежної безпеки".
7. ДБН 360-92** "Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень".
8. СНиП П-89-80* "Генеральные планы промышленных предприятий".
9. ДБІІ Б.2.4-3-95 "Генеральні плани сільськогосподарських підприємств".
10. Крайнюк О.І. Підходи до визначення місць дислокації та площі обслуговування підрозділів місцевої пожежної охорони / О.І.Крайнюк// Науковий вісник УкрНДІПБ: Науковий журнал. – Київ: УкрНДІПБ МНС України, 2008. - № 2(18). – С.180-185.
11. Постанова Кабінету Міністрів України від 21 листопада 2012 року № 1119 "Про норматив прибуття бригад екстреної (швидкої) медичної допомоги на місце події".
12. Методические рекомендации органам местного самоуправления по реализации Федерального закона от 6 октября 2003 года №131-ФЗ "Об общих принципах местного самоуправления в Российской Федерации" в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечения пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах МЧС России".
13. СВОД ПРАВИЛ 11.13130.2009 "Места дислокации подразделений пожарной охраны. Порядок и методика определения". МЧС России, 2009.
14. НПБ 101-95 "Нормы проектирования объектов пожарной охраны. Нормы пожарной безопасности".

❖ ❖ ❖

УДК 654.9

Чумаченко С.М., д-р техн. наук, ст. наук. співроб., Валуйський С.В., канд. техн. наук

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ТА ТИПУ ОБЛАДНАННЯ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН ДЕРЖАВНОЇ СЛУЖБИ УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ АВІАЦІЙНОГО РАДІОТЕХНІЧНОГО ПОШУКУ

В роботі досліджується вплив параметрів навколишнього середовища на ефективність авіаційного пошуку повітряних засобів, що зазнали лиха, шляхом застосування бортового радіотехнічного обладнання типу АРК-У2(УД). Проведено оцінку дальності дії зазначеного обладнання з урахуванням параметрів навколишнього середовища.

Ключові слова: авіаційний пошук, радіокомпас, радіомаяк.

S. Chumachenko, Doct. of Sc. (Eng.), Sen. St. Sc., S. Valyisky, Cand. of Sc (Eng.)

RESEARCH OF INFLUENCE OF THE PARAMETERS OF THE ENVIRONMENT AND EQUIPMENT TYPE AIRCRAFT CIVIL SERVICE OF UKRAINE FOR EMERGENCY SITUATIONS IN SEARCH OF EFFICIENCY AIRPORT RADIO SYSTEMS

This paper investigatesinfluence of parameters of environment is in-process probed on the effectiveness of aviation search of air assets in distress, through the use of on-board electronic equipment such as ARC-U2 (UD). We investigate the estimation of the range of the equipment within the parameters of the environment.

Keywords: air search, finder, radio beacon.

В рамках розвитку Єдиної державної системи цивільного захисту в Україні важливим питанням на сьогодні є підвищення ефективності авіаційного пошуку і рятування повітряних суден, які зазнають або зазнали лиха у районі пошуку та рятування. Обладнані засобами радіотехнічного (Р/Т) пошуку, повітряні пошукові судна можуть детектувати сигнали аварійних радіомаяків (АРМ), що випромінюються на частоті 121,5 МГц з бортів суден, які зазнали або зазнають лиха. Дальність цього детектування у сукупності з іншими параметрами авіаційного пошуку (висота, швидкість руху, траєкторії) визначає ефективність застосування пошукової авіації, тому привертає особливу увагу для дослідження. В роботі [1] наведені основні характеристики пошукових літаків і вертольотів, що застосовувались ще за часів СРСР. Однак ці дані є застарілими і, окрім цього, надають неповну інформацію щодо дальності дії пошукових радіотехнічних пристроїв АРК-У2 (УД) залежно від типу місцевості та погодних умов, а отже підлягають вдосконаленню та більш поглибленому дослідженню. Метою цієї статті є дослідження дальності радіотехнічних засобів пошуково-рятувальних повітряних суден (ПС) залежно від різних типів місцевості та погодних умов в районі пошуку і рятування, а також визначення мінімального наряду пошукових ПС для забезпечення ефективного пошуку повітряних суден за тих чи інших умов.

Розглянемо основні характеристики, що визначають ефективність пошуково-рятувальних літаків і вертольотів. Літаки і вертольоти, що залучаються до пошуково-рятувальних робіт в Україні, зазвичай обладнані пошуковими радіокомпасами АРК-У2 або АРК-УД.

Для виконання рятувальних робіт літаки мають пристрої для скидання на парашутах вантажів, а вертольоти – устаткування для підйому постраждалих людей з води і суші на режимі висіння.

Основними характеристиками, що визначають ефективність пошукових літаків і вертольотів, є:ширина смуги обстеження (ΔL); пошукова продуктивність (N); максимальна площа обстеження ($S_{обст.макс.}$).

Ширина смуги обстеження визначається дальністю дії (D) пошукової апаратури по сигналах радіомаяків або аварійних радіостанцій і коефіцієнтом (K), що враховує величину перекриття сусідніх смуг обстеження, який залежить від точності літаководіння.

Ширина смуги обстеження обчислюється за формулою:

$$\Delta L = 2D \times K \ , \qquad (1)$$

де K можна приблизно прийняти рівним 0,75.

Під пошуковою продуктивністю літаків і вертольотів приймається площа суші або водної поверхні, яку літак (вертоліт) може надійно обстежити за допомогою пошукових радіотехнічних засобів протягом однієї години.

Пошукова продуктивність визначається за формулою:

$$N = \Delta L \times V \ , \qquad (2)$$

де V– дійсна швидкість горизонтального польоту.

Максимальна площа обстеження визначається за формулою:

$$S_{обст.макс.} = N \times T_{макс.}, \qquad (3)$$

де $T_{макс.}$– максимальна тривалість горизонтального польоту літака (вертольота).

Площа обстеження визначається за формулою:

$$S_{обст.} = N\, T_{обст.} = N\,(T_{макс.} - T) = N\,(T_{макс.} - 2R/V), \qquad (4)$$

де T– час, потрібний на політ літака (вертольота) від аеродрому до району пошуку і назад;

$T_{обст.}$– час обстеження;

R– радіус польоту до району пошуку.

Характеристики, що визначають ефективність пошукових літаків і вертольотів, що використовуються для пошуково-рятувальних робіт ДСНС України, приведені в табл. 1.

Таблиця 1.Характеристики вертольотів і літаків МНС України

Тип літаків, вертольотів	Рекомендована висота польоту, м (при р/т пошуку)	Реко-мендована дійсна швид-кість (V), км/год	Варіанти заправ-ки паливом (G_T), кг	Макс.дальність польоту ($2R_{max}$), км	Дальність дії (D) АРК-У2 (УД) по Р-855УМ, км	Ширина смуги обстеження (ΔL), км	Пошукова продук-тивність (N), км^2/ч
Мі-8МТ	500	220	1460 2160 2880	465 700 890	15 (25–35)	22,5 (37,7– 49)	4,95x10^3 (9,9x 10^3)
Ан-32П	6000	470	5500	1800	– (100)	– (150)	– (70,5x x10^3)

Знаючи площу району пошуку ($S_{пошуку}$) і визначивши площу обстеження одним літаком, можна розрахувати необхідний наряд літаків (n) для обстеження всього району пошуку даним типом літака за мінімальний термін:

$$n = S_{пошуку}/S_{обст.} \quad (5)$$

Виходячи з даних, наведених в табл. 1, побудовано графіки (рис.1, 2), за якими, знаючи орієнтовне віддалення району аварії від аеродрому базування пошукових засобів (радіус польоту до району пошуку R), визначається площа ($S_{обст.}$), яка може бути обстеженою даним типом літака (вертольоту), та проміжок часу ($T_{обст.}$), необхідний для обстеження. Порядок визначення наступний: А (R) → Б → В ($S_{обст.}$) → Г → Д ($T_{обст.}$).

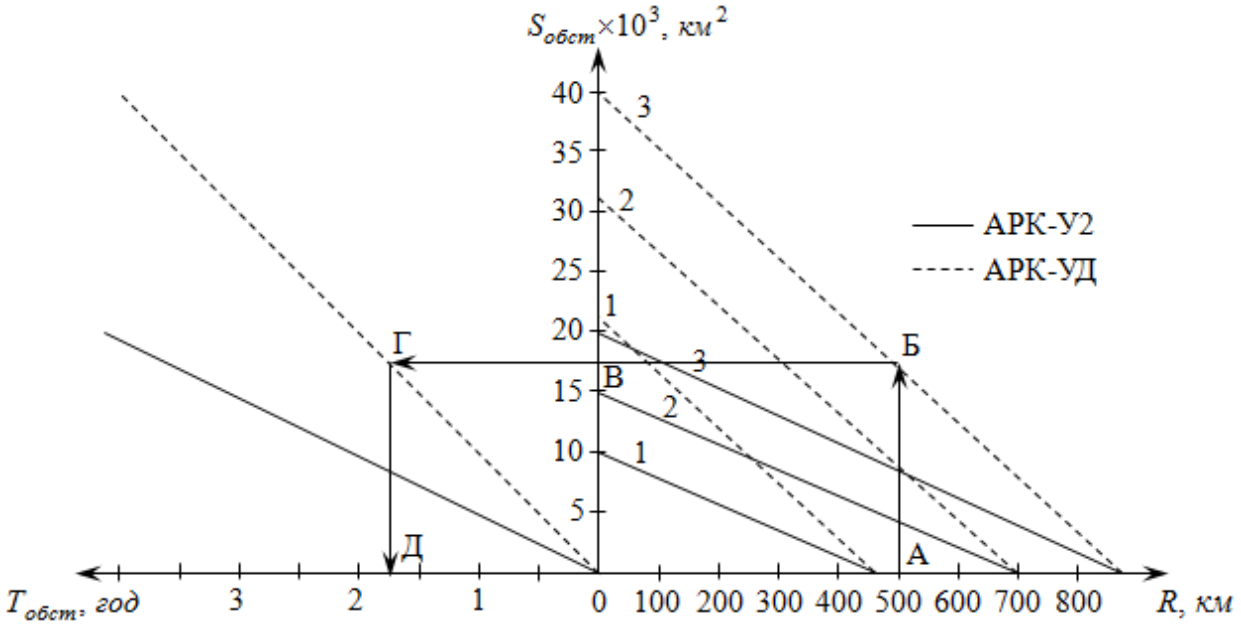


Рисунок 1 — Графіки залежності площі обстеження ($S_{обст.}$) від тривалості обстеження ($T_{обст.}$) та радіусу польоту до району пошуку вертольоту Мі-8МТ, обладнаного пристроєм радіотехнічного пошуку АРК-У2 або АРК-УД за різних варіантах заправки паливом: 1 - G_T=1460 кг, 2 - G_T=2160 кг, 3 - G_T=2860 кг

Дані, наведені у таблиці та на графіках, отримані при наступних припущеннях:

- характеристики польоту розраховувалися для штильових умов, а також для висот, швидкостей і заправки паливних баків, вказаних в таблиці.

- величини D, ΔL і N визначені для середньо пересіченої місцевості в районі пошуку.

Проте, реальні погодні умови (вітер, опади) та місцевість (гори, місто, ліс) можуть відрізнятися від ідеальних, для яких проводилися розрахунки, та призводити до зменшення дальності дії апаратури радіотехнічного пошуку (АРК-У2 або АРК-УД) та знижувати ефективність пошуково-рятувальних робіт. Отже виникає науково-практичний інтерес дослідити дальність дії бортової апаратури радіотехнічного пошуку залежно від різних погодних умов та типів місцевості.

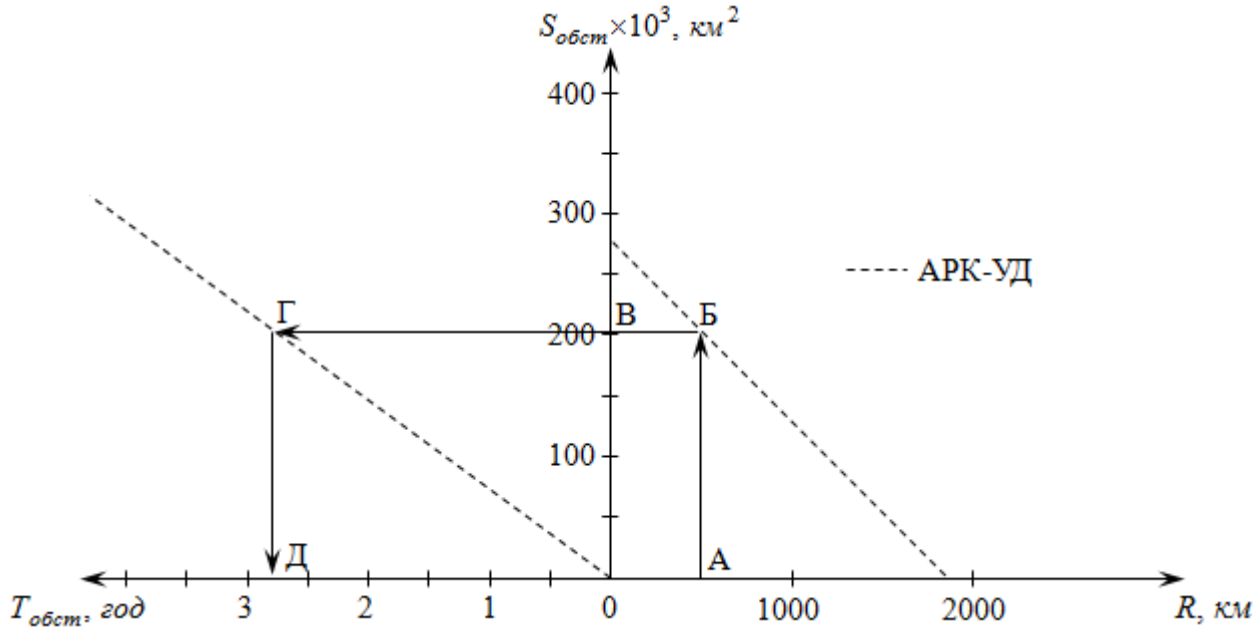


Рисунок 2 — Графіки залежності площі обстеження ($S_{обст.}$) від тривалості обстеження ($T_{обст.}$) та радіусу польоту до району пошуку літака Ан-32П, обладнаного пристроєм радіотехнічного пошуку АРК-УД

Для здійснення розрахунку спочатку наведемо порівняльні характеристики бортового обладнання Р/Т пошуку АРК-У2 або АРК-УД (табл.2) та обладнання АРМ вітчизняного та закордонного виробництва (табл.3).

Таблиця 2 — Характеристики обладнання Р/Т пошуку АРК-У2 або АРК-УД

	АРК-У2	АРК-УД
Робочі частоти, МГц	114,166; 114,333; 114,538; **121,5**	114,166; 114,333; 114,538; **121,5**; 123,1; 124,1;**243**
Гранична чутливість по приводу, мкВ/м	не менше **50** (**-197** дБмВт)	10/**25**/75 (-211/**-203**/-194 дБмВт)
Тип антени	АШС-УД	АШС-УД

Таблиця 3 — Характеристики обладнання АРМ

	Р-855А1	KANNAD 406 AS
Робочі частоти, МГц	121,5/243,0	121,5/243,0/406,025
Вихідна потужність, Вт	0,1/ 0,4 (20 /26 дБм)	0,1/ 0,4/ 5 (20/ 26 / 37 дБм)
Тип антени	хлистова/ штирьова/ ножова	хлистова/ штирьова/ ножова
Модуляція	АМ	АМ/ BPSK

При довжині хвилі більше 10 см тропосфера веде себе як ідеальний діелектрик [2], тому атмосферні опади майже не впливатимуть на згасання сигналів метрових радіохвиль, що випромінюють АРМ, а отже не перешкоджатимуть їх детектуванню пошуковими пристроями АРК-У2 та АРК-УД. Погодні умови впливатимуть тільки на льотні характеристики повітряних засобів (точність літаководіння, витрати пального і т.ін.), що може бути врахованим у подальших роботах.

Дослідження дальності радіозв'язку залежно від типу місцевості розпочнемо з рівнинної місцевості. У даному випадку сигнал не матиме перешкод для розповсюдження, а зазнаватиме лишень втрат у вільному просторі. Для розрахунку втрат у вільному просторі скористуємось наступною формулою [3]:

$$FSL = 32{,}45 + 20(\lg F + \lg D), \quad (6)$$

де *FSL* (FreeSpaceLoss) – втрати у вільному просторі, дБ;
F – центральна частота на якій працює система, МГц;
D – відстань між приймачем і передавачем, км.

З іншого боку *FSL* визначається сумарним підсиленням системи *Y*(дБ):

$$Y = P_t + G_t + G_r - P_{r\min} - L_t - L_r, \quad (7)$$

де P_t - потужність передавача, дБмВт;

G_t - коефіцієнт підсилення передавальної антени, дБи;

G_r - коефіцієнт підсилення приймальної антени, дБи;

$P_{r\min}$ - чутливість приймача на заданій швидкості передачі, дБмВт;

L_t - втрати у антенно-фідерному тракті (АФТ) передавача, дБ;

L_r - втрати у АФТ приймача, дБ.

Тоді *FSL* можна визначити так: $FSL = Y - SOM$,де *SOM* (*SystemOperatingMargin*) – запас енергетики радіолінії (дБ), що враховує можливі негативні фактори, які впливають на дальність зв'язку, такі як:

- температурний дрейф чутливості приймача та вихідної потужності передавача;
- неузгодженість антени приймача (передавача) з АФТ;
- завмирання сигналу через його багатопроміневість (multipass) тощо.

Зазвичай *SOM* береться рівним 10-15 дБ [3].

Таким чином дальність зв'язку визначатиметься наступною формулою:

$$D = 10^{\left(\frac{P_t + G_t + G_r - P_{r\min} - L_t - L_r - SOM - 33}{20} - \lg F\right)}. \quad (8)$$

Використовуючи наступні вихідні дані для АРК-У2(УД) та АРМ (табл.2): P_t=20 дБмВт; $P_{r\min}$ = -197 (-203) дБмВт; $G_t = G_r$ = 3 дБ; $L_t = L_r$ = 3 дБ; *SOM* = 10дБ; *F* = 121,5 МГц , отримаємо похилу дальність зв'язку4125 км (для АРК-У2) та 8230 км (для АРК-УД).

Однак ці величини будуть обмежені дальністю прямої видимості. При роботі на рівнинній поверхні Землі радіус зони прямої (геометричної) видимості (*r*, км) визначається висотами розміщення передавальної (*H*, м) та приймальної (*h*, м) антени [3]: $r = 3{,}57(\sqrt{H} + \sqrt{h})$. Тоді, враховуючи, що АРК-У2(Д) знаходиться на висоті *h* = 500м(для Мі-8МТ) або *h* = 6000м (для Ан-32П), а АРМ знаходиться на землі (*H*=1м), *r* становитиме 83 км або 280 км відповідно. Ці відстані скоротяться принаймні у двічі при наявності рослинності, характерної для місцевості типу «поле».

Ці значення ще зменшаться, якщо траса розповсюдження радіохвилі буде проходити через ліс, будівлі, гори та інші перешкоди.

Згідно [4] лісовий масив у діапазоні хвиль 100 <*F*< 2000 МГц можна вважати сильно поглинаючим середовищем, при цьому інтегральний погонний коефіцієнт згасання лежить у межах $10^{-2}<\alpha< 10^{-1}$ дБ/м.

Використовуючи для лісу модель неоднорідного середовища, величина ефективного коефіцієнта згасання становитиме [4]:

$$\alpha_{m1} = \omega\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}\cdot\sqrt{A_1^2 + B_1^2}\cdot\sin[\frac{1}{2}arctg(B_1/A_1)], \quad (9)$$

де $A_1 = 1 + (\varepsilon_F^{'} - 1)f_F$; $B_1 = \varepsilon_F^{''}\cdot f_F$,

$\varepsilon_F^{'}, \varepsilon_F^{''}$ - дійсна і уявна частина комплексної діелектричної проникності $\dot{\varepsilon}_F$ елементів лісу (індекс F - «forest»);

f_F - об'ємна концентрація дерев (густоти лісу);

$\omega = 2\pi F$ - радіальна частота;

ε_0, μ_0 - електрична, магнітна стала.

Використовуючи наступні вихідні дані f = 121,5 МГц; f_F=0,02; $\varepsilon_F^{'}$=7, $\varepsilon_F^{''}$=0,7 (для мокрого лісу), отримаємо α_{m1}=-0,017 Нп/м або -0,148 дБ/м. Взагалі ця величина буде коливатися в залежності від пори року (наявності листя), атмосферних опадів (визначають діелектричну проникність елементів лісу), швидкості вітру, густоти лісу тощо. Експериментальні дані [5] свідчать, що для густого листяного лісу на частоті f = 100МГц для вертикально поляризованих електромагнітних хвиль α_{m1} становить -0,06 дБ/м.

Траса розповсюдження радіохвилі через ліс в залежності від його висоти може становити, наприклад, для $h_{лісу}$= 30м, від 30м до 4,98км (для Мі-8МТ, що баражує на висоті 500м) або 1,15 км (для Ан-32П, що баражує на висоті 6000м). У такому випадку при α_{m1}= -0,148 дБ/м згасання у лісі може сягати -737 дБ або -170 дБ відповідно. Використовуючи ці данні отримаємо максимальну дальність детектування сигналів АРМ об'єктів, що знаходяться у лісі, 8,2 км (для АРК-У2 на Мі-8МТ), 16,4 км(для АРК-УД на Мі-8МТ) та 86,5 км (для АРК-УД на Ан-32П).

При пошукових роботах в у межах міста можна скористатися моделлю Хата [3], згідно якої середні втрати передачі можна виразити з наступною формулою:

$$L = 69{,}55 + 26{,}15\lg F - 13{,}82\lg H - \alpha(h) + (44{,}9 - 6{,}55\lg H)\lg D, \quad (10)$$

де в умовах великого міста $\alpha(h) = 3{,}2(\lg 11{,}75h)^2 h - 4{,}97$.

Звідси максимальна дальність радіозв'язку дорівнюватиме:

$$D^* = 10^A, \text{ де } A = \frac{Y - 69{,}55 - 26{,}15\lg F + 13{,}82\lg H + 3{,}2(\lg 11{,}75h)^2 h - 4{,}97}{44{,}9 - 6{,}55\lg H}. \quad (11)$$

Використовуючи наступні вихідні дані для АРК-У2(УД) та АРМ (табл.2): P_t=20 дБмВт; $P_{r\min}$ = -197 (-203) дБмВт; $G_t = G_r$ = 3 дБ; $L_t = L_r$ = 3 дБ; *SOM* = 15дБ; *F* = 121,5 МГц, *H*=500м (6000м), *h*=1м, отримаємо максимальну дальність детектування сигналів АРМ об'єктів, що знаходяться у місті, 15,3 км (для АРК-У2 на Мі-8МТ), 25,5 км (для АРК-УД на Мі-8МТ) та 103,9 км (для АРК-УД на Ан-32П).

Отримані результати по дальності детектування сигналів АРМ об'єктів, що зазнали лиха, можна звести до наступного графіку (рис.3).Аналізуючи графіки можемо бачити, що дальність дії бортового обладнання Р/Т пошуку повітряних засобів сильно залежить не тільки від енергетичних характеристик обладнання та висоти баражування літальних апаратів, а й від типу місцевості в районі можливого знаходження об'єкту пошуку.

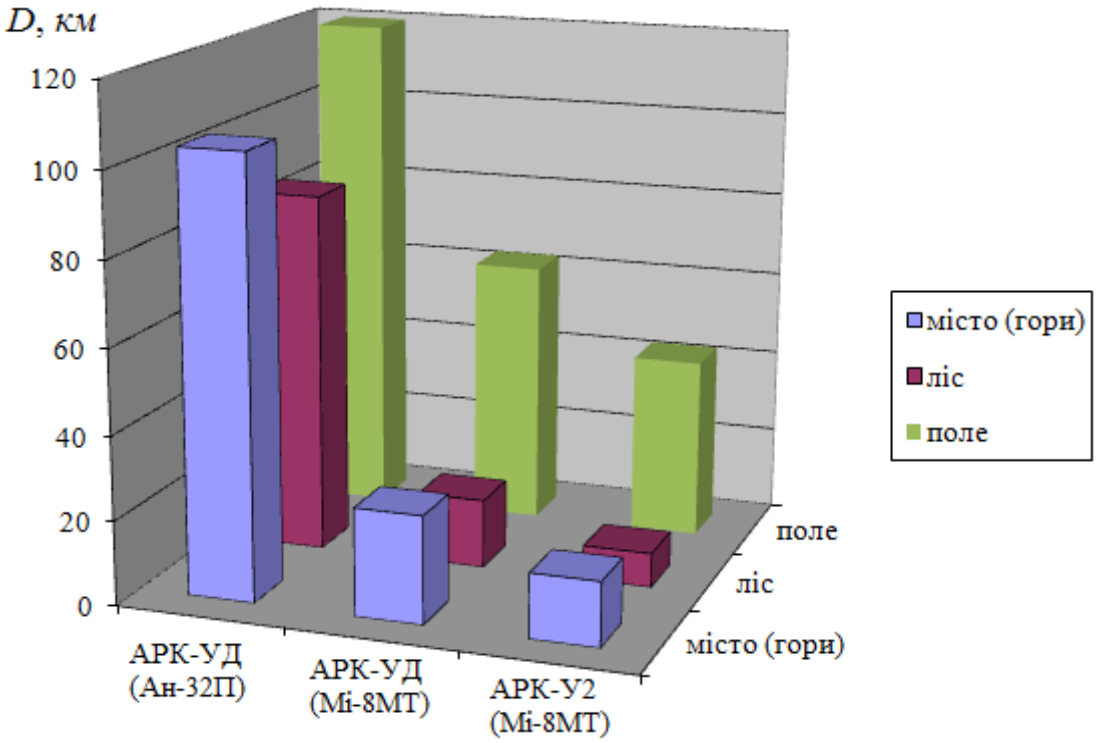


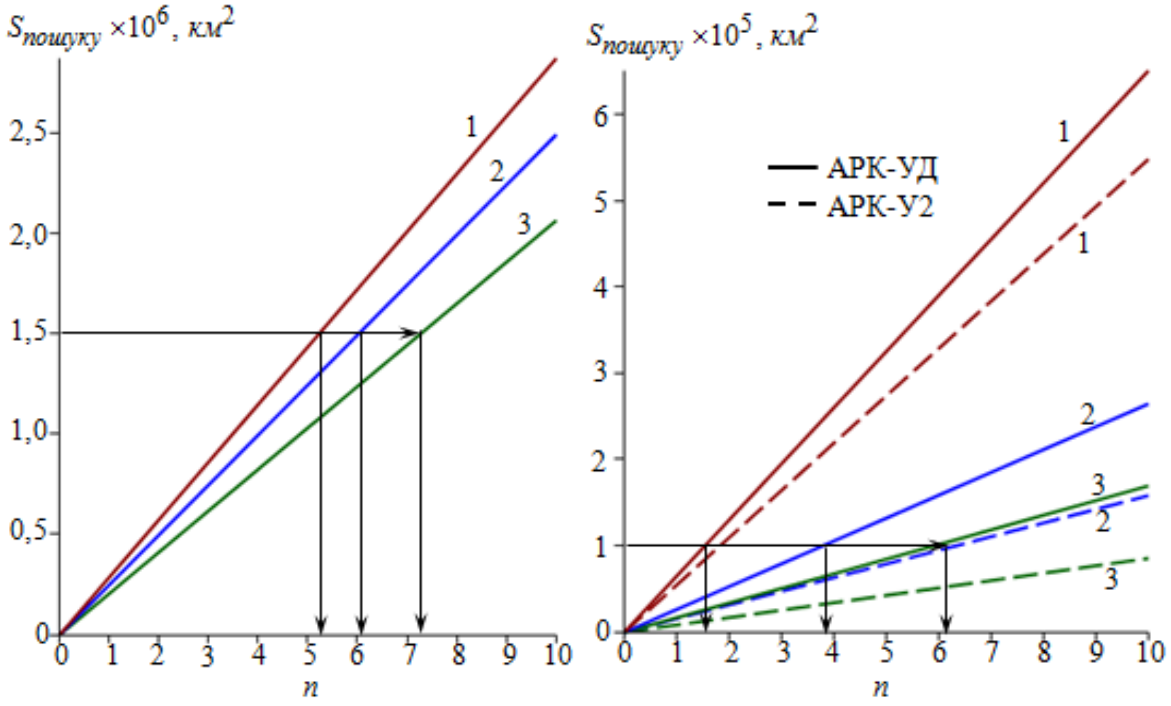
Рисунок 3 — Залежність дальності дії засобів радіотехнічного пошуку від типу обладнання та типу місцевості

Так найбільші значення дальності відповідають місцевості типу «поле», значно менші значення – місцевості типу «місто» та «ліс». Ці дані не є вичерпними, оскільки типи місцевості в реальності можуть бути змішаними, а отже є необхідним більш розширений аналіз різних типів і комбінацій місцевості, що може бути виконано у подальших дослідження.

Як можемо бачити, отриманні значення дальності у деяких випадках виходять за рамки заявлених в [1] значень, а отже мають бути враховані, наприклад, за допомогою спеціально розробленої системи коефіцієнтів, уточнюючих дальність дії засобів Р/Т пошуку для певного типу місцевості та погодних умов.

Використовуючи наступні вихідні дані: R=100 км;V=220 (470) км/год.;K=0,75; $T_{макс}$ = 4,04 (3,83) год.; D (згідно отриманих результатів по дальності дії обладнання р/т пошуку) та вираз (5), дослідимо ефективність застосування тих чи інших однотипних повітряних засобів для обстеження площі пошуку заданого розміру.

Згідно побудованих графіків (рис.4) можемо бачити, що мінімальний наряд однотипних повітряних засобів, необхідний для обстеження площі пошуку заданого розміру, залежить від типу повітряного засобу, бортового обладнання Р/Т пошуку та АРМ, а також від типу місцевості та погодних умов в районі, де передбачається місцезнаходження об’єкту пошуку.



а) б)

Рисунок 4 — Визначення мінімальної кількості однотипних повітряних засобів Ан-32П (а) або Мі-8МТ (б), необхідної для обстеження заданої площі пошуку при різних типах місцевості: 1 – поле, 2 – місто, 3 – ліс

Наприклад, для ефективного обстеження 1,5 млн. кв. км площі пошуку (рис.4а) необхідно 5, 6 або 7 літаків Ан-32П в залежності від типу місцевості. Очевидно, що при однаковій відстані від аеродрому базування пошукових літаків та вертольотів до району пошуку більш ефективним буде застосування саме літаків. Однак в реальних умовах повітряні засоби в різній кількості знаходяться на різних аеродромах, віддалених на різні відстані від району пошуку. Отже виникає оптимізаційна задача пошуку мінімальної кількості різнотипних повітряних засобів, розташованих на різних аеродромах базування пошукової авіації Державної служби України з надзвичайних ситуацій та Збройних Сил України. Це так звана «транспортна» задача, що відноситься до класу лінійного програмування і може бути вирішена у подальшій роботі.

Висновки

В роботі досліджувалась ефективність авіаційного пошуку повітряних засобів, що зазнали лиха, шляхом застосування бортового радіотехнічного обладнання. Використовуючи пошукові характеристики літаків Ан-32П та вертольотів Мі-8МТ, що обладнанні засобами радіотехнічного пошуку АРК-У2 або АРК-УД, була досліджена дальність детектування сигналів аварійних радіомаяків залежно від різних типів місцевості та погодних умов. Отриманні значення дальності у деяких випадках виходять за рамки заявлених в [1] значень, а отже мають бути враховані, наприклад, за допомогою спеціально розробленої системи коефіцієнтів, уточнюючих дальність дії засобів Р/Т пошуку для певного типу місцевості та погодних умов. Отримані результати можуть бути використані для планування мінімального наряду повітряних засобів, що можуть дістатися до району пошуку і дослідити його у найкоротші строки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Наставление по поисково-спасательной службе СССР. Поисково-спасательное обеспечение полетов авиации. – М.: Военное издательство мин. обороны СССР, 1979. – 182с.
2. Яковлев О.И., Якубов В.П., Урядов В.П., Павельев А.Г. Распространение радиоволн: Учебник / под ред. О.И. Яковлева. – М.: ЛЕНАНД, 2009. – 296с.
3. Гавриленко В.Г., Яшков В.А. Распространение радиоволн в современных системах мобильной связи. – Нижний Новгород: НГУ им. Н.И.Лобачевского, 2003. – 148с.
4. Попов В.И. Основы сотовой связи стандарта GSM. – М.: Эко-трендз, 2005.– 296с.
5. Международные стандарты и рекомендации. «Авиационная электросвязь». Приложение 10 к конвенции по Международной гражданской авиации (ICAO), 1963г.

❖ ❖ ❖

УДК 623.438.2

В.В. Шаповал, канд. техн. наук

ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЗАХИЩЕНОСТІ ПОЖЕЖНИХ АВТОМОБІЛІВ ЛОКАЛЬНИМ БРОНЮВАННЯМ

Проаналізований стан захищеності та обґрунтовано пропозиції щодо підвищення рівня захищеності пожежного автомобіля.

Ключові слова: пожежна безпека, ударна міцність, волоконнозміцнені композити, сендвіч-конструкції, броньовані захисні екрани.

V. Shapoval, Cand. of Sc. (Eng.)

THE INCREASES LEVEL PROTECTING OF FIRE CARS LOCAL RESERVING

The state of protected is analyzed and grounded suggestion in relation to the increase protection level of fire cars local reserving.

Keywords: fire safety, impact strength, fiber-reinforced composites, sandwich constructions, protective reserved screens.

Ефективне використання пожежних автомобілів останнім часом стає дедалі актуальнішим. Аналіз показав, що під час пожежогасіння транспортні засоби мають низький рівень захищеності обслуги від ураження, спричиненого згорянням опорних елементів, руйнуванням великогабаритних конструкцій, термічним руйнуванням побутових та промислових об’єктів, зокрема, ємностей під тиском. У кожному із цих випадків існує небезпека розлітання уламків, що можуть спричинити травмування людей.

Однією з основних причин отримання травм членами оперативних рятувальних команд, за статистичними даними, крім термічних опіків є ушкодження внаслідок удару. Зона ураження маломірними об’єктами, які розлітаються з великою швидкістю, досить значна, зазвичай перекриває район локалізації допоміжної транспортної та рятувальної техніки, що розміщується на безпечній відстані [1].

Перед системами захисту від ударного навантаження, що використовуються під час рятувальних операцій, висуваються особливі вимоги, пов’язані з їх основним функціональним призначенням. Особлива небезпека для пожежно-рятувальних команд – розлітання уламків внаслідок вибуху під дією полум’я, існує, незважаючи на вимоги до проектування будинків і споруд під час пожеж, вибухів та землетрусів [2, 3].

Міжнародні та національні стандарти розглядають як засоби перевірки обладнання та конструкцій на предмет вибухової небезпеки, так і спеціалізовані методи визначення ударозахисних властивостей спорядження рятувальних команд. Особливо детально вимоги до удароміцних матеріалів, зокрема для захисних жилетів та касок, розглянуто у [4].

У сучасних умовах ведення протипожежної боротьби стан і технічна готовність автомобілів визначають ступінь рухомості рятувальних команд, можливість маневрування силами та засобами. Враховуючи, що завдання із забезпечення рухомості особового складу, матеріально-технічного забезпечення, управління та зв’язку вирішуються в екстремальних умовах пожежогасіння, виникає необхідність у підвищенні рівня захищеності пожежних автомобілів.

Забезпечити повну захищеність автотранспортних засобів неможливо. Вирішення цієї проблеми полягає в досягненні такого рівня захищеності спецтехніки, який би дозволив не втратити рухомість та працездатність її під час боротьби з полум'ям.

Метою дослідження є обґрунтування підвищення рівня захищеності пожежних автомобілів за рахунок раціональної схеми розміщення локального броньованого захисту.

Для захисту особового складу від вогневого ураження використовується як індивідуальний, так і локальний броньований захист кабіни пожежного автомобіля КамАЗ-4310. Запропоновано виготовляти і встановлювати захисні броньовані екрани з врахуванням властивостей сучасних броньованих матеріалів, оптимізації розташування і покращення огляду місцевості. Конструкція захисних броньованих екранів, з'єднання та ущільнення повинні характеризуватися відсутністю виступаючих частин і форм. Усі елементи та обладнання броньованого захисту не повинні виступати над опорною поверхнею і мати радіус округлення не менше ніж 3,2 мм. Розроблена конструкція кабіни у 1,5-2 рази підвищує ефективність захисту екіпажу.

Результати аналізу [5] свідчать, що проводити підвищення броньованого захисту без відповідних розрахунків неможливо, оскільки це призводить до погіршення тактико-технічних характеристик, маневреності й мобільності машини.

Використання локального броньованого захисту повинно відповідати комплексу тактико-технічних вимог і основним нормативно-технічним документам ОТТ 9.1.1-87:

- забезпечення захисту екіпажу, вузлів, агрегатів і систем від ураження вогнем;
- незначне зменшення вантажопідйомності (до 15 %);
- збереження відповідного розподілення маси по бортах і мостах машини;
- забезпечення доступу до захищених агрегатів, вузлів і систем з метою виконання технічного обслуговування і ремонту.

Системи захисного бронювання повинні бути легкими, оптимально гнучкими, термо- й вологостійкими, стійкими до хімічного впливу та корозії. Суттєвим кроком до досягнення вказаних характеристик є застосування сучасних композиційних матеріалів в системах ударного захисту рятувальних груп. До легких композиційних матеріалів високої статичної і динамічної міцності відносяться волоконнозміцнені матеріали на основі вуглецевих, борних волокон та полімерної матриці. Їх перевагами у порівнянні з металевими та керамічними композитами є невелика вага, що дозволяє використовувати їх у відповідних умовах при дотриманні обмежень з термічної стійкості.

Локальне бронювання пожежних автомобілів має як позитивні, так і негативні сторони.

Позитивні сторони: локальне бронювання легше за масою по відношенню до маси повного бронювання; значно дешевше у виготовленні і, в основному, зберігає тактико-технічні характеристики автомобіля; забезпечує захист екіпажу, агрегатів і вузлів від ураженням вогнем; зберігає відповідне розподілення маси відносно бортів і мостів машини; забезпечує швидкий доступ до захищених агрегатів, вузлів і систем з метою виконання технічного обслуговування і ремонту; локальне бронювання може встановлюватися і зніматися в залежності від характеру та місця виконання завдань.

Негативні сторони: погіршення огляду місцевості з місця водія і командира; під час тривалої експлуатації автомобіля у важких дорожніх умовах відбувається провисання дверей і утворення тріщин на панелях кабіни в місцях концентрації напружень в результаті недостатньої несучої здатності конструкції кабіни і великої маси броньованого захисту; зменшення швидкості руху і збільшення витрати палива.

Відомо, що у складних дорожніх умовах сили, які створюють основний опір під час руху автомобіля, залежать від його маси і розмірів. Збільшення цих сил прямо пропорційне збільшенню витрати палива і зменшенню швидкості руху [6].

Маса локального броньованого захисту збільшує споряджену масу автомобіля КамАЗ-4310 на 2,5 %. Встановлення захисних броньованих екранів збільшить шляхову витрату

палива на 2,0 %. Одночасно максимальна швидкість броньованого автомобіля зменшиться з 85 км/год до 83,3 км/год.

Вказаний результат свідчить, що встановлення локального броньованого захисту на кабіну пожежного автомобіля КамАЗ-4310 відповідає нормативно-технічним вимогам, а якщо і зумовлює часткове збільшення шляхової витрати палива і зменшення швидкості руху, то це не суттєво змінює експлуатаційні характеристики машин. В умовах екстремальної ситуації встановлення локального броньового захисту є доцільно виправданим, оскільки у кінцевому результаті це зберігає життя і здоров'я екіпажу та особовому складу.

Висновки

Аналіз можливих видів броньованого захисту пожежних автомобілів показав, що на сьогоднішній день для автомобільної техніки застосовується як повне, так і локальне бронювання.

Підвищення рівня захищеності автомобілів повинно здійснюватися в залежності від характеру та місця виконання ними завдань з врахуванням досвіду використання, технологій в галузі створення броньованих конструкцій та рівня розвитку засобів ураження.

Враховуючи зазначене, підвищення рівня захищеності пожежних автомобілів необхідно здійснювати за трьома напрямами:

- для небронюваних автомобілів, які широко використовуються у Міністерстві надзвичайних ситуацій, розробити знімальні комплекти броньованого захисту з можливістю їх встановлення на період виконання ними спецзавдань зі скороченням нормативного ресурсу зразка;

- створити у складі сімейств пожежних автомобілів модифікації, в конструкцію яких закладено потенційні можливості щодо дообладнання їх знімальним броньованим захистом зі збереженням нормативного ресурсу зразка;

- розробити модифікації автомобілів із спеціальними вбудованими броньованими елементами.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Астанін В.В., Олефір О.І., Щегель Г.О., Шаповал В.В., Олефір А.О. Композиційні захисні конструкції в умовах ударної взаємодії // Науковий вісник УкрНДІПБ. – 2012, № 2(26). – С. 12 - 20.
2. D.P. Nolan, Explosion and Fire Resistance Ratings, Handbook of Fire and Explosion Protection Engineering Principles, 2-е вид. Oxford: William Andrew Publishing, 2011.
3. T.J. Shields, "Fire Safety Engineering Research and Technology Centre (FireSERT) University of Ulster: Recent Developments," Fire Technology, т. 39, № 3, с. 275-284, 2003.
4. Ballistic Resistant Protective Materials - NIJ Standard 0108.01, NCJ 099859, September 1985, NIJ Standard, by Law Enforcement Standards Laboratory of the National Bureau of Standards.
5. Боевое применение вооружения и военной техники в горно-пустынной местности Афганистана. – М.: Воениздат, 1990. – 232 с.
6. Гришкевич А.И. Автомобили. Теория: Учебник для ВУЗов. – Мн.: Высш. шк., 1986. – 208 с.
7. Трощенко В.Т., ред. Прочность материалов и конструкций, 2-е вид. Киев: Академпериодика, 2006.

❖ ❖ ❖

УДК 614.849

Р.В. Ліхньовський, канд. хім. наук

ТЕСТ-СИСТЕМИ. ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ

Проаналізовано необхідність створення тест-систем для проведення експрес-аналізів. Розглянуто напрямки застосування тест-систем у сфері пожежної безпеки. Наведено приклади експрес-аналізів методом тонкошарової хроматографії.

Ключові слова: тест-системи, експрес-аналіз, тонкошарова хроматографія.

R. Likhnyovskiy, Cand. of Sc. Chem.

TEST SYSTEMS. FUTURE USE

Relevance of creating of the test systems for short-time testing is analyzed. Ways of using of the test-systems in the field of fire safety are considered. Examples of the short-time tests by TLC-method are presented.

Keywords: test systems, short-time test, TLC (thin-layer chromatography).

Сучасний рівень економічного розвитку суспільства певною мірою впливає на навколишнє середовище. Інтенсифікація темпів розвитку технологій, промисловості та господарська діяльність людини призводять до антропогенного і техногенного навантаження, що у свою чергу спричиняє зростання ризиків виникнення різного роду надзвичайних ситуацій, подій тощо. Останні призводять до наслідків, від незначних, локальних, і до катастрофічних за масштабом й негативним впливом на навколишнє середовище. Насамперед це стосується хімічного, біологічного, радіоактивного забруднення.

З огляду на зазначене, застосування експрес-методів для контролю за станом довкілля є швидким, ефективним способом моніторингу з оцінювання масштабу і ступеня забруднення. Так, наприклад, у разі шкідливих викидів у атмосферу застосовуються компактні, переносні, газоаналізатори, сенсорні датчики, а у випадку радіоактивного забруднення – експрес-методи визначення радіоактивності у будь-якому об’єкті (продукти харчування, грунт, вода тощо). У разі біологічного забруднення води використовують фізико-хімічні, гідробіологічні і бактеріологічні способи визначення, а також експрес-методи біологічного контролю.

Пожежна безпека є однією з видів діяльності людини, що спрямована на запобігання виникненню пожеж та їх ліквідацію. Один із способів запобігання – це приведення горючих матеріалів до важкозаймистого стану. Такі матеріали вважаються вогнезахищеними. Наприклад, для виробів із дерева це досягається шляхом просочення їх розчинами неорганічних солей, нанесенням покриття.

Наразі гостро стоїть питання щодо контролю якості вогнезахисту за межами лабораторії, у вирішенні якого могли б знайти своє застосування експрес-методи. Так, якщо якість вогнезахисту деревини при нанесені покриття на поверхню можна проконтролювати за товщиною плівки, що утворюється, то при просоченні деревини контроль якості відсутній. Щоправда, дотепер ще користуються методом контролю якості та тривалості вогнезахисту у часі, описаним у [1], який за суттю і виконанням є архаїчним Він полягає у перевірці зрізаної стружки деревини на предмет "горить-не горить" у полум’ї сірника. Більш прогресивний, але, водночас, обмежений у застосуванні метод контролю описано у [2], який ґрунтується на кольорових реакціях речовин, що входять до складу вогнезахисного засобу зі специфічними хімічними реагентами. Ці методи контролю є руйнівними, тобто з вогнезахищеного

дерев'яного виробу, конструкції береться зразок і піддається дії, яка має необоротний характер. Пошкодження нанесені при відборі проби потім замасковують дерев'яними корками та іншими способами. Питання неруйнівного контролю якості вогнезахисту поки що не вирішено.

Ще одним чинником на користь застосування експрес-методів є швидка ідентифікація компонентів розчинів вогнезахисних засобів, вогнегасних порошків з визначенням кількісного складу. Актуальність цього питання висвітлено у тезах конференції [3].

За мету роботи було поставлено проведення аналізу перспективності створення і застосування тест-систем для проведення експрес-аналізів у вирішенні питань, що входять або є дотичними до сфери пожежної безпеки.

Експрес-методи засновані на тих самих або аналогічних хімічних реакціях, що й класичні методи аналізу. Прототипом експрес-методів в хімії було використання лакмусового папірця для визначення кислотно-лужного стану середовища.

Експрес-методи – це прискорені методи лабораторних аналізів, що забезпечують проведення досліджень до 10-15 хв після одержання матеріалу. Для проведення досліджень достатньо на індикаторну зону смужки або таблетки нанести рідину або їх занурити. За часом появи забарвлення, його інтенсивності та величиною кольорової зони роблять висновок щодо наявності або відсутності речовини. Наближену кількісну оцінку її вмісту отримують шляхом порівняння інтенсивності кольору індикаторної зони з кольоровими стандартами.

До складу тест-системи повинні входити піпет-дозатор або мікрошприц, реагент для виявлення речовини, шкала кольорових стандартів, хроматографічний папір, таблетка або пластинка. Також, можливе використання додаткового обладнання та реактивів в залежності від вибраного експрес-методу.

Тонкошарова хроматографія (ТШХ) є одним з найбільш простих і ефективних експрес-методів розділення й аналізу. Суть методу, обладнання, техніка роботи тощо викладені у ГОСТ 28366-89 [4]. Новим варіантом ТШХ є високоефективна тонкошарова хроматографія, яка відрізняється покращеними ефективністю та швидкістю розділення, більш високою чутливістю. Теоретичні основи методу, особливості застосування та обладнання, практичні питання хроматографування зразків й одержання кількісних результатів викладено у книзі [5].

В обох варіантах тонкошарової хроматографії розділення речовин відбувається у шарі сорбенту, за рахунок різної швидкості руху в потоці елюенту. Виявлення речовин відбувається шляхом оббризкування спеціальними реагентами пластинки з шаром сорбенту, в результаті чого утворюються кольорові плями. Речовини, що поглинають світло в діапазоні 190-366 нм виявляють, підсвічуючи пластину УФ-лампою. Також застосовують пластини з іммобілізованими індикаторами, що дозволяє виявляти речовини, минаючи стадію оббризкування.

Слід відзначити, що кількість проби, що наноситься на пластину вимірюється у мкл і, як правило не перевищує 10. Для нанесення проби використовується мікрошприц або піпет-дозатор.

Зважаючи на обсяги витрат розчинів вогнезахисних засобів при обробленні деревини що можуть сягати десятків кг/м^3, достатньо точкового відбору зразків з поверхні вогнезахищеної деревини. Процедуру відбору можна виконати свердлінням деревини тонкими свердлами. Тонкі отвори потім легко можна замаскувати.

Також слід зазначити, що на цьому етапі потрібно унормувати кількість точок відбору зразків на одиницю поверхні, хоча й вважається, що просочення є рівномірним. Пояснюється це інколи великими площами, що піддаються вогнезахисному обробленню. Застосування експрес-методів доцільне у дослідженнях тривалості вогнезахисту.

Враховуючи те, що після просочення деревини розчинами неорганічних солей відбувається висолювання з втратою антипіренів, експрес-аналіз дозволяє орієнтовно визначати термін перебування матеріалу у важкозаймистому стані.

Вогнезахисні засоби, вогнегасні порошки представляють собою суміші неорганічних речовин, в основному солей, які дисоціюють на катіони і аніони. Їх можна записати у вигляді K^+Anion^-. Приклади виявлення та розділення катіонів і аніонів методом тонкошарової хроматографії наведено у джерелах [6, 7].

Як зазначалося вище, експрес-методи засновані на реакціях, що дають забарвлення. Наприклад, для ідентифікації катіонів літію, магнію, калію, натрію можна використати 5-ізонітрозобарбітурову (віолурову) кислоту. Реакції катіонів з нею мають такі кольори:

Li^+ – світло-червоний, Mg^{2+} – жовто-помаранчевий;
Na^+ – червоно-фіолетовий, K^+ – синьо-фіолетовий.

Приклад розділення і виявлення катіонів віолуровою кислотою наведено на рис.1

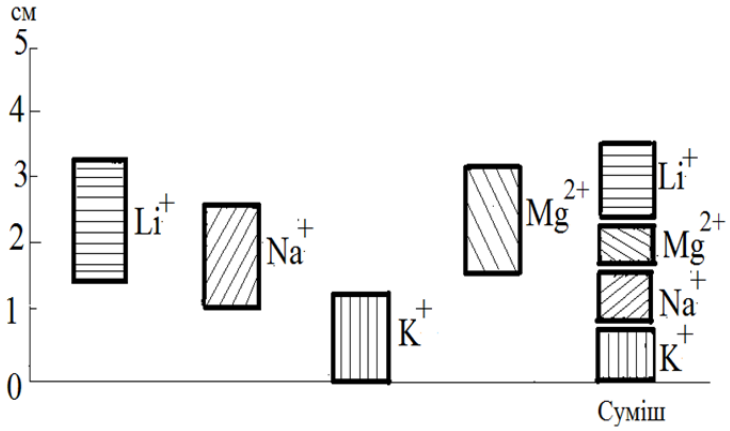


Рисунок 1 – Розділені катіони лужних металів

Для виявлення іонів літію, кальцію, магнію, алюмінію, торія, цирконія, амонію і селену для оббризкування використовують насичений спиртовий розчин алізарину.

Крім катіонів, важливою є й ідентифікація аніонів. Розділення аніонів фосфорних кислот, солі яких можуть бути складовими розчинів вогнезахисних засобів показано на рис. 2. Виявлення аніонів проведено молібдатом амонію та хлоридом олова (II). Аніони у реакціях з цими реактивами дають плями синього кольору.

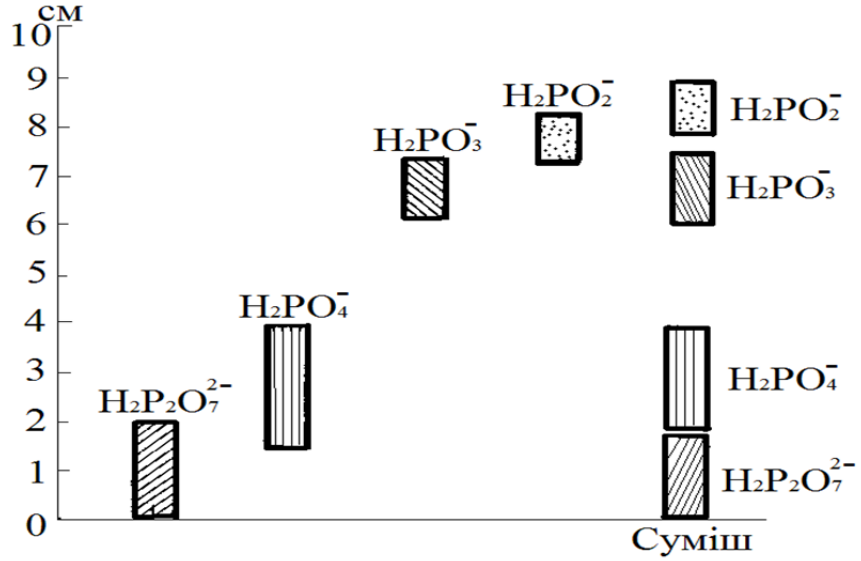


Рисунок 2 – Розділені аніони фосфорних кислот.

Також відомі приклади розділення аніонів PO_4^{3-} і SO_4^{2-}, які можуть бути використані в аналізі вогнегасних порошків. Детальніше про виявлення і розділення неорганічних речовин викладено у монографії [8].

Розглянуті приклади розділення та виявлення катіонів і аніонів неорганічних солей методом тонкошарової хроматографії вказують на ефективність цього методу. Проведення аналізу методом ТШХ не потребує використання складного обладнання.

Таким чином, розглянутий метод тонкошарової хроматографії, а також його високоефективний варіант, можуть бути покладені в основу створення тест-систем для проведення експрес-аналізів. Крім тонкошарової хроматографії, може бути використана й хроматографія на папері. Вибір методів залежить від завдання, швидкості аналізу й ефективності. Тест-системи на основі цих методів аналітичної хімії дозволять проводити аналізи як у лабораторії, так і в "польових" умовах.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ГОСТ 30219-95 Древесина огнезащищенная. Общие технические требования. Методы испытаний. Транспортирование и хранение. . – [Действующий в Украине от 1998-01-01]. – Киев: Госстандарт Украины, 1997. – 18с.
2. ГОСТ 20022.6-93 Защита древесины. Способы пропитки. [Действующий от 1995-01-01]. – Москва: Госстандарт России, 1995. – 25с.
3. Р.В. Ліхньовський. Питання ідентифікації вогнезахисних засобів. Шляхи їх вирішення: Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції [«Пожежна безпека - 2013»], (Київ, 25-26 верес. 2013 р.)/ ДСНС України, УкрНДІЦЗ. К.: –С.230.
4. ГОСТ 28366-89 Реактивы. Метод тонкослойной хроматографии. – [Действующий от 1991-01-01]. – Москва: Стандартинформ, 2008. – 7с.
5. А. Златкис, Р. Кайзер. Высокоэффективная тонкослойная хроматография. Пер. с англ. – М.: Мир, 1979 – 133 с.
6. Э. Шталь. Хроматография в тонких слоях. Пер. с нем. – М.: Мир, 1965 – 508с.
7. У.Дж. Уильямс. Определение анионов: Справочник. Пер. с англ. – М.: Химия, 1982 – 624с.
8. М.П. Волынец. Тонкослойная хроматография в неорганическом анализе. – М.:Наука, 1974 – 151 с.

❖ ❖ ❖

УДК 622.822.7

С. П. Греков, д-р техн. наук, И.Н. Зинченко, канд. техн. наук, В.З. Брюм

ПРОГНОЗ ПАРАМЕТРОВ ПОЖАРА ПО ДАННЫМ МОНИТОРИНГА НА ИСХОДЯЩИХ СТРУЯХ В ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ

Проведен непрерывный контроль пожароопасного состояния горных выработок, разработана методика расчёта параметров пожара по данным оксидов углерода, кислорода, температуры и расхода воздуха на исходящей вентиляционной струе на каждый момент времени.

Ключевые слова: пожар, датчики контроля, исходящая струя, оксиды углерода, кислород, скорость воздуха, температура, зона горения, местонахождения пожара, расчёт, прогноз.

S. Greeks, Doc. of Sc. (Eng.), I. Zinchenko, Cand. of Sc. (Eng.), V. Bryum

FIRE WEATHER PARAMETERS ACCORDING TO MONITORING THE CASTING IN MINES

Conducted continuous monitoring of mine tunnel fire risk, the method of calculation of fire parameters according to oxides of carbon, oxygen, temperature and air flow on the outgoing air flow at any given time.

Keywords: fire control sensors , outgoing jet , oxides of carbon , oxygen, air velocity , temperature, combustion zone , the location of fire, payment forecast.

Для подсистемы «УТАС», предназначенной для непрерывного контроля пожароопасного состояния горных выработок, разработана методика расчёта параметров пожара по данным оксидов углерода, кислорода, температуры и расхода воздуха на исходящей вентиляционной струе на каждый момент времени. Это даёт возможность получать полную информацию о пожаре и принимать меры по его ликвидации.

Основными требованиями к современным способам и средствам обнаружения ранней стадии развития эндогенных и экзогенных пожаров в угольных шахтах является правильное размещение датчиков пожарных газов в горных выработках, исключение ложного их срабатывания, мгновенное поступление информации на диспетчерский пункт.

Этой цели служит подсистема противопожарной защиты подземных объектов шахты унифицированной телекоммуникационной системы диспетчерского контроля и автоматизированного управления горными машинами и технологическими комплексами (подсистема УТАС «ПОЖАР»). Подсистема «УТАС» предназначена для непрерывного измерения параметров пожаробезопасного состояния промышленных и горно-технологических объектов, в том числе параметров шахтной атмосферы, состояния основного и технологического оборудования, а также систем автоматического пожаротушения, передачи информации на диспетчерский пункт, ее обработки и отображения. При этом необходимо не только обнаружить пожар, но и дать прогноз его состояния, температуры, местонахождения пожара, длины зоны горения по данным мониторинга оксидов углерода, кислорода и скорости воздуха на исходящей вентиляционной струе.

Для прогноза стадии развития пожара представим уравнение динамики температуры в зоне горения в виде [1]

$$\rho c\left(\frac{\partial T}{\partial \tau}+u\frac{T-T_0}{l}\right)=\frac{\alpha \Pi}{S}(T_c-T)+q, \qquad (1)$$

где ρ – плотность газов, кг/м^3; c – удельная теплоёмкость газов при постоянном давлении, Дж/(кг·К); T – температура в очаге пожара, К; T_0 – температура до пожара, К; T_c – температура стенок выработки, К; u – скорость движения воздуха, м/с; l – длина зоны горения, м; α – коэффициент теплообмена смеси газов со стенками выработки, Вт/(м^{2}К); П – периметр выработки, м; S – площадь поперечного сечения выработки, м^2; q – интенсивность источника тепла при горении, Вт/м^3.

Для квазистационарного случая уравнение (1) примет вид

$$\widetilde{u}\frac{T-T_0}{l}=\frac{\alpha\Pi}{\rho_0 cS}(T_c-T)+q/\rho_0 c\,, \tag{2}$$

где $\widetilde{u}=\rho u/\rho_0$ – массовая скорость воздуха, м/с.

Упростим вид уравнения (2), принимая $T_c = T_0$, и получим

$$(\widetilde{u}+\overline{\alpha})(T/T_0-1)=\overline{q}l\,, \tag{3}$$

где $\overline{\alpha}=\dfrac{\alpha\Pi l}{c\rho_0 S}$ – удельный коэффициент теплообмена со стенками выработки, м/с; $\overline{q}=\dfrac{q}{c\rho_0 T_0}$ – удельная интенсивность тепловыделения в зоне горения, 1/с.

Разрешая уравнение (3) относительно температуры, получим

$$T=T_0\left(1+\frac{\overline{q}l}{\widetilde{u}+\overline{\alpha}}\right). \tag{4}$$

Для расчёта интенсивности тепловыделения в единице объёма введём в рассмотрение функцию [2]

$$q=0{,}01(C_0-C_1)\widetilde{u}\rho_0 H_c/l\,, \tag{5}$$

где C_0 – концентрация кислорода на входе в зону горения, %; C_1 – концентрация кислорода на выходе из зоны горения, %; H_c – теплота сгорания твёрдого материала, кДж/кг.

Подставляя выражение (5) в формулу (4), будем иметь

$$T_1=T_0+\frac{0{,}01(C_0-C_1)\widetilde{u}H_c}{c(\widetilde{u}+\overline{\alpha})}. \tag{6}$$

Используя эмпирическую зависимость температуры от скорости воздуха при горении дерева и почти полном расходовании кислорода до 1 % [3] можно определить исходные параметры, входящие в формулу (6). В этом случае при удельной теплоёмкости воздуха c = 1,04 кДж/(кг·К) [2] получим теплоту сгорания H_c = 6250 кДж/кг и удельный коэффициент теплообмена со стенками выработки $\overline{\alpha}$ = 0,25. Тогда, определяя концентрацию израсходованного кислорода на горение по формуле

$$C_0-C_1=\mathrm{CO}_2+0{,}5\mathrm{CO}\,, \tag{7}$$

получим следующую зависимость

$$T = T_0 + \frac{62{,}5(CO_2 + 0{,}5CO)\widetilde{u}}{\widetilde{u} + 0{,}25}, \quad (8)$$

где CO – концентрация оксида углерода, %; CO_2 – концентрация диоксида углерода, %.

Это даёт возможность, получив информацию о концентрациях оксидов углерода, по формуле (8) определить температуру в очаге пожара.

Для установления достоверности полученной зависимости (8) в штольне НИИГД длиной 187 м и площадью поперечного сечения 4 м^2 проведено 8 экспериментов по исследованию состава пожарных газов и их влияния на температуру в зоне горения деревянной крепи.

Вентиляторная установка нагнетала свежий воздух и с помощью шиберного устройства позволила изменять скорость воздуха в широком диапазоне от 0,6 до 5 м/с.

Пожар инициировался поджиганием костра, сложенного из затяжек на входе в закрепленный участок. Костёр предварительно обливался керосином или трансформаторным маслом или поджигался без добавления горючих жидкостей. Было установлено, что способ поджигания крепи почти не оказывает влияния на скорость развития пожара.

Пламя быстро охватывало деревянные затяжки и распространялось как по струе воздуха, так и немного навстречу ей в основном под кровлей участка. В результате проведенных экспериментов получены табличные данные пожарных газов и температуры по её длине и в различное время от начала опыта продолжительностью до 2-х и 3-х часов наблюдений в зависимости от длины пожарной нагрузки.

Измерение температуры по высоте выработки в трёх точках показало, что она почти равномерно распределена, что объясняется турбулентным характером движения газов. Естественно, температура не остаётся постоянной во время горения. Сначала она резко повышается, а затем выходит на определённый уровень, зависящий от скорости воздуха.

Эксперименты показали, что коэффициент избытка воздуха близок к единице, так как концентрация кислорода опускалась до 1 % и ниже. Это объясняется тем, что основная масса кислорода вступает в реакцию в зоне горения и чем длиннее зона, тем на выходе меньше кислород и выше температура.

При возникновении и развитии пожара состав воздуха резко меняется. Появляются такие газы, как оксид и диоксид углерода, метан, водород и др. Экспериментальные исследования показали, что указанные газы появлялись в большом количестве, что приводило к резкому снижению концентрации кислорода.

На рис. 1 приведены экспериментальные данные динамики концентраций кислорода и диоксидов углерода при скорости движения воздуха 0,6 м/с.

Как видно (рис. 1), при возникновении и развитии пожара концентрация кислорода резко уменьшается. В то же время быстро появляются в воздухе концентрации оксида и диоксида углерода и устанавливаются почти на тех же уровнях.

Как установлено, пожар приводит к резкому снижению кислорода до менее 2 % , к появлению в потоке воздуха CO концентрации от 4 % до 8 % и CO_2 концентрации от 16 % до 18 %. Отсюда видно, что несмотря на разные скорости движения воздуха концентрации оксидов углерода и кислорода находятся в довольно узких пределах.

В таблице приведены результаты экспериментов и расчётов по формуле (8) прогноза температуры по данным оксидов углерода.

Таблица 1 — Результаты сравнения расчётных и экспериментальных данных температуры по составу пожарных газов

Номер эксперимента	Скорость воздуха, м/с	CO_2+0,5CO, %	$T_э$, ^{0}C по экспериментальным данным	$T_р$, ^{0}C по расчётным данным
1	1,0	19	1000	970
2	0,6	20,0	950	902
3	1,75	20,5	1100	1140
4	1,0	20,2	885	1030
5	1,0	19,5	930	995
6	1,0	20,8	1015	1060
7	2,1	21,5	1200	1220
8	3,1	21,2	1250	1246

Как видно, расчёты по формуле (8) достаточно точно согласуются с данными экспериментов. Поэтому формула (8) может быть использована для прогноза температуры по данным мониторинга.

На рис. 2 приведены экспериментальные данные динамики температуры на разных расстояниях от места возникновения пожара при скорости движения воздуха 0,6 м/с.

Здесь также жирной линией приведены расчётные данные, температуры в зависимости от оксидов углерода в исходящей из пожарного участка струе воздуха, полученные при расчёте по формуле (8)

Как видно (рис. 2), прогноз температуры по формуле (8) и данным мониторинга достоверно отображает развитие пожара и даже его угасание, независимо от места расположения зоны горения.

Поступающие данные от датчиков пожарных газов и расхода воздуха на данный момент времени позволяют определить не только температуру в зоне горения, но и местонахождение x_1 (м) переднего фронта пламени по формуле

$$x_1 = \frac{100Q_1\sqrt{S}}{1{,}2Q_1 + 1{,}5S} \ln\frac{T_1 - T_0}{T_2 - T_0}, \qquad (9)$$

где Q_1 – расход воздуха на исходящей вентиляционной струе из пожарной выработки по данным мониторинга, м^3/с, T_2 – температура на исходящей вентиляционной струе, К.

Используя данные мониторинга можно найти также текущую длину l (м) зоны горения на любой момент времени τ

$$l = \frac{24(C_0 / C_1 - 1)Q_1}{\sum_i \Pi_i q_i (1 + 0{,}5Q_1 / S)}, \qquad (10)$$

где Π_i – периметр горящей поверхности i –го материала, м; q_i - объём воздуха, необходимый для сгорания i –го горючего материала, м^3/кг.

Количество горючего материала должно быть заранее известно для данной пожарной выработки.

При отсутствии данных о концентрации кислорода C_1 на исходящей вентиляционной струе принимается $C_1 = C_0 - CO_2 - 0{,}5CO$. Если концентрация кислорода $C_1 < 1\%$, то длина зоны горения становится максимальной.

На рис. 3 представлена зависимость максимальной длины зоны горения от скорости движения воздуха (u = Q/S).

Результаты сравнения расчётных и экспериментальных данных показывают (рис. 3), что наблюдается удовлетворительная их сходимость в диапазоне скоростей 0,6 – 3 м/с при экспериментах, когда принято $S = 4$ м^2, $П_1 = 6$ м, $q_1 = 4$ м^3/кг для деревянной крепи [3].

Как видно, предложенная аналитическая зависимость (10) правильно отражает физику процесса. Так, при отсутствии вентиляции длина зоны горения должна быть равной нулю и не стремиться к бесконечности при увеличении скорости воздуха.

Выводы. Таким образом, установленные на исходящей вентиляционной струе датчики пожарных газов и кислорода, а также датчик скорости воздуха позволяют получить на основании разработанной и проверенной в экспериментальных условиях методики расчёта полную информацию о пожаре.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пашковский П.С. Математическое моделирование динамики температуры при пожаре в шахтной вентиляционной сети / П.С. Пашковский, В.З. Брюм, А.В. Ревякин // Горноспасательное дело: сб. науч. тр. / НИИГД «Респиратор». – Донецк, 2007. – Вып. 44. – С. 12 – 17.
2. Драйздел Д. Введение в динамику пожаров / Д. Драйздел. – М.: Стройиздат, 1990. – 424 с.
3. Осипов С.Н. Вентиляция шахт при подземных пожарах / С.Н. Осипов, В.М. Жадан. – М.: Недра, 1973. – 152 с.

❖ ❖ ❖

УДК 614.846.35:534.1

Я.Б. Кирилів, канд. техн. наук, І.Л. Ущапівський

АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ПОЖЕЖНИХ НАСОСІВ, ЩО МАЮТЬ ЗАСМІЧЕННЯ РОБОЧОГО КОЛЕСА ШЛЯХОМ ВІБРОДІАГНОСТИКИ

В роботі розглянуто експериментальні випробування відцентрового пожежного насосу для подачі вогнегасних речовин, який має відомий дефект: прояв дисбалансу внаслідок засмічення робочого колеса. Відцентровий пожежний насос є складною динамічною системою наявність дефекту в якій змінює динамічну поведінку. Зазначені дослідження спрямовані на визначення закономірностей зміни вібраційних характеристик насосу внаслідок наявності цього дефекту. Таким чином, порівняльний аналіз зміни у динаміці системи в порівнянні із еталоном надає можливість сформувати ознаки прихованого дефекту у середині насосу, а отже дозволяє проводити діагностування його технічного стану.

Ключові слова: відцентровий пожежний насос, вібровимірювання, вібродіагностика, спектрограми вібрацій.

Ya. Kiriliv, Cand. of Sc. (Eng.), I. Uschapivsky

ANALYSIS OF THE TECHNICAL STATE OF FIRE PUMPS, WITH CLOGGING IMPELLER BY VIBRATION

In this work the experimental test of a centrifugal fire pump for supply of extinguishing agent that has known defects: a manifestation of imbalance due to clogging impeller. Centrifugal fire pump is a complex dynamic system defect which alters the dynamic behavior. These studies are aimed at identifying patterns of change of vibration characteristics of the pump due to the presence of the defect. Thus, a comparative analysis of the changes in the dynamics of the system compared to the standard form provides signs of a latent defect in the middle of the pump, and thus allows the diagnosis of his technical condition.

Keywords: centrifugal fire pump vibrovymiryuvannya, vibration, vibration spectrogram.

Успіх аварійно-рятувальних робіт під час ліквідації аварій або пожеж суттєво залежить від технічного стану обладнання, що використовується оперативними підрозділами Державної служби з надзвичайних ситуацій (ДСНС). Так, обробка даних по виїздам підрозділів ДСНС (усереднено та зведено до одного регіону) за 1 місяць вказує, що у 20% випадків було зафіксовано події виходу з ладу пожежно-технічного обладнання різного характеру та складності. При цьому серед них майже 75% то є технічні проблеми із насосною установкою, де майже половина це проблеми безпосередньо пов’язані із відцентровим пожежним насосом (рис. 1). Слід відзначити, що час усунення деяких несправностей може бути реалізовано заміною та відбувається майже миттєво, а отже не істотно впливає на ефективність діяльності підрозділів. З іншого боку усунення несправностей, що пов’язані безпосередньо із роботою насоса, складає від 2 до 5 годин і, як правило, потребує спеціального обладнання, що здатне вкрай істотно впливати на час ліквідації надзвичайної ситуації. Така ситуація викликана тим, що, на сьогоднішній день, на озброєнні ДСНС України знаходиться більше 4 тис. од. пожежної техніки, з яких 65 % це автоцистерни, які експлуатуються понад 20 років.

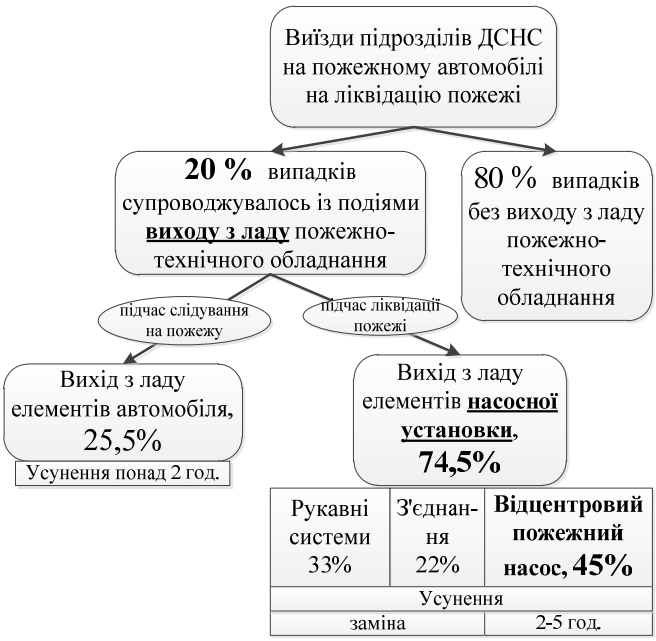


Рисунок1 – Статистичні дані по подіям виходу з ладу елементів пожежної техніки

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Таким чином, планування робіт з ліквідації надзвичайних ситуацій, оцінка ефективності діяльності підрозділів та оцінка часу ліквідації пожежі повинні враховувати надійність технічного обладнання. В літературі відомі відповідні роботи [1,2]. Разом із тим у зазначених наукових працях та запропонованих підходах використовувались апріорні статистичні дані по надійності обладнання, проте більш персоналізована оцінка надійності, що визначена за умови врахування додаткової діагностичної інформації, яка може бути отримана під час планових ТО для конкретних насосів дозволила б підвищити ефективність відповідних методик.

Окрім цього слід відмітити, що досвід експлуатації насосів вказує, що дефекти, які призводять до виходу із ладу насосів зазвичай, призводять до підвищення вібраційного рівня, що супроводжує його роботу. Отже застосування вібраційної діагностики, як інструменту визначення технічного стану відцентрових пожежних насосів є ефективності інструментарієм [3,4].

Постановка задачі та її рішення. В даній роботі розглянуто експериментальні випробування відцентрового пожежного насосу на різни режимах його роботи. Відповідні дослідження дозволяють визначити характерні особливості вібрацій насосу, що є еталонними та дають змогу шляхом порівняння із аналогічними характеристиками вібрацій насосу із пошкодженнями та дефектами визначити діагностичні критерії та ознаки.

Серед усіх відцентрових пожежних насосів, що використовуються під час ліквідації НС найбільш поширеними є насоси серії ПН-40УВ(А). Інші насоси є зазвичай більш спеціалізованими, проте геометрично та конструктивно є подібними до ПН-40УВ, а відрізняються розмірами, матеріалом та системою керування. Тому в даній роботі експериментальні дослідження проводились із відцентровим пожежним насосом ПН-40УВ, проте визначені результати якісно можуть бути використані для будь-якого відцентрового пожежного насосу.

Методика експериментальних досліджень. Експериментальні дослідження проводились із використанням вимірювального комплексу «Ультра-В-І» [5], який розроблений на кафедрі динаміки та міцності машин Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» (м. Харків, Україна). Вимірювальний комплекс складається із: датчика віброприскорень, що оснащений мікроелектромеханічним ємнісним сенсором; аналого-цифрового перетворювача (АЦП) та портативного комп'ютера. Підчас випробувань із наведеним вимірювальним комплексом використовувався датчик

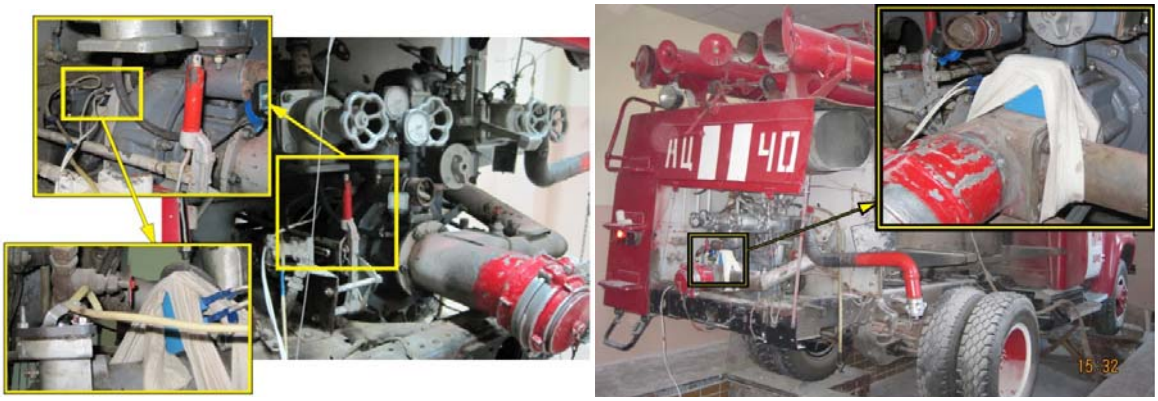
віброприскорень ВДК-3, який оснащений сенсором ADXL250 (виробництво Analog Device, США). Даний датчик є ємкісним та дозволяв проводити заміри віброприскорень із амплітудами в діапазоні 0.5 до 40 м/с2 та в частотному діапазоні від 1 до 400 Гц. Габаритні розміри: ширина 75 мм, висота 80 мм, товщина 30 мм «Ультра-В-І» має дійсне свідоцтво про Державну метрологічну атестацію і дозволяє проводити вимірювання віброприскорень у точці конструкції.

Вібрація вимірювалась у точках **А** та **В** на корпусі насосу.

Першим місцем вимірювання (точка **А**) був корпус масляної ванни підшипникового вузлу насосу. Вимірювання в цій точці проводилось в трьох напрямах: осьовому (*Z*), вертикальному (*Y*) та горизонтальному (*X*). Аналогічно в трьох напрямках проводились вимірювання в точці **В** – корпус всмоктуючого патрубку. Дана точка є найбільш легко доступною точкою для встановлення датчика вібрацій в умовах діючих аварійно рятувальних автомобілів.

Вимірювання вібрацій в зазначених місцях найбільш повно відображують вібрації, що передаються через вал тобто вібрації, які формуються в наслідок зношення валу, дисбалансу або пошкодження підшипникового вузлу. На рис. 2.наведено фотографії на яких показано розміщення датчиків вимірювання віброприскорень.

В основі методики є проведення серії експериментальних досліджень вібрацій пожежного насосу ПН-40 УВ підчас його роботи із наявністю відомого внутрішнього дефкту. Зазначені дослідження спрямовані на визначення закономірностей зміни вібраційних характеристик насосу внаслідок наявності того чи іншого дефекту. Відцентровий пожежний насос є складною динамічною системою наявність дефекту в якій змінює динамічну поведінку. Таким чином, порівняльний аналіз зміни у динаміці системи в порівнянні із еталоном надає можливість сформувати ознаки прихованих дефектів у середині насосу, а отже дозволяє проводити діагностування його технічного стану.



а) *б*)

Рисунок 2 – Розміщення датчиків вібрацій на корпусі насоса
а) – біля масляної ванни підшипникового вузлу (точка **А**);
б) – біля всмоктувального патрубку (точка **В**);

До динамічних ознак, що супроводжують роботу насосу та формують його динамічну поведінку відносять спектри вібрацій, власні частоти та просторові форми коливань на яких відбувається вібрація.

Для аналізу впливу різних чинників в статті аналізувалась вібрація, що відбувається під час роботи насосу на специфічному режимі: робота насосу без вогнегасячої рідини всередині. Даний режим є зручним з точки зору практичного проведення діагностики та є мало навантаженим і не супроводжується сильною дією випадкових складових.

Усі отримані вібраційні сигнали аналізувались стосовно їх спектру через використанням алгоритму процедури дискретного перетворення Фур'є із застосуванням сучасних програмних комплексів.

Окремої уваги заслуговує спектральний аналіз вібраційного сигналу підчас прогонки насосу від холостого ходу до максимальної частоти обертання ротора. Для виявлення залежності спектру відгуку системи від частоти зовнішнього впливу (швидкості обертання ротора) зафіксований сигнал розбивався на окремі часові проміжки на кожному з яких проводилось визначення спектру відгуку через дискретне перетворення Фур'є. Далі відбувалась побудова карти (поля) зазначених результатів: по осям координат відкладались час зареєстрованого сигналу, що однозначно відповідає швидкості обертання ротора, а по другій осі частоти на якій відбувається вібрації насосу, а рівень амплітуди коливань на цих частотах відрізнявся кольором (найбільші амплітуди чорним кольором, а найменші – білим). Така процедура має назву віконного перетворення Фур'є, а отримана характеристика – спектрограмою.

Експериментальні дослідження вібрацій пожежного насосу ПН-40УВ із наявністю додаткового дисбалансу.

Найбільш простим випадком посилення вібрацій є дисбаланс. В роботі насосу часто дисбаланс виникає внаслідок потрапляння до робочого колеса насосу сторонніх предметів (каміння).

В даній роботі проводилось натурне моделювання потрапляння стороннього тіла із заданою масою до робочого каналу робочого колеса насосу. Для цього до робочого колеса насосу було приєднано додаткову масу (Рис. 3). Окремо проводилось моделювання із різними масами – 11 г. та 56 г. Відповідні значення було обрано, як характерне середнє та максимальне значення маси тіл, що можуть потрапити до робочого колеса.

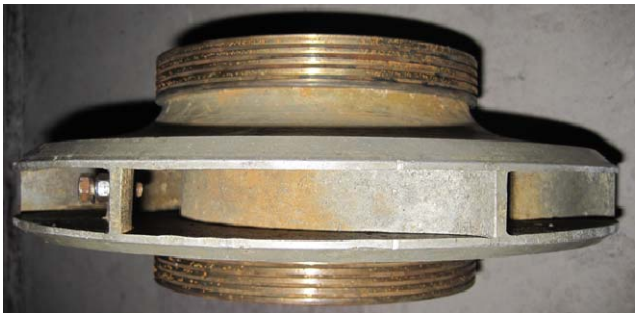


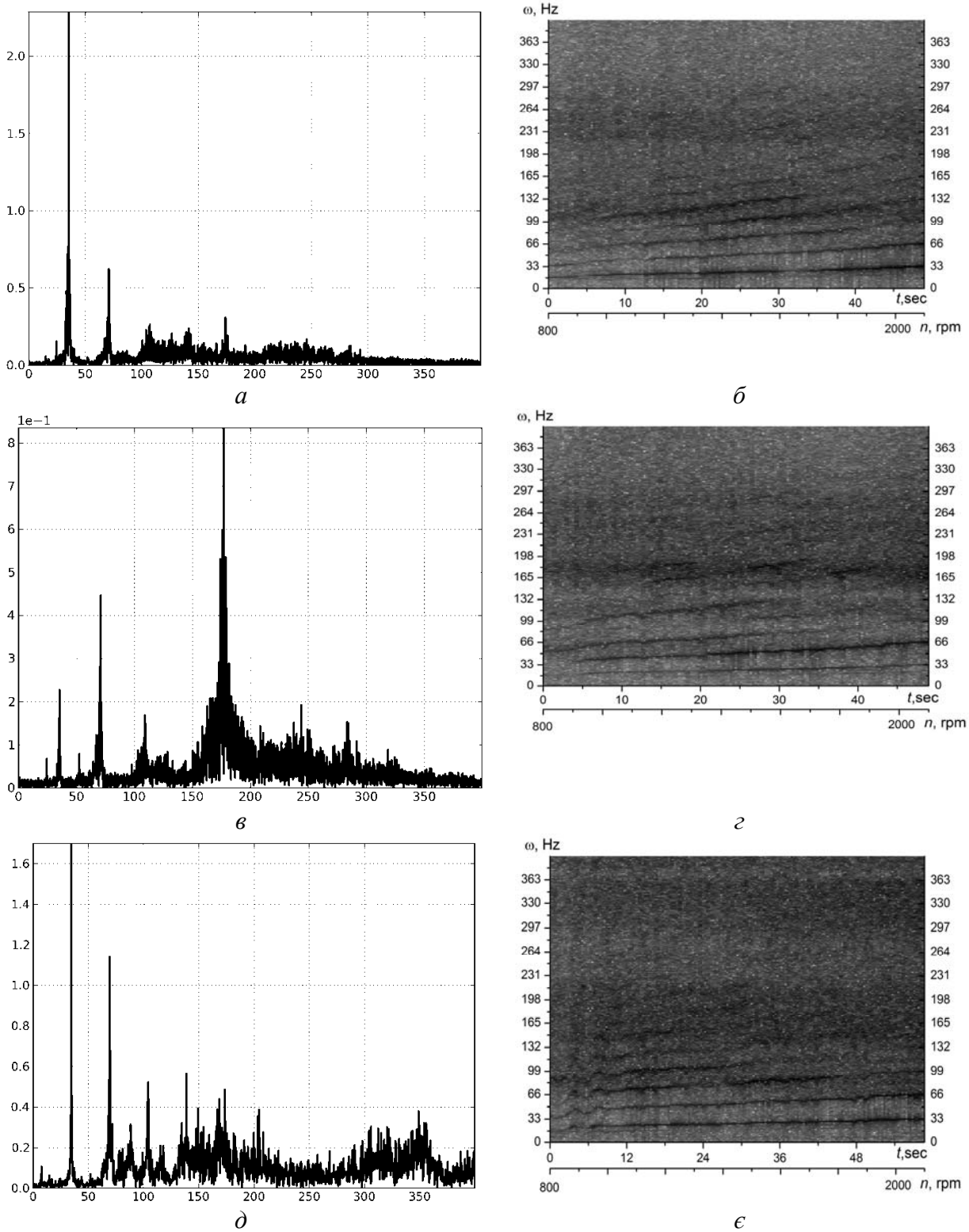
Рисунок 3 – Фото установлення до робочого колеса насосу додаткової маси, що імітує потрапляння стороннього тіла та викликає додатковий дисбаланс

На рис. 4 представлено спектри вібрацій насосу із додатковим дисбалансом 56г, який працює без води на частоті обертання ротора 2000 об/хв у точці **В**. Додатково на цьому ж рисунки зведено спектрограми прогонки насосу від 800 об/хв до 2100 об/хв.

Аналіз спектрів у порівнянні із вібрацією насосу без додаткового дисбалансу вказує на їх якісне співпадіння [3,4]. У спектрах проявляють перші 5-6 гармонік частоти обертання ротора. У вертикальному та горизонтальному напрямах домінує перша гармоніка. У осьовому напрямі домінує 5 гармоніка, що вказує на її потрапляння до резонансної зони, яка чітко відслідковується на спектрограмах у діапазоні від 130 Гц до 200 Гц.

Аналогічна тенденція спостерігається і за вібрації насосу із меншим додатковим дисбалансом 11 г.

Отже для експериментальних випробувань насосу із дисбалансом необхідно вимірювання лише загального рівня вібрацій у різних напрямах. На рис. 5 представлено залежності скз віброприскорень у різних напрямах від швидкості обертання ротора. На рисунках пунктирними лініями додано відповідні залежності скз для вібрацій насосу без додаткового дисбалансу.



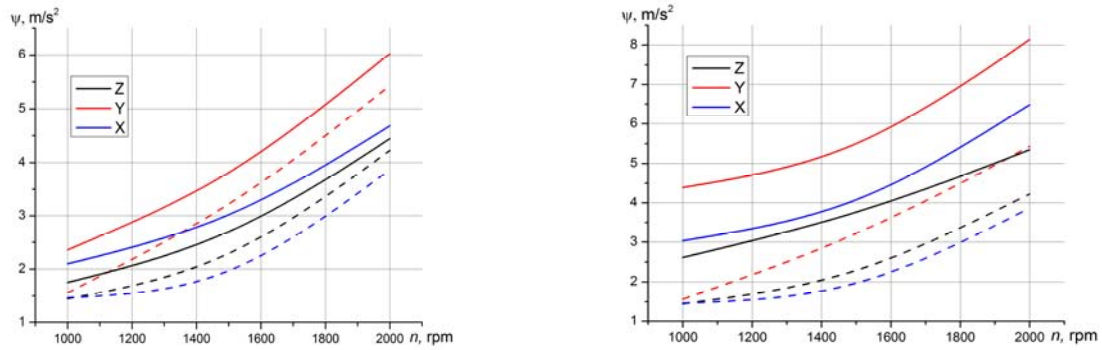
а *б*

в *г*

д *є*

Рисунок 4 – Вібрації насосу у точці **В** із наявністю додаткового дисбалансу, що викликаний присутністю стороннього тіла масою 56 г. *а, в, д* – спектри сигналу віброприскорень

б, г, є – поля змін спектрів (спектрограми) вібрацій при «прогонці» у вертикальному (*а*, *б*) осьовому (*в*, *г*) та горизонтальному (*д*, *є*) напрямах

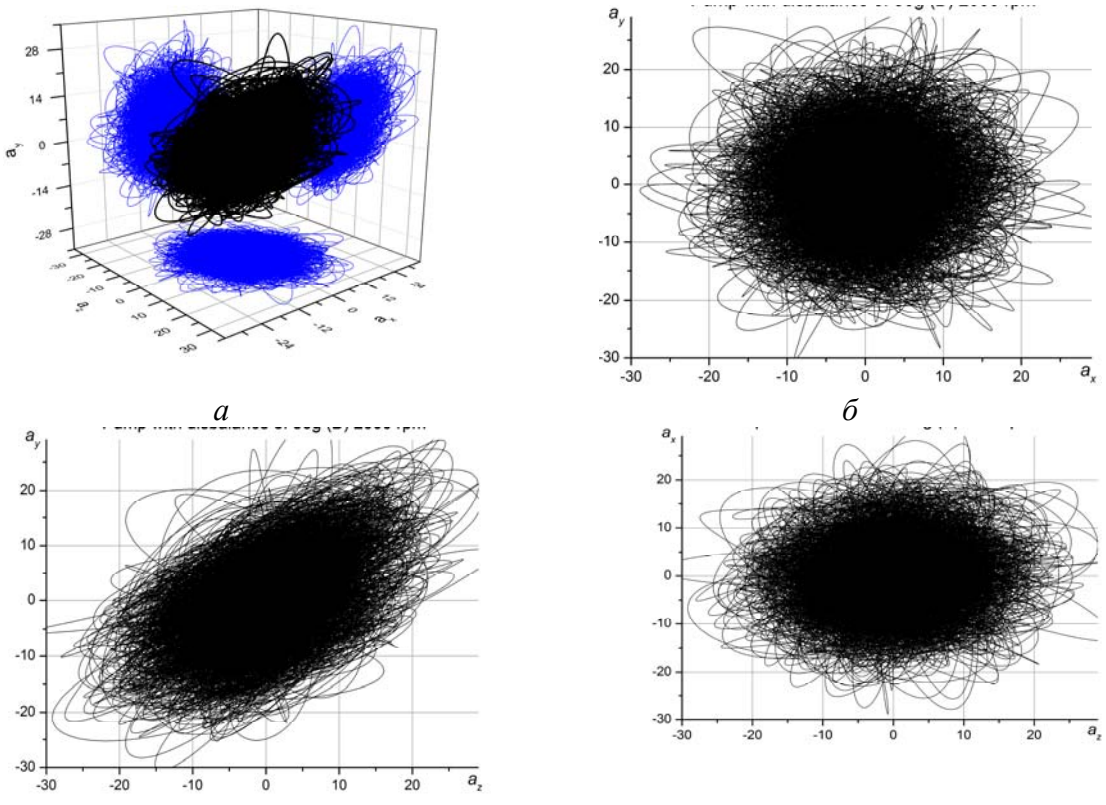


а *б*

Рисунок 5 – Залежності скз віброприскорень вібрацій насосу у точці **В** із наявністю додаткового дисбалансу, що викликаний присутністю стороннього тіла масою (*а*) 11 г., (*б*) – 56 г.

Отримані залежності мають якісно тай самий параболічний вид, що і залежності скз насосу без додаткового дисбалансу. Їх кількісний аналіз вказує на те, що підвищена вібрація найбільше формується у вертикально-горизонтальній площині (тим не менш підвищення вібрацій у осьовому напрямі також спостерігається).

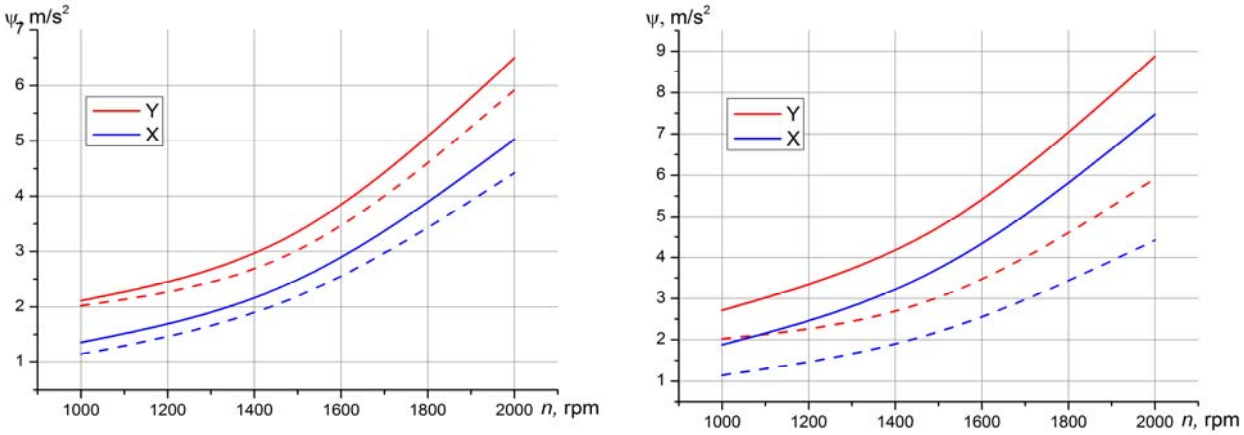
На рис. 6 представлено просторову траєкторію вектору віброприскорення у точці **В** під час вібрацій насосу без води, але із додатковим дисбалансом 56г. Загальна картина якісно повторює результати вібрацій, що спостерігались при вібраціях насосу без додаткового дисбалансу [3, 4]. Усі проекції траєкторії мають еліптичний характер. На проекції траєкторії на площину YZ більша вісь еліпсу розташована під кутом до осьового напряму (кут нахилу зберігається).



а *б* *в* *г*

Рисунок 6 – Просторова траєкторія вектору віброприскорення при вібрацій у точці **В** насосу без води із наявністю додаткового дисбалансу
а – траєкторія у просторі; *б*, *в*, *г* – проекції траєкторій на площини XY, YZ та XZ.

Аналогічні результати було отримано при аналізі вібрацій у точці **А**. Спектри та спектрограми вібрацій у цій точці не наведені оскільки майже повторюють спектри вібрацій у точці **А** насосу, що працює на тому ж режимі але без додаткового дисбалансу. Кількісні результати у вигляді залежностей скз віброприскорень представлено на рис. 7.



а *б*

Рисунок 7 – Залежності скз віброприскорень вібрацій насосу у точці **А** із наявністю додаткового дисбалансу, що викликаний присутністю стороннього тіла масою (*а*) 11 г., (*б*) – 56 г.

Загальний рівень вібрацій у вертикальній площині (XY) у точках **А** та **В** представлено графічно у вигляді діаграми (рис. 8). Перші стовбики на діаграмі для точок **А** та **В** показують рівні вібрацій без додаткового дисбалансу.

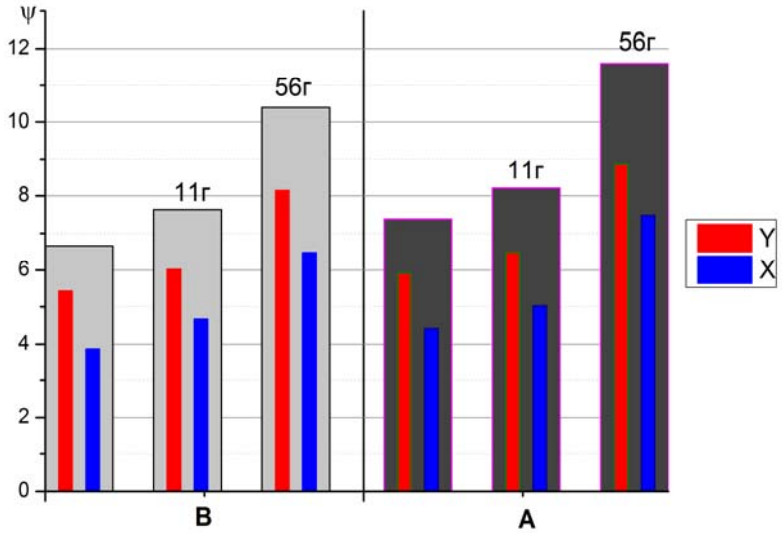


Рисунок 8 – Рівні вібрацій у вертикальній площині (XY) у точках **А** та **В** для насосу який працює без води та має додатковий дисбаланс

Висновки.

Таким чином в роботі розглянуто експериментальні випробування відцентрового пожежного насосу для подачі вогнегасних речовин, який має внутрішній дефект, що проявляється у вигляді додаткового дисбалансу. Зазначені дослідження спрямовані на визначення закономірностей зміни вібраційних характеристик насосу внаслідок наявності цього дефекту. Порівняльний аналіз зміни у динаміці системи внаслідок виникнення дефекту надає можливість сформувати його вібраційні ознаки, а отже дозволяє проводити діагностування його технічного стану.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гуліда Е.М. Надійність технології гасіння пожежі на машинобудівних підприємствах / Гуліда Е.М., Мовчан І.О. // Наук. вісн. УкрНДІПБ. - Київ, 2004.- №2 (10). – С. 42 – 48.
2. Мовчан І.О. Reliability of technology of fire extinguishing at the machine-building enterprises / Гуліда Е.М., Мовчан І.О. // Матер. Міжнар. наук.-практ. конф. „Fire protection – 2004”. – Чехія: Технічний університет Острава, 2004. – С. 10 – 14
3. Ущапівський І.Л Експериментальні дослідження вібрацій відцентрового пожежного насосу зі зношеними підшипниками / Ущапівський І.Л., Я.Б. Кирилів, Водка О.О., Ларін О.О. // Збірник наукових праць «ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА». ¬ ЛДУ БЖД, № 23, 2013. ¬ С. 158-166
4. Ущапивский И.Л Экспериментальные исследования вибраций центробежного пожарного насоса с прослабленной посадкой вала в подшипниках / Ларин А.Н., Ларин А.А., Водка А.А., Ущапивский И.Л // Теоретическая и прикладная механика. ¬ В. 29.. ¬ Минск: Белорусский национальный технический университет, 2014. ¬ С. 166 – 172
5. Водка А.А. Виброизме-рительный комплекс на основе микроэлектромеханического сенсора / А.А. Водка, А.И. Трубаев, Ю.Н. Ульянов // Вісник Східноукраїнського Національного університету ім. В. Даля. – Луганськ, 2012.– № 9 (180). Ч.1. – С. 140-147.

❖ ❖ ❖

УДК 614.842

В.В. Ковалишин, д-р техн. наук, доц., Т.Б. Юзьків, канд. техн. наук, доц., Ю.В. Гуцуляк, канд. техн. наук, доц., В.В. Артеменко, канд. техн. наук

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ МЕЖІ ВОГНЕСТІЙКОСТІ ЗБІРНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ СХІДЧАСТИХ СКЛАДОК

У статті приведено результати експериментального визначення межі вогнестійкості збірних залізобетонних східчастих складок пандусу стадіону Львів-Арена експериментальним методом з врахуванням зміни механічних характеристик бетону і арматури при нагріванні. Випробуванням піддавалися два зразки збірних залізобетонних конструкцій за стандартним температурним режимом. Встановлено, що межа вогнестійкості збірної залізобетонної конструкції – східчастих складок відповідає класу вогнестійкості REI 90.

Ключові слова: межа вогнестійкості, стадіон Львів-Арена, безпеки життя і здоров'я людини.

V. Kovalyshyn, Doc. of Sc. (Eng.), Docent, T. Yuzkiv, Cand. of Sc. (Eng.), Docent, J. Hutsulyak, Cand. of Sc. (Eng.), Docent, V. Artemenko, Cand. of Sc. (Eng.)

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE FIRE RESISTANCE OF PRECAST CONCRETE FOLDS

In the article the results of the experimental determination of the fire resistance of precast concrete stepped ramp folds Lviv Arena stadium experimental method, taking into account changes in the mechanical characteristics of concrete and rebar when heated. The test samples were subjected to two precast concrete structures for standard temperature conditions.
It was established that the line of fire resistance of precast concrete construction - Stepped folds meets fire resistance class REI 90.

Keywords: limit of fire resistance, Lviv Arena stadium, security of life and health.

Основні вимоги до будівельних виробів, будинків та споруд повинні спрямовуватись на забезпечення безпеки життя і здоров'я людини, безпеки експлуатації будинку, стійкості будинку та будівельних конструкцій і виробів в його складі, пожежної безпеки будівель тощо.

Забезпечення пожежної безпеки будівель базується на дотриманні протипожежних норм і правил на стадії проектування та будівництва, а саме надання конструкціям необхідної межі вогнестійкості, від якої залежить ступінь вогнестійкості будівлі.

Капітальне будівництво та реконструкція існуючих громадських та промислових будівель, пов'язаних з використанням залізобетонних конструкцій характеризуються достатньо високою вогнестійкістю. Підвищення межі вогнестійкості монолітних залізобетонних несучих будівельних конструкцій забезпечується збільшенням їх розмірів поперечних перерізів та товщини захисного теплоізолювального шару.

Об'єктом дослідження були збірні залізобетонні конструкції – східчасті складки типу Сс. 1.10-8 та Сс. 2.2.-7.

Предметом дослідження були чинники, від яких залежать значення межі вогнестійкості горизонтальних несучих залізобетонних конструкцій.

Мета роботи полягає у визначенні значення мінімальної межі вогнестійкості монолітних залізобетонних східчастих складок пандусу стадіону «Арена Львів» експериментальним методом з врахуванням зміни механічних характеристик бетону і арматури при нагріванні.

Визначення значення мінімальної межі вогнестійкості збірних залізобетонних конструкцій проводилося згідно [1,2] за стандартним температурним режимом.

Метод визначення вогнестійкості полягає у нагріві за стандартним температурним режимом зразків східчастих складок трибун Сс 1.10-8 та Сс 2.2-7 (REI-90) (далі – зразків №1 та №2 відповідно), які встановлюються на горизонтальний отвір вогневої печі, та визначенні часу від початку вогневого випробування до настання одного з граничних станів з вогнестійкості.

Граничним станом за ознакою втрати несучої здатності (R) є руйнування зразка або виникнення граничних деформацій, що складають:

а) для зразків горизонтальних конструкцій:

граничне значення прогину:

$$D = \frac{L^2}{400b} \text{ мм}; \quad (1)$$

граничне значення швидкості наростання деформації:

$$\frac{dD}{dt} = \frac{L^2}{9000b} \text{ мм} \cdot \text{хв}^{-1}; \quad (2)$$

де L - прогін, мм; b- розрахункова висота перерізу конструкції, мм.

Якщо значення прогину не більше $L/30$, то граничною деформацією є тільки граничне значення прогину.

Граничним станом за ознакою втрати цілісності (Е) є стан, за якого виконується одна з наступних умов:

- загоряння або тління зі свіченням ватного тампона, що піднесений до необігріваної поверхні зразка в місця тріщин на відстань від 20 до 30 мм протягом проміжку часу не менше ніж 30 с;
- виникнення тріщини, через яку можна вільно (без додаткових зусиль) ввести в піч щуп діаметром 6 мм і перемістити його вздовж цієї тріщини на відстань не менше 150 мм;
- виникнення тріщини (або отвору), через яку можна вільно ввести в піч щуп діаметром 25 мм;
- полум'я на необігрівній поверхні зразка спостерігається протягом проміжку часу не менше ніж 10 с.

Граничним станом за ознакою втрати теплоізолюючої здатності (I) є перевищення середньої температури на необігрівній поверхні зразка над початковою середньою температурою цієї поверхні на 140 °С або перевищення температури в довільній точці необігрівної поверхні зразка над початковою температурою в цій точці на 180 °С.

Під час проведення випробувань надлишковий тиск у печі на відстані 100 мм від поверхні зразка, повинен складати 10±2 Па після 5-ої хвилини від початку випробування.

За результат випробувань беруть межу вогнестійкості конструкції, що визначена за формулою:

$$t_{fr} = t_{mes} - \Delta t, \quad (3)$$

де t_{fr} - межа вогнестійкості конструкції, хв;

t_{mes} - найменше значення часу від початку випробування до досягнення граничного стану з вогнестійкості, що визначене за результатами випробувань однакових зразків, хв;

Δt - похибка випробування, хв.

Значення похибки Δt визначають за формулою:

$$\Delta t = (0{,}015 t_{mes} + 3)(A_s - A_f)/(A_s - A_{\min}), \quad (4)$$

де A_s, A_f, A_{min} – інтегральні значення (площі, що знаходяться під кривими) стандартної температури, середньої температури в печі та мінімальної допустимої температури в печі, відповідно, ° С × хв. Якщо $A_f > A_s$, то $\Delta t = 0$.

Випробуванням піддавались два зразки східчастих складок трибун Сс. 1.10-8 та Сс. 2.2-7 (REI-90) розміром: довжина 6114 мм (L_1), ширина 1780 мм та товщина 150 мм; 6347 мм (L_2), 1780 мм та товщина 150 мм відповідно. Зразки виготовлені на заводі ЗБВ із важкого бетону класу В45, F150, W8, ρ = 2450кг/м^3. Відпускна міцність бетону – 58 МПа, нормативне тимчасове навантаження -400 кг/м^2 . Вологість зразків становила 5,2%.

Дослідження вогнестійкості зразків проводилось на атестованій печі для випробування горизонтальних конструкцій із застосуванням повірених засобів вимірювальної техніки.

При цьому зразки на стінки печі опиралися відповідно до розрахункової схеми, визначеної у технічній документації, з урахуванням вимог [3].

Умови навколишнього середовища в лабораторії, розподілення навантаження, умови кріплення, розміри зразків та схеми їх спирання відповідали розрахунковим схемам, що прийняті у технічній та проектній документації та вимогам ДСТУ Б В. 1.1-4-98*. Термопари в печі та на зразках конструкцій, а також прогиноміри встановлювались відповідно до вимог ДСТУ Б В. 1.1-4-98*.

Вимірювання температури в печі, на необігрівній поверхні зразків №1 і №2 та робочій арматурі здійснювалось термопарами типу ТХА. Схема розташування термопар подана на рисунку 1. Середня температура в печі Т1сер (крива 4 на рисунку 3) впродовж експерименту змінювалась відповідно до стандартної температури Ts і визначалась як середнє арифметичне показань шести термопар (Т1-Т6), що розміщені в печі. Температура на не обігрівній поверхні зразків зображена на рисунках 4, 5, 6. Під час проведення випробувань температура та надлишковий тиск у печі відповідали вимогам, що регламентовані ДСТУ Б В.1.1-4-98*. Надлишковий тиск у печі на 5-й хв. склав 8 Па, а з 9-ї хв. – 12 Па.

Температура на необігрівній поверхні зразків вимірювалась п’ятьма термопарами (на зразку №1 Т15 –Т19 та Т7 –Т11 на зразку №2), а також термопарами Т13,Т14 здійснювалося вимірювання температури на робочій арматурі, найменша глибина залягання якої становила 55 мм, що відповідає запроектованій товщині захисного шару на ребрах згідно технічної документації.

Значення температури на поверхні зразків та на робочій арматурі подані на рисунках 4, 5, 6. Середнє арифметичне значення температур Т1сер та Т2сер на поверхні зразків показано кривими 1 на рисунках 4 та 5 відповідно. Вимірювання та реєстрація температури в печі, на не обігрівній поверхні зразків та на арматурі здійснювались з інтервалом 1 хвилина.

Зразки встановлювалися з одночасним спиранням на дві сторони по торцях (через шарнірні опори) з можливістю їх нагріву з нижньої сторони та навантажувались рівномірно розподіленими вантажами (рисунок 2), що відповідають нормативному навантаженню 400 кг/м^2.

Розташування та навантаження зразків на печі показано на рисунку 2.

Деформації, що виникли в результаті прикладення навантаження після їх стабілізації, виміряли трьома прогиномірами 6ПАО та реєстрували з інтервалом 1 хвилина.

Рисунок 1 - Схема розташування термопар (Т7-Т19) та прогиномірів (П1-П3) на зразках.

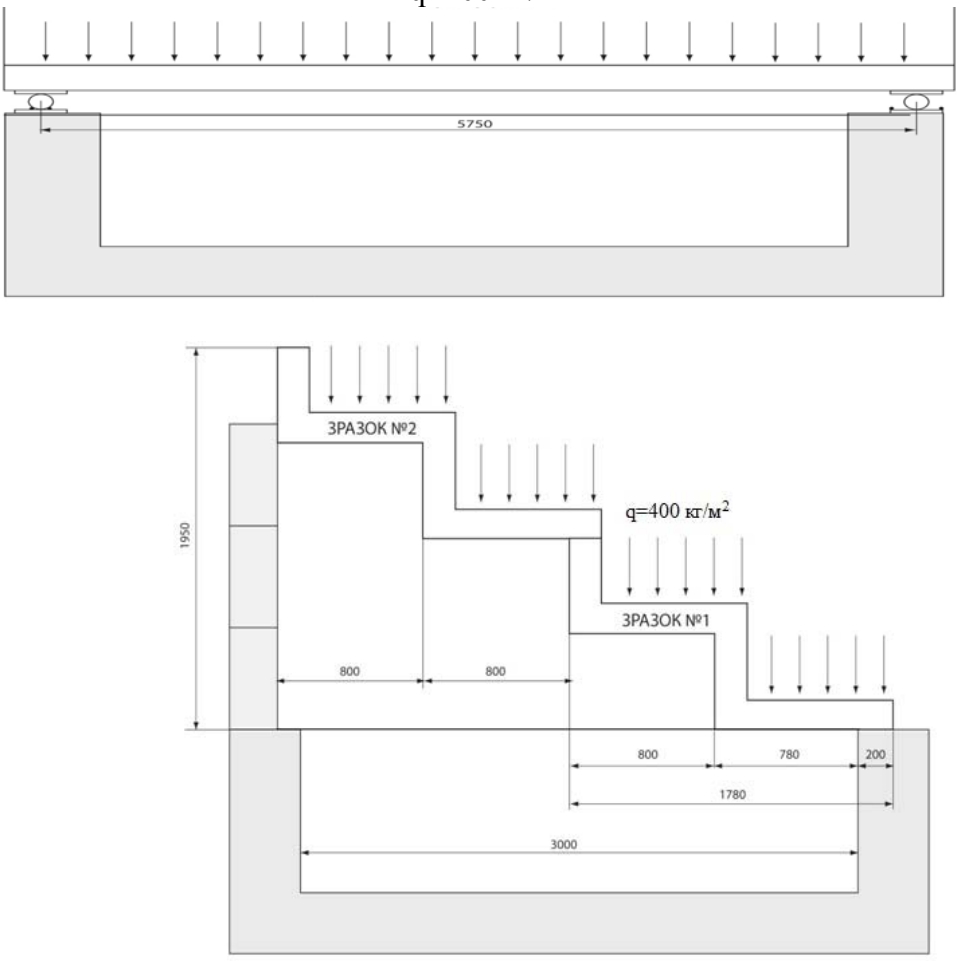


Рисунок 2 - Схема розташування та навантаження зразків на печі.

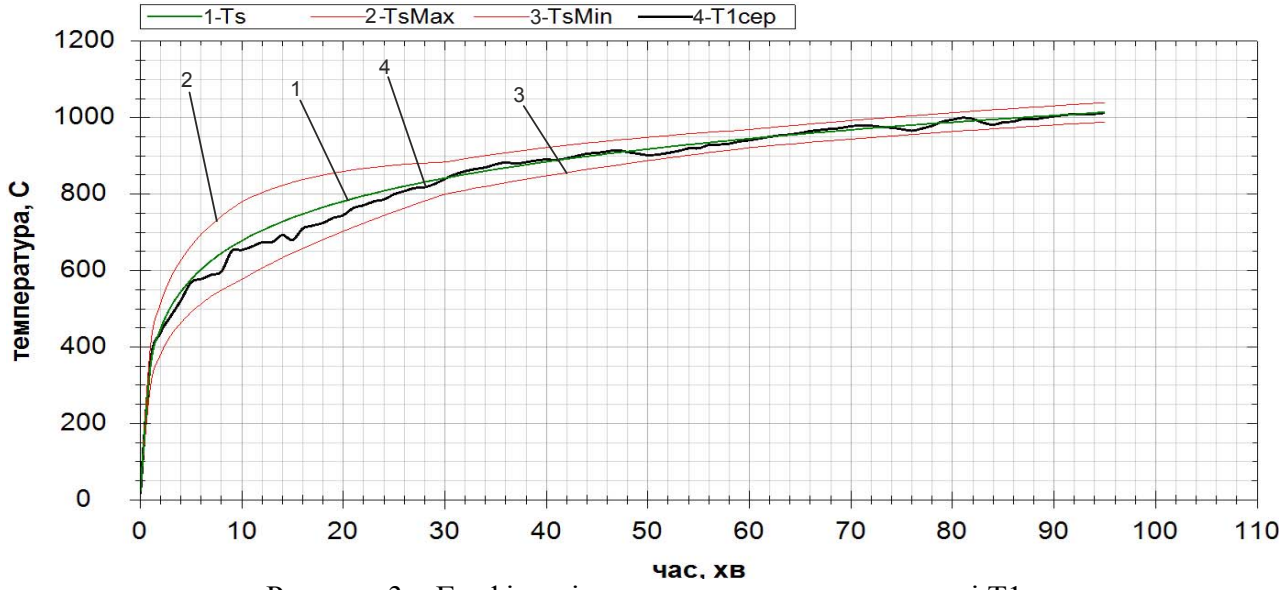


Рисунок 3 – Графік зміни значень температур в печі T1cep

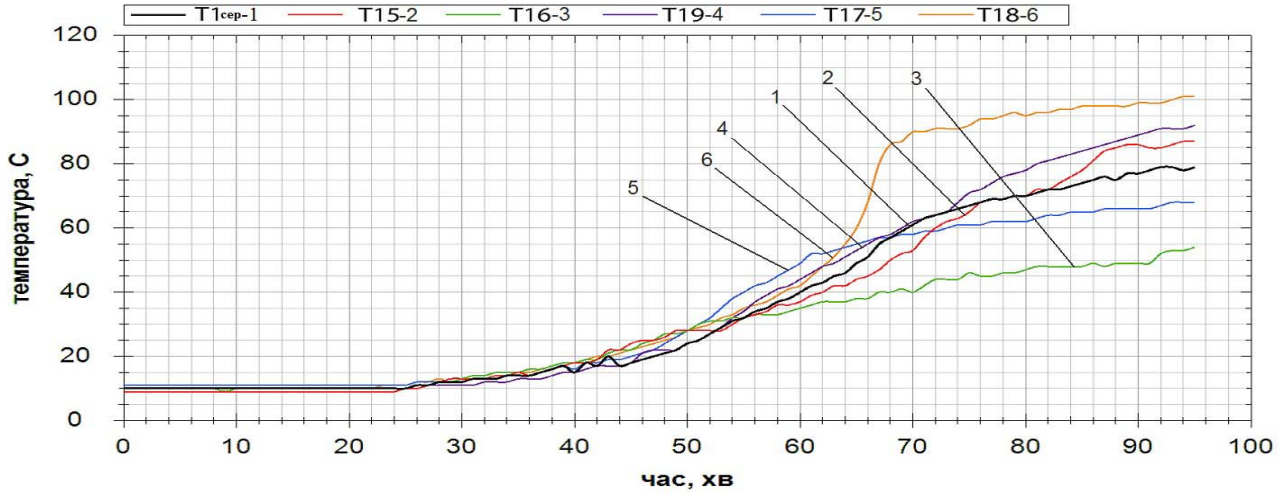


Рисунок 4 - Графік зміни значень температур на необігрівній поверхні зразка №1 та її середнє значення T1cep

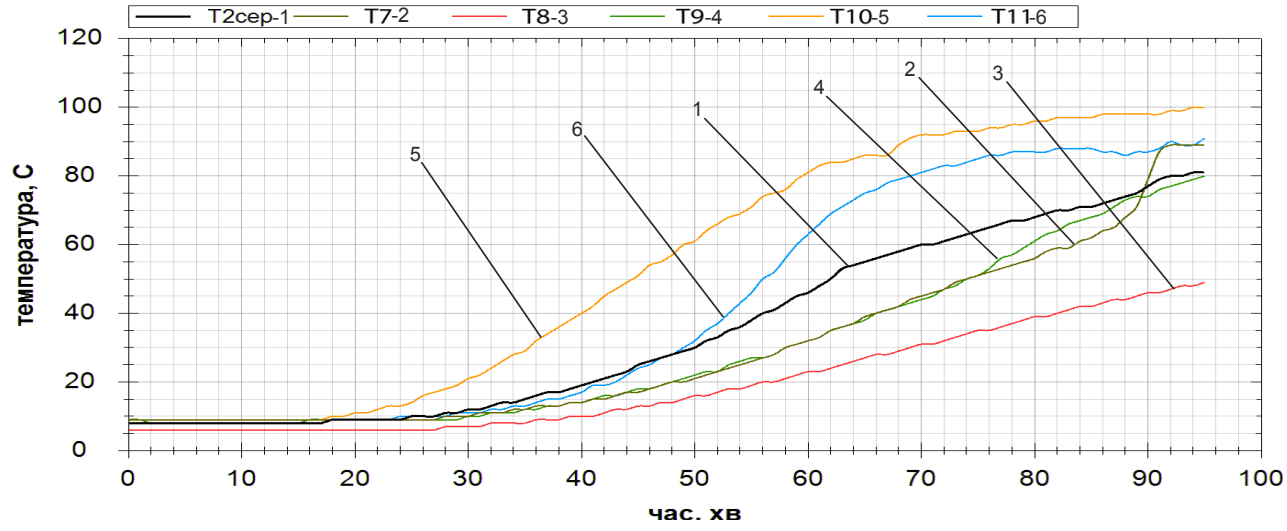


Рисунок 5 - Графік зміни значень температур на необігрівній поверхні зразка №2 та її середнє значення T2cep

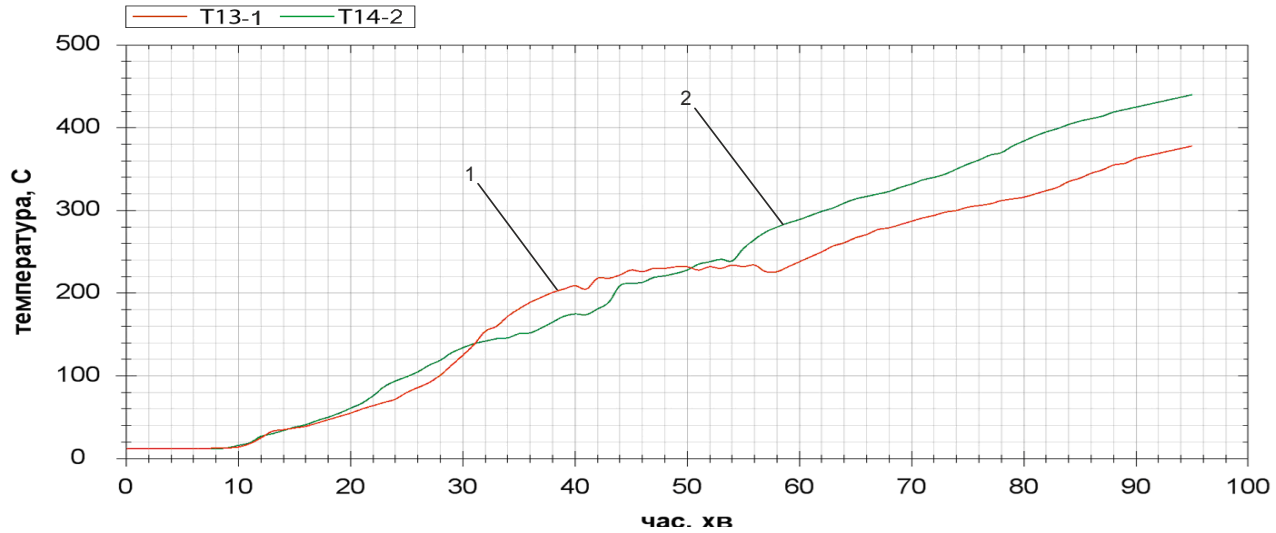


Рисунок 6 - Графік зміни значень температури арматури

Виникнення граничних деформацій в зразках під час проведення випробувань не відбулось, що підтверджено розрахунками за формулами (1) та (2).

Граничне значення прогину зразків визначалося згідно з ДСТУ Б В.1.1-4-98*. Граничне значення наростання деформацій на зразку №1 23,07 мм/хв. та на зразку №2 24,87 мм/хв. Прогин визначався по центру зразків в зоні ребер жорсткості впродовж усього часу випробування з інтервалом 1хв. Значення величин прогинів зразків від початку вогневих випробувань до моменту до моменту повного зняття навантаження представлено на рисунку 7.

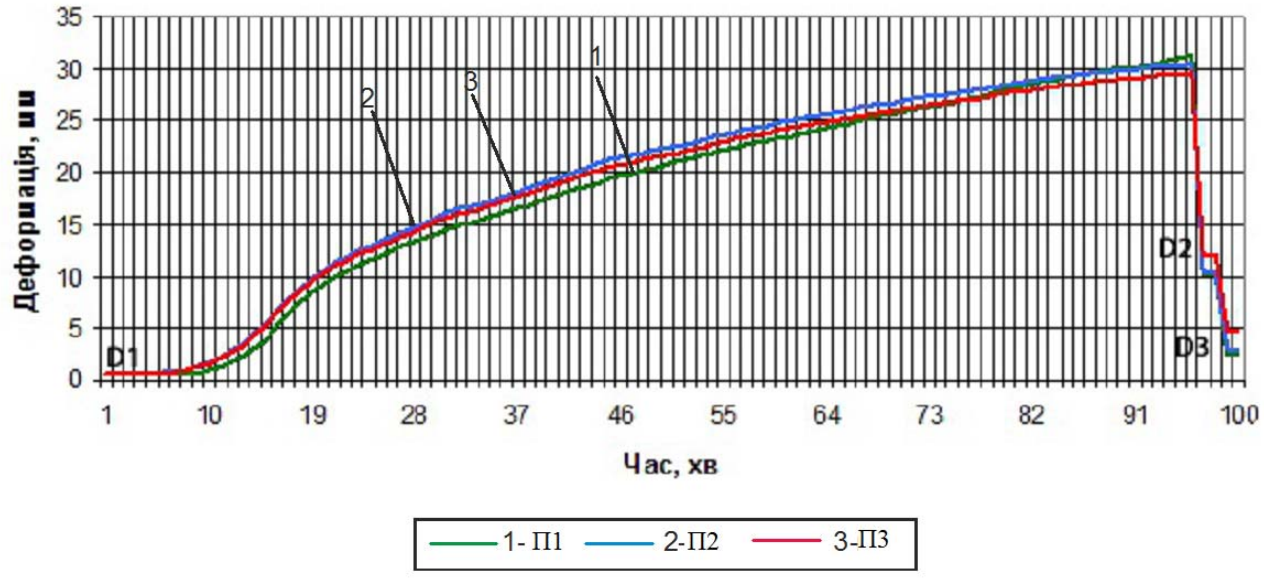


Рисунок 7- Залежність значень прогину зразків у часі

Настання жодного з граничних станів з вогнестійкості за трьома ознаками (REI) від початку і до кінця випробування – не відбулось. Випробування тривало 95 хв.

Величини прогинів зразків №1 та №2 під кінець випробування не перевищили граничні значення і склали для зразка №1 31,39 мм та 30,15 мм (середнє значення $П_2$ та $П_3$) для зразка

№2. Значення швидкості наростання деформацій не перевищило граничні значення (на зразку №1 23,07 мм/хв. а на зразку №2 24,87 мм/хв.).

Після вистигання зразків (див. рисунок 7) значення їх прогину становило D2=10.08мм (зразок №1) та D2=11,15мм (середнє для зразка №2). Залишкова деформація після зняття навантаження становила D3=2,34мм (зразок №1) та D3=3,76мм (середнє для зразка №2).

Відсутність наскрізних тріщин, отворів тощо [1] в зразках під час експерименту свідчить, що втрати цілісності конструкцій не відбулося.

На поверхні зразка №2 відбулося відшарування бетону товщиною 10-20мм без оголення арматури. Найбільші площі відшарувань становили біля 0,7 та 1,2 м² на зразку №2. Похибка випробувань Δt визначалась за формулою (4) та склала 0,827624 хв.

Значення величин температур на не обігрівній поверхні зразків, що наведені на рисунках 4 та 5, не перевищують температур, встановлених ДСТУ Б В.1.1-4-98*. Це означає, що втрати теплоізолювальної здатності конструкцій впродовж випробування не відбулося.

Температура в арматурі не досягала критичного значення 500°С (рисунок 6).

Висновок: Межа вогнестійкості збірної залізобетонної конструкції – східчастих складок Сс. 1.10-8 та Сс. 2.2.-7, виготовлених із важкого бетону класу В45, F150, W8, ρ = 2450кг/м^3, розмірами: Сс. 1.10.-8 – довжина 6114 мм, ширина 1780 мм та товщина 150 мм; Сс.2.2.-7 6347 мм, 1780 мм та 150 мм відповідно, склала 90 хв. (тривалість випробування становила 95хв.), що відповідає класу вогнестійкості **REI 90**.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ Б В.1.1-4-98* Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги
2. Методика випробувань будівельних огороджувальних конструкцій на вогнестійкість (УкрНДІПБ МВС України від 22 травня 2002 р).
3. ДСТУ Б В.2.6-7-95 «Конструкції будинків і споруд. Вироби будівельні бетонні та залізобетонні збірні. Методи випробувань навантаженням. Правила оцінки міцності, жорсткості та тріщиностійкості».

❖ ❖ ❖

УДК 624.012

О.М. Ларін, д-р. техн. наук, проф., Г.О. Чернобай, канд. техн. наук, доц., С.Ю. Назаренко

ВИЗНАЧЕННЯ ПОЗДОВЖНЬОЇ ЖОРСТКОСТІ РУКАВІ З ВНУТРІШНІМ ДІАМЕТРОМ 51 ММ, ЯКИМИ ОСНАЩУЮТЬСЯ ПОЖЕЖНІ АВТОМОБІЛІ

Розглядається визначення деяких механічних властивостей, зокрема поздовжньої жорсткості рукавів з внутрішнім діаметром 51 мм якими оснащенні пожежні автомобілі.

Ключові слова: рукав, напірний пожежний рукав, робочий тиск, випробування.

O. Larin, Doc. of Sc. (Eng.), prof., G. Chernobay, Cand. of Sc. (Eng.), Docent, S. Nazarenko

DEFINITION LONGITUDINAL STIFFNESS SLEEVE WITH INNER DIAMETER OF 51 MM, WHICH ARE EQUIPPED WITH FIRE TRUCK

We consider the determination of some mechanical properties, including longitudinal stiffness hoses with an inner diameter of 51 mm which equip fire trucks.

Keywords: sleeve, pressure fire hose, working pressure, test.

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

Напірні рукава, разом з іншим пожежним устаткуванням, є одним із основних видів пожежного озброєння і від їх справного стану багато в чому залежить успішне гасіння пожеж.

Значна вартість пожежних рукавів визначає відповідні амортизаційні витрати по експлуатації рукавного господарства, які в більшості випадків перевищують витрати на інші види пожежного устаткування.

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

Конструкція пожежних рукавів, їх типорозміри і характеристики, галузі застосування, умови експлуатації та методи випробувань наведені у відповідних нормативних документах [1– 2].

Аналіз літературних джерел, присвячених методам розрахунків напірних пожежних рукавів, показав, що вони здебільшого зводяться до розрахунку втрат тиску в мережі [3 – 8].

Результати теоретичних і експериментальних досліджень міцності силових елементів напірних пожежних рукавів, а саме армуючого каркасу, який повністю сприймає зусилля, які обумовлені наявністю гідравлічної дії внутрішнього тиску рідини усередині рукава, наведені в роботах [9 – 10].

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

При проведенні попередніх теоретичних та експериментальних робіт з розрахунку залишкового ресурсу пожежних рукавів виникла необхідність визначення їх механічних властивостей, зокрема поздовжньої жорсткості в умовах статичного навантаження.

Для проведення відповідних робіт було використано дослідну установку ДМ – 30 М (рис. 1), яка встановлена в лабораторії кафедри прикладної механіки Національного університету цивільного захисту України.

Рисунок 1 – Дослідна машина ДМ-30М із встановленим зразком рукава

Рисунок 2 – Дослідна машина із тарировочним пристроєм

Проведення тарировки штатного динамометра дослідної установки (рис. 2) проводилось шляхом послідовного навантаження із використанням зразкового динамометра (рис. 3) і наступною побудовою відповідних характеристик та визначенням необхідних коефіцієнтів.

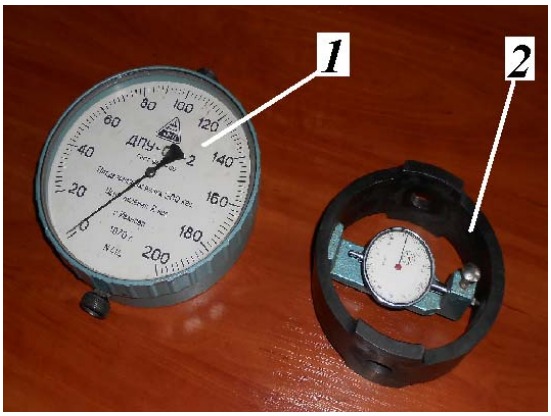


Рисунок 3 – Прилади для тарировки дослідної установки: 1 – зразковий динамометр, 2 – штатний динамометр

Дослідний зразок пожежного рукава типу «Т» діаметром 51 *мм* і випробувальною довжиною ℓ =160 *мм* (рис. 4), було закріплено відповідними пристроями на дослідній машині і проведено цикл випробувань з його навантаження.

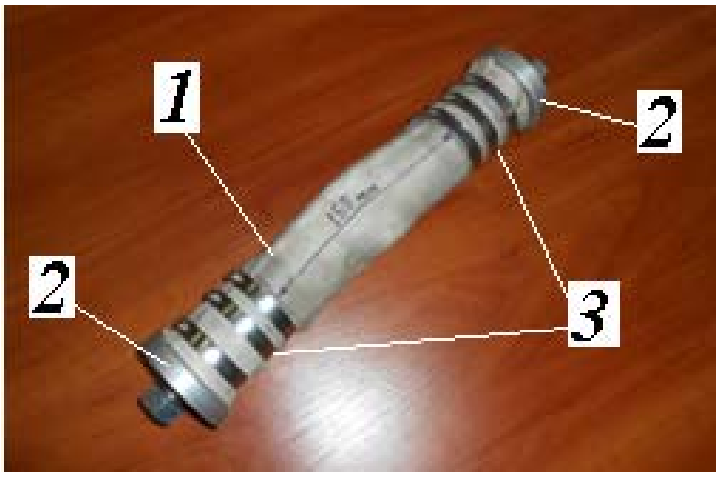


Рисунок 4 – Випробувальний зразок пожежного рукава діаметром 51 мм: 1 – фрагмент рукава, 2 – кріпильні пристрої, 3 – хомути

Навантаження проводилось з постійним кроком подовження зразка (1 *мм*) із фіксацією відповідного зусилля (*кН*).

Початковий (1) режим навантаження проводився з недеформованим фрагментом пожежного рукава з випробувальною довжиною 160 *мм*. Максимальна величина деформації становила $\Delta l_1^{\max} = 20 \cdot 10^{-3}\, м$, при навантаженні $F_1^{\max} = 4{,}68\ кН$. Після розвантаження залишкова деформація фрагменту становила $\Delta l_1^{зал} = 12 \cdot 10^{-3}\, м.$

При повторному навантаженні (2), яке було проведено через дві хвилини після першого, максимальна величина деформації становила $\Delta l_2^{\max} = 8{,}0 \cdot 10^{-3}\, м$, при навантаженні $F_2^{\max} = 4{,}32\ кН$. Після розвантаження залишкова деформація фрагменту становила $\Delta l_2^{зал} = 4{,}0 \cdot 10^{-3}\, м.$

Числові параметри наступних режимів навантаження (3–5), які було проведено з аналогічними двохвилинними інтервалами, практично не відрізняються один від одного. Їх максимальна величина деформації становила $\Delta l_{3-5}^{\max} = 8{,}0 \cdot 10^{-3}\, м$, при навантаженні $F_{3-5}^{\max} = 5{,}12\ кН$. Залишкова деформація фрагменту після розвантаження була відсутня, тобто $\Delta l_{3-5}^{зал} = 0.$

Результати випробувань наведені в таблиці 1.

Таблиця 1– Результати випробувань зразку пожежного рукава діаметром 51 мм

Дефор-мація, *мм*	**Навантаження, *кН***				
	Режим 1	**Режим 2**	**Режим 3**	**Режим 4**	**Режим 5**
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	0,12	0,71	0,84	0,72	0,78
2	0,24	1,44	1,56	1,44	1,44
3	0,36	1,91	2,16	2,04	2,16
4	0,48	2,40	2,76	2,64	2,88
5	0,72	2,92	3,36	3,36	3,48

Продовження таблиці 1.

6	0,91	3,48	3,96	3,95	3,96
7	1,08	3,89	4,43	4,44	4,44
8	1,32	4,32	5,11	5,12	5,12
9	1,56	–	–	–	–
10	1,80	–	–	–	–
11	2,04	–	–	–	–
12	2,28	–	–	–	–
13	2,52	–	–	–	–
14	2,88	–	–	–	–
15	3,12	–	–	–	–
16	3,41	–	–	–	–
17	3,60	–	–	–	–
18	4,08	–	–	–	–
19	4,32	–	–	–	–
20	4,68	–	–	–	–

Діаграми, які відповідають результатам випробувань наведені на рисунку 5:

– графік 1 відповідає початковому режиму навантаження недеформованого фрагменту пожежного рукава;

– графік 2 – режиму повторного навантаження, який проведено через дві хвилини після першого;

– графік 3–5 відповідає наступним трьом режимам навантаження, які проведені з аналогічними часовими інтервалами і практично не відрізняються один від одного за числовими параметрами.

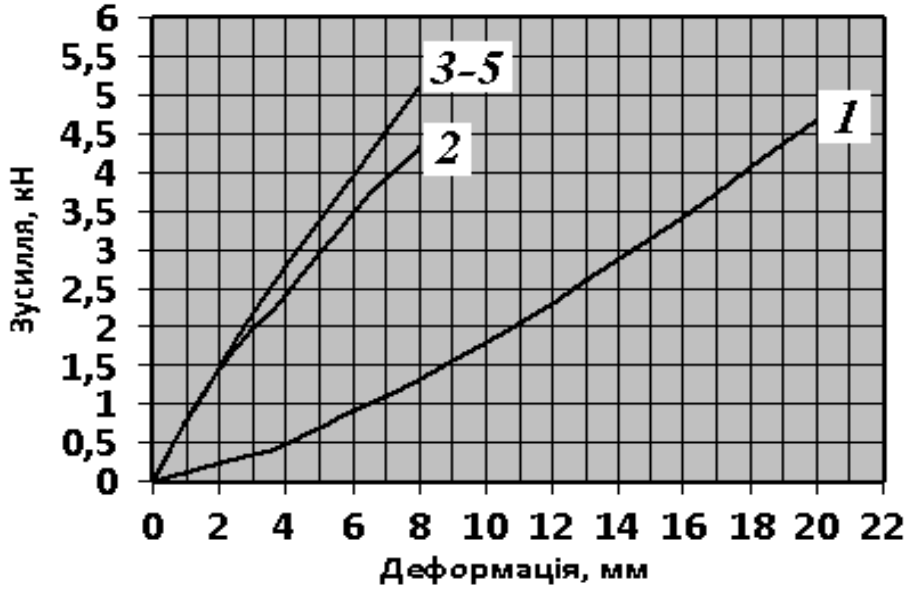


Рисунок 5 – Діаграми навантажень випробувального зразка пожежного рукава внутрішнім діаметром 51 мм.

Майже лінійна залежність між навантаженням та деформацією фрагменту пожежного рукава дозволяє визначити його усереднену жорсткість, яка становить:

– режим 1 $C_1 = \frac{F_1^{\max}}{\Delta l_1^{\max}} = \frac{4{,}68}{20 \cdot 10^{-3}} = 234 \frac{кН}{м}$;

– режим 2 $C_2 = \frac{F_2^{\max}}{\Delta l_2^{\max}} = \frac{4{,}32}{8 \cdot 10^{-3}} = 540 \frac{кН}{м}$;

– режими 3–5 $C_{3-5} = \frac{F_{3-5}^{\max}}{\Delta l_{3-5}^{\max}} = \frac{5{,}12}{8 \cdot 10^{-3}} = 640 \frac{кН}{м}$.

Для подальших досліджень доцільно визначити жорсткість (k) пожежного рукава приведену до одиниці його довжини ($L=1000$ *мм*):

– режим 1 $k_1 = \frac{C_1 \cdot \ell}{L} = \frac{234 \cdot 160}{1000} = 37{,}44 \frac{кН}{м}$;

– режим 2 $k_2 = \frac{C_2 \cdot \ell}{L} = \frac{540 \cdot 160}{1000} = 86{,}4 \frac{кН}{м}$;

– режими 3–5 $k_{3-5} = \frac{C_{3-5} \cdot \ell}{L} = \frac{640 \cdot 160}{1000} = 102{,}4 \frac{кН}{м}$.

При регламентованому стандартом [1] робочому тиску $P_{роб} = 1{,}6\ МПа$, поздовжня складова сили гідравлічного тиску в пожежному рукаві із внутрішнім діаметром *51 мм* становить

$$F_{роб} = P_{роб} \frac{\pi\ d^2}{4} = 1{,}6 \cdot 10^6 \frac{\pi\ \left(51 \cdot 10^{-3}\right)^2}{4} = 3{,}27\ \ кН,$$

що спричиняє відносну поздовжню деформацію:

– режим 1 $\varepsilon_1 = \frac{F_{роб}}{C_1 \ell} 100\% = \frac{3{,}27 \cdot 10^3}{234 \cdot 10^3 \cdot 160 \cdot 10^{-3}} 100\% = 8{,}73\ \%$;

– режим 2 $\varepsilon_2 = \frac{F_{роб}}{C_2 \ell} 100\% = \frac{3{,}27 \cdot 10^3}{540 \cdot 10^3 \cdot 160 \cdot 10^{-3}} 100\% = 3{,}78\ \%$,

– режим 3–5 $\varepsilon_{3-5} = \frac{F_{роб}}{C_{3-5} \ell} 100\% = \frac{3{,}27 \cdot 10^3}{640 \cdot 10^3 \cdot 160 \cdot 10^{-3}} 100\% = 3{,}19\ \%$.

Висновки. Для наступних теоретичних та експериментальних робіт з розрахунку залишкового ресурсу пожежних рукавів проведено визначення механічних властивостей, зокрема поздовжньої жорсткості пожежного рукава типу «Т» із внутрішнім діаметром *51 мм* в умовах статичного навантаження.

При початковому навантаженні приведена до одиниці довжини (*1 м*) жорсткість пожежного рукава типу «Т» із внутрішнім діаметром *51 мм* становить *37,44 кН/м*, а при повторному навантаженні – *86,4 кН/м*.

Три наступних навантаження визначили майже однакові жорсткості, усереднене значення яких становить *102,4 кН/м*.

Експериментально визначені відносні поздовжні деформації пожежного рукава типу «Т» із внутрішнім діаметром *51 мм* становлять при початковому навантаження *8,73 %*, що перевищує нормативні вимоги (*8%*), при повторному – *3,78 %* . На наступних трьох навантаженнях відносні деформації майже однакові і становлять у середньому *3,19 %*, тобто відповідають нормативним вимогам [1].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ 3810-98. Пожежна техніка. Рукава пожежні напірні. Загальні технічні умови.
2. ГОСТ 51049–97. Техника пожарная. Рукава пожарные напорные. Общие технические требования. Методы испытания.
3. Безбородько, М.Д. Пожарная техника /М.Д. Безбородько, П.П. Алексеев, Б.А. Максимов, Г.И. Новиков – М., 1979. – 435 с.
4. Иванов, Е.Н. Противопожарное водоснабжение / Е.Н. Иванов –М., 1986. – 315с.
5. Качалов, А.А. Противопожарное водоснабжение /А.А. Качалов, Ю.П. Воротынцев, А.В. Власов – М., 1985. – 286 с.
6. Добровольский, А.А. Пожарная техника /А.А. Добровольский, Ф.Ф. Переслыцких – Киев, 1981. – 239 с.
7. Щербина, Я.Я. Основы противопожарной техники /Я.Я. Щербина – Киев, 1977. – 234 с.
8. Светлицкий, В.А. Механика трубопроводов и шлангов /В.А. Светлицкий. – М.: Машиностроение, 1982. – 280 с.
9. Моторин, Л.В. Математическая модель для прочностного расчета напорных пожарных рукавов при гидравлическом воздействии /Л.В. Моторин, О. С. Степанов, Е.В. Братолюбова // Изв. вузов. Технология текст. пром–сти. 2010. – №8 – С. 103 – 109.
10. Моторин, Л.В. Упрощенная математическая модель для прочностного расчета напорных пожарных рукавов при гидравлическом воздействии / Л.В. Моторин, О. С. Степанов, Е.В. Братолюбова // Изв. вузов. Технология текст. пром–сти. –2011. –№.1 – С. 126 – 133.

❖ ❖ ❖

УДК 332.87; 004.942

В.Б. Лоїк, канд. техн. наук

АНАЛІЗ ПРОЕКТІВ І ПРОГРАМ РЕГІОНАЛЬНОГО РОЗВИТКУ НА ПРИКЛАДІ МІСТА ЛЬВОВА В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

У статті приведено аналіз стану впливу ІТ-технологій щодо забезпечення підвищеної ефективності функціонування програм та проектів регіонального розвитку м. Львова, а також дана оцінка впливу негативних чинників від надзвичайних ситуацій в умовах сталого розвитку для забезпечення безпечного і здорового життя сучасного і майбутнього покоління. Показано доцільність використання краудсорсингових програм в умовах надзвичайних ситуацій, що мінімізують ризик виникнення надзвичайних ситуацій.

Ключові слова: проекти, програми, надзвичайна ситуація, краудсорсинг, ІТ-технології, проектно-орієнтоване управління, онлайн платформа.

V. Loik, Cand. of Sc. (Eng.)

ANALYSIS OF PROJECTS AND PROGRAMS OF REGIONAL DEVELOPMENT IN EMERGENCIES ON THE EXAMPLE OF LVIV

The article deals with the analysis of information technologies impact on efficiency of the city regional development programs and projects. The impact of emergency situations negative factors on sustainable development and safe and healthy life providing for present and future generations is explored. The expediency of crowdsaurcing programs applying for minimizing the risk of emergencies is shown.

Keywords: projects, programs, emergency, crowdsaurcing, IT technology, project-oriented management, online platform.

Стан проблеми і постановка завдань дослідження. На теперішній час НС загрожують людству не менше, ніж сотні чи навіть тисячі років тому і являються основною перепоною регіонального розвитку. Сучасні дослідження та наукові прогнози свідчать, що в найближчому майбутньому спостерігається тенденція зростання кількості НС, глобальність їх наслідків, в тому числі для здоров'я і життя населення, масштабність збитків.

Існуюча статистика свідчить, що за попередні 30 років внаслідок природних катастроф загинуло понад 4 млн. осіб, кількість потерпілих перевищила 3 млрд. осіб. Економічні збитки становлять приблизно 400 млрд. доларів.

За оголошеними даними на 44-ій сесії Генеральної Асамблеї ООН, щорічно на нашій планеті спостерігається 100000 гроз, 10 000 повеней, , пожеж, тисячі землетрусів, ураганів та зсувів, тропічних циклонів та понад сотні виверження вулканів,. За попередні 20 років в результаті природних явищ загинуло приблизно 3 млн. людей і близько 1 млрд. отримали збитки внаслідок стихійних лих.

Світова статистика свідчить, що в середньому щотижня реєструється катастрофа, в ліквідації якої приймають участь міжнародні сили допомоги. Практично щорічно на проведення рятувальних заходів витрачається понад мільярд доларів[1].

Розширення масштабів та збільшення кількості НС техногенного та природного характеру, що тягнуть за собою людські та значні матеріальні втрати, роблячи вкрай суттєву проблему забезпечення умов безпеки в екологічній соціальній сферах та природно-техногенній.

Серйозне занепокоєння викликає стан техногенної небезпеки, тому що саме техногенні катастрофи спричиняють загибель величезної кількості людей.

Унеможливлення техногенної небезпеки на теперішньому етапі полягає у поділі територій за ступенями ризику, здійснення заходів з попередження аварій, проведення підготовки сил та засобів для ліквідації наслідків, державний контроль з питань соціального захисту постраждалого населення та техногенної безпеки. Повноцінне вирішення проблем безпеки вимагає стратегічного міжнародного співробітництва, великих зусиль, пов'язаних не тільки із проведенням заходів але й з встановленням відповідних нормативів, для запобігання НС. Важливою складовою є направлення на зміни у соціумі, зокрема, зміну ментальності суспільства, що знизить рівень техногенних НС, та підвищить ефективність аварійно-рятувальних робіт під час стихійних лих та техногенних катастроф.

Основними напрямами в діяльності у цій ситуації є відвернення та попередження виникнення НС та зменшення їх сили впливу та оперативне реагування на них. Вище вказане можна досягнути детально вивчивши механізми розвитку, вражаючі фактори, причини, основні засоби захисту та попередження.

Мета статті. Комплексний підхід та проектно-орієнтоване управління щодо підвищення ефективності рятувальних робіт для оперативного реагування та ліквідації НС. Для досягнення мети необхідно розв’язати наступні завдання:

- охарактеризувати критерії ефективності стратегії розвитку Львівської області до 2015 року із врахуванням динаміки сталого розвитку ;
- здійснити аналіз звіту стану реалізації державної політики у сфері цивільного захисту місцевими органами виконавчої влади Львівської міської ради у 2013 році та визначити основні завдання у зазначеній сфері на 2014 рік;
- здійснити аналіз закордонного досвіду щодо використання програм краудсорсингу в умовах НС.

Виклад основного матеріалу. Для дослідження програм регіонального розвитку проаналізуємо як приклад стратегію розвитку Львівщини до 2015 року [2].

Основною її метою є підвищення якості життя мешканців Львівщини, створення умов для їхньої самореалізації та розвитку. Головним завданням Стратегії загалом та її цілей зокрема є створення таких можливостей для мешканців, організацій і підприємств регіону, внутрішніх та зовнішніх інвесторів, які дадуть їм змогу реалізовувати власні інтереси, створити високооплачувані робочі місця, отримати доходи та допомогти наповнити бюджет.

Стратегічна ціль 1: Львівська область – регіон сталого економічного й підприємницького розвитку.

Операційна ціль 1.1: Створення сприятливих умов для розвитку вільної конкуренції та модернізації сучасних економічних структур у регіоні.

Операційна ціль 1.2: Забезпечення сприятливих умов для створення нових фірм і залучення зовнішнього капіталу та інвестицій.

Операційна ціль 1.3: Розвиток сучасної інфраструктури.

Операційна ціль 1.4: Розвиток людського та соціального потенціалу.

Стратегічна ціль 2: Львівська область – ворота України до Європейського Союзу Операційна ціль 2.1: Використання переваг прикордонного розташування з метою забезпечення відкритості та активізації міжнародних контактів Львівської області Операційна ціль 2.2 співробітництва з місцевими і регіональними органами влади Польщі, єврорегіонами, інституціями та підприємствами Операційна ціль 2.3: Львівська область – лідер у міжнародних програмах.

Стратегічна ціль 3: Львівська область – регіон високоосвічених людей, інноваційного потенціалу та технологічно розвинутих підприємств.

Операційна ціль 3.1: Розвиток системи освіти відповідно до вимог економіки знань.

Операційна ціль 3.2: Посилення наукового потенціалу.

Операційна ціль 3.3: Зміцнення взаємозв’язків між підприємництвом і науково-дослідною сферою.

Операційна ціль 3.4: Зростання інноваційного потенціалу регіональної економіки.

Стратегічна ціль 4: Львівщина – регіон чистого і привабливого навколишнього середовища, культури, туризму і рекреації.

Операційна ціль 4.1: Поліпшення стану навколишнього середовища регіону, забезпечення його екологічної стабільності та привабливості ландшафтів.

Операційна ціль 4.2: Підтримка сучасного і традиційного мистецтва на Львівщині, її культурного потенціалу та багатонаціональних традицій.

Операційна ціль 4.3: Використання історичної спадщини Львова та інших районних центрів. Розвиток туристичної інфраструктури.

Операційна ціль 4.4: Розвиток і промоція рекреаційного потенціалу Львівської області.

Реалізація Стратегії забезпечить:

- зменшення безробіття й підвищення рівня зайнятості населення;
- збільшення доходів населення і його купівельної спроможності, що, у свою чергу, приведе до підвищення рівня життя та стандартів проживання;
- збільшення надходжень до місцевих бюджетів і спроможності фінансувати регіональні та місцеві соціальні програми;
- покращення умов особистого розвитку, що стимулюватиме людей жити й працювати в регіоні, а не емігрувати за кордон;
- зменшення соціальної напруги в суспільстві й збільшення довіри громади до регіональних і місцевих органів влади.

Отже, основним завданням даної програми є забезпечення сталого розвитку, вона гарантує задоволення основних потреб сучасного і майбутнього покоління з одночасним збереженням функціонування природних екосистем, а вихідними критеріями є оцінка завдання, що формують стратегію розвитку.

Проте у світі простежується така тенденція: чим більше розвивається людство та задовольняє свої життєві потреби, тим стрімкіше розвивається промисловість, обслуговуюча інфраструктура і тим збільшується ймовірність виникнення НС. Це не є виключенням і для м. Львова.

У 2013 році зареєстровано 4 НС та 67 некласифікованих подій, внаслідок яких загинуло 13 осіб, потерпіло 108 осіб, з них 22 дитини. У порівнянні з 2012 роком загальна кількість НС та некласифікованих подій залишилась на попередньому рівні. НС державного та регіонального рівня не обліковано.

Експертною комісією ДСНС України 1 НС класифікована як місцевого і 3 – об'єктового рівня.

Найбільше показали себе наступні НС:

місцевого рівня:

- ситуація, пов'язана з отруєнням людей внаслідок споживання неякісних продуктів харчування. У період з 26 до 31 серпня до медичних закладів області з діагнозом гостра кишкова інфекція, гастроентероколіт було госпіталізовано 46 осіб, з них 10 дітей, які 25 серпня приймали участь у святкуванні весілля у барі «Персей»;

об'єктового рівня:

- 3 квітня 2012 року в внаслідок пресування газових балончиків в цеху на території ТзОВ «Вторкольормет» в м. Львові (вул. Пластова, 11-а, територія металобази з обробки втор сировини) під час вибуху отримали термічні опіки та опіки органів дихання 5 працівників підприємства;

- ситуація, пов'язана з отруєнням людей в результаті споживання неякісних продуктів харчування. 24 – 25 грудня в інфекційне відділення Комунального закладу Львівської обласної ради «Львівська обласна інфекційна клінічна лікарня» звернулись зі скаргою на погіршення самопочуття 11 осіб, які 22 грудня у ресторані готельно-ресторанного комплексу «Святослав» у м. Винники Львівської міської ради брали участь у корпоративній вечірці. Загальна кількість присутніх на святкуванні — 200 осіб. Після обстеження з діагнозом гостра

кишкова інфекція, гастроентероколіт госпіталізовано 10 осіб (всі працівники ЗАТ "Видавничий дім «Високий замок»).

Зі звіту про роботу управління з питань надзвичайних ситуацій та цивільного захисту населення Львівської міської ради за 2013 рік [3] видно, що служби цивільного захисту втілюють багато програм та різноманітних заходів з метою попередження виникнення, прогнозування та ліквідації наслідків НС. Проте не дивлячись на це прослідковується тенденція виникнення НС, це пов'язано з проблемами функціонування і взаємодії служб цивільного захисту.

Аналізуючи діяльність служби цивільного захисту виявлено такі основні проблеми функціонування:

- недостатнє взаємодія та взаємоінформування між відділом «Гаряча лінія міста» та оперативно-координаційним центром Державної служби надзвичайних ситуацій у Львівській області;

- взаємодія всіх диспетчерських служб міста, створення аналогу «112»; - проблемне фінансування розроблених програм щодо цивільного захисту, пожежної та техногенної безпеки;

- не забезпечено програми відселення мешканців з аварійних квартир та житлових будинків, фінансування цільових програм і підвищення сталого функціонування об'єктів в умовах НС;

- у зв'язку зі скороченням штатів особового складу управління у 2009 році з 14 працівників на 3 особи штатна структура складає 11 чоловік. Якщо раніше, працівник управління постійно знаходився у кожній районній адміністрації і оперативно вирішував питання взаємодії між Львівською міською радою, районною адміністрацію, на звернення громадян, підприємствами, установами, організаціями, то зараз лише один працівник управління на 2 райони втрачає оперативність у роботі та зв'язок з підприємствами.

Для того, щоб комплексно підвищити ефективність проведення рятувальних робіт під час реагування на ліквідації НС пропоную запровадити краудсорсингові онлайн-платформи. Онлайн платформа дає можливість обробляти повідомлення, що отримані з різноманітних джерел комунікації (телефонний зв'язок електронна пошта, SMS, дані геолокації, ЗМІ тощо) і відображати весь комплекс онлайн масивів, в режимі теперішнього часу на елелектроній карті, де кожна з подій «прив'язана» до географічної точки, місця виникнення НС. В основі платформи лежить технологія так званого краудсорсинга, яка зумовлює добровільну і як правило безкоштовну участь всіх охочих у наданні інформації. Краудсо́рсинг (англ. crowdsourcing, crowd — «натовп» і sourcing — «використання ресурсів») — передача певних виробничих функцій невизначеному колу осіб (на підставі публічної оферти, без укладання трудового договору). Термін вперше увів письменник Джефо Хауї (англ. Jeff Howe) і редактор журналу «Wired» Марк Робінсон (англ. Mark Robinson) [4].

Найвідоміші приклади краудсорсинґу [4]: «Вікіпедія» — вільна інтернет енциклопедія. Пропонує користувачам самим редагувати статті. «Microsoft» — транснаціональна компанія з виробництва програмного забезпечення для обчислювальної техніки. Використовує метод краудсорсинґу, пропонує користувачам свого ПЗ залишити пропозиції щодо покращення розробок компанії на корпоративному сайті, а також постійно проводить опитування думки користувачів.

Основна ціль платформи – це регулювання взаємодопомоги, оскільки визначення на потенційному рівні кризи дуже широке. Очевидно це не обов'язково про національну кризу, а про будь-яку ситуацію, в якій людині потрібна допомога. Головним завданням платформи – дати можливість людині дізнатися, чи в даний момент поруч з ним комусь не потрібна допомога і , в якій формі він зможе допомогти. В найближчому майбутньому в світі здійснюється розробка мобільної версії, яка буде так званим «Компасом допомоги». Переміщуючись по місту, абонент (користувач), якщо він цього звісно захоче, зможе одержати повідомлення, якщо комусь, за сто метрів від нього необхідна допомога. Схожа практика вже є в США, де використовується спеціальне програмне забезпечення щодо

надання першої долікарської допомоги. Для прикладу, якщо у людини серцевий напад, особа, яка знаходиться в будівлі поруч та уміє надавати першу домедициську допомогу, одержує повідомлення і опиняється на місці до моменту прибуття «швидкої допомоги».

Загалом, світовий досвід свідчить, що об'єднання зусиль краудсорсингових платформ і держави в умовах НС збільшує скоординованість та продуктивність дій аварійно-рятувальних служб і на місцях, забезпечує при цьому своєчасне реагування на виникнення нових проблем (НС), зменшує руйнування та власне людські жертви, сприяючи залучення громадськості та приватних організацій до ліквідації наслідків Н.С. Особливу цікавість викликає досвід використання платформи Ушахіді [6]. («Ушахіді» (латинська транслітерація – ushahidi) в перекладі з суахілі – «свідчення».) в Російській Федерації, де 2010 року у зв'язку з масовою хвилею лісових пожеж група ентузіастів інтернет-організації «Пожарру» (pozar_ru) запровадила першу в світі Рунету платформу Ушахіді «Карта допомоги» (http://russian-fires.ru/) [8].

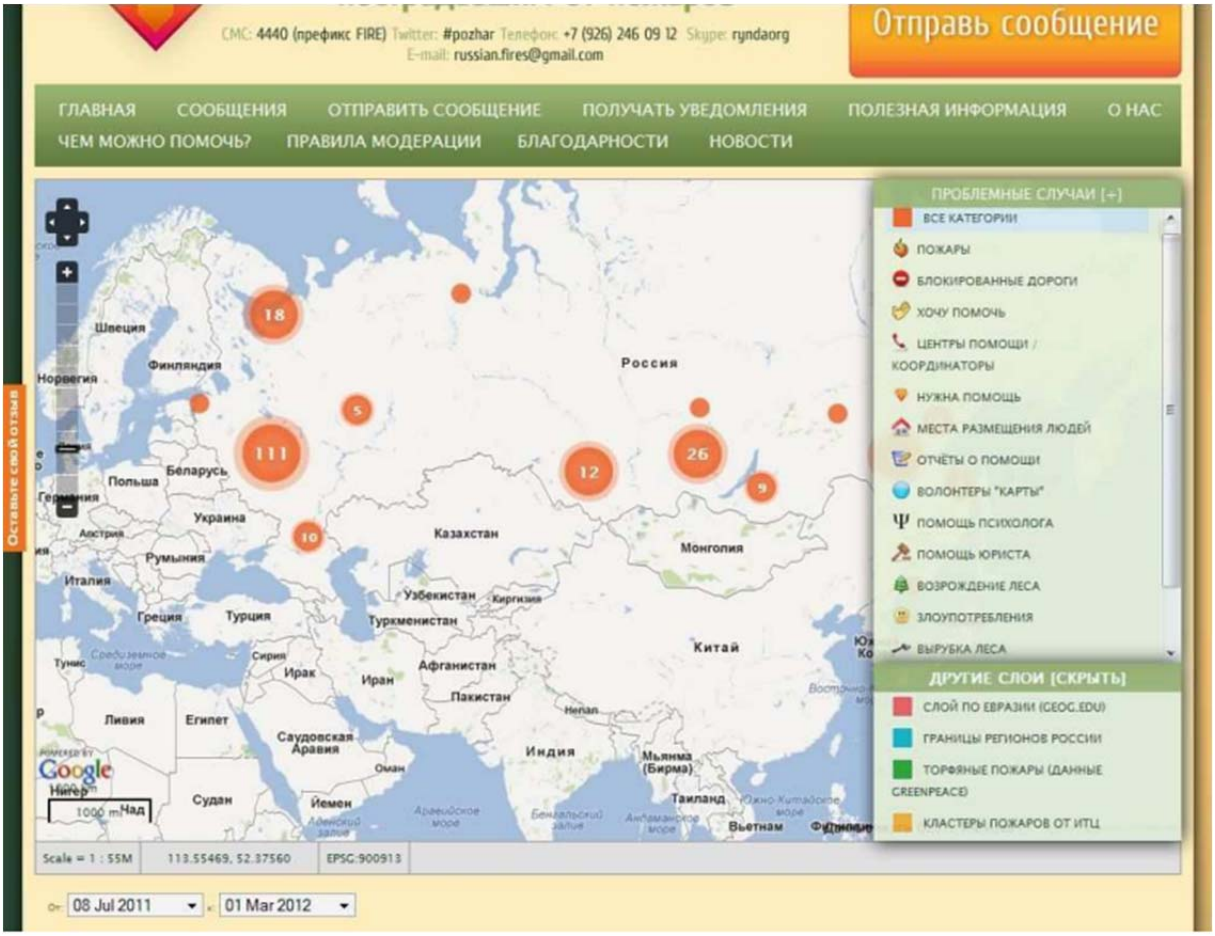


Рисунок 1 — Платформа Ушахіді «Карта допомоги»

За останній період було зафіксовано надзвичайно стрімке збільшення інтересу до ресурсу. Для прикладу протягом першого місяця введення «Карту» відвідали понад 150 тис. користувачів. Отримано близько півтори тисячі повідомлень. Аналіз користувачів платформи видно, що основна кількість користувачів були з великих міст [5]. Тут слід вказати, що залучення населення з віддалених населених пунктів залишається проблемним питанням не лише для «Карти», але й для краудсорсингових платформ у всьому світі. Безумовно для таких абонентів здебільшого є можливість надсилати інформацію за допомогою мобільного телефону, але залишається основне проблемне питання «зворотного зв'язку».

Розглянемо декілька прикладів використання подібних платформ. Це «Карта радіації» (https://radiation.crowdmap.com/), створена після радіаційної катастрофи в Японії на ядерній станції й призначена для накопичення інформації про виміри радіаційного фону на основі індивідуальних дозиметрів на Далекому Сході. Платформа показала, що рівень радіації нормальний і допомогла уникнути паніки серед населення. За даними авторів, створення платформи на базі crowdmap.com зайняло приблизно півгодини.

Також яскравим прикладом є проект «Карта допомоги в холоди» (http://holoda.info) він є більш експериментальним, тому що на відміну від «Карти Допомоги» під час пожеж, він займається ситуацією, яка не є національною кризою. Тому що це не криза, на якій сфокусовано увагу через засоби масової інформації, зрозуміло, що рівень участі є набагато нижчий. Хоча, з ідеєю проекту до авторів «Карти допомоги» звернулася «Нова Газета», і проект мав рівень інформаційної підтримки.

Останній краудсорсинговий проект, над яким працює команда «Карти Допомоги», – це «Віртуальна Ринда: Атлас Допомоги в надзвичайних ситуаціях» (rynda.org).

Перевагами даної технологій, є:

− велика кількість (множинність) каналів одержання повідомлень, простота доставки повідомлень до пункту їх збору (достатньо телефону);

− можливість швидко залучати до зони дії величезні території (аж до транс державного або загальнонаціонального охоплення);

− швидке оновлення інформації, її комплексний аналіз (візуалізація);

− доволі легка – (принаймні для українських умов)

– доступність ресурсу для корисувачів інформації (платформа розміщена онлайн, тому достатнє лише фіксоване чи мобільне підключення до Інтернету);

− надзвичайно низька вартість технологій враховуючи можливість їх постійного оновлюватись на основі того ж краудсорсингу.

До найбільших недоліків краудсорсингових онлайн-технологій в надзвичайних ситуаціях:

− обмеження можливостей перевірки одержаних повідомлень, що, в свою чергу, дещо звужує обсяги надзвичайних ситуацій, де можна використати такі технології;

− низький рівень захищеності від наслідків НС або інших факторів самих технологій зв'язку, що найбільше використовуються в платформах типу Ушахіді – мобільного зв'язку та Інтернету.

Згідно з чиним законодавством України, «оповіщення та інформування населення в разі виникнення НС здійснюється дистанційно здебільшого за допомогою електросирен, мережею радіомовлення всіх діапазонів частот і видів модуляції та телебачення».

З метою реалізації виконання роботи систем оповіщення використовуються:

- місцеві мережі зв'язку;
- телебачення та мережі проводового (ефірного) радіомовлення;
- канали звукового супроводу;
- постійно діючі мережі радіозв'язку;
- технічні засоби оповіщення та електросирени.

Одним з основних засобів оповіщення та інформування в України населення в умовах НС використовується мережа радіомовлення. Але не дивлячись на даний момент вона вже не в змозі розглядатися як повноцінний загальнонаціональний ресурс, придатний для таких потреб: станом на квітень 2013 року кількість радіоточок в Україні становила 2,7 млн. (проти 19 млн. у 1991 році) і продовжує з кожним роком продовжує скорочуватися.

Отже, можна стверджувати, що сьогодні в Україні відсутня надійна система оповіщення та інформування населення про НС.

Водночас, за оцінками експертів, функціонуючі в Україні регіональні системи оповіщення [7] та інформування населення за умов НС потребують суттєвих змін, причому відновлення, для прикладу, регіональної автоматизованої системи централізованого оповіщення «Сигнал-ВО» вимагає нового проекту її відновлення. Схожі висновки цілком

співпадають з такою інформацією, що офіційно надана ДСНС України: на даний момент ресурс експлуатації, що використовується в обох (загальнодержавній і територіальній) системах оповіщення ще з 1989 року, повністю вичерпано, а саме ж обладнання знято з виробництва. Заходи з переобладнання цих систем на місцевому рівні фактично не проводяться через недостачу коштів. Що стосується загальнодержавної системи «Сигнал УМ», то сьогодні вона існує тільки на модельному рівні і зараз проводиться її дослідна експлуатація на окремих ділянках між Києвом і Львовом.

На початку 2012 року в Україні було розпочато введення в дію Системи екстреного виклику 112. Згідно з офіційних джерел ДСНС України, «єдиний номер» створюється з метою «забезпечення громадської безпеки та особистої, збереження життя, здоров'я громадян та їх майна, протидії терористичним актам, загрозам техногенного та природного характеру, а також уподібнення способу виклику служб екстреної допомоги населенню відповідно до законодавства Євросоюзу». Фахівці ДСНС вважають що найбільш ефективним організаційним рішенням Системи 112 в Україні буде створення її як складової частини єдиної державної системи цивільного захисту з обов'язковою інтеграцією до Урядової інформаційно-аналітичної системи з питань НС. Але система 112 поки що перебуває на етапі введення в експлуатацію і на теперішній момент не охоплює всю територію країни.

Вище вказане дає змогу зробити висновок, що запровадження в Україні краудсорсингових платформ різноманітних за призначенням, – особливо враховуючи теперішній стан державної системи оповіщення і зв'язку служби цивільного захисту України при НС, достатньо високий ступінь техногенної небезпеки в країні, а також весь аспект загроз і ризиків для українських та іноземних громадян. Однак, бажаним є створення профільними відомствами держави відповідних консультацій з громадськими та експертними колами і можливий пошук шляхів створення схожих ресурсів.

В Україні краудсорсингові онлайн-платформи для НС або кризових ситуацій є доречними, тому що:

а) є дешевою і перспективною технологією із прогресуючим ресурсом використання у найближчому майбутньому;

б) на теперішній час в Україні з усіх передбачених засобів централізованого оповіщення та інформування населення у випадку НС, виключаючи хіба що локальні системи оповіщення на об'єктах господарювання, жоден не здатний у повній мірі виконувати свої функції, в основному з технічних причин (ненадійність, застарілість, часткова демонтованість);

в) процес реконструкції та модернізації цих систем на даний момент ще не завершений, що дає змогу вчасно врахувати позитивний досвід та внести свої власні корективи;

г) краудсорсингові програми типу російських «карт допомоги» дають змогу нейтралізувати ризики і загрози для українських та іноземних громадян, а саме вирішити інфраструктурно-побутові проблеми (медицина, оренда житла, послуги, шляхи, тощо);

д) у разі запровадження даних ресурсів в Україні – розглянути можливість взаємодії їх діяльності з системою екстреного виклику 112, яка зараз введена в експлуатацію, і об'єднання доступу до них за принципом «єдиного вікна» (наприклад, на одному веб-порталі).

Висновок. Онлайн-технології краудсорсингу в НС відносяться до сучасних ІТ-технологій інформування їх взаємодії з громадськими організаціями, що набувають широкого розповсюдження у європейських країнах як ефективний громадський ресурс інформування, взаємодопомоги, самоорганізації, та координації дій населення в умовах НС. Даний досвід дозволяє та мінімізує ризик в процесі щодо високої вірогідності виникнення у найближчому майбутньому нової моделі цивільного захисту населення, базованої на взаємодії державних служб інформування, оповіщення, та порятунку громадського сектору. Таким чином впровадження ІТ-технологій в інформаційному базисі системи цивільного захисту забезпечать сталий розвиток не тільки м. Львова, але й України загалом.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Безпека життєдіяльності - Запорожець О.І. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://mobile.pidruchniki.ws//1246122050818/bzhd/nadzvichayni_situatsiyi_suchasnih_umov
2. Стратегія розвитку Львівщини до 2015 року // www.loda.gov.ua [Електронний ресурс].
3. Звіт про роботу управління з питань надзвичайних ситуацій та цивільного захисту населення Львівської міської ради за 2012 рік від 08 квітня 2013 року «Про стан реалізації державної політики у сфері цивільного захисту місцевими органами виконавчої влади Львівської міської ради у 2012 році та визначення основних завдань у зазначеній сфері на 2013 рік» e-mail: uns@city-adm.lviv.ua [Електронний ресурс].
4. Матеріал з Вікіпедії — вільної енциклопедії. [Електронний ресурс].
5. Асмолов, Г. Карты помощи. Как работает краудсорсинг в кризисных ситуациях [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://lenta.ru/photo/2011/11/11/crowd/#pic019
6. «Ушахиди» спасает людей. Теперь – и в России [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.novayagazeta.ru/society/2340.html
7. Кочін І., Гелдаш С. та ін. Організація сучасної системи оповіщення населення України при надзвичайних ситуаціях [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://zounb.zp.ua/node/1283
8. «Ушахиди» спасает людей. Теперь – и в России [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.novayagazeta.ru/society/2340.html

❖ ❖ ❖

УДК 614.842

Б.В. Штайн, канд. тех. наук, Б.В. Болібрух, канд. тех. наук, доцент

РЕЗУЛЬТАТИ СТЕНДОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТЕПЛОЗАХИСНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЗАХИСНОГО ОДЯГУ USP 2-2 В МОБІЛЬНОМУ ТРЕНАЖЕРІ «ЕГЕРІЯ-2000»

В статті викладено результати експериментальних досліджень з визначення залежностей температурних режимів підкостюмного простору при дії підвищеної температури. На основі проведених стендових експериментальних досліджень в мобільному тренажері Егерія-2000 із застосуванням манекена захищеного теплозахисним одягом, обґрунтовано та визначено найбільш ефективне розміщення приладу контролю температурних режимів підкостюмного простору.

Ключові слова: підкостюмний простір, теплозахисний одяг, підвищена температура, мобільний тренажер.

B. Stayn, Cand. of Sc. (Eng.), B. Bolibrukh, Cand. of Sc. (Eng.), docent

DETERMINATION OF UNDERSUIT SPACE TEMPERATURE REGIMES OF HEAT RESISTANT CLOTHING OF A FIREFIGHTER WHILE FIGHTING FIRES IN ENCLOSURES

The paper presents the results of experimental studies to determine the dependence of temperature regimes of undersuit space under the action of high temperature. On the basis of the bench experimental research in mobile simulator Eheriya-2000 using a mannequin in heat-resistant clothing, the most efficient placement of undersuit space temperature control device was grounded and determined.

Keywords: undersuit space, heat-resistant clothing, high temperature, mobile fire trainer.

Щоденно виникають ситуації на пожежах, під час яких пожежники можуть отримати пошкодження у вигляді травм, а іноді з летальними наслідками. Основним фактором, який призводить до травматизму та летальних випадків під час пожежогасіння, є дія продуктів згоряння, інтенсивного теплового випромінювання та підвищеної температури. В результаті аналізу літературних джерел встановлено, що існує тенденція до збільшення випадків травмування серед особового складу пожежно-рятувальних підрозділів під час виконання оперативно-рятувальних робіт. Проведеним аналізом встановлено що теплозахисний одяг, який використовується підрозділами ДСНС України, а саме 60%, є застарілим і не має відповідних сертифікатів відповідності, інші 40% мають ряд недоліків як конструктивних, так і захисних. Ці дані свідчать про те, що одяг, який використовується підрозділами ДСНС України, не здатний повною мірою захищати користувачів від небезпечних факторів пожежі, а це, у свою чергу знижує тактичні можливості підрозділів, призводить до погіршення їхнього здоров'я.

Тому питання захисту пожежників під час пожежогасіння та пожежно-рятувальних робіт від дії теплового випромінювання та підвищених температур завжди залишатиметься актуальним.

Метою роботи є удосконалення системи контролю захищеності особового складу пожежно-рятувальних підрозділів під час пожежогасіння та пожежно-рятувальних робіт шляхом визначення безпечного часу експлуатації ТЗОП в умовах дії НТФП залежно від температурних режимів підкостюмного простору за допомогою сучасного симуляційного тренажера з комп'ютерним керуванням.

Для проведення досліджень було використано теплозахисний одяг USP 2-2, для розробки практичних рекомендацій, щодо роботи в умовах дії небезпечних температурних

факторів пожежі (НТФП). Теплозахисний одяг обраного підрозділу є продукцією польської фірми GO WEST, модель одягу USP 2-2 [1].

Ця модель одягу є сертифікованою на теренах Республіки Польща [2], відповідає вимогам [3,4]. Структура теплозахисного одягу пожежника складається з такого пакета матеріалів [3]:

- матеріал верху бавовна D-10/2/150NT з поверхневою масою 278 ± 14 г/м^2;
- вологотривкий матеріал поліестер-поліуретанова Amitech Breath TO54 з поверхневою масою 160 г/м^2;
- термоізоляційний матеріал PD 2/150N (волокна поліестеру 157-0120-300-00 з підшивкою бавовняно-поліестеровою арт. PD 150N) з поверхневою масою 530 ± 22 г/м^2.

Для захисту голови використовувалась каска пожежна виробництва фірми Kaliskie Zakłady Przemysłu Terenowego w Kaliszu sp. z o.o., типу ZS-09, котра відповідає вимогам [5], а також підкісник звичайний.

Математична обробка результатів експерименту проводилася згідно з [6,7] і ГОСТ 11.002-73, ГОСТ 11.004-74 і ГОСТ 8.207-76, допустимі інтервали шуканої величини визначились з наперед заданою вірогідністю (надійністю) – p.

Випробувальні зразки при дії на них різних факторів (температури, вологи і інших) визначали при їх кількості $5 \le n \le 10$ від величини x, яку визначаємо. Для оцінки основних статичних характеристик використано розподіл Стьюдента (В.С. Госсета).

Для проведення експерименту обрано мобільний тренажерний комплекс «Егерія» (рис. 1).

Рисунок 1 — Мобільний тренажер «Егерія» Mobile Fire Trainer ML2000

Мобільний тренажерний комплекс Mobile Fire Trainer ML2000 дає можливість отримати реальні умови пожеж в огородженні [8]. Для моделювання умов реальної пожежі використовується 95% газ пропан (C_3H_8). Усі НТФП такі як: розмір пожежі, поведінка полум'я, температура, інтенсивність освітлення, інтенсивність задимлення, відповідають

реальним умовам, що виникають в процесі пожежі. Це дає змогу реалізувати проведення експерименту зі стабільними показниками НТФП, а також досліджень впливу небезпечних температурних факторів пожежі на сучасні зразки теплозахисного одягу та спорядження.

Задимлення утворюється шляхом продукування диму, що дає можливість доведення видимості до нульового рівня. Система безпеки тренажера постійно проводить вимірювання усіх параметрів роботи тренажера, а також умов котрі моделюються.

При проведенні експерименту здійснювали імітацію горіння дека та вивчали залежність між впливом НТФП та температурними режимами підкостюмного простору манекена пожежника в теплозахисному одязі (ТЗОП). Дані, що характеризують відстані розміщення манекена та джерела горіння наведені в таблиці 1:

Таблиця 1 — Геометричні характеристики об'єктів експерименту

Показники	***Лінійні розміри, мм***
Геометричні параметри:	1700x800x600
Відстань від центра дека до центра манекена:	2000
Висота приміщення:	2000
Висота манекена:	1800

Для вимірювання температур в підкостюмному просторі використовувались термопари, котрі були розміщені таким чином: 1 – на грудях (ззовні); 2 – під каскою; 3 – на грудях (в підкостюмному просторі між манекеном та ТЗОП); 4 – на спині (в підкостюмному просторі між манекеном та ТЗОП).

Під час визначення температурних режимів підкостюмного простору ТЗОП не враховувалась температура в просторі під каскою. Це пов'язано з тим, що влив температури під каскою на кору головного мозку є дуже суттєвим і ці вимоги регламентуються іншими керівничим документами. Зміна температури кори головного мозку призводить до незворотних процесів і має вивчатись окремо. Вимірювання температур здійснювалось за таких умов в камері тренажера:

- температура джерела $T_{дж}$ = 586 - 604ºС;
- температура під стелею $T_{ст}$ = 180-425ºС;
- температура на висоті 1 м $H_{1м}$ = 90 ºС;
- густина теплового потоку q = 3,75 кВт/м^2.

Значення температури в приміщенні, за яких проводились випробування, обрані відповідно до [9], однак з метою перевірки ефективності захисту було проведено додаткове випробування за більших значеннях показників температур.

На зовнішній та внутрішніх сторонах теплозахисного одягу встановлено термопари. Термопари вимірюють температуру в часі з періодичністю 1 с, їх значення відображаються на пульті керування тренажером, та за допомогою спеціального програмного забезпечення записуються на жорсткий диск ПК. При проведенні досліду в камері створюються умови, максимально наближені до реальних пожеж.

В результаті проведеного експерименту було визначено залежність зміни температур у підкостюмному просторі від тривалості теплового впливу в різних зонах. Отримані експериментальні результати зміни температури ззовні та в підкостюмному просторі дають можливість визначити безпечний час експлуатації ТЗОП USP 2-2 в визначених умовах та визначити місця де температурні показники найвищі. За результатами експерименту побудовано графіки рис 2,3,4.

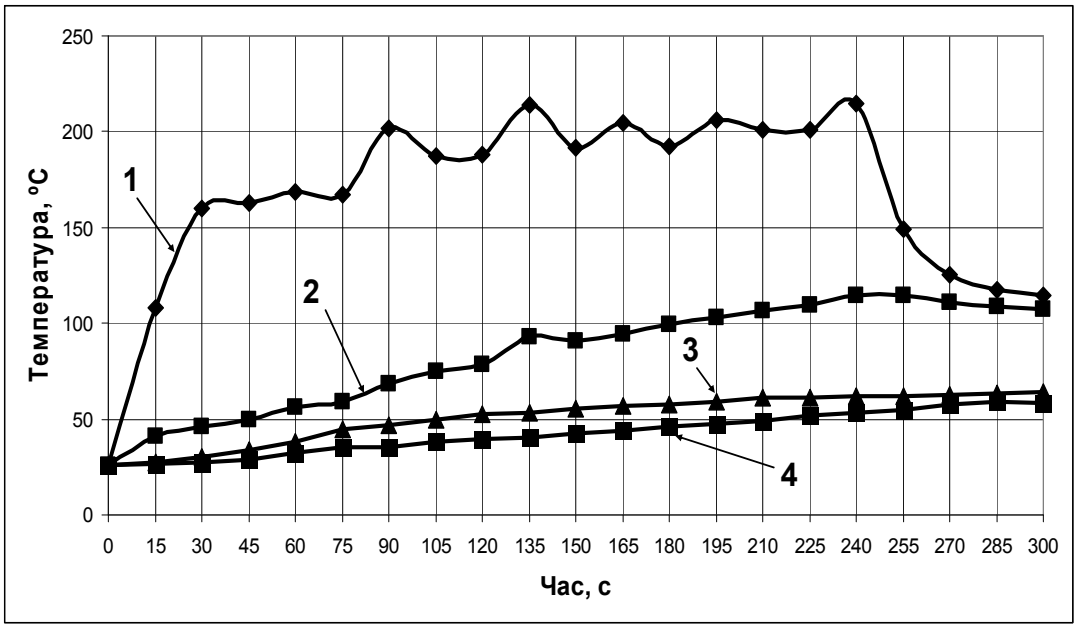


Рисунок 2 — Залежність зміни температур у підкостюмному просторі від тривалості теплового впливу в різних зонах під час проведення досліду при середньооб'ємній температурі в камері 425ºС: 1 – графік зміни температури на грудній клітці (ззовні); 2 – графік зміни температури під каскою; 3 – графік зміни температури на грудній клітці (під ТЗОП); 4 – графік зміни температури на спині (під ТЗОП)

На рис. 2 зображено зміну температури в підкостюмному просторі, де граничний показник значення 50ºС, досягається на 105 с. Середньоб'ємна температура в камері становила максимальним показником і обрана для проведення експерименту в нестандартних умовах.

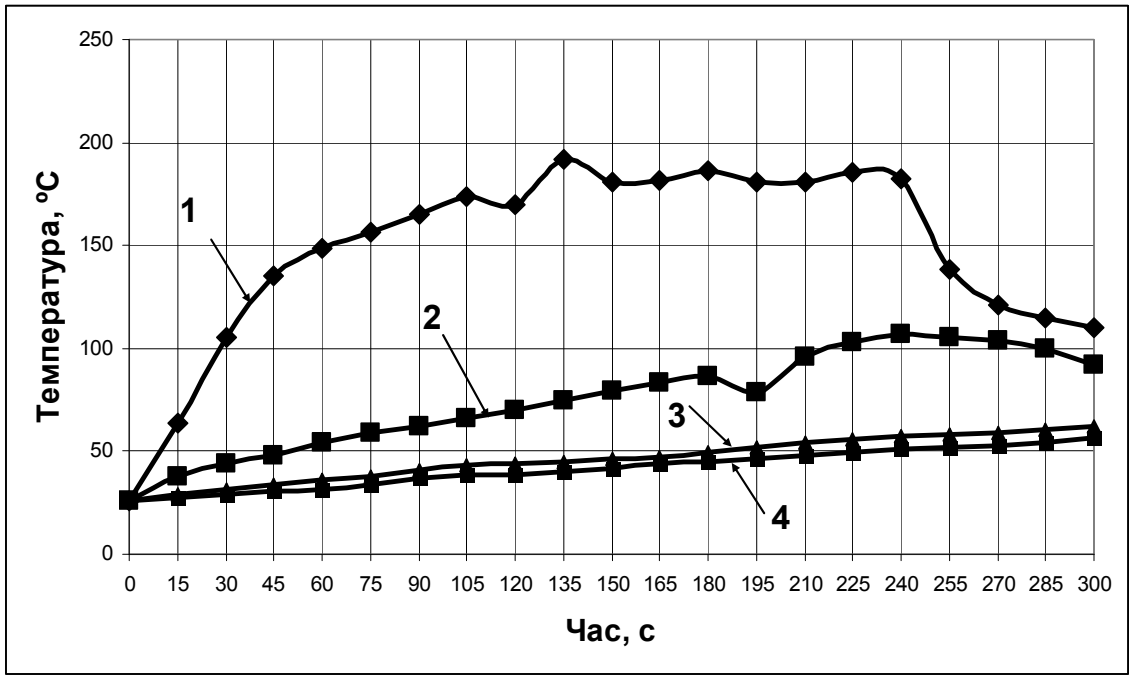
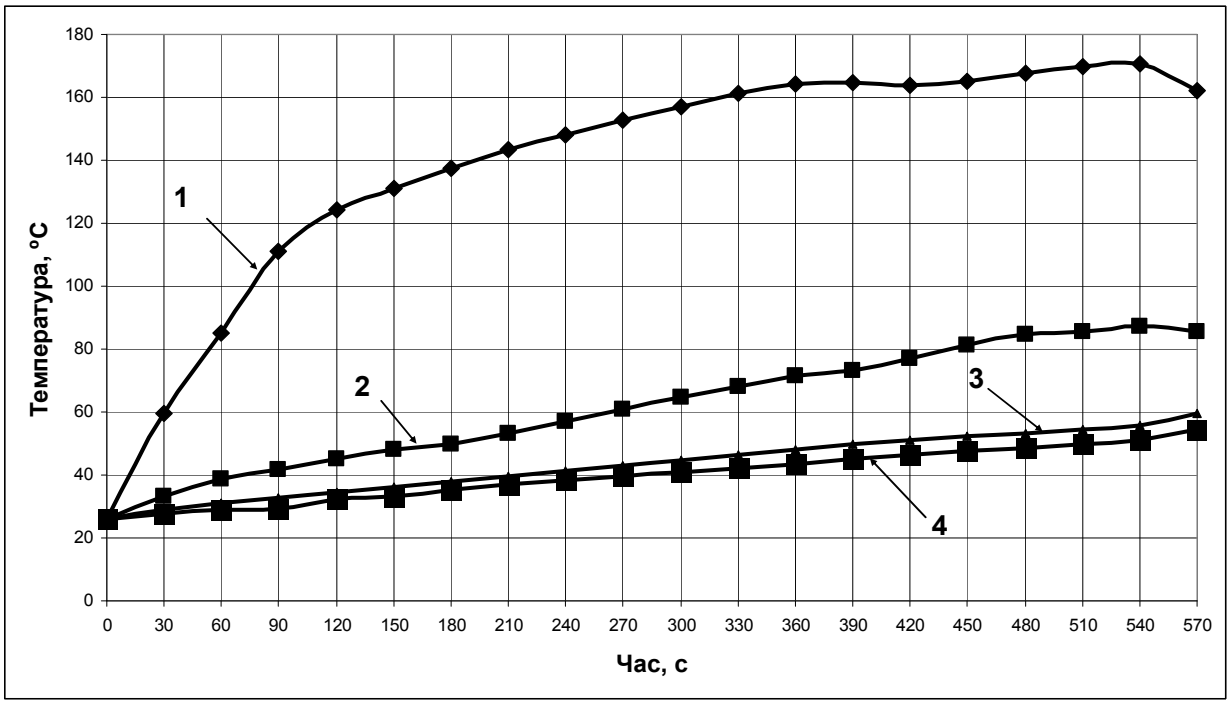


Рисунок 3 — Залежність зміни температури в часі під час проведення досліду при середньооб'ємній температурі в камері 300ºС: 1 – графік зміни температури на грудній клітці (ззовні); 2 – графік зміни температури під каскою; 3 – графік зміни температури на грудній клітці (під ТЗОП); 4 – графік зміни температури на спині (під ТЗОП)

На рис. 3 зображено зміну температури в підкостюмному просторі, де граничний

показник значення 50ºС, досягається на 185 с. Обраним температурним показником 300ºС відповідає значенню випробовування пакету спеціальних матеріалів ТЗОП. Згідно з [4], пакет матеріалів при дії підвищеної температури 300ºС повинен відповідати наступним вимовам: зразок матеріалу захисного одягу пожежника вважають таким, що витримав випробування, якщо відсутні спалахування, руйнування зовнішньої поверхні, порушення структури матеріалу та зміна його лінійних розмірів не перевищує 5 % в будь-якому напрямку на протязі 300 с.

Результати стендових експериментів на комплекті ТЗОП показали, що вже на 300 с температура в підкостюмному просторі сягатиме 63ºС де при використанні в експлуатаційних умовах пожежнику слід вживати заходів щодо зменшення теплового навантаження на його організм.



с)

Рисунок 4 — Залежність зміни температури в часі під час проведення досліду при середньооб'ємній температурі в камері 180ºС: 1 – графік зміни температури на грудній клітці (ззовні); 2 – графік зміни температури під каскою; 3 – графік зміни температури на грудній клітці (під ТЗОП); 4 – графік зміни температури на спині (під ТЗОП)

На рис. 4 зображено зміну температури в підкостюмному просторі, де граничний показник значення 50 ºС, досягається на 345 с.

Для визначення похибки результатів проведеного експерименту, було побудовано три графічних залежності безпечного часу експлуатації ТЗОП USP 2-2 від часу τ, математично оброблено результати з використанням трендових моделей та отримано емпіричні залежності (рис. 5,6,7).

За отриманими емпіричними залежностями визначено розрахункову температуру $T_{роз}$ і порівняно з результатами експерименту, визначивши при цьому відносну похибку:

$$\Delta = \frac{T_Д - T_{роз}}{T_Д} 100\% \le 10\%, \qquad (1)$$

де $T_{роз}$ – розрахункове значення за отриманою емпіричною залежністю;

$T_Д$ – дійсне значення за результатами експерименту.

При середньооб'ємній температурі в камері 425 ºС

$$T = 11{,}171\tau^{0{,}3135} \quad R^2 = 0{,}9765$$

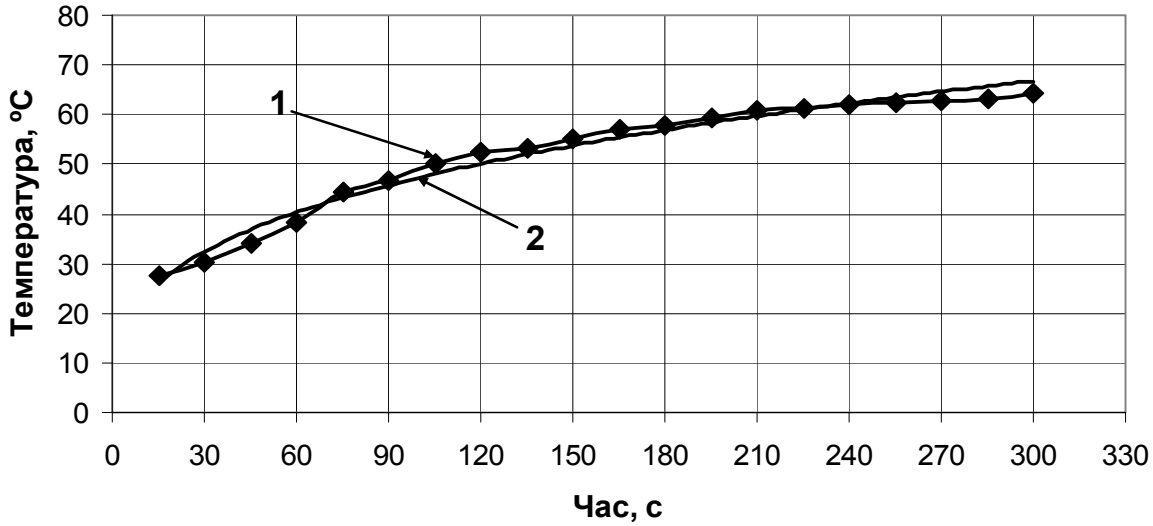


Рисунок 5 — Залежність зміни температури підкостюмного простору в області грудей (під ТЗОП) від температури навколишнього середовища: 1 – експериментальна; 2 – степенева

Для першого експерименту формула визначення розрахункового значення має вигляд:

$$T_i = 11{,}171 \cdot \tau_i^{0{,}3135}. \quad (2)$$

Використовуючи емпіричну залежність визначаємо відносну похибку для трьох моментів часу при середньооб'ємній температурі в камері 425 ºС на 30, 165, 300 с:

$$T_{11} = 11{,}171 \cdot 30^{0{,}3135} = 32{,}4, \quad (3)$$

$$T_{12} = 11{,}171 \cdot 165^{0{,}3135} = 55{,}4, \quad (4)$$

$$T_{13} = 11{,}171 \cdot 300^{0{,}3135} = 66{,}8. \quad (5)$$

Відносна похибка:

$$\Delta_{11} = \frac{30{,}3 - 32{,}4}{30{,}3} \cdot 100\% = 6{,}6\%, \quad (6)$$

$$\Delta_{12} = \frac{57{,}0 - 55{,}4}{57{,}0} \cdot 100\% = 2{,}9\%, \quad (7)$$

$$\Delta_{13} = \frac{64{,}3 - 66{,}8}{26} \cdot 100\% = 3{,}7\%. \quad (8)$$

Враховуючи отримані результати, середнє значення похибки буде:

$$\Delta_{c1} = \frac{6{,}6 + 2{,}9 + 3{,}7}{3} = 4{,}4\%, \quad (9)$$

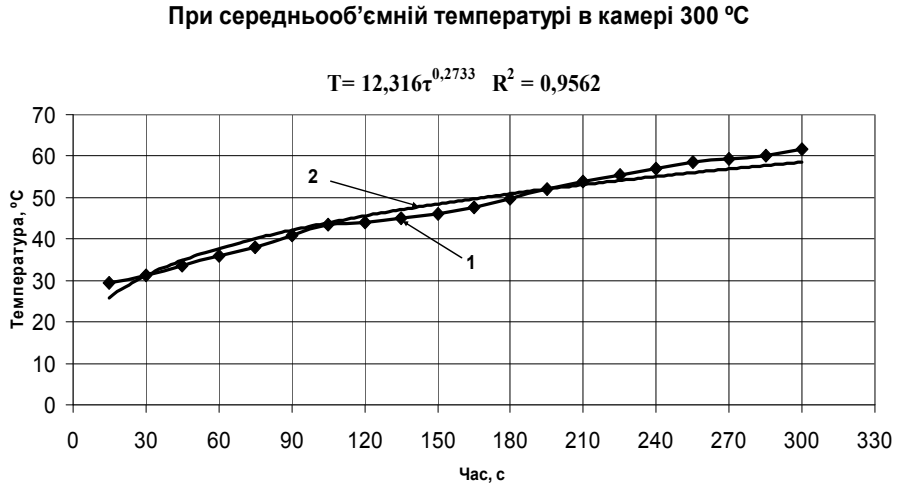


Рисунок 6 — Залежність зміни температури підкостюмного простору в області грудей (під ТЗОП) від температури навколишнього середовища:
1 – експериментальна; 2 – степенева

При середньооб'ємній температурі в камері 300 ºС на 30, 165, 300 с:

$$T_{21} = 12{,}315 \cdot 30^{0{,}2733} = 31{,}2\,, \tag{10}$$

$$T_{22} = 12{,}315 \cdot 165^{0{,}2733} = 49{,}7\,, \tag{11}$$

$$T_{23} = 12{,}315 \cdot 300^{0{,}2733} = 58{,}5\,. \tag{12}$$

Відносна похибка:

$$\Delta_{21} = \frac{31{,}3 - 31{,}2}{31{,}3} \cdot 100\% = 0{,}3\%, \tag{13}$$

$$\Delta_{22} = \frac{47{,}5 - 49{,}7}{47{,}5} \cdot 100\% = 4{,}5\%, \tag{25}$$

$$\Delta_{23} = \frac{61{,}8 - 58{,}5}{61{,}8} \cdot 100\% = 5{,}6\%, \tag{14}$$

Враховуючи отримані результати, середнє значення похибки буде:

$$\Delta_{c2} = \frac{0{,}3 + 4{,}5 + 5{,}6}{3} = 3{,}5\%, \tag{15}$$

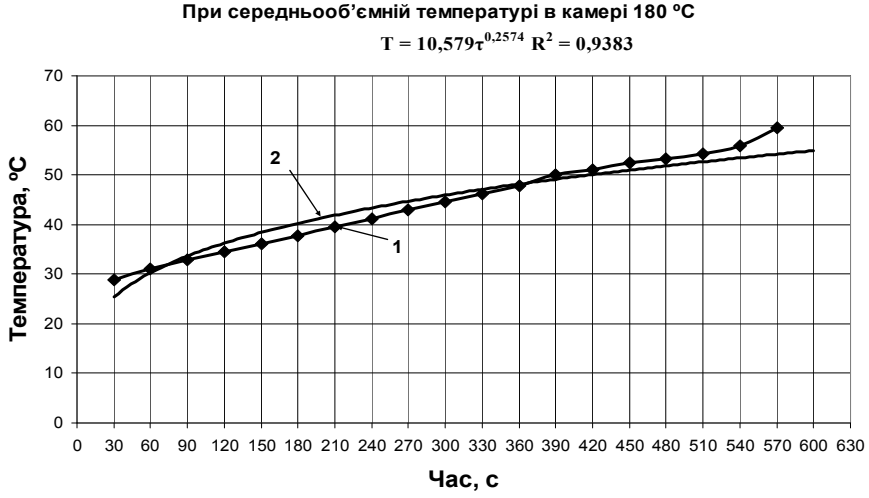


Рисунок 7 — Залежність зміни температури підкостюмного простору в області грудей (під ТЗОП) від температури оточуючого середовища:
1 – експериментальна; 2 – степенева;

При середньооб'ємній температурі в камері 180 ºС на 30, 300, 570 с, матимемо такі значення температури:

$$T_{31} = 10{,}579 \cdot 30^{0{,}2574} = 25{,}4 \quad (16)$$

$$T_{32} = 10{,}579 \cdot 300^{0{,}2574} = 45{,}9 \quad (17)$$

$$T_{33} = 10{,}579 \cdot 570^{0{,}2574} = 54{,}2 \quad (18)$$

Відносна похибка:

$$\Delta_{31} = \frac{28{,}8 - 25{,}4}{28{,}8} \cdot 100\% = 9{,}8\% \quad (19)$$

$$\Delta_{32} = \frac{44{,}5 - 45{,}9}{44{,}5} \cdot 100\% = 3{,}2\% \quad (20)$$

$$\Delta_{33} = \frac{59{,}5 - 54{,}2}{59{,}5} \cdot 100\% = 8{,}9\% \quad (21)$$

Враховуючи отримані результати, середнє значення похибки буде:

$$\Delta_{c3} = \frac{9{,}8 + 3{,}2 + 8{,}9}{3} = 7{,}3\% \quad (22)$$

Враховуючи той факт, що середнє значення похибки не перевищує 10% можемо стверджувати що рівень проведення експерименту є високий, а результати можуть бути використані для наступних досліджень.

Висновки**:**

Результати стендових експериментальних досліджень в Mobile Fire Trainer ML2000 із застосуванням манекена захищеного теплозахисним одягом USP 2-2 показали, що найбільш ефективно розміщувати прилад контролю захищеності пожежників в підкостюмному просторі в районі грудей, оскільки температура в цьому місці є в середньому на 9% вищою від температури в інших місцях (температура під каскою не враховувалась).

В результаті проведених експериментальних досліджень (рис. 2,3,4) з визначення залежностей температурних режимів підкостюмного простору при дії температури 180ºС встановлено, що безпечний час експлуатації теплозахисного одягу пожежника USP 2-2 становить 345 с, при дії 300ºС – 185 с, а при дії 425 ºС – 105 с.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ł. Januszkiewicz "Zmodyfikowana antena tekstylna pracująca w paśmie 2.5 GHz", Krajowa Konferencja Radiokomunikacji, Radiofonii i Telewizji KKRRiT 2009, Warszawa, 17 - 19 czerwca 2009.
2. Certyfikat oceny typu WE nr WE/S/1173/2008.
3. EN 469:2005. Protective clothing for firefighters. Performance requirements for protective clothing for firefighting. – 52 pp. – ISBN 0-580-47908-0.
4. ДСТУ 4366:2004 (ISO 11613:1999. NEQ; EN 469:1995. NEQ). Одяг пожежника захисний. Загальні технічні вимоги та методи випробовування; Чинний 01.07.05. – К.: Вид-во держспоживстандарт, 2004. – 34 с.
5. Перепечко І.І. Акустичні методи досліду полімерів. – М.: Хімія, 1973, 253 с.
6. EN 443:2008. Helmets for fire fighting in buildings and other structures. – 38 pp.– ISBN 0-580-72001-0.
7. Кассандрова О.Н. , Лебедєв В.В. Обробка результатів спостережень. – М.: Наука, 1970, 103 с.
8. http://www.kiddeft.com.
9. http://www.egeria-group.com/lang/pl/page/trena/view/ml_2000/.

❖ ❖ ❖

УДК 532.57

С.А. Виноградов, канд. техн. наук, М.О. Консуров, В.В. Калабанов

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ВИСОКОШВІДКИСНИХ ВОДЯНИХ СТРУМЕНІВ

Розроблено систему вимірювання швидкості високошвидкісного водяного струменя, який генерується пристроєм гідроімпульсного руйнування. Наведено особливості її конструкції та роботи та її переваги перед аналогами.

Ключові слова: високошвидкісний струмінь, система вимірювання швидкості, модуль вимірювання швидкості.

S. Vinogradov, Cand. of Sc. (Eng.), M. Konsurov, V. Kalabanov

DEVELOPMENT OF MEASURING SYSTEM FOR HIGHSPEED WATER JET

A system for measuring the speed of high-speed water jet generated by Hydro-destruction device. The peculiarities of its design and operation, and its advantages over conventional techniques.

Keywords: .high speed jet, speed measuring system

Перспективним напрямком розвитку аварійно - рятувального інструменту для руйнування елементів будівельних конструкцій є застосування гідроструминних технологій, в тому числі гідроімпульсних [1]. Для імпульсних пристроїв гідроруйнування характерні велика питома потужність, висока продуктивність і висока мобільність інструменту. Крім того, застосування гідроімпульсної технології руйнування дозволяє уникнути утворення іскор при взаємодії струменя з робочою поверхнею, чого дуже складно уникнути при використанні робочих органів сучасних інструментів руйнування. Аналіз теоретичних результатів показує, що для пробиття бетонних стін товщиною до 0,5 м зарядом рідини масою 100-150 г необхідно забезпечувати швидкості струменя в місці контакту з перешкодою близько 1000 м/с.

Для виміру таких швидкостей застосовуються динамічні, фізичні та кінематичні методи. При вимірі кінематичними методами в середовищі потоку будь-яким чином відзначається певний, зазвичай малий обсяг, і рух цього обсягу простежуються за допомогою відповідних приладів. Динамічні методи вимірювання швидкості потоків рідини або газу засновані на різних ефектах динамічного впливу досліджуваної рідини і вимірювального зонда (або поля). Фізичні методи вимірювання швидкості рідини засновані на різних фізичних процесах, параметри яких стійко пов'язані зі швидкістю. Ці процеси по різному залежать від параметрів середовища: деякі тільки від швидкості потоку, інші - від декількох параметрів, наприклад, температури, тиску, складу і т.д.

На сьогоднішній день обмежене вироблення таких систем виміру, тому впровадження **с**истеми вимірювання швидкості високошвідкисних водяних струменів (далі - СИЗ) є актуальним.

Всі існуючі методи вимірювання швидкості потоків рідини можна розділити на три основних: кінематичні, динамічні і фізичні [2]. Авторами патенту [3] розроблений лазерний пристрій вимірювання швидкості голови імпульсного струменя води, але він має недоліки, які обмежують його застосування.

Для вимірювання високошвидкісних процесів рекомендується використовувати кінематичні методи. Основними перевагами кінематичних методів вимірювання швидкості є їх абсолютність (швидкість знаходять як шлях, прохідний частинками середовища за

одиницю часу) і відсутність необхідності введення в досліджувану середу якихось сторонніх зондів [2]. Метою даної роботи є розробка СИЗ, яка реалізовує кінематичний метод вимірювання швидкості.

СИЗ складається з кількох модулів вимірювання швидкості, кожен з яких містить два блоки, з яких один блок - передавач, який складається з двох напівпровідникових лазерів з довжиною хвилі 700 нм, розташованих на відстані 100 мм один від одного, струмообмежуючих резисторів, джерела живлення, другий блок – приймач, що містить два фототранзистори, кварцевий резонатор, навантажувальні резистори фототранзисторів, мікроконтролер, блок світлодіодних індикаторів, клавіші управління, контролер, який з'єднаний з персональним комп'ютером, що обробляє отриману інформацію і представляє її у табличному або графічному вигляді експерименту

На рис. 1 надана схема роботи модулю вимірювання швидкості. Блок-приймач 2 розташовується навпроти блоку-передавача 1 таким чином, щоб промені лазерів 4 потрапляли на вхідні отвори фото транзисторів. При проходженні водяного струменя 4 перпендикулярно променям лазерів фотоприймачі по черзі припиняють приймати світло лазерів, що ініціює і зупиняє обчислення швидкості (рис. 1).

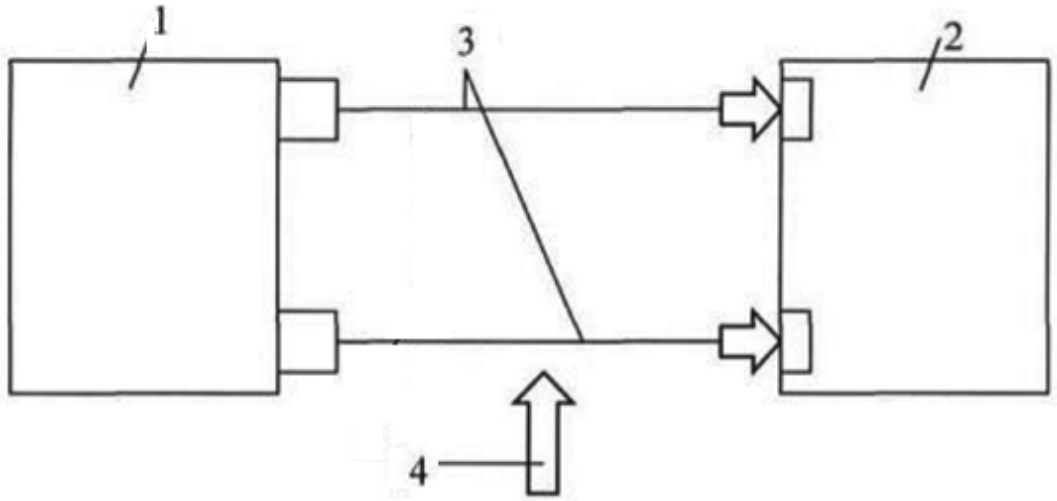


Рисунок 1 — Схема роботи модулю вимірювання швидкості

Блок-приймач побудований на основі мікроконтролера і дозволяє вимірювати швидкість в діапазоні від 20 м/с до 9999 м/с, відображати вимірюване число на екрані, відразу ж записувати результати вимірювання в незалежну пам'ять, відображати після натискання кнопок результати з пам'яті на екран, свідчити про помилку фотоприймачів у разі, якщо один з променів не потрапляє на фотоприймач.

Проведений аналіз багатоканальної безконтактної лазерної системи вимірювання швидкості голови імпульсного струменю рідини [2] та інших аналогічних систем визначив необхідність підвищення основних параметрів вимірювання та працездатності системи:

- відома система складається з 5 пристроїв, а запропонований має можливість нарощування кількості вимірювальних блоків до 250, при цьому кількість збережених результатів в незалежній пам'яті зворотно пропорційна кількості вимірювальних блоків;
- відстань між лазерами збільшено до 100 мм, що дозволяю підвищити точність виміру, знижує вплив неточності установки фото транзисторів і лазерів;
- у системі вимірювання швидкості високошвидкісних водяних струменів можлива автономна робота без ПК з подальшим перенесенням даних.

Також у пропонованій системі вимірювання швидкості підвищені наступні показники:

- можливе введення корекції;
- встановлений підвищуючий перетворювач напруги, який дозволяє використовувати джерела живлення від 2В до 5В;

- можливість оновлення програмного забезпечення через USB;
- знижено вплив програмної помилки: при попаданні обох променів на фототранзистори контролер переходить в режим сну, при перетині вхідного променя формується переривання, яке виводить контролер з режиму сну, запускає лічильник і не виходячи з переривання знову переходить в режим сну, після перетину вихідного променя - формується переривання більш високого пріоритету, яке пробуджує контролер і зупиняє лічильник, після чого встановлюються флагові біти витків обох переривань і вихід по черзі з обробників переривання. Флагові біти використовуються для контролю помилки і виведення інформації про помилку;
- знижено вплив взаємної індуктивності і взаємної ємності лінії від фототранзистора до мікроконтролера;
- встановлене звукове дублювання сигналів установки.

Блок приймача являє собою вологозахищений пластиковий корпус, який зображений на рис. 2.

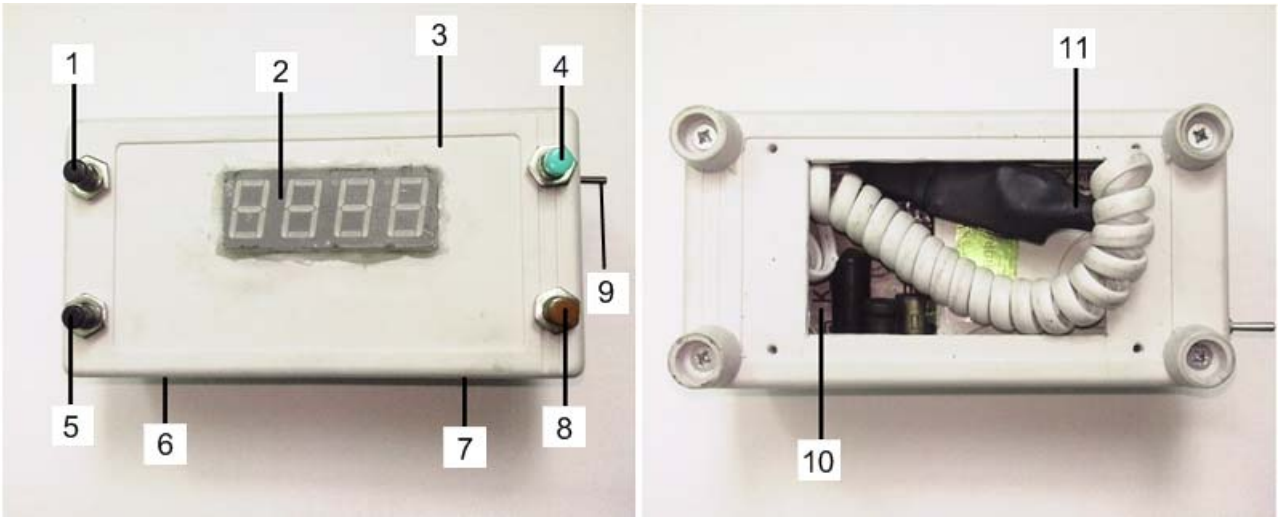


Рисунок 2 — Зовнішній вигляд блоку приймача: 1 - кнопка «-», 2 - світлодіодний чотирьохрозрядний семисегментний індикатор, 3 – корпус, 4 - кнопка «Вибір», 5 - кнопка «+», 6 - вихідний приймач, 7 - вхідний приймач, 8 - кнопка «Скидання», 9 – тумблер живлення, 10 – задня кришка, 11 - USB порт

Висновок. Таким чином, для вимірювання швидкості високошвидкісних струменів розроблена СИЗ, заснована на використанні кінематичного методу вимірювання швидкості, яка здатна вимірювати швидкості об'єктів здатних розсіювати або поглинати випромінювання в діапазоні 650 – 1000 нм, в основні функції якої входить:

- вимірювання швидкості перекриваючих або розсіюючих інфрачервоне випромінювання предметів у межах від 24 до 15435 м/с - верхня межа штучно обмежена (теоретично можлива для мікроконтролера – 147000 м/с, в даній прошивці змінна обмежена до 65 535 м/с, на екран можливий вивід до 9999 м/с);
- запис і зберігання результатів 250 останніх вимірювань в незалежній пам'яті, гарантія збереження даних до 100 років і 100000 циклів перезапису;
- введення корекції на вимірювання ± 15 %;
- виведення останніх 250 значень в ПК у вигляді списку або на світлодіодний індикатор;
- робота з приладом в режимі діалогу за допомогою ПК;
- простота управління;
- можливість зміни керуючої програми і прошивки через USB інтерфейс;
- автономна робота приладу до 24 годин;
- зарядка приладу через USB.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Виноградов С.А. Высокоскоростные струи жидкости как механизм разрушения элементов строительных конструкций при проведении аварийно-спасательных работ / Виноградов С.А., Консуров Н.О., Грицына И.Н. // Science education a new dimension. Natural and technical science. – Budapesht, 2013. – V.8. – 103-107.
2. Трохан А.М. Гидроаэрофизические имерения / Трохан А.М. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 335 с.
3. Пат. 87030 Україна, МПК6 G02B 27/48. Безконтактний лазерний пристрій вимірювання швидкості голови імпульсного струменю рідини. / Макаров Д.Г., Джантиміров А.Г., Семко О.М., Український Ю.Д., Безкровна М.В.; заявник та патентовласник Донецький національний університет - №u2013044079; заявл. 09.10.1992 ; опубл. 28.02.94.

❖ ❖ ❖

УДК 614.842

Д.П. Войтович, канд. техн. наук

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ПІДГОТОВКИ КЕРІВНОГО СКЛАДУ ПІДРОЗДІЛІВ ОПЕРАТИВНО-РЯТУВАЛЬНОЇ СЛУЖБИ

Наведено кількість залучень підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту щодо дій за призначенням. Проаналізовано систему підготовки керівного складу даних підрозділів та визначено місце в даній системі аналізу їх оперативних дій за напрямком реагування. Запропонований покращений підхід до проведення аналізу дій в частині напрацювання певних управлінських рішень. Визначено необхідність в розробці методики щодо проведення аналізу дій під час залучень на ДТП, пошуково-рятувальні роботи в гірській місцевості, на водних об'єктах тощо.

Ключові слова: оперативно-рятувальна служба, керівний склад, управління, аналіз дій, професійна підготовка, службова підготовка, портативна камера, інформаційна база.

D. Voytovych, Cand. of Sc. (Eng.)

WAYS OF IMPROVE THE PREPARATION OF MANAGEMENT STAFF UNITS

The number of involved units and search operations of civil protection action for the purpose are showed. The system of training managers of units and the place in the system analysis of operational actions in the direction of response are analyzed. An improved approach to the analysis of developments in the operations of certain administrative decisions are proposed. The necessity to develop methods conduct analysis of operations during the borrowings on an accident, search and rescue in mountainous areas, water bodies, etc.

Keywords: operational and rescue service, management, administration, operations analysis, professional training, service training, portable camera, information base.

У відповідності до [1] сили оперативно-рятувальної служби цивільного захисту забезпечують гасіння пожеж, рятування людей, надання допомоги у ліквідації наслідків аварій, катастроф, стихійного лиха та інших видів небезпечних подій, що становлять загрозу життю або здоров'ю населення чи призводять до завдання матеріальних збитків. Враховуючи наведену статистику за попередні роки [2] даними підрозділами здійснено виїздів на наступні події:

- на пожежі – 71 276 виїздів із яких за участю пожежно-рятувальних підрозділів ліквідовано 66 396 пожеж, врятовано 2 866 осіб;
- на надзвичайні ситуації – 8 376 разів;
- на дорожньо-транспортні події – у 2 800 залученнях проведено роботу силами підрозділів по деблокуванню 1800 осіб;
- на роботи пошуково-рятувального характеру – у 830 залученнях врятовано або надана допомога 1 100 особам.

Окрім того, підрозділами оперативно-рятувальної служби здійснювались інші заходи (розчищення снігових заметів, евакуація із кюветів та заметів автотранспорту, надання допомоги у пунктах обігріву, виявлення та вилучення у населення металевої ртуті, прибирання повалених дерев, відкачка води тощо) щодо дій за призначенням, в тому числі надання допомоги населенню в 3 900 несприятливих побутових та нестандартних ситуаціях.

Кожна подія на яку залучаються підрозділи оперативно-рятувальної служби та на якій існує загроза життю і здоров'ю людей вимагає оперативності прийняття управлінських

рішень. Уся відповідальність за правильність та своєчасність прийняття такого рішення покладається на керівника робіт з ліквідації надзвичайної ситуації, керівника гасіння пожежі у відповідності до чинного законодавства [3, 4]. Керівник несе персональну відповідальність за управління аварійно-рятувальними та іншими невідкладними роботами з ліквідації наслідків надзвичайної ситуації [3], за організацію робіт з рятування людей, гасіння пожежі [4].

Прийняті керівником управлінські рішення з ліквідації надзвичайної ситуації, в т.ч. пожежі, в сучасних умовах залежать від ряду факторів: різного роду умов в зоні надзвичайної ситуації, параметрів її розвитку і складності оперативної обстановки, тактичних можливостей залучених сил і засобів, характеру поставлених завдань, професійної підготовленості особового складу і т.д.

Розвиток надзвичайної ситуації може носити випадковий характер, що, в свою чергу, призводить до непередбачуваного причинно-наслідкового результату. Найчастіше в подібних випадках присутній елемент психологічної непідготовленості керівника в умовах нової, невизначеної ситуації, в умовах дефіциту часу, коли необхідно швидко прийняти оптимальне, а часом – нестандартне рішення. Окрім того, керівник піддається психологічному тиску через можливі наслідки за результатами невірно прийнятого в екстремальних умовах рішення, що збільшує ймовірність помилки.

В умовах невизначеності вирішальне значення поряд з професійною підготовкою керівника відіграє його досвід участі в ліквідації подібного роду надзвичайних ситуацій. У такій ситуації керівник приймає рішення, враховуючи заздалегідь відомий йому позитивний результат замість того, щоб оцінювати весь комплекс рішень з можливим позитивним результатом.

Зважаючи на вищезазначене існує необхідність в пошуку шляхів покращення процесу підготовки керівного складу підрозділів оперативно-рятувальної служби.

Питаннями професійної підготовки особового складу оперативно-рятувальної служби цивільного захисту у своїх працях займались О. В. Бикова, В. П. Бут, М. С. Коваль, М. М. Козяр, О. М. Парубок, Ю. Н. Приходько, Т. В. Ткаченко, А. В. Шленков та інші. Частина з авторів розглядає педагогічні аспекти професійної підготовки особового складу. Так, в роботі [5] автором запропонована методика формування готовності особового складу до професійної діяльності, де виділяються чотири основні вектори: підготовка керівників за напрямком реагування, підготовка керівників на напрямком профілактичного блоку, підготовка науково-педагогічних працівників та представників спортивно-прикладної майстерності. Окрім цього, автором виділяється особлива увага соціально культурному напряму виховання особового складу.

В роботі [6] підвищення рівня професійної підготовки особового складу базується на застосуванні ділової гри, ефективність якої залежить від забезпечення у навчальному процесі наступних дидактичних умов: зорієнтованість на моделювання майбутньої професійної діяльності; проблемність змісту і процесу його розгортання в навчальній діяльності; оптимальне співвідношення ігрового та дидактичного планів ділової гри; партнерська взаємодія учасників ділових ігор на основі діалогічного спілкування.

Процес формування професійної компетентності особового складу із застосуванням інформаційно-комунікаційних технологій розкритий у роботі [7]. Найбільший інтерес в даному підході викликає використання у навчальному процесі інформаційно-комунікаційних технологій під час вивчення професійно-орієнтованих дисциплін, впровадження віртуальних лабораторій, навчально-тренувальних комплексів.

В інших роботах авторами розглядаються психологічні аспекти професійної підготовки особового складу оперативно-рятувальної служби цивільного захисту.

Незважаючи на значну кількість робіт даного спрямування та спираючись на існуючий рівень практичної діяльності керівного складу підрозділів оперативно-рятувальної служби за напрямком реагування необхідно здійснювати роботу в пошуку шляхів покращення процесу їх підготовки.

Метою роботи є виявлення шляхів підвищення рівня підготовки керівного складу підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту на основі покращеного підходу до проведення аналізу дій за призначенням.

Підготовка майбутнього керівного складу підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту здійснюється у системі професійної підготовки та післядипломної освіти осіб рядового і начальницького складу органів і підрозділів цивільного захисту [8]. В системі професійної підготовки – це підготовка фахівців з вищою освітою за освітньо-кваліфікаційними рівнями „бакалавр", „спеціаліст", „магістр", що здійснюється на базі навчальних закладів Державної служби України з надзвичайних ситуацій (далі – ДСНС України): Національного університету цивільного захисту України, Львівського державного університету безпеки життєдіяльності та Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України.

Система післядипломної освіти, в аспекті, що розглядається, включає: підвищення кваліфікації, спеціалізацію та стажування. Слід також зазначити, що підвищення кваліфікації здійснюється з відривом та без відриву від роботи. В останньому варіанті підвищення кваліфікації – службова та самостійна підготовка осіб рядового і начальницького складу органів і підрозділів цивільного захисту.

Процес підготовки керівного складу підрозділів оперативно-рятувальної служби тісно пов'язують із системою управління. Незважаючи на різноманітність існуючих методів в сучасній практиці управління, аналіз дій органів управління і підрозділів оперативно-рятувальної служби за напрямком реагування знайшов своє практичне застосування у сфері цивільного захисту. Так, у відповідності до вимог [3], органи виконавчої влади, суб'єкти господарювання зобов'язані вести облік надзвичайних ситуацій, зокрема пожеж, які виникають на їх територіях та об'єктах, подавати у встановленому порядку відповідну статистичну звітність, аналізувати причини виникнення надзвичайних ситуацій та пожеж і вживати заходів до їх недопущення.

За даним напрямком діяльності аналіз дій проводиться за наслідками ліквідації надзвичайних ситуацій та пожеж. Розглянемо більш детально вимоги для кожного виду події.

Проведення аналізу надзвичайних ситуацій є однією із умов підвищення якості виконання організаційних і практичних заходів щодо ліквідації надзвичайних ситуацій, підвищення рівня підготовки керівного складу, узагальнення та розповсюдження досвіду дій органів управління, сил і засобів при ліквідації надзвичайних ситуацій природного та техногенного походження. Його виконують для надзвичайних ситуацій, що класифікуються за рівнем, як надзвичайні ситуації „державного" та „регіонального" рівнів, найбільш підготовленими фахівцями ДСНС України із можливим залученням фахівців центральних та місцевих органів виконавчої влади, підприємств, установ незалежно від форми власності, наукових установ тощо. Проводиться в 20-ти денний термін після її ліквідації та затверджується начальником Головного управління (управління) ДСНС України в АР Крим, областях, мм. Києві та Севастополі. Один з примірників та копія електронної версії подаються до ДСНС України.

Вимоги до проведення аналізу надзвичайних ситуацій відображені у методичних рекомендаціях щодо аналізу дій органів управління та сил під час ліквідації надзвичайних ситуацій природного та техногенного походження [9].

Аналіз оперативних дій пожежно-рятувальних підрозділів являється однією із складових вивчення пожеж та є необхідною умовою підвищення якості організації пожежогасіння, удосконалення рівня оперативно-тактичної підготовки особового складу підрозділів та покращення якості їх підготовки. Окрім того, аналізу дій передують дослідження та розгляд пожежі [10]. Дослідженню підлягають усі пожежі, на ліквідацію яких залучались пожежно-рятувальні підрозділи. Перелік осіб, що здійснюють дослідження залежить від завданого пожежею збитку, куди можуть входити окрім представників з блоку реагування, фахівці Українського науково-дослідного інституту цивільного захисту, інших

наукових та навчальних закладів, співробітники випробовувальних лабораторій, інженерно-технічний персонал об'єкту. Для пожеж, які становлять інтерес з точки зору вивчення особливостей їх виникнення, розвитку та гасіння із завданим збитком не менше 1,0 тис. мінімальних заробітних плат складається опис у 20-денний термін з дня її ліквідації або за окремим розпорядженням керівництва ДСНС України.

За результатами дослідження пожеж, по яких не складаються описи та для їх ліквідації залучалось два і більше підрозділів, у термін, що не перевищує 10 діб формується картка оперативних дій, проводиться їх розбір і аналіз з особовим складом чергових караулів з відповідною відміткою у навчальних журналах в системі службової підготовки.

Кінцевим етапом дослідження пожежі вважається її розгляд. Він проводиться з керівним складом в масштабі гарнізону не менше одного разу на пів року, а описи складних пожеж, які досліджувались за окремим розпорядженням керівництва ДСНС України та становлять практичний інтерес – протягом 15 днів після закінчення дослідження. Розгляд описів пожеж, які мали місце у країні, а також за інформаційними листами і оглядами ДСНС України з оперативно-координаційними центрами, працівниками управлінь (відділів) за напрямком реагування проводиться щоквартально.

Аналіз оперативних дій пожежно-рятувальних підрозділів на пожежі складається не рідше одного разу на півріччя у кожному із гарнізонів та одного разу на рік у ДСНС України. Аналіз повинен містити описи основних помилок, які допускаються під час керівництва силами та засобами, використання вогнегасних речовин, спеціальної техніки, використання ланок ГДЗС, приклади вдало та невдало ліквідованих пожеж. У висновках повинні пропонуватись конкретні заходи, спрямовані на удосконалення пожежогасіння, боєздатності підрозділів, вирішення питань безпеки праці.

Вимоги до складання вищеперерахованих документів (опис пожежі, картка оперативних дій, аналіз тощо) наведені в [10].

Окрім того, необхідно зазначити, що на сьогоднішній день в керівних документах відсутні вимоги щодо необхідності проведення аналізу дій підрозділів, які залучаються на дорожньо-транспортні пригоди, пошуково-рятувальні роботи у гірській місцевості, на водних об'єктах незважаючи на достатньо велику кількість залучень оперативно-рятувальної служби на такі події [2].

Підготовка майбутнього керівного складу передбачає здобуття вищої освіти на першому етапі за освітньо-кваліфікаційним рівнем „бакалавр". Основу знань, які можна в подальшому використовувати в практичній діяльності за напрямком реагування отримують в процесі вивчення професійно-орієнтованих дисциплін: „підготовка пожежного-рятівника", „підготовка газодимозахисника", „пожежна тактика", „організація аварійно-рятувальних робіт" тощо. Програми для даних навчальних дисциплін, що відповідають освітньо-професійній програмі, не містять питань пов'язаних із аналізом дій підрозділів за напрямком реагування, порядком їх проведення, оформленням відповідної документації та звітування. Цей напрямок діяльності являється актуальним, оскільки аналіз дій органів управління і підрозділів не повинен обмежуватись лише самою перевіркою, а використовувати отримані результати в якості початкових даних для покращення стану роботи системи. Окрім того, у відповідності до встановлених вимог аналізи дій проводять в повсякденній практичній діяльності. Так, наприклад в 2011 році кількість виконаних аналізів дій органів управління і підрозділів за напрямком реагування на надзвичайні ситуації повинна відповідати значенню в 7 примірників, в 2012 році – 14 [2]; в 2013 році – 12. Останній аналіз дій пожежно-рятувальних підрозділів за напрямком гасіння пожеж, що був розісланий ДСНС України на електронні пошти начальникам головних управлінь (управлінь) ДСНС України в АР Крим, областях, мм. Києві та Севастополі, ректорам вищих навчальних закладів цивільного захисту стосується пожежі, яка виникла в орендованій ТОВ „Харківська ювелірна фабрика" будівлі заводу ПАТ „Хартрон". Внаслідок пожежі загинуло 8 осіб, із них 2 особи при спробі самоврятуватися зірвалися з підвіконня четвертого поверху. Це стало причиною щодо ініціювання питання необхідності комплектування основних пожежних автомобілів засобами

рятування, що дозволяють проводити рятувальні роботи на висоті вище 10,7 метра за відсутності на відповідний момент часу спеціальної пожежної техніки.

Аналізи оперативних дій пожежно-рятувальних підрозділів повинні широко застосовуватись в навчальному процесі під час вивчення професійно-орієнтованих дисциплін. Проте, слід констатувати, що та кількість аналізів, яка надходить до навчальних закладів, становить близько 20-30 % від тієї кількості подій на які вони повинні складатись.

Цікавим, з точки зору тактики пожежогасіння, являється звітування за формою ПЖГ/1 у відповідності до [11], де в підпункті 6.3. наводяться типові помилки КГП. Дана узагальнена форма звітності за усі структурні підрозділи ДСНС України за останні декілька років не надається на адресу гарнізонів, в тому числі і навчальних закладів.

Безпосередньо в процесі практичної діяльності забезпечення відповідного рівня знань керівного складу покладається на організацію навчання особового складу в системі службової та самостійної підготовки. Службова підготовка проводиться у відповідності до виділеного часу в календарному плані в розрізі тематичного плану проведення занять. В [12] визначено можливість самостійного перерозподілу до 20 % часу за всіма видами рекомендованої тематики занять. Це надає можливість внести в рекомендований тематичний перелік питання, пов’язані із аналізом дій за призначенням.

Розглянемо можливість зміни підходу до проведення аналізу дій за призначенням з адаптацією до навчального процесу у вивченні професійно-орієнтованих дисциплін за напрямком реагування. Ідея полягає у наступному: практичні заняття, на яких закріплюються здобуті теоретичні знання в особового складу, розділити на два етапи. Тоді загальний курс підготовки можна представити у наступному вигляді [13]: сучасний процес підготовки – теоретичний курс; практичний курс; процес підготовки, що пропонується – теоретичний курс; підготовка до практичного курсу із застосуванням інформаційно-комунікаційних технологій (в перспективі переорієнтація у віртуальний курс із застосуванням сучасних лабораторних комплексів), практичний курс. Такий процес підготовки передбачає накопичення певної інформаційної бази у вигляді фото та відео документування. На основі даної інформаційної бази особовий склад на проміжному етапі між теоретичним і практичним курсами повинен відпрацьовувати правильність дій щодо проведення розвідки, оцінки обстановки та на їх основі формувати можливі управлінські рішення, що можуть у кінцевому результаті надати прийнятий результат. На даному етапі достатньо важливим являється формування алгоритмів дій та накопичення відповідного досвіду управління при розгляді різних ситуацій. Наприклад в [13] наведений розроблений лабораторний комплексу підготовки керівника гасіння пожежі представниками командно-інженерного інституту МНС Республіки Білорусь, на якому надається можливість моделювати обстановку при пожежі за типовими сценаріями для відповідних об’єктів: резервуарного парку та деревообробного підприємства. Незважаючи на наявність такого лабораторного комплексу в процесі підготовки цього навчального закладу не в повній мірі реалізується практичний курс. В міру суб’єктивних причин практичні заняття з дисципліни „тактика проведення аварійно-рятувальних робіт” на діючих об’єктах проводяться без застосування пожежно-рятувальної техніки (екскурсійно). Крім того, слід зауважити, що надзвичайні ситуації (пожежі) носять достатньо випадковий характер, тому частина із них може не піддаватись загальним принципам розвитку.

Враховуючи випадковість кожної із подій та з метою проведення роботи щодо створення відповідної інформаційної бази для проведення підготовки до практичних занять пропонується використати портативну камеру для екстремальної зйомки. Вона дозволяє проводити фільмо- та фото документування подій від першої особи, на які залучаються працівники оперативно-рятувальної служби та де прийняття певних управлінських рішень обмежене у часі та піддається впливу психологічного фактору. Як приклад може бути використана камера типу GoPro HD HERO 3+ Black Edition. Разом у комплекті із камерою іде кріплення, що дозволяє її закріпити на пожежній касці. Загальний вигляд камери відображений на рис. 1. Можливо використати і більш бюджетний варіант.

Загальний вигляд камери GoPro HD HERO 3+ Black Edition
з кріпленням та дистанційним пультом управління

Накопичення інформаційного матеріалу пропонується проводити на базі гарнізонів ДСНС України: працівниками оперативно-координаційних центрів, пожежно-рятувальних частин та спеціальних регіональних центрів швидкого реагування.

Такий підхід може бути використаний для напрацювання рішень щодо:

- введення сил і засобів на вирішальному напрямку оперативних дій (опрацювання принципів його визначення) [4];
- необхідності залучення додаткових сил і засобів за підвищеним номером (рангом) виклику на момент прибуття до місця події, в процесі проведення оперативних дій на інші моменти часу [14];
- визначення порядку проведення рятувальних робіт (в умовах однаково-небезпечної ситуації для осіб, що потребують допомоги) [4];
- вибору необхідного пожежно-технічного та аварійно-рятувального оснащення для проведення оперативних дій [15] тощо.

Висновки.

1. Необхідно розглянути можливість внесення в навчальні програми професійно-орієнтованих дисциплін („пожежна тактика”, „організація аварійно-рятувальних робіт”) тематики, що пов’язана із вивченням питань аналізу дій підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту за призначенням.

2. Вважається за доцільне розробити методику проведення аналізу дій підрозділів, що залучаються до виконання рятувальних робіт при дорожньо-транспортних пригодах, пошуково-рятувальних роботах в гірській місцевості, на водних об’єктах тощо та проводити їх розбір в системі професійної підготовки та післядипломної освіти.

3. Також актуальним є питання створення інформаційної бази, що повинна широко використовуватись в навчальному процесі під час вивчення професійно-орієнтованих дисциплін та в системі службової підготовки особового складу ДСНС України.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Указ Президента України від 16.01.2013 № 20/2013 „Про Деякі питання Державної служби України з надзвичайних ситуацій” : [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.president.gov.ua/documents/15318.html.
2. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2012 році : [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.mns.gov.ua/content/nasdopovid2012.html.
3. Кодекс цивільного захисту України від 02.10.2012 № 5403-VI [Текст] // Офіційний вісник України. – 2012. – № 89. – Ст. 3589.

4. Статут дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту / затверджений наказом МНС України від 13.03.2012 № 575. – К., 2012. – 152 с.

5. Бикова О. В. Формування готовності до професійної діяльності майбутніх офіцерів пожежної охорони : автореф. дис. на здобуття наукового ступеня канд. пед. наук : спец. 13.00.04 „Теорія і методика професійної освіти” / О. В. Бикова. – К., 2001. – 21 с.

6. Парубок О. М. Дидактичні умови застосування ділових ігор у професійній підготовці фахівців пожежної безпеки : автореф. дис. на здобуття наукового ступеня канд. пед. наук : спец. 13.00.04 „Теорія і методика професійної освіти” / О. М. Парубок. – Хмельницький, 2003. – 18 с.

7. Ткаченко Т. В. Формування професійної компетентності майбутніх фахівців безпеки життєдіяльності засобами інформаційно-комунікаційних технологій : автореф. дис. на здобуття наукового ступеня канд. пед. наук : спец. 13.00.04 „Теорія і методика професійної освіти” / Т. В. Ткаченко. – Вінниця, 2009. – 20 с.

8. Настанова з організації професійної підготовки та післядипломної освіти осіб рядового і начальницького складу органів і підрозділів цивільного захисту / затверджена наказом МНС України від 01.07.2009 № 444. – К., 2009. – 19 с.

9. Організація роботи управління (відділів) планування та моніторингу територіальних Головних управлінь МНС України / затверджена наказом МНС України від 13.01.2004 № 03-281/231. – К., 2004. – 31 с.

10. Вказівка з вивчення та аналізу пожеж / затверджена наказом ГУ ДПО МВС України від 25.03.2002 № 12/2/1090. – К., 2002. – 26 с.

11. Табель термінових та строкових донесень з питань цивільного захисту / затверджений наказом МНС України від 12.05.2011 № 485. – К., 2011. – 82 с.

12. Положення про організацію службової підготовки особового складу органів і підрозділів цивільного захисту / затверджено наказом МНС України від 01.09.2009 № 601. – К., 2009. – 41 с.

13. Штайн Б. В. 3D-тренажер як проект підготовки рятувальника-пожежника / Б. В. Штайн, Б. В. Лоїк, В. С. Дубасюк // Вісник ЛДУ БЖД. – 2013. – 7. – С. 147-154.

14. Тимчасовий порядок організації внутрішньої, гарнізонної та караульної служб МНС України / затверджений наказом МНС України від 31.10.2008 № 794. – К., 2008. – 129 с.

15. Норми табельної належності, витрат і термінів експлуатації пожежно-рятувального, технологічного і гаражного обладнання, інструменту, індивідуального озброєння та спорядження, ремонтно-експлуатаційних матеріалів підрозділів ДСНС України / затверджені наказом ДСНС України від 29.05.2013 № 358. – К., 2013. – 93 с.

❖ ❖ ❖

УДК 614.84 (083.74):629.02:620.19(043.2)

В. В. Астанін, д-р техн. наук, проф., О. І. Олефір, к-т техн. наук, доц., Г. О. Щегель, д-р філос., В. В. Шаповал, к-т техн. наук, В. С. Олефір

ПОЛІГОННІ ДОСЛІДЖЕННЯ СПРИЧИНЕНИХ ПОЖЕЖЕЮ І ВИБУХОМ УДАРНИХ ПОШКОДЖЕНЬ

Розроблений унікальний спеціалізований термобалістичний комплекс для дослідження ударної взаємодії уламків конструкцій при їх вибуховому руйнуванні в наслідок пожеж. Розроблена система термобалістичних прискорювачів надає можливість провадити дослідження в лабораторних і реальних полігонних умовах на швидкостях взаємодії до 2000 м/с. Мобільність комплексу для полігонних випробувань підвищена моторизованою системою пересування по пересіченій місцевості.

Ключові слова: пожежна безпека, ударна міцність, термобалістичні прискорювачі, випробування, конструкція.

V. Astanin, Dr. of Sci. (Eng.), Prof., A. Olefir, Cand. of Sci. (Eng.), G. Schegel, Ph. D., V. Shapoval, Cand. of Sci. (Eng.), V. Olefir

FIRING GROUND RESEARCHES OF INITIATED WITH FIRE AND EXPLOSION IMPACT DAMAGES

A unique specialized thermoballistic complex is elaborated for researches of impact interaction of fragments of structures at their explosive destruction during fires. The developed system of thermoballistic accelerators allows conducting researches both in laboratory and real-world field conditions at velocities of interaction of up to 2000 m/s. Mobility of the complex for ground tests is increased with a vehicularized travel system for movement over rugged terrain.

Keywords: fire safety, impact strength, thermoballistic accelerators, testing, design.

Окрім високотемпературного впливу, вагомим чинником пошкодження технічних засобів пожежогасіння та індивідуальних засобів захисту членів пожежних рятувальних команд являється високошвидкісна ударна взаємодія із уламками, що розлітаються при спричинених пожежею вибухах або термічних відколах облицювальних елементів споруд. В той час як дослідження ударної взаємодії матеріалів дають необхідні дані та базис для проектування стійких не лише проти вогню, але і проти удару елементів захисту людей та техніки, остаточний висновок про їх ефективність можливо зробити лише на основі ретельних полігонних досліджень готових виробів і конструкцій, які порівняно із стандартизованими зразками матеріалу характеризуються певними просторовими параметрами і складною формою та конструктивним поєднанням різнорідних елементів, в умовах, максимально наближених до експлуатаційних.

Забезпечити у полігонних умовах взаємодію уламків, розігнаних до певної наперед заданої програмою досліджень швидкості, із досліджуваними технічними засобами захисту шляхом безпосереднього моделювання термічного відколу чи вибуху практично неможливо. З цією метою можливим є застосовувати спеціальні засоби розгону ударників, в якості яких можуть виступати моделі уламків [1]. Таким чином, постала задача розробки адаптованого до умов проведення полігонних тестів пожежної та захисної техніки обладнання для проведення експериментальних випробувань, а саме газодинамічної метальної установки, що застосовується для досліджень високошвидкісного співударяння розігнаного ударника або моделі з перешкодою у вигляді захисної конструкції, руйнування розігнаного ударника,

моделі чи перешкоди, динаміки взаємодії тіл з об'єктами, що рухаються з високими швидкостями, інших швидкоплинних процесів.

В основі функціонування пристроїв для розгону ударника лежать різноманітні фізичні принципи прискорення тіл [2-5]. Недоліком пристроїв, що використовують електромагнітні сили для розгону ударника, є обмеженість номенклатури ударників лише такими, що виготовлені із феромагнітних матеріалів, високий рівень енергоспоживання, часткове руйнування ударника під час розгону із-за утворення електричного розряду між ним та направляючими коліями розгону. Недоліком пристроїв, що використовують для розгону ударника згоряння пороху, є те, що відповідно до особливостей твердого палива процес запалення і горіння складно піддається контролю і може бути нестабільним; швидкість, до якої розганяють ударник, обмежена швидкістю витікання порохових газів, що є відносно низькою у зв'язку з їх високою середньою молекулярною масою.

Іншим підходом до прискорення моделей уламків може бути створення умов для розгону ударника під дією тиску продуктів реакції горіння, утворених в камері згоряння після запалення робочої газової суміші. Відповідний метальний пристрій для розгону ударника і наступного визначення його швидкості має містити камеру згоряння, блок підведення робочих газів до камери згоряння, блок запалення робочої газової суміші, трубу розгону ударника, блок регулятора тиску на ударник, блок визначення швидкості ударника [5]. Блок підведення робочих газів може включати систему балонів чи резервуарів із робочими газами, систему перекривних кранів і манометрів, компресор та ін. Недоліком таких пристроїв є їх стаціонарність і складність перебазування, зокрема, із метою використання в полігонних умовах.

У відповідності до окреслених вище задач, які постають перед розробниками удароміцної пожежостійкої рятувальної техніки та засобів індивідуального захисту постає завдання удосконалення пристрою для забезпечення його мобільності, що значно розширює область його потенційного застосування. Поставлена мета може бути досягнута за рахунок жорсткого сполучення між собою камери згоряння, блоку регулятора тиску на ударник, труби розгону ударника і блоку визначення швидкості ударника і розміщення їх разом із блоком підведення робочих газів до камери згоряння і блоком запалення робочої газової суміші на пересувній платформі. При цьому платформа може бути виконана у вигляді напівпричепа автомобіля-тягача із колісними опорами і блоком зчеплення із автомобілем-тягачем, і у неї мають бути передбачені засоби освітлення та індикації, такі як габаритні індикатори та світлові індикатори повороту і зупинки, а також тримач для автомобільних номерів, прийняті до застосування для напівпричепів легкових автомобілів.

Вказані світлові індикатори платформи запропонованого пристрою під'єднанні до електричної проводки, виконаної із можливістю під'єднання до бортової електричної системи автомобіля-тягача з допомогою електричного роз'ємну. Крім того, запропонований пристрій виконаний із блоком дистанційного керування процесами розгону ударника і контролю параметрів роботи пристрою, обробки інформації і забезпечення зв'язку із ЕОМ, а також із блоком живлення у своєму складі, кріплення яких також передбачено на пересувній платформі. Блок живлення при цьому має вбудованим акумулятор, який дозволяє повнофункціональну автономну роботу пристрою при відсутності зовнішніх джерел живлення.

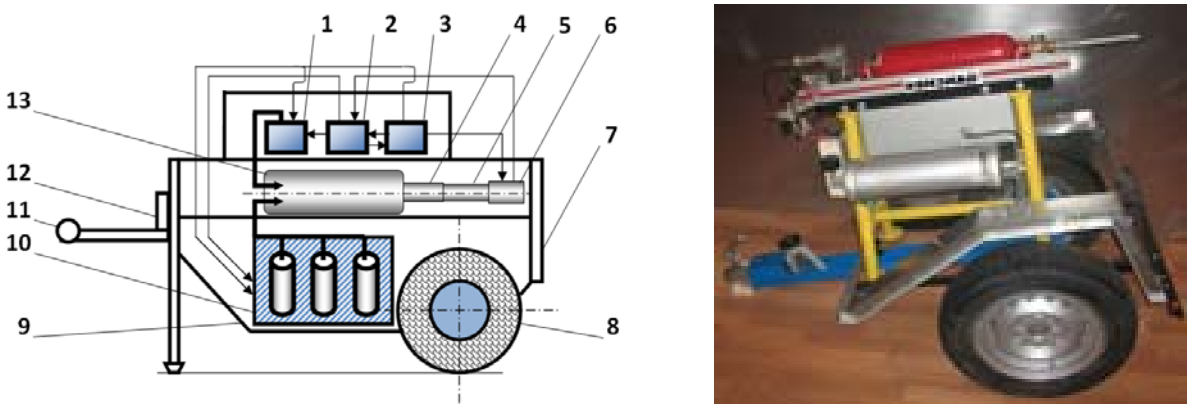
Така конструкція дозволяє розширити функціональні можливості пристрою, забезпечивши його автономне функціонування в польових умовах та спрощене перебазування між різними дослідними майданчиками.

Принципова схема і фотографія пересувного пристрою для розгону ударника із контролем швидкості зображена на рис. 1, *а* і 1, *б* відповідно. Пересувний пристрій для розгону ударника із контролем швидкості містить камеру згоряння 13, блок 10 підведення робочих газів до камери згоряння 13, блок 1 запалення робочої газової суміші, трубу 5 розгону ударника, блок 4 регулятора тиску на ударник, блок 6 визначення швидкості ударника, блок 2 дистанційного керування процесами розгону ударника і контролю

параметрів роботи пристрою, обробки інформації і забезпечення зв'язку із ЕОМ, а також блок 3 живлення із вбудованим акумулятором, розміщені на пересувній платформі 9, виконаній у вигляді напівпричепа.

Платформа має колісні опори 8, блок 11 зчеплення із автомобілем-тягачем, і засоби 7 освітлення та індикації, такі як габаритні індикатори та світлові індикатори повороту і зупинки, так само як і кріплення для автомобільних номерів, прийняті до застосування для напівпричепів легкових автомобілів, а також під'єднанні до електричної проводки, виконаної із можливістю під'єднання до бортової електричної системи автомобіля-тягача з допомогою електричного роз'ємну 12.

При використанні пристрій встановлюють на дослідному майданчику таким чином, щоб забезпечувалося направлення розігнаного ударника на досліджуваний об'єкт. Пересувну платформу 9 нерухомо фіксують на земній поверхні. Блок 2 дистанційного керування процесами розгону ударника і контролю параметрів роботи пристрою, обробки інформації і забезпечення зв'язку із ЕОМ знімають із кріплення на пересувній платформі 9 і розміщують на майданчику для оператора. У трубі 5 розгону встановлюють ударник. Живлення блоків пристрою при проведенні експерименту здійснюється під контролем блоку 2 блоком 3 із вбудованим акумулятором.



а *б*

Рисунок 1 — Принципова схема (*а*) і фотографія (*б*) пересувного пристрою для розгону ударника із контролем швидкості

За допомогою блоку 10 під контролем блоку 2 проводять заправку камери згоряння 13 складовими робочої газової суміші в послідовності зростання тисків подачі відповідних складових згідно з планом проведення експерименту. Після повної заправки складовими робочої газової суміші канал підведення газів до камери згоряння 13 за допомогою блоку 2 дистанційно герметично перекривають. За допомогою блоку 1 запалення під контролем блоку 2 ініціюють реакцію горіння робочої газової суміші, яка супроводжується різким збільшенням температури та тиску. Після запалення газової суміші при досягненні в камері згоряння 13 тиском певної величини, що контролюється блоком 4 регулятора тиску на ударник, цим регулятором встановлюється газодинамічне сполучення камери згоряння 13 з порожниною труби 5, що призводить до розгону ударника. На виході ударника із труби розгону 5 здійснюється замір його швидкості за допомогою блоку 6, інформація про результати заміру передається до блоку 2. Далі камеру згоряння 13 під контролем блоку 1 продувають чистим повітрям за допомогою блоку 10. При необхідності перебазування пристрою знімають фіксацію пересувної платформи 9, приєднують її до автомобіля-тягача за допомогою блоку 11 зчеплення, перевозять за допомогою колісних опор 8 при використанні необхідних засобів 7 освітлення, індикації та кріплення для автомобільних номерів, прийняті

до застосування для напівпричепів легкових автомобілів. Керування засобами освітлення та індикації здійснюють від автомобіля-тягача через електричний роз'єм 12.

Мобільність комплексу для полігонних випробувань підвищена моторизованою мікротранспортною системою пересування по пересіченій місцевості, яка показана на рис. 2, *а*. Універсальний зчіпний пристрій надає можливість транспортувати на причепі не тільки пересувний пристрій для розгону ударника на власному шасі, який показано на рис. 1, але і транспортувати у полігонних умовах по пересіченій місцевості стандартний автомобільний напівпричіп, як це показано на рис. 2, *б*, для переміщення по полігону балонів з паливом та окислювачем для розгінного пристрою, його систем автоматики, досліджуваних зразків і контрольно-вимірювального обладнання. Базове шасі мікротранспорту виконане на базі двоколісного скутера. Загальний вигляд мікротранспорту наведено на рис. 2, *а* основні специфікаційні показники зведені у таблицю 1.

Згідно з класифікацією, мікротранспорт належить до вантажних транспортних засобів. За ступенем пристосування до роботи в різних дорожніх умовах згідно з класифікацією мікротранспорт належить до автомобільного рухомого складу підвищеної прохідності. Колісна формула автомобіля 3 х 1. Згідно з класифікацією, надлегке мікрошасі належить до особливо малого класу. Мікротранспорт виконаний за задньомоторною схемою. Мікротранспорт має трьохланцюгову компоновку – тягач, напівпричеп, причеп. Мікротранспорт має повністю відкритий кузов, видовжену базу, три сидіння.

а

б

Рисунок 2 — Загальна компоновка (*а*) і компоновка з транспортним напівпричепом (*б*) надлегкого мікротранспортного шасі для транспортування мобільного термобалістичного комплекса в полігонних умовах

Таблиця 1 — Основні характеристики надлегкого мікротранспортного шасі

Кількість місць	2+1	Максимальний обертовий	
Маса причепу, кг	900	момент, Н·м при 5000 об/хв	2,8
Власна маса, кг	150	Діаметр циліндра, мм	39
Навантаження:		Хід поршня, мм	41,5
на несучу частину, кг	150	Об'єм циліндра, $см^3$	49,5
на напівпричеп, кг	75	Ступінь стиснення	10,5
на причеп, кг	700	Коробка швидкостей	автоматична
Максимальна швидкість, км/год	40	Зчеплення	відцентрове
Витрата палива, л/100 км	2,1	Розмір колеса і тиск	3.0-10/200кПа
Максимальна потужність, кВт	2,5	Паливний бак, л	3,5

Висновки

Розроблений унікальний спеціалізований термобалістичний комплекс для дослідження ударної взаємодії уламків конструкцій при їх вибуховому руйнуванні при пожежах. Розроблена система термобалістичних прискорювачів надає можливість провадити

дослідження в лабораторних і реальних полігонних умовах на швидкостях взаємодії до 2000 м/с. Мобільність комплексу для полігонних випробувань підвищена моторизованою системою пересування по пересіченій місцевості.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ГОСТ Р 50744-95. Бронеодежда. Классификация и общие технические требования.
2. Патент RU 23890. Установка для метання. В.В. Соловей, О.Д. Татаринов, А.В. Бастеєв – Опубл. в Б.В. №4, 1998.
3. Патент RU 2036412. Легкогазовая пушка. Ю.Н. Дерюгин, С.В. Куликов, А.В. Сальников, Г.П. Шляпников – Опубл. в Б.И. №24, 1999.
4. Патент RU 2135925. Разгонное устройство. П.Н. Калмыков, О.А. Соколов, И.И. Цыгунька, Г.П. Шляпников – Опубл. в Б.И. №24, 1999.
5. Баллистические установки и их применение в экспериментальных исследованиях. Под ред. Златина Н.А., Мишина Г.И. – М.: Глав. ред. физ.-мат. лит. изд-ва «Наука», 1974. – С. 20.

❖ ❖ ❖

УДК 532.529.5:614.838.441

А.Г. Виноградов, канд. фіз.-мат. наук, доц.

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКІВ ПАРАМЕТРІВ ВОДЯНИХ ЗАВІС НА ОСНОВІ ТЕОРІЇ ЗАТОПЛЕНИХ СТРУМЕНІВ

На основі теорії затоплених струменів розроблена математична модель віялового розпиленого водяного струменя, джерелом якого є щілинний дренчерний зрошувач. Отримані формули дозволяють виконати розрахунок основних параметрів водяних завіс: геометричних розмірів, товщини осадового шару води, просторових розподілів швидкості руху й об'ємної частки води. Результати роботи спрямовані на вдосконалення раніше розробленої математичної моделі екранування теплового випромінювання за допомогою водяних завіс.

Ключові слова: водяна завіса, розподіл води, методика розрахунків, теорія затоплених струменів.

A. Vinogradov, Cand of Science (math.), Docent

CALCULATION METHOD OF WATER CURTAIN PARAMETERS ON BASIS OF THE SUBMERGED JET THEORY

On the basis of the submerged jet theory the mathematical model is worked out for the fan sprayed water jet what is created by slot-hole sprinkler. The got formulae allow to execute the calculation of basic parameters of water curtains: geometrical sizes, thickness of sediment layer of water, spatial distributions of droplet velocities and volume part of water. Study are intended for perfection of the earlier developed mathematical model of thermal shielding by means of water curtains.

Keywords: water curtain; distribution of water; calculation method; submerged jet theory.

В роботах [1-4] представлено математичну модель і розрахункову методику для проектування захисних водяних завіс протипожежного призначення. За їх допомогою можна виконати розрахунок екрануючих властивостей завіси, зокрема, коефіцієнта пропускання теплового випромінювання на основі заданих параметрів. Серед цих параметрів, однак, є такі, що відсутні в паспортних даних дренчерних зрошувачів і які доволі складно визначити експериментально. Серед них – об'ємна частка води (сумарний об'єм крапель в одиниці об'єму розпиленого водяного струменя). Відомо, що ця величина має доволі складний просторовий розподіл, тобто розглядати водяну завісу, як плоско-паралельний об'єкт із однорідною структурою, можна лише в рамках найбільш грубого наближення. Прийняття такого наближення в роботах [1-4] варто розглядати лише як перший крок на шляху створення більш досконалої математичної моделі. У найбільш відомих із опублікованих закордонних робіт на цю тему також розглядаються математичні моделі з використанням даного наближення [5-10].

Теоретичний опис руху ансамблю частинок у безперервному середовищі є надзвичайно складною задачею, що має лише наближені рішення. Із цієї причини розрахунок просторових розподілів крапель розпиленої води методом розрахунку окремих траєкторій крапель є непродуктивним. Існує альтернативний шлях вирішення цієї задачі – дослідження руху єдиного повітряно-краплинного середовища методами гідродинаміки, використовуючи теорію затоплених струменів.

Згідно з розрахунковими та експериментальними даними [11, 12], при взаємодії з повітряним середовищем дрібних крапель відбувається їх швидка релаксація й вирівнювання швидкостей руху зі швидкістю навколишнього повітря. Після цього рух крапель відповідає законам руху повітря, і розпилену в повітрі воду (водяний туман) у першому наближенні

можна вважати затопленим повітряним струменем. Струмінь називається затопленим, якщо він рухається в середовищі, що має ті ж фізико-механічні властивості, що й сам струмінь.
Затоплені струмені докладно досліджені експериментально й теоретично [13-15]. При наявності у складі струменя домішки до основної речовини (наприклад, дрібних крапель води в складі повітряного струменя) можна виконати розрахунок просторового розподілу домішки, використовуючи теорію затоплених струменів [13]. Головною умовою застосовності такого методу розрахунку є достатній ступінь дисперсності води. Відповідно до кількісних оцінок, середній діаметр крапель не повинен перевищувати 0,2 мм. Це відповідає також умові ефективності теплового екранування водяними завісами [1-4].
Мета роботи: на основі теорії затоплених струменів розробити математичну модель водяної завіси, створеної дренчерними зрошувачами, одержати формули для розрахунку параметрів, необхідних для визначення коефіцієнта пропускання теплового випромінювання.
Спрощена схема затопленого струменя з поділом на ділянки, запропонована Г.Н. Абрамовичем, зображена на рис. 1. Початкова ділянка струменя складається з ядра з постійним значенням швидкості U_0 і приграничним шаром, у якому швидкість змінюється від U_0 у ядрі струменя до нуля на зовнішній межі струменя. Уздовж потоку ядро тоншає й у перехідному перетині закінчується. Початкова ділянка переходить в основну ділянку струменя, що поширюється далі нескінченно [13, 14].

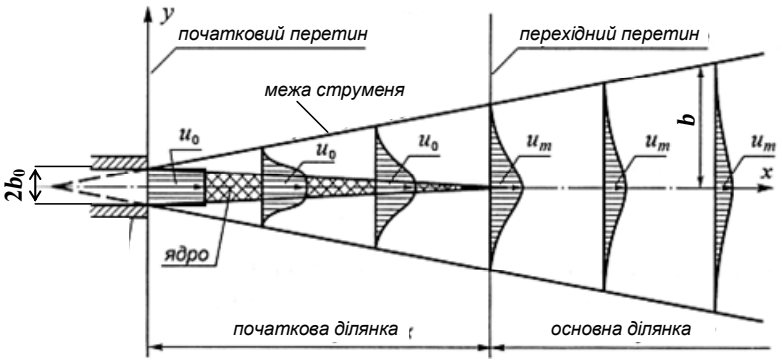


Рисунок 1 - Схема струменя з поділом на ділянки

На рис. 2 наведені криві розподілу швидкості в різних перетинах (на різних відстанях x від джерела) основної ділянки повітряного струменя, що виходить у нерухоме повітря (досліди Трюпеля) [13]. По мірі віддалення перетину від початку струменя профіль швидкості стає "нижчим" і "ширшим".

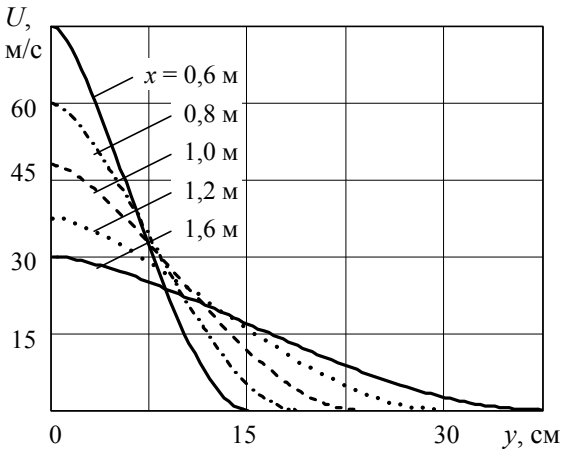


Рисунок 2 - Профілі швидкості струменя в різних перетинах його основної ділянки

Швидкісні профілі різних перетинів струменя мають властивість афінності, тобто описуються єдиною універсальною функцією. В даному випадку застосовують, як правило, функцію Шліхтинга [13]:

$$U = U_m (1 - \bar{y}^{1,5})^2 , \quad (1)$$

де $\bar{y} = y/b$ – безрозмірна відстань від осі; b – напівширина струменя в даному перетині (для вісесиметричного струменя – його радіус), м.

Теоретичний аналіз приводить до лінійного закону зростання товщини основної ділянки затопленого струменя в напрямку його руху:

$$b = c \cdot x \ . \quad (2)$$

Отже, межі основної ділянки струменя є прямолінійними. Залежність (2) придатна для струменів різної форми: плоскопаралельного струменя, вісесиметричного струменя й взагалі у всіх випадках, коли профілі швидкості в затопленому струмені є універсальними. В [13] представлені експериментальні дані, на підставі яких для цих струменів c = 0,22:

$$b = 0{,}22 \cdot x . \quad (3)$$

Використовуючи закон збереження імпульсу струменя, а також універсальність швидкісних профілів, можна знайти закон зміни осьової швидкості U_m від відстані x [13]:

для вісесиметричного струменя:

$$U_m = \frac{12{,}4 \cdot b_0}{x} \cdot U_0 , \quad (4)$$

для плоскопаралельного струменя:

$$U_m = \frac{3{,}8 \cdot \sqrt{b_0}}{\sqrt{x}} \cdot U_0 , \quad (5)$$

де b_0 – початкова напівширина для плоского струменя або радіус для вісесиметричного, м.

При наявності в складі струменя домішки до основної речовини (дрібних крапель води в складі повітряного струменя) кількісною характеристикою домішки є масова частка води:

$$w_m = \frac{\rho_d}{\rho_a} , \quad (6)$$

де ρ_a – густина повітря, кг/м^3; ρ_d – густина розпиленої води (відношення сумарної маси краплі до об'єму повітря), кг/м^3.

Зміна складу струменя впливає на чисельні коефіцієнти в залежностях (2)–(5), а також на характер цих залежностей. Наприклад, кутовий коефіцієнт c у співвідношенні (2) [13]:

$$c = 0{,}22 \cdot \frac{\rho_a + \rho_m}{2 \cdot \rho_m} \ , \quad (7)$$

де ρ_m – густина повітряно-краплинної суміші на осі струменя, кг/м^3:

$$\rho_m = \rho_a \cdot (1 + w_{mm}) . \quad (8)$$

Внаслідок того, що $\rho_m > \rho_a$, кутовий коефіцієнт (7) для розпиленого водяного струменя менше, ніж 0,22 (повітряний струмінь у повітрі). Зміна величини ρ_m уздовж струменя

призводить до того, що кутовий коефіцієнт *c* у цьому випадку не є константою й, отже, межі основної ділянки струменя є непрямолінійними.

Для гідравлічного методу розпилення в [13] знайдене рівняння взаємозв'язку безрозмірних поздовжньої координати $\bar{x}$ і радіуса струменя $\bar{b}$:

$$0{,}22\cdot\bar{x}=\bar{b}+\sqrt{\frac{1}{\zeta}}\times\left[ln\left(1{,}22\cdot\bar{b}\cdot\sqrt{\zeta}+\sqrt{1+1{,}48\cdot\bar{b}^2\cdot\zeta}\right)-\right.$$
$$\left.-0{,}25\cdot arctan\left(1{,}28\cdot\bar{b}\cdot\sqrt{\zeta}\cdot\frac{\sqrt{1+1{,}48\cdot\bar{b}^2\cdot\zeta}-0{,}24}{\sqrt{1+1{,}48\cdot\bar{b}^2\cdot\zeta}+0{,}31\cdot\bar{b}^2\cdot\zeta}\right)\right], \quad (9)$$

де $\zeta=\rho_a/\rho_w$ – відношення густин повітря й води; $\bar{x}=x/b_0$; $\bar{b}=b/b_0$.

Профіль концентрації домішки має наступну залежність від поперечної безрозмірної координати $\bar{y}$:

$$w_m=w_{mm}\left(1-\bar{y}^{1,5}\right), \quad (10)$$

де w_{mm} – значення w_m на осі.

Чисельне рішення рівняння (9) і його аналіз дозволили знайти функцію лінійної апроксимації залежності $\bar{b}(\bar{x})$ у практично важливому інтервалі значень $0 < \bar{x} < 1500$:

$$\bar{b}=0{,}15\cdot\bar{x}. \quad (11)$$

На рис. 3 представлені графічні залежності $\bar{b}(\bar{x})$, отримані за допомогою рівнянь (3) (лінія), (9) (крапки) і (11) (пунктир).

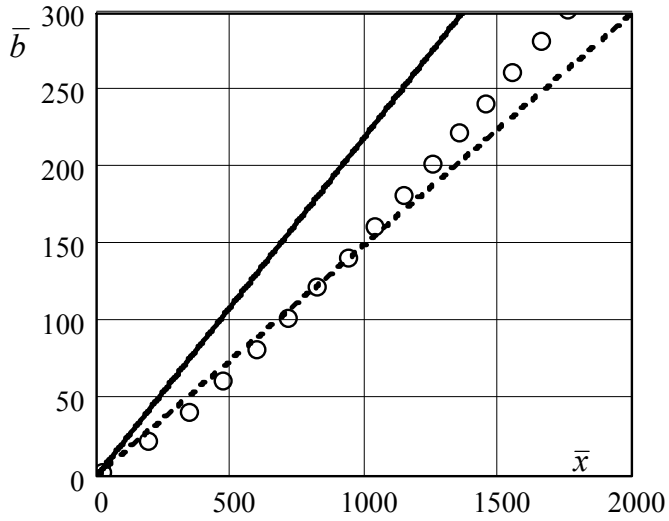


Рисунок 3 - Залежність $\bar{b}(\bar{x})$ для розпиленого водяного струменя

Наявність розпиленої води у складі струменя призвела до зменшення коефіцієнта *c* у співвідношенні (2) від 0,22 для однорідного затопленого струменя (див. (3)) до 0,15 для води, розпиленої в повітрі (див. (11)). Оскільки формула (3) є універсальною (придатною для струменів будь-якого перетину), то й формула (11) має таку ж властивість.

Далі розглянемо розпилений плоский віяловий струмінь, створений щілинними зрошувачами (рис. 4). Всередині зрошувача з отвору радіусом b_0 виходить суцільний потік води й після відбиття від дефлектора утворює розпилений потік у деякому секторі з центральним кутом φ_0, що для різних типів зрошувачів може становити 100-150° (рис. 5).

а *б*

Рисунок 4 - Дренчерні щілинні зрошувачі для водяних завіс:
а - зрошувач (Ін-т «Спецавтоматика», м. Луганськ); *б* - зрошувач ЗВН-8.

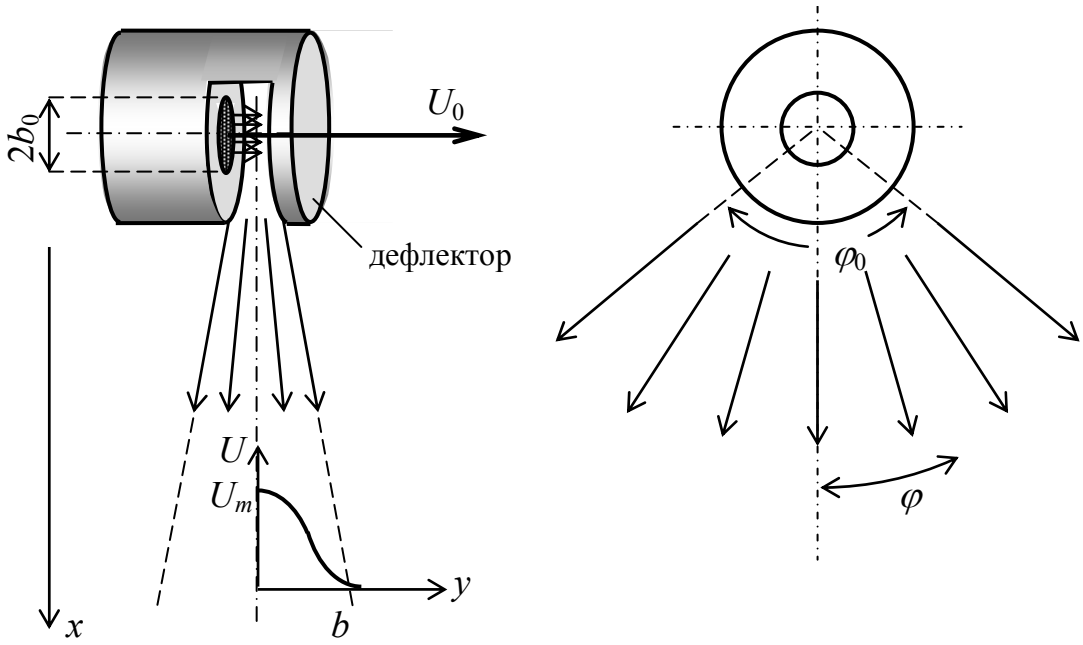


Рисунок 5 - Схема віялового розпиленого струменя

Для розрахунку швидкості струменя застосуємо закони збереження імпульсу й маси. Із цією метою порівняємо імпульси секундних потоків і витрати води у двох перетинах: на виході з отвору й на довільній відстані x від зрошувача. Отримаємо два рівняння:

$$\rho_w \cdot \pi \cdot b_0^2 \cdot U_0^2 = 2 \cdot x \cdot \varphi_0 \cdot \int_0^b \rho_s \cdot U^2 dy \,, \tag{12}$$

$$\rho_w \cdot \pi \cdot b_0^2 \cdot U_0 = 2 \cdot x \cdot \varphi_0 \cdot \int_0^b \rho_d \cdot U \cdot dy \,, \tag{13}$$

де y – відстань від центральної площини розпиленого струменя, ρ_s – густина повітряно-краплинної суміші:

$$\rho_s = \rho_a \cdot (1 + w_m) \,. \tag{14}$$

Для виконання розрахунків у рівняннях (16) і (17) використаємо формули (1) і (10) для профілів швидкості й масової частки води. Після їх підстановки в рівняння (12) і (13), з урахуванням співвідношення (11) одержимо:

$$\pi \cdot \rho_w \cdot b_0^2 \cdot U_0^2 = 0{,}3 \cdot \rho_a \cdot x^2 \cdot \varphi_0 \cdot U_m^2 \cdot \int_0^1 \left(1 + w_{mm}\left(1 - \bar{y}^{1{,}5}\right)\right) \cdot (1 - \bar{y}^{1{,}5})^4 \, d\bar{y} \ , \tag{15}$$

$$\pi \cdot \rho_w \cdot b_0^2 \cdot U_0 = 0{,}3 \cdot \rho_a \cdot w_{mm} \cdot x^2 \cdot \varphi_0 \cdot U_m \cdot \int_0^1 \left(1 - \bar{y}^{1{,}5}\right)^3 \cdot d\bar{y} \ . \tag{16}$$

Для перетворення (16) обчислимо інтеграл

$$I_3 = \int_0^1 \left(1 - \bar{y}^{1{,}5}\right)^3 \cdot d\bar{y} = 0{,}368 \ , \tag{17}$$

і після розрахунку числових коефіцієнтів знайдемо з (16):

$$w_{mm} = \frac{28{,}5 \cdot \rho_w \cdot b_0^2 \cdot U_0}{\rho_a \cdot x^2 \cdot \varphi_0 \cdot U_m} \ . \tag{18}$$

Розкриваючи під інтегралом в (15) дужки й підставляючи (18), одержимо:

$$\begin{aligned} \pi \cdot \rho_w \cdot b_0^2 \cdot U_0^2 &= 0{,}3 \cdot \rho_a \cdot x^2 \cdot \varphi_0 \cdot U_m^2 \cdot \int_0^1 (1 - \bar{y}^{1{,}5})^4 \, d\bar{y} + \\ &+ 8{,}54 \cdot \rho_w \cdot b_0^2 \cdot U_0 \cdot U_m \cdot \int_0^1 (1 - \bar{y}^{1{,}5})^5 \, d\bar{y} \end{aligned} \ . \tag{19}$$

Обчислення інтегралів:

$$I_4 = \int_0^1 \left(1 - \bar{y}^{1{,}5}\right)^4 \cdot d\bar{y} = 0{,}316 \ , \tag{20}$$

$$I_5 = \int_0^1 \left(1 - \bar{y}^{1{,}5}\right)^5 \cdot d\bar{y} = 0{,}278 \ . \tag{21}$$

Після розрахунків одержимо з (19) квадратне рівняння відносно U_m:

$$0{,}095 \cdot \rho_a \cdot x^2 \cdot \varphi_0 \cdot U_m^2 + 2{,}37 \cdot \rho_w \cdot b_0^2 \cdot U_0 \cdot U_m - \pi \cdot \rho_w \cdot b_0^2 \cdot U_0^2 = 0 \ .$$

Додатний корінь даного рівняння:

$$U_m = \frac{12{,}5 \cdot \rho_w \cdot b_0^2 \cdot U_0}{\rho_a \cdot \varphi_0 \cdot x^2} \cdot \left(\sqrt{1 + \frac{0{,}21 \cdot \rho_a \cdot \varphi_0 \cdot x^2}{\rho_w \cdot b_0^2}} - 1 \right) \ . \tag{22}$$

За умови $x > 100 \cdot b_0$ і з огляду на те, що ρ_a = 1,2 кг/м^3, $\rho_w = 10^3$ кг/м^3, φ_0 = (2 ÷ 3) рад, знайдемо, що дробовий член під радикалом значно більше одиниці. Для досить великих x:

$$U_m \approx \frac{5{,}7 \cdot b_0 \cdot U_0}{x} \cdot \sqrt{\frac{\rho_w}{\rho_a \cdot \varphi_0}} \ . \tag{23}$$

Після переходу до безрозмірних параметрів з формул (22) і (23) отримаємо:

$$\overline{u}_m = \frac{12{,}5 \cdot \rho_w}{\rho_a \cdot \varphi_0 \cdot \overline{x}^2} \cdot \left(\sqrt{1 + \frac{0{,}21 \cdot \rho_a \cdot \varphi_0 \cdot \overline{x}^2}{\rho_w}} - 1 \right), \tag{24}$$

$$\overline{u}_m \approx \frac{5{,}7}{\overline{x}} \cdot \sqrt{\frac{\rho_w}{\rho_a \cdot \varphi_0}}, \tag{25}$$

де $\overline{u}_m = U_m / U_0$.

Результат розрахунку графічних залежностей $\overline{u}_m(\overline{x})$ за формулами (24) і (25) для φ_0 = 2,5 рад представлений на рис. 6. Порівнюючи графіки, можна знайти, що формулу (25) можна застосовувати для $\overline{x} > 200$, де її різниця з (24) не перевищує 10%

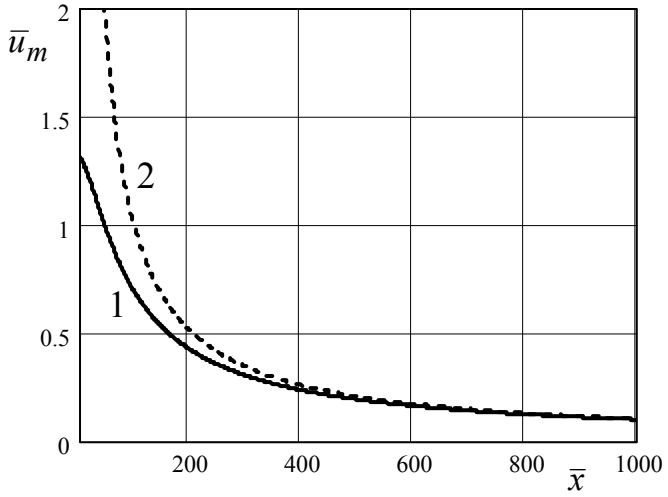


Рисунок 6 - Розрахунок залежностей $\overline{u}_m(\overline{x})$: 1 – формула (24), 2 – формула (25)

Підставляючи (23) в (18), одержимо залежність масової частки води на осі струменя від безрозмірної відстані $\overline{x}$:

$$w_{mm} = \frac{5}{\overline{x}} \cdot \sqrt{\frac{\rho_w}{\rho_a \cdot \varphi_0}}. \tag{26}$$

Використовуючи (10), одержимо розрахункову формулу для масової частки води в довільній точці розпиленого струменя з безрозмірними координатами $\overline{x}$ і $\overline{y}$:

$$w_m = \frac{5}{\overline{x}} \cdot \sqrt{\frac{\rho_w}{\rho_a \cdot \varphi_0}} \cdot \left(1 - \overline{y}^{1{,}5}\right). \tag{27}$$

Об'ємна частку води в розпиленому струмені w_v (сумарний об'єм крапель в одиниці об'єму завіси):

$$w_v = w_m \cdot \frac{\rho_a}{\rho_w}, \tag{28}$$

З (27) знайдемо:

$$w_v = \frac{5}{\overline{x}} \cdot \sqrt{\frac{\rho_a}{\rho_w \cdot \varphi_0}} \cdot \left(1 - \overline{y}^{1{,}5}\right). \tag{29}$$

Товщиною осадового шару води l_s називається товщина водяної плівки, що утворилася б, якби всю воду із крапель перпендикулярно спроектували на центральну площину (площина $y = 0$). Для однорідного (при $w_v = \text{const}$) плоского шару розпиленої води товщиною l:

$$l_s = w_v \cdot l \,. \tag{30}$$

Для неоднорідного струменя товщиною $l = 2b$:

$$l_s = 2 \cdot \int_0^b w_v \cdot dy \,. \tag{31}$$

Підставимо (29):

$$l_s = \frac{10}{x} \cdot b_0 \cdot \sqrt{\frac{\rho_a}{\rho_w \cdot \varphi_0}} \cdot b \cdot \int_0^1 \left(1 - \bar{y}^{1,5}\right) \cdot d\bar{y} \,.$$

Обчислимо інтеграл:

$$I_1 = \int_0^1 \left(1 - \bar{y}^{1,5}\right) \cdot d\bar{y} = 0{,}6 \,. \tag{32}$$

З огляду на (11), знайдемо:

$$l_s = 0{,}9 \cdot b_0 \cdot \sqrt{\frac{\rho_a}{\rho_w \cdot \varphi_0}} \,. \tag{33}$$

Реальні водяні завіси створюються зазвичай не одним, а деякою кількістю дренчерних зрошувачів, розташованих послідовно в ряд. На рис. 7 схематично показаний фрагмент водяної завіси, утворений дренчерними зрошувачами Д1, Д2, Д3. Цифрами 1 позначені незбурені зони розпилених струменів, методика розрахунку яких представлена вище. Цифрами 2 позначені зони перекриття струменів, у яких необхідно врахувати їх взаємний вплив. Стрілками орієнтовно показані поля швидкостей у відповідних зонах.

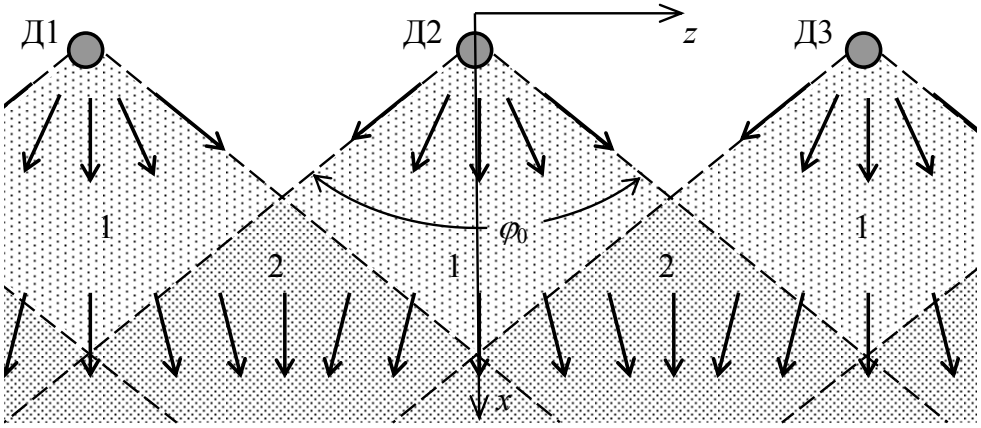


Рис. 7. Схема перекриття розпилених струменів водяної завіси

На рис. 7 показана верхня частина водяної завіси, для якої характерна найбільша неоднорідність її структури. Схематичне зображення завіси в повному обсязі представлене на рис. 8. Внаслідок взаємного перемішування струменів в її нижній частині завіса стає більш однорідною, як за концентрацією крапель, так і за швидкостями їх руху.

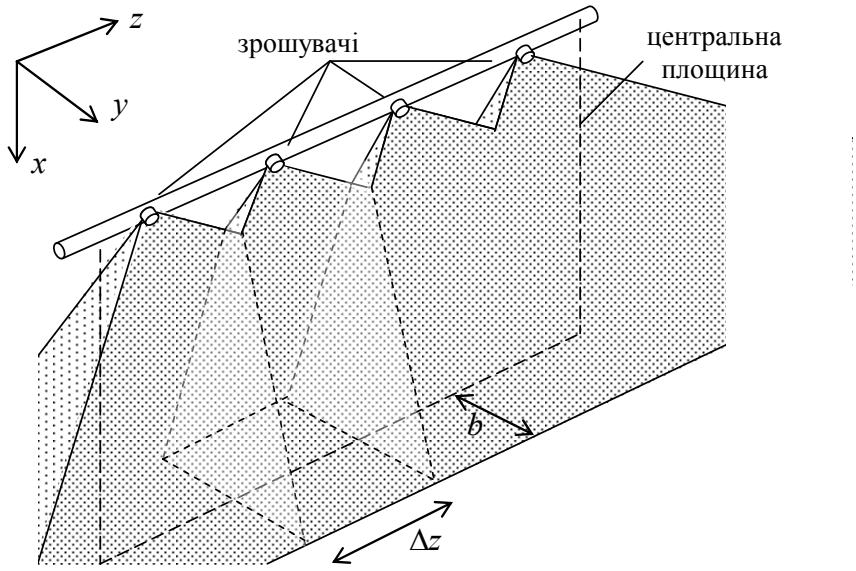


Рис. 8. Схема водяної завіси

Представлений нижче розрахунок виконаний за припущення про однорідну структуру нижньої частини водяної завіси. Враховуючи трансляційну симетрію даної системи (періодичне повторення параметрів уздовж осі z із кроком Δz, рівним відстані між зрошувачами), розрахунок можна виконати для елемента водяної завіси довжиною Δz.

Для розрахунку параметрів застосуємо закони збереження імпульсу й маси. Щоб скласти перше рівняння, прирівняємо проекції на вертикальну вісь сумарного імпульсу секундного потоку струменя у двох перетинах: у незбуреній зоні (зона 1 на рис. 7) і на довільній відстані x від зрошувача в нижній однорідній зоні. З огляду на радіальний характер струменя в зоні 1 і близький до плоско-паралельного – у нижній зоні, одержимо рівняння:

$$\frac{\rho_w \cdot \pi \cdot b_0^2 \cdot U_0^2}{\varphi_0} \cdot \int_0^{\frac{\varphi_0}{2}} cos\varphi \cdot d\varphi = \Delta z \cdot \int_0^b \rho_s \cdot U^2 \cdot dy \ , \tag{34}$$

де φ – кут вектора швидкості елемента струменя (рис. 5) щодо осі x (для зони 1). На основі закону збереження маси води одержимо друге рівняння:

$$\rho_w \cdot \pi \cdot b_0^2 \cdot U_0 = \Delta z \cdot \int_0^b \rho_d \cdot U \cdot dy \ . \tag{35}$$

Далі, з урахуванням співвідношень і позначень (1), (10), (11), 14), (17), (20), (21), перетворимо рівняння (34) і (35) і одержимо:

$$\frac{\pi \cdot \rho_w \cdot b_0^2 \cdot U_0^2}{\varphi_0} \cdot sin\frac{\varphi_0}{2} = 0{,}15 \cdot \rho_a \cdot x \cdot \Delta z \cdot U_m^2 \cdot \left(I_4 + I_5 \cdot w_{mm}\right) , \tag{36}$$

$$\pi \cdot \rho_w \cdot b_0^2 \cdot U_0 = 0{,}3 \cdot I_3 \cdot \rho_a \cdot \Delta z \cdot x \cdot U_m \cdot w_{mm} \ . \tag{37}$$

З рівняння (37) знайдемо осьове значення масової частки води:

$$w_{mm} = \frac{\pi \cdot \rho_w \cdot b_0^2 \cdot U_0}{0{,}3 \cdot I_3 \cdot \rho_a \cdot \Delta z \cdot x \cdot U_m}. \qquad (38)$$

Після підстановки в (36) чисельних значень інтегралів I_3, I_4, I_5 і виразу (38) одержимо квадратне рівняння відносно U_m:

$$0{,}0474 \cdot \rho_a \cdot \Delta z \cdot x \cdot U_m^2 + 1{,}19 \cdot \rho_w \cdot b_0^2 \cdot U_0 \cdot U_m - \frac{\pi \cdot \rho_w \cdot b_0^2 \cdot U_0^2}{\varphi_0} \cdot sin\frac{\varphi_0}{2} = 0.$$

Додатний корінь даного рівняння:

$$U_m = \frac{12{,}5 \cdot \rho_w \cdot b_0^2 \cdot U_0}{\rho_a \cdot \Delta z \cdot x} \cdot \left(\sqrt{1 + \frac{0{,}42 \cdot \rho_a \cdot \Delta z \cdot x \cdot sin\frac{\varphi_0}{2}}{\rho_w \cdot \varphi_0 \cdot b_0^2}} - 1 \right). \qquad (39)$$

При переході до безрозмірних величин (включно з $\overline{\Delta z} = \Delta z / b_0$) отримаємо:

$$\overline{u}_m = \frac{12{,}5 \cdot \rho_w}{\rho_a \cdot \overline{\Delta z} \cdot \overline{x}} \cdot \left(\sqrt{1 + \frac{0{,}42 \cdot \rho_a \cdot \overline{\Delta z} \cdot \overline{x} \cdot sin\frac{\varphi_0}{2}}{\rho_w \cdot \varphi_0}} - 1 \right), \qquad (40)$$

Підставляючи (39) в (38), одержимо залежність масової частки води в центральній площині водяної завіси (однорідна зона) від безрозмірної відстані $\overline{x}$:

$$w_{mm} = \frac{2.28}{\sqrt{1 + \frac{0{,}42 \cdot \rho_a \cdot \overline{\Delta z} \cdot \overline{x} \cdot sin\frac{\varphi_0}{2}}{\rho_w \cdot \varphi_0}} - 1}. \qquad (41)$$

Приклад розрахунку графічних залежностей $\overline{u}_m(\overline{x})$ і $w_{mm}(\overline{x})$ за формулами (40) і (41) для φ_0 = 2,5 рад і $\overline{\Delta z}$ = 100 представлений на рис. 9.

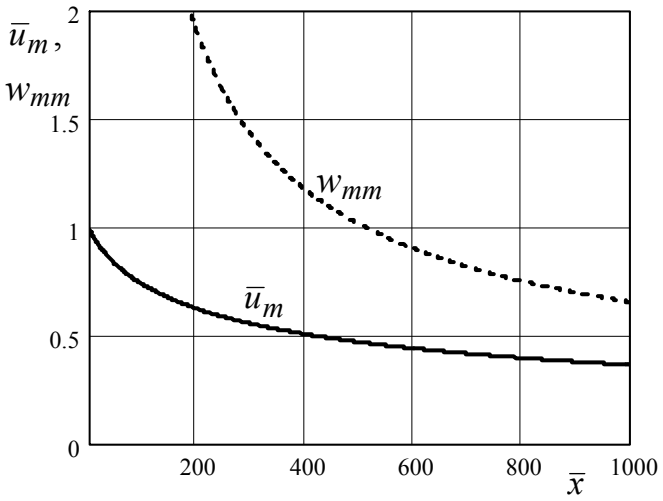


Рисунок 9 – Розрахунок залежностей $\overline{u}_m(\overline{x})$ і $w_{mm}(\overline{x})$

Використовуючи профіль (10), одержимо для однорідної зони:

$$w_m = \frac{2.28}{\sqrt{1+\frac{0{,}42\cdot\rho_a\cdot\overline{\Delta z}\cdot\bar{x}\cdot\sin\frac{\varphi_0}{2}}{\rho_w\cdot\varphi_0}}-1}\cdot\left(1-\bar{y}^{1,5}\right). \qquad (42)$$

Об'ємну частку води у водяній завісі w_v знайдемо за допомогою (28):

$$w_v = \frac{2.28\cdot\rho_a}{\rho_w\cdot\left(\sqrt{1+\frac{0{,}42\cdot\rho_a\cdot\overline{\Delta z}\cdot\bar{x}\cdot\sin\frac{\varphi_0}{2}}{\rho_w\cdot\varphi_0}}-1\right)}\cdot\left(1-\bar{y}^{1,5}\right). \qquad (43)$$

Товщину осадового шару одержимо за допомогою (31). Після інтегрування по y, з урахуванням (11) і (32) знайдемо:

$$l_s = \frac{0{,}41\cdot\rho_a\cdot x}{\rho_w\cdot\left(\sqrt{1+\frac{0{,}42\cdot\rho_a\cdot\Delta z\cdot x\cdot\sin\frac{\varphi_0}{2}}{\rho_w\cdot\varphi_0\cdot b_0^2}}-1\right)}, \qquad (44)$$

На рис. 10 представлене сімейство графічних залежностей $l_s(x)$ для різних величин b_0 при Δz = 0,5 м. З них можна зробити висновок, що при верхньому розташуванні зрошувачів нижня частина завіси має більш високу ефективність екранування, ніж верхня.

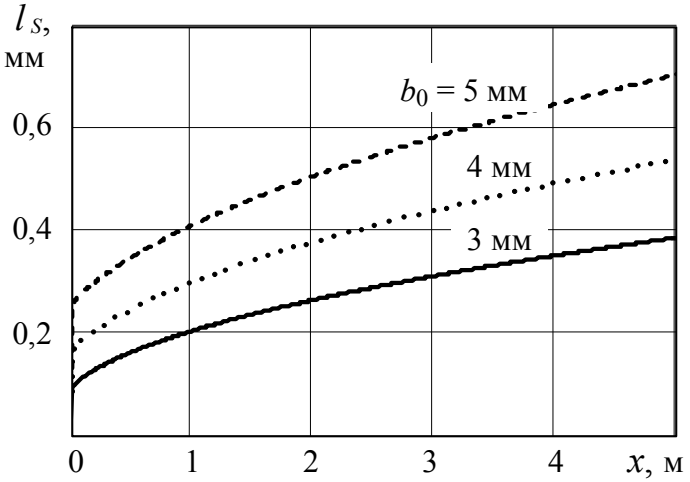


Рис. 10. Розрахунок залежностей $l_s(x)$ для різних радіусів отвору зрошувача

Формула (44) отримана для зрошувача з круглим вихідним отвором, що має радіус b_0. Для зрошувачів іншої конструкції слід застосовувати більш загальну розрахункову формулу:

$$l_s = \frac{0{,}41\cdot\rho_a\cdot x}{\rho_w\cdot\left(\sqrt{1+\frac{1{,}32\cdot\rho_a\cdot\Delta z\cdot x\cdot\sin\frac{\varphi_0}{2}}{\rho_w\cdot\varphi_0\cdot S_{noz}}}-1\right)}, \qquad (45)$$

де S_{noz} – площа перетину вихідного отвору зрошувача, м^2.
Представлена в роботах [1-4] математична модель дозволяє виконати розрахунок коефіцієнта пропускання водяної завіси за допомогою формули:

$$H = exp\left[-1{,}4\cdot(1-\eta)\cdot\frac{w_v\cdot l}{D_{eq}}\right], \tag{46}$$

де D_{eq} – еквівалентний діаметр крапель (приблизно дорівнює середньому діаметру Саутера), η – середній коефіцієнт пропускання краплі.
Ця формула отримана в наближенні плоскої водяної завіси товщиною l з однорідним розподілом крапель по її об'єму. Для такої завіси товщина осадового шару води $l_s = w_v \cdot l$ (див. (30)), і з урахуванням цього формула (46) набуде вигляду:

$$H = exp\left[-1{,}4\cdot(1-\eta)\cdot\frac{l_s}{D_{eq}}\right]. \tag{47}$$

Це більш загальний вигляд розрахункової формули для коефіцієнта пропускання, який можна використовувати й у випадку неоднорідного розподілу крапель по об'єму водяної завіси. Правомірність переходу від (46) до (47) можна продемонструвати за допомогою наступних перетворень. Довільну плоску водяну завісу можна представити як ряд послідовних шарів товщиною Δy з коефіцієнтами пропускання ΔH:

$$\Delta H = exp\left[-1{,}4\cdot(1-\eta)\cdot\frac{w_v\cdot\Delta y}{D_{eq}}\right].$$

Їх загальний коефіцієнт пропускання (коефіцієнт пропускання всієї завіси) дорівнює добутку коефіцієнтів пропускання шарів:

$$H = \prod_{(i)}(\Delta H_i) = \prod_{(i)} exp\left[-1{,}4\cdot(1-\eta)\cdot\frac{w_{vi}\cdot\Delta y}{D_{eq}}\right] = exp\left[-1{,}4\cdot(1-\eta)\cdot\frac{\sum\limits_{(i)} w_{vi}\cdot\Delta y}{D_{eq}}\right].$$

У граничному переході $\Delta y \to dy$, з огляду на товщину завіси $-b < y < b$, одержимо (див. (31)):

$$\sum_{(i)} w_{vi}\cdot\Delta y \to \int_{-b}^{b} w_v\cdot dy = 2\cdot\int_{0}^{b} w_v\cdot dy = l_s.$$

У підсумку одержимо формулу (47), придатну для неоднорідних завіс, із відповідним значенням l_s. Зокрема, для водяної завіси, отриманої за допомогою щілинних зрошувачів, величина l_s може бути визначена розрахунковим шляхом за допомогою формул (33) (одиночний зрошувач), а також (44) або (45) (лінійка зрошувачів).
Висновки
На основі теорії затоплених струменів розроблені математична модель і розрахункова методика для визначення деяких параметрів (геометричних розмірів, швидкості руху, об'ємної частки води, товщини осадового шару води) віялових розпилених водяних струменів, утворених за допомогою дренчерних щілинних зрошувачів. Знайдено розрахункові формули для одиночного віялового струменя, а також для водяної завіси, створеної за допомогою лінійки щілинних зрошувачів.

Отримані результати спрямовані на вдосконалення розвиненої в роботах [1-4] математичної моделі теплового екранування за допомогою водяних завіс.

Удосконалення математичної моделі полягає також у тому, що отримані розрахункові формули дозволяють розглядати неоднорідні за розподілом крапель водяні завіси, відповідно до їх реальних властивостей, тоді як у роботах [1-4] розглядалася спрощена модель однорідної водяної завіси.

Подальший розвиток даної математичної моделі буде пов'язаний із розробкою методики розрахунку однієї з ключових характеристик водяної завіси – еквівалентного діаметра краплі D_{eq} (або середнього діаметра Саутера D_{32}), за заданими конструктивними параметрами дренчерного зрошувача. Крім того, передбачається виконати комплекс експериментальних досліджень із метою перевірки адекватності математичної моделі, а також визначення реальних чисельних коефіцієнтів основних розрахункових формул.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Виноградов А.Г. Поглощение теплового излучения водяными завесами / А.Г. Виноградов // Пожаровзрывобезопасность. – 2012. – Т. 21, № 7. – С. 73–82.
2. Виноградов А.Г. Поглощение теплового излучения водяными завесами. Часть 2 / А.Г. Виноградов // Пожаровзрывобезопасность. – 2013. – Т. 22, № 4. – С. 72 – 84.
3. Виноградов А.Г. Экранирование теплового излучения полидисперсными водяными завесами / А.Г. Виноградов // Пожаровзрывобезопасность. – 2013. – Т. 22, № 6. – С. 74 – 84.
4. Виноградов А.Г. Учет спектрального состава теплового излучения при расчете коэффициента пропускания капли воды / А.Г. Виноградов // Пожаровзрывобезопасность. – 2013. – Т. 22, № 9. – С. 64 – 73.
5. Ravigururajan T.S. A Model for Attenuation of Fire Radiation Through Water Droplets / T.S. Ravigururajan, M.R. Beltran // Fire Safety J., 1989. – Vol. 15. – P. 171–181.
6. Coppalle A. Fire protection: water curtains / A. Coppalle, D. Nedelka, B. Bauer // Fire Safety J., 1993. – Vol. 20. – P. 241–55.
7. Yang W. The interaction of thermal radiation and water mist in fire suppression / W. Yang, T. Parker, H. Ladouceur, R. Kee // Fire Safety J., 2004. – Vol. 39. – P. 41–66.
8. Buchlin J.-M. Thermal shielding by water spray curtain / J.-M. Buchlin // J. Loss Prev. Process Industries, 2005. – Vol. 18, No. 4-6. – P. 423–432.
9. Collin A. On radiative transfer in water spray curtains using the discrete ordinates method / A. Collin, P. Boulet, D. Lacroix, G. Jeandel // J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer, 2005. – Vol. 92. – P. 85–110.
10. Collin A. Water mist and radiation interactions: application to a water curtain used as a radiative shield / A. Collin, S. Lechene, P. Boulet, G. Parent // Numerical Heat Transfer, Part A: Applications, 2010. – Vol. 57. – P. 537–553.
11. Sheppard D.T. Spray Characteristic of Fire Sprinklers / D.T. Sheppard // NIST GCR 02 - 838, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, 2002. – 206 p.
12. Виноградов А.Г. Учет вторичных воздушных потоков при математическом моделировании распыленных водяных струй / А.Г. Виноградов // Пожаровзрывобезопасность. – 2011. – Т. 20, № 2. – С. 29-33.
13. Абрамович Г.Н. Теория турбулентных струй / Г.Н. Абрамович. – М.: Гос. издат. физ.-мат. литературы. 1984. – 715 с.
14. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. В 2 ч.: Ч. 1 / Г.Н. Абрамович. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1991. – 600 с.
15. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа / Л.Г. Лойцянский. – М.: Наука, Гл. ред. физ.–мат. лит., 1987. – 840 с.

❖ ❖ ❖

УДК 614.8

М.А. Скидан, канд. мед. наук, О.М. Євдін

ОРГАНІЗАЦІЙНІ ОСНОВИ НАДАННЯ ЕКСТРЕНОЇ МЕДИЧНОЇ ТА ДОМЕДИЧНОЇ ДОПОМОГИ ПІД ЧАС НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Висвітлено організаційні основи щодо надання екстреної медичної та домедичної допомоги під час виникнення надзвичайних ситуацій та ліквідації їх медико-санітарних наслідків.

Ключові слова: надзвичайна ситуація; небезпечна подія; місце події; постраждалі; екстрена медична допомога; домедична допомога.

M. Skidan, Cand. of Sc. (Med.), O. Evdin

ORGANIZATIONAL FRAMEWORK FOR EMERGENCY MEDICAL FIRST AIDE

Deals with the organizational framework for the provision of emergency medical and first aide assistance during emergencies and emergency health consequences.

Keywords: emergency;dangerous event: emergency medical care; first aide

Удосконалення (реформування) існуючої системи надання медичної допомоги населенню взагалі і, зокрема під час виникнення надзвичайних ситуацій та ліквідації їх медико-санітарних наслідків, як було зазначено у роботі [1], започатковано законодавчими актами [2 - 4].

Організаційно-правові засади забезпечення громадян України та інших осіб, які перебувають на її території, екстреною медичною допомогою, у тому числі під час виникнення надзвичайних ситуацій і ліквідації їх медико-санітарних наслідків, та засади створення, функціонування і розвитку системи екстреної медичної допомоги, визначені Законом України "Про екстрену медичну допомогу" [4], який вступив у дію з 1 січня 2013року.

Організація та забезпечення функціонування системи екстреної медичної допомоги у порядку та в межах повноважень, визначених законом [4], здійснюється Кабінетом Міністрів України, центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері охорони здоров'я, Радою міністрів Автономної Республіки Крим, обласними, Київською та Севастопольською міськими державними адміністраціями, обласними радами, іншими органами місцевого самоврядування.

Основними завданнями системи екстреної медичної допомоги є організація та забезпечення:

доступної, безоплатної, своєчасної та якісної екстреної медичної допомоги відповідно до цього Закону, у тому числі під час виникнення надзвичайних ситуацій та ліквідації їх наслідків;

медико-санітарного супроводу масових заходів та заходів за участю осіб, стосовно яких здійснюється державна охорона;

взаємодії з аварійно-рятувальними підрозділами міністерств, інших центральних та місцевих органів виконавчої влади під час виникнення надзвичайних ситуацій та ліквідації їх наслідків.

Основними принципами функціонування системи екстреної медичної допомоги є:

постійна готовність до надання екстреної медичної допомоги;

оперативне та цілодобове реагування на виклики екстреної медичної допомоги;

доступність та безоплатність екстреної медичної допомоги, її своєчасність, якість та пріоритетність;

послідовність та безперервність надання екстреної медичної допомоги та її відповідність єдиним вимогам;

регіональна екстериторіальність.

Метою роботи було проведення аналізу вимог Закону [4] щодо організаційних основ надання екстреної медичної та домедичної допомоги під час виникнення надзвичайних ситуацій та ліквідації їх медико-санітарних наслідків, а також напрацьованих Кабінетом Міністрів України відповідно до цього Закону нормативно-правових актів.

Об‘єктом дослідження стали законодавчі та нормативно-правові акти з вищезазначених питань.

Екстрена медична допомога [4] – медична допомога, яка полягає у здійсненні працівниками системи екстреної медичної допомоги невідкладних організаційних, діагностичних та лікувальних заходів, спрямованих на врятування і збереження життя людини у невідкладному стані та мінімізацію наслідків впливу такого стану на її здоров’я.

Невідкладний стан людини [4] – раптове погіршення фізичного або психічного здоров’я, яке становить пряму та невідворотну загрозу життю та здоров’ю людини або оточуючих її людей, і виникає внаслідок хвороби, травми, отруєння або інших внутрішніх чи зовнішніх причин.

Система екстреної медичної допомоги – сукупність визначених законом [4] закладів охорони здоров’я та їх структурних одиниць, які забезпечують організацію та надання екстреної медичної допомоги, у тому числі під час виникнення надзвичайних ситуацій та ліквідації їх наслідків.

Працівниками системи екстреної медичної допомоги є:

медичні працівники центрів екстреної медичної допомоги та медицини катастроф, станцій екстреної (швидкої) медичної допомоги, бригад екстреної (швидкої) медичної допомоги, відділень екстреної (невідкладної) медичної допомоги, які безпосередньо надають екстрену медичну допомогу та/або забезпечують її надання;

немедичні працівники центрів екстреної медичної допомоги та медицини катастроф, станцій екстреної (швидкої) медичної допомоги, бригад екстреної (швидкої) медичної допомоги, відділень екстреної (невідкладної) медичної допомоги, які здійснюють організаційно-технологічне забезпечення екстреної медичної допомоги медичними працівниками системи екстреної медичної допомоги.

Організація системи екстреної медичної допомоги.

Центр екстреної медичної допомоги та медицини катастроф (далі – Центр) [5] – територіальне медичне об‘єднання, що забезпечує на території відповідної адміністративно-територіальної одиниці (Автономна Республіка Крим, область, мм. Київ та Севастополь) організацію та надання екстреної медичної допомоги пацієнтам і постраждалим, які перебувають у невідкладному стані у повсякденних умовах, особливий період та під час ліквідації наслідків надзвичайної ситуації. До складу Центру входять:

станція екстреної (швидкої) медичної допомоги (далі - Станція) [6] — заклад охорони здоров’я, основним завдання якого є забезпечення постійної готовності бригад екстреної (швидкої) медичної допомоги до надання екстреної медичної допомоги у цілодобовому режимі та координація їх діяльності з оперативно-диспетчерською службою Центру на території адміністративно-територіальної одиниці (Автономна Республіка Крим, області, мм. Київ та Севастополь). Станція є функціональною складовою системи екстреної медичної допомоги відповідної адміністративно-територіальної одиниці. Станція може входити до складу Центру як юридична особа та виконувати функції, визначені статутом об‘єднання, або мати статут відокремленого підрозділу Центру та виконувати функції, покладені на неї наказами Центру;

бригада екстреної (швидкої) медичної допомоги (далі - бригада) [7] є структурною одиницею Центру або Станції, яка надає екстрену медичну допомогу людині, що перебуває у

невідкладному стані, безпосередньо на місці події та під час перевезення такої людини до закладу охорони здоров'я. За своїм складом бригади поділяються на лікарські та фельдшерські. У разі потреби за рішенням керівника Центру можуть утворюватися з числа лікарських бригад спеціалізовані лікарські бригади за спеціалізацією: психіатрія, кардіологія, неврологія, педіатрія, неонатологія тощо. Порядок дії бригад екстреної (швидкої) медичної допомоги на випадок надзвичайної ситуації визначає Міністерство охорони здоров'я за погодженням з Державною службою з надзвичайних ситуацій України [8]. Якщо під час перевезення бригадою екстреної (швидкої) медичної допомоги пацієнта, який перебуває у невідкладному стані, у нього виникли раптові ускладнення, що не можуть бути усунуті медичними працівниками цієї бригади, такий пацієнт доставляється до найближчого закладу охорони здоров'я незалежно від форми власності та підпорядкування, де йому може бути надано необхідну медичну допомогу відповідно до його стану. Відмова у наданні медичної допомоги такому пацієнту або створення перешкод у її наданні не допускається і тягне за собою для осіб, які її допустили чи здійснили без поважних причин, визначену законом відповідальність;

Якщо під час перевезення бригадою екстреної (швидкої) медичної допомоги пацієнта, який перебуває у невідкладному стані, у нього виникли раптові ускладнення, які не можуть бути усунуті медичними працівниками цієї бригади, такий пацієнт доставляється до найближчого закладу охорони здоров'я незалежно від форми власності та підпорядкування, де йому може бути надано необхідну медичну допомогу відповідно до його стану. Відмова у наданні медичної допомоги такому пацієнту або створення перешкод у її наданні не допускається і тягне за собою для осіб, які її допустили чи здійснили без поважних причин, визначену законом відповідальність.

оперативно-диспетчерська служба [9] є структурним підрозділом Центру, який, використовуючи телекомунікаційні мережі, програмні, технічні та інші засоби, забезпечує у цілодобовому режимі:

прийняття, формування та передачу інформації про виклики екстреної медичної допомоги;

інформаційну підтримку та координацію дій бригад екстреної (швидкої) медичної допомоги і закладів охорони здоров'я щодо надання екстреної медичної допомоги.

Відділення екстреної (невідкладної) медичної допомоги є структурним підрозділом багатопрофільної лікарні, в якому у цілодобовому режимі забезпечується надання екстреної медичної допомоги пацієнтам (постраждалим).

Типове положення про відділення екстреної (невідкладної) медичної допомоги затверджується центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері охорони здоров'я [4].

Перелік закладів охорони здоров'я, які забезпечують надання медичної допомоги на території відповідних адміністративно-територіальних одиниць у разі виникнення надзвичайних ситуацій та ліквідації їх наслідків, визначають Рада міністрів Автономної Республіки Крим, обласні, Київська та Севастопольська міські державні адміністрації [4].

Таким чином, центр екстреної медичної допомоги та медицини катастроф забезпечує:

прийняття викликів екстреної медичної допомоги;

формування, оброблення та передачу інформації про виклики екстреної медичної допомоги;

координацію дій бригад екстреної (швидкої) медичної допомоги та закладів охорони здоров'я щодо надання екстреної медичної допомоги;

розрахунок необхідної кількості та планування місцезнаходження пунктів постійного і тимчасового базування бригад екстреної (швидкої) медичної допомоги;

визначення закладу охорони здоров'я, до якого бригада екстреної (швидкої) медичної допомоги здійснюватиме перевезення постраждалого у невідкладному стані та передачу цієї інформації бригаді екстреної (швидкої) медичної допомоги і такому закладу. Порядок інформування бригад екстреної (швидкої) медичної допомоги про виклик екстреної медичної

допомоги та їх направлення на місце події визначано постановою Кабінету Міністрів України [9].

Організовує та здійснює:

транспортування постраждалих, які потребують медичного супроводу, а також медичної евакуації під час ліквідації наслідків надзвичайної ситуації;

організаційно-методичну допомогу Міністерству охорони здоров'я Автономної Республіки Крим, структурним підрозділам з питань охорони здоров'я, обласних, Київської та Севастопольської міських держадміністрацій під час розроблення Плану медико-санітарного забезпечення населення у разі виникнення або загрози виникнення надзвичайної ситуації;

прогнозування виникнення наслідків надзвичайної ситуації та розроблення рекомендацій щодо їх ліквідації;

проведення збору, аналізу та передачі інформації про наслідки надзвичайної ситуації з використанням Урядової інформаційно-аналітичної системи з питань надзвичайних ситуацій;

контроль за своєчасністю, повнотою та якістю надання екстреної медичної допомоги бригадами;

взаємодію з аварійно-рятувальними службами та підрозділами міністерств та інших органів виконавчої влади, органів влади Автономної Республіки Крим, органів місцевого самоврядування під час виникнення надзвичайної ситуації та ліквідації її наслідків. Постановою Кабінету Міністрів України [8] затверджений Порядок взаємодії закладів охорони здоров'я, що входять до системи екстреної медичної допомоги, з аварійно-рятувальними службами та підрозділами центральних та інших органів виконавчої влади, органів влади Автономної Республіки Крим, органів місцевого самоврядування під час виникнення надзвичайних ситуацій та ліквідації їх наслідків, який визначає механізм їх взаємодії під час виконання спільних завдань з ліквідації медико-санітарних наслідків надзвичайних ситуацій. Метою взаємодії є забезпечення ефективного використання наявних бригад екстреної (швидкої) медичної допомоги, спеціалізованого санітарного транспорту, виробів медичного призначення, лікарських засобів для рятування життя та збереження здоров'я людей під час ліквідації медико-санітарних наслідків надзвичайних ситуацій. Реагування закладів охорони здоров'я, що входять до системи екстреної медичної допомоги, на надзвичайні ситуації здійснюється відповідно до нормативно-правових актів, які регламентують порядок реагування на надзвичайну ситуацію або загрозу її виникнення (державні та територіальні плани реагування, затверджені в установленому законодавством порядку).

Організовує і проводить:

навчання та практичну підготовку немедичних працівників з питань надання домедичної допомоги згідно з програмами, затвердженими МОЗ;

навчально-тренувальні заходи щодо ліквідації наслідків надзвичайної ситуації;

допомогу закладам охорони здоров'я у проведенні заходів щодо ліквідації наслідків надзвичайної ситуації.

Координує заходи щодо забезпечення готовності закладів охорони здоров'я незалежно від підпорядкування та форми власності, систем зв'язку та оповіщення, спеціалізованих формувань до виконання робіт із ліквідації наслідків надзвичайної ситуації.

Домедична допомога термін новий і має таке визначення [4] – невідкладні дії та організаційні заходи, спрямовані на врятування та збереження життя людини у невідкладному стані та мінімізацію наслідків впливу такого стану на її здоров'я, що здійснюються на місці події особами, які не мають медичної освіти, але за своїми службовими обов'язками повинні володіти такими основними практичними навичками.

Місце події – територія, приміщення або будь-яке інше місцезнаходження людини у невідкладному стані на момент здійснення виклику екстреної медичної допомоги.

Виклик екстреної медичної допомоги здійснюється за єдиним телефонним номером виклику екстреної медичної допомоги 103 або за єдиним телефонним номером виклику екстреної допомоги 112.

Виклик екстреної медичної допомоги здійснюється безоплатно.

Відмова у можливості здійснення передачі та прийняття викликів екстреної медичної допомоги забороняється і тягне для осіб, які її допустили чи здійснили, визначену законом відповідальність.

Особи, які зобов'язані надавати домедичну допомогу людині у невідкладному стані, визначені законом [4] – це зокрема: рятувальники аварійно-рятувальних служб, працівники державної пожежної охорони, працівники органів та підрозділів міліції, фармацевтичні працівники, провідники пасажирських вагонів, бортпровідники та інші особи, які не мають медичної освіти, але за своїми службовими обов'язками повинні володіти практичними навичками надання домедичної допомоги.

Статтею 109 Кодексу цивільного захисту України (далі – Кодекс) [10], визначено, що рятувальник – це особа, атестована на здатність до проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт, гасіння пожеж і яка безпосередньо бере в них участь, має відповідну спеціальну, фізичну, психологічну та медичну підготовку.

Громадяни України, які вперше приймаються на службу цивільного захисту, особисто складають та скріплюють власноручним підписом Присягу, а статус рятувальника отримують на підставі рішення відповідних атестаційних органів за результатами атестації.

Аварійно-рятувальні та інші невідкладні роботи проводяться відповідно до порядку, що визначається інструкціями, правилами, статутами, іншими нормативними документами щодо дій у надзвичайних ситуаціях, які затверджуються відповідними центральними органами виконавчої влади.

Зазначимо, що обов'язки рятувальників визначаються (деталізуються) відповідними статутами [11], посадовими інструкціями (обов'язками) та контрактами, які укладаються з ними під час їх прийому на службу або роботу, ми лише акцентуємо увагу на деякі обов'язки, що визначені Кодексом, а саме:

рятувальники зобов'язані:

активно проводити аварійно-рятувальні та інші невідкладні роботи, гасіння пожеж та вживати всіх необхідних заходів для рятування населення, надання йому домедичної та іншої допомоги, не допускати невиправданого ризику;

у разі виявлення у позаслужбовий час пожежі або іншої надзвичайної ситуації повідомити про неї аварійно-рятувальному (пожежно-рятувальному) підрозділу і до його прибуття взяти на себе рятування населення, керівництво аварійно-рятувальними роботами або гасінням пожежі та організувати надання домедичної допомоги постраждалим;

проходити періодичну підготовку з питань надання домедичної допомоги постраждалим унаслідок надзвичайних ситуацій.

Крім того, вперше на законодавчому рівні, окремим рядком визначено, що за неналежне виконання покладених обов'язків рятувальники несуть відповідальність згідно із законом.

Все зазначене свідчить про те, що уміння надання домедичної допомоги постраждалим, в тому числі і на пожежах, стає невід'ємною частиною професійної діяльності рятувальників.

У зв'язку з цим, у професійних аварійно-рятувальних службах* запроваджуються спеціальна підготовка рятувальників: фізична, медична та психологічна.

*професійна аварійно-рятувальна служба - аварійно-рятувальна служба, працівники якої працюють за трудовим договором, а рятувальники, крім того, проходять професійну, спеціальну фізичну, медичну та психологічну підготовку. Медична підготовка для осіб, які не мають базової медичної освіти, включає у себе набуття навиків надання домедичної допомоги постраждалим.

Порядок підготовки та підвищення кваліфікації з надання домедичної допомоги осіб, які зобов’язані її надавати, визначено постановою Кабінету Міністрів України [12].

Наведемо лише основні його положення.

Цей Порядок визначає процедуру підготовки та підвищення кваліфікації осіб, які згідно зі своїми службовими обов'язками зобов'язані володіти знаннями і практичними навичками надання домедичної допомоги (далі - підготовка та підвищення кваліфікації).

Підготовка та підвищення кваліфікації проводяться з метою набуття особами, які згідно зі своїми службовими обов'язками зобов'язані надавати домедичну допомогу, знань та практичних навичок з надання такої допомоги особам, які перебувають у невідкладному стані.

Підготовка та підвищення кваліфікації проводяться за очною формою навчання і поділяються на перший, другий та третій рівень.

Строк підготовки та підвищення кваліфікації залежить від рівня знань і практичних навичок особи. Вимоги щодо рівня знань і практичних навичок та відповідні строки підготовки та підвищення кваліфікації затверджуються Міністерством охорони здоров‘я.

Порядок підготовки та підвищення кваліфікації рятувальників визначається центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту, за погодженням з центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері освіти і науки.

Направлення осіб для проходження підготовки здійснюється протягом трьох місяців з моменту призначення на посаду.

Особі, яка пройшла підготовку та успішно склала відповідний іспит, видається посвідчення про підготовку з надання домедичної допомоги, строк дії якого становить п'ять років.

Підвищення кваліфікації проводиться один раз на п'ять років.

Висновки

1. Організацію та надання екстреної медичної допомоги на території відповідної адміністративно – територіальної одиниці здійснює центр екстреної медичної допомоги, який за умов виникнення надзвичайних ситуацій та ліквідації їх наслідків, у разі потреби, залучає заклади охорони здоров’я, які не входять до системи екстреної медичної допомоги, та їх працівників і технічні ресурси до надання медичної допомоги.

2. Екстрена медична допомога особам, що перебувають у невідкладному стані як в повсякденних умовах життєдіяльності, так і за умов надзвичайних ситуацій та небезпечних подій, надається професійно підготовленими медичними працівниками на місці події, на етапах евакуації та у лікувальних закладах охорони здоров’я.

3. Домедична допомога надається на місці події особами, які не мають медичної освіти, але за своїми службовими обов’язками зобов‘язані володіти навичками з її надавання.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Скидан М.А., Терентьєва А.В. Деякі проблемні питання цивільного захисту (медичний аспект). Науковий вісник УкрНДІПБ № 1 (25), 2012 –с.32-38
2. Закон України «Про внесення змін до Основ законодавства України про охорону здоров'я щодо удосконалення надання медичної допомоги» від 07.07.2011 № 3611-V
3. Закон України "Про порядок проведення реформування системи охорони здоров'я у Вінницькій, Дніпропетровській, Донецькій областях та місті Києві" від 07.07.2011р. № 3612.
4. Закон України "Про екстрену медичну допомогу від 05.07. 2012 р. № 5081-VI

5. Постанова Кабінету Міністрів України від 21 листопада 2012 р. № 1116 "Про затвердження Типового положення про центр екстреної медичної допомоги та медицини катастроф"

6. Постанова Кабінету Міністрів України від 21 листопада 2012 р. № 1117 "Про затвердження Типового положення про станцію екстреної (швидкої) медичної допомоги "

7. Постанова Кабінету Міністрів України від 21 листопада 2012 р. № 1114 "Про затвердження Типового положення про бригаду екстреної (швидкої) медичної допомоги".

8. Постанова Кабінету Міністрів України від 21 листопада 2012 р. № 1121 "Про затвердження Порядку взаємодії закладів охорони здоров'я, що входять до системи екстреної медичної допомоги, з аварійно-рятувальними службами та підрозділами центральних та інших органів виконавчої влади, органів влади Автономної Республіки Крим, органів місцевого самоврядування під час виникнення надзвичайних ситуацій та ліквідації їх наслідків"

9. Постанова Кабінету Міністрів України від 21.11.2012 № 1118 "Про затвердження Порядку інформування бригад екстреної (швидкої) медичної допомоги про виклик екстреної медичної допомоги та їх направлення на місце події"

10. Кодекс цивільного захисту України від 02.10.2012 № 5403-VI

11. Наказ МНС України від 13.03.2012 № 575 "Про затвердження Статуту дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів ОРС ЦЗ", зареєстрований в Міністерстві юстиції України 25.05.2012 № 835/21147

12. Постанова Кабінету Міністрів України від 21.11.2012 № 1115 "Про затвердження Порядку підготовки та підвищення кваліфікації осіб, які зобов'язані надавати домедичну допомогу".

❖ ❖ ❖

УДК 614.8

В.В. Ковалишин, д-р техн. наук, доц.

ПЕРЕВІРКА НА АДЕКВАТНІСТЬ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ РОЗВИТКУ І ГАСІННЯ ПОЖЕЖ В КАБЕЛЬНИХ ТУНЕЛЯХ (В ОБМЕЖЕНИХ ОБ'ЄМАХ)

Розроблена математична модель для прогнозу розвитку та припинення горіння. Проведені експерименти на маломасштабних пожежах підтвердили її адекватність.

Ключові слова: небезпечні фактори пожежі, моделювання процесів горіння і гасіння, установка з визначення ефективності гасіння, температура.

V. Kovalyshyn, Doc. of Sc. (Eng.), Docent

CHECK THE ADEQUACY MODELING OF DEVELOPMENT AND EXTINGUISHING FIRES IN CABLE TUNNELS (IN A LIMITED VOLUME)

A mathematical model for predicting the development and stop burning. Experiments on small-scale fires confirmed its adequacy.

Keywords: hazards of fire, combustion modeling and extinguishing installation to determine the efficiency, temperature.

В попередніх дослідженнях проведено ряд експериментів з дослідження процесів горіння кабелів при різних умовах вентиляції [1]. Для прогнозу процесів горіння та гасіння в закритих об'ємах необхідно розробити математичну модель, яка враховує піроліз твердих горючих матеріалів, вплив на температуру хімічних реакцій газоподібних продуктів з киснем. Це повинно бути підтверджено експериментальними дослідженнями [1,2].

Дослідження проводилось в створеній установці з дослідження процесів горіння та гасіння з довжиною камери 2 м, а її висота і ширина у просвіті дорівнювали відповідно 0,6 м і 0,4 м, а наведений діаметр камери d дорівнює:

$$d = \frac{4S}{\Pi} = 0{,}48 \text{ м.}$$

При реальному наведеному діаметрі кабельного тунелю 2 м геометричний масштаб моделювання становить 1:4.

Потужність витяжної вентиляції забезпечує рух повітряного потоку всередині камери d від 0,024 до 0,076 м^3/с із середньою швидкістю газового потоку 0,1 - 0,3 м/с. Це відповідає числу Рейнольдса:

$$\mathrm{Re} = \frac{ud}{\nu} = \frac{(0{,}1 - 0{,}3) \cdot 0{,}48}{1{,}5 \cdot 10^{-5}} \approx 3000 - 10000$$

В такому випадку, режим руху газів у камері є турбулентним як на реальному об'єкті, тобто – значно більшим за поріг ламінарного руху, що дорівнює 2000.

Кабельна продукція розміщується на лотках на висоті 20, 30 см від нижнього рівня камери. В камеру згоряння завантажують 7,25 кг кабельної продукції, з якої 5 кг це горюча ізоляція, кабелі довжиною 1 м, п'ять частин займають площу 0,3 м^2. Підпалюють кабельну

лінію протягом 4 хв газовим пальником з робочою довжиною 30 см. За цей час настає стійке горіння.

Рисунок 1 — Установка визначення горіння кабелю та ефективності гасіння різними вогнегасними речовинами в закритих об'ємах

Експерименти проходять за умов, вказаних у [1]

Експериментальні дані, отримані в лабораторних умовах показали, що під час виникнення навіть незначної пожежі, концентрація кисню спочатку різко знижується і досягає значення 5% всього через 8 – 10 хв з урахуванням тривалості розпалювання. Після цього у міру загасання пожежі концентрація кисню поступово відновлюється, що наочно представлено на рис. 3.

Отримана замкнута система рівнянь на основі рівнянь тепломасопереносу [3], що дозволяє отримувати чисельними методами розв'язок задачі виникнення і розповсюдження теплоти в потоці повітря при пожежах з урахуванням динаміки концентрацій кисню

$$\begin{aligned}
&\frac{\partial C}{\partial \tau} + u\frac{\partial C}{\partial x} = D\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - qC_0/(H_c\rho_k);\\
&\frac{\partial T}{\partial \tau} + u\frac{\partial T}{\partial x} = a_1\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\alpha\Pi}{2\rho c_p S}(T-\theta) + q/(\rho c_p);\\
&\frac{\partial \theta}{\partial \tau} = \frac{a_2}{2\Delta r^2}(2T_0 - \theta + T);\\
&q = \frac{\chi\upsilon_0 bH_c}{SC_0}Ce^{-k(wt-x)/u},
\end{aligned} \qquad (1)$$

де C – концентрація кисню, об. частки; C_0 – початкова концентрація кисню, об. частки; Т – температура повітря, К; T_0 – початкова температура повітря до пожежі, К; θ – температура навколишнього масиву, К; τ – час з моменту виникнення пожежі, с; x – поздовжня, уздовж каналу, координата, м; r – поперечна координата від стінки каналу вглиб навколишнього масиву, м; ρ – щільність повітря, кг/м^3; $\rho_к$ – щільність кисню, кг/м^3; c_p – питома теплоємність повітря при постійному тиску, Дж/(кг К); u – поздовжня швидкість повітря, м/с; D –

коефіцієнт дифузії кисню, м^2/с; a_1 – коефіцієнт температуропровідності повітря, м^2/с; a_2 – коефіцієнт температуропровідності навколишнього масиву, м^2/с; S – площа поперечного перерізу каналу, м^2; $П$ – периметр поперечного перетину каналу, м; b – ширина поверхні піролізу горючого матеріалу, м; q – інтенсивність вигоряння продуктів піролізу горючих матеріалів, кВт/м^3; χ – коефіцієнт неповноти згоряння горючого матеріалу; H_c – теплота згоряння летючих речовин, кДж/кг; k – константа швидкості реакції при піролізі, 1/с; w – швидкість руху фронту полум'я, м/с; υ_0 – початкова масова швидкість надходження продуктів піролізу в потік повітря, кг/(м^2 с); α – коефіцієнт теплообміну потоку повітря зі стінками каналу, Вт/(м^2 К).

Для зручності моделювання система рівнянь (1) приведена до безрозмірного вигляду і представлена в кінцевих різницях

$$\begin{aligned}
&\frac{\Delta\overline{C}}{\Delta\overline{\tau}}+\frac{\Delta\overline{C}}{\Delta\overline{x}}=\frac{1}{Pe_д}\frac{\Delta^2\overline{C}}{\Delta\overline{x}^2}-\overline{q}AB\overline{C};\\
&\frac{\Delta\overline{T}}{\Delta\overline{\tau}}+\frac{\Delta\overline{T}}{\Delta\overline{x}}=\frac{1}{Pe_1}\frac{\Delta^2\overline{T}}{\Delta\overline{x}^2}+St(\overline{T}-\overline{\theta})+\overline{q}B\overline{C};\\
&\frac{\Delta\overline{\theta}}{\Delta\overline{\tau}}=\frac{1}{Pe_2}(T-\theta);\\
&\overline{q}=e^{-K(\overline{w}\,\overline{\tau}-\overline{x})}.
\end{aligned} \qquad (2)$$

Тут введені безрозмірні параметри концентрації кисню і температур:

$$1)\,\overline{C}=C/C_0;\quad 2)\overline{T}=(T-T_0)/T_0;\quad 3)\overline{\theta}=(\theta-T_0)/T_0. \qquad (3)$$

Характерними параметрами для часу і відстані можуть вважатися кратність обміну повітря на певній довжині, яку приймемо рівною максимальній довжині зони горіння $l = x_2 - x_1$ (рис 2).

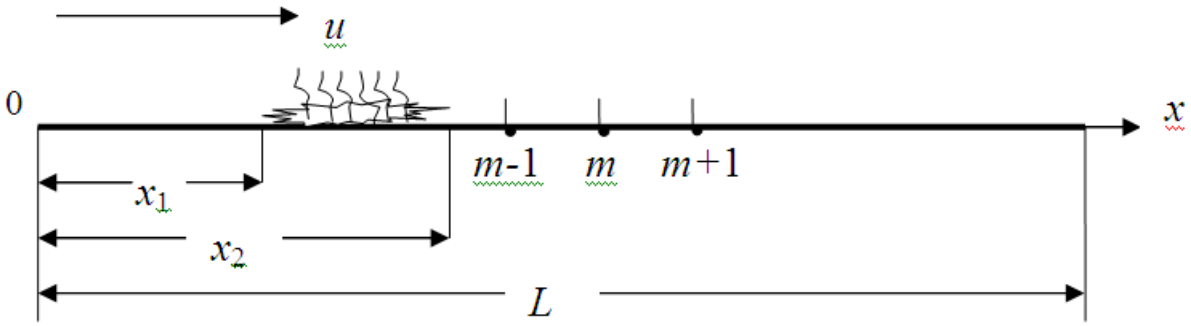


Рис.2. Схема ділянки із зазначенням зони горіння

Тоді безрозмірні відстані і час будуть рівні

$$1)\,\overline{x}=x/l;\quad 2)\overline{\tau}=u\tau/l. \qquad (4)$$

У систему рівнянь (2) введено такі критерії подібності:
$Pe = ul/D$ – дифузійне число Пекле;
$Pe_1 = ul/a_1$ – температурне число Пекле в потоці повітря;
$Pe_2 = ul/a_2$ – температурне число Пекле в навколишньому масиві;

$St = \dfrac{\alpha \Pi l}{2\rho c_p Q}$ – критерій Стантона теплообміну потоку повітря з навколишнім масивом;

$K = \dfrac{kl}{u}$ – критерій швидкості піролізу;

$B = \dfrac{\chi \upsilon_0 F H_c}{\rho c_p T_0 Q}$ – критерій теплової енергії пожежі;

$A = \dfrac{\rho c_p T_0 C_0}{\rho_k H_c}$ – критерій теплоємності повітря.

Добуток ширини зони горіння на її довжину, представлено, як площу поверхні, що палає: $F = bl$, яка під дією вогнегасної речовини зменшується.

Крайові умови для системи рівнянь (2) представлені у вигляді

$$\begin{aligned} &\overline{C}(\bar{x},0) = \overline{C}(0,\bar{\tau}) = \overline{C}(\infty,\bar{\tau}) = 1; \\ &\overline{T}(\bar{x},0) = \overline{T}(0,\bar{\tau}) = \overline{T}(\infty,\bar{\tau}) = 0; \\ &\overline{\theta}(\bar{x},0) = \overline{\theta}(0,\bar{\tau}) = \theta(\infty,\bar{\tau}) = 0; \\ &\overline{q}(\bar{x}_1,0) = B; \quad \overline{q}(\bar{x} \neq \bar{x}_1,0) = 0. \end{aligned} \tag{5}$$

Остання крайова умова вказує на те, що в результаті займання в точці $\bar{x}_1$ виникає теплове джерело, яке з часом буде переміщатися і згасати згідно четвертому рівнянню системи (2).

Система рівнянь (2) розв'язувалася чисельним методом за комбінованою схемою [4] при $\overline{D} = \bar{a}_1 = 0$. У результаті отримана наступна система рівнянь

$$\begin{aligned} \overline{C}_m^{n+1} &= \frac{[1-(Cu+\overline{q}_m^n)/2]\overline{C}_m^n + CuZ_m^n}{1+(Cu+\overline{q}_m^n)/2}; \\ \overline{T}_m^{n+1} &= \frac{[1-(Cu+St)/2]\overline{T}_m^n + St\overline{\theta}_m^n + B\overline{q}_m^n(\overline{C}_m^n + \overline{C}_m^{n+1})/2}{1+(Cu+St)/2}; \\ \overline{\theta}_m^{n+1} &= \frac{(1-\bar{a}_2/2)\overline{\theta}_m^n + \bar{a}_2\overline{T}_m^n}{1+\bar{a}_2/2}. \end{aligned} \tag{6}$$

Тут параметр $\overline{Z}_m^n$ означає відносну концентрацію кисню перед осередком пожежі. У розімкнутому контурі це концентрація кисню при нормальних умовах $\overline{Z}_m^n$=1. У замкнутому контурі при рециркуляції параметр $\overline{Z}_m^n$ знаходиться з використанням ще одного рівняння

$$V_1 \frac{dZ}{d\tau} = -(Z-C)Q + (C_0 - C)Q_1, \tag{7}$$

де V_1 – об'єм зони рециркуляції пожежних газів за винятком зони горіння, м^3; Q – витрата пожежних газів, м^3/с; Q_1 – підсмоктування повітря, м^3/с.

Аналіз рівняння (7) показує, що зміна концентрації кисню в часі в зоні рециркуляції за межами осередку пожежі буде відбуватися за рахунок надходження в цей об'єм концентрації кисню з осередку і концентрації кисню із зовнішнього середовища. Так, за відсутності підсмоктування чистого повітря ($Q_1 = 0$), чого в реальних умовах навряд чи можна здійснити, утворюється повністю замкнутий контур, а при підсмоктуванні чистого повітря до осередку пожежі ($Q_1 = Q$) контур повністю розімкнений і до осередку пожежі надходить чисте повітря з концентрацією $Z = C_0$.

Рівняння (7) в кінцевих різницях має вигляд

$$\overline{Z}_m^{n+1} = (1 - Cu_1)\overline{Z}_m^n + (1 - \overline{Q}_1)Cu_1\overline{C}_m^n + Cu_1\overline{Q}_1, \quad (8)$$

де $Cu_1 = Q\Delta\tau / V_1$ – число Куранта перед зоною горіння; $\overline{Q}_1 = Q_1 / Q$ – відносна величина підсмоктування повітря.

Отримана система рівнянь (6) і (8) дозволяє моделювати процеси горіння в кабельному каналі, як без рециркуляції пожежних газів, так і при їх рециркуляції.

На рис. 3 представлені експериментальні та розрахункові дані динаміки зміни в часі концентрації кисню в кабельному тунелі під час пожежі без впливу на нього будь-якого засобу пожежогасіння.

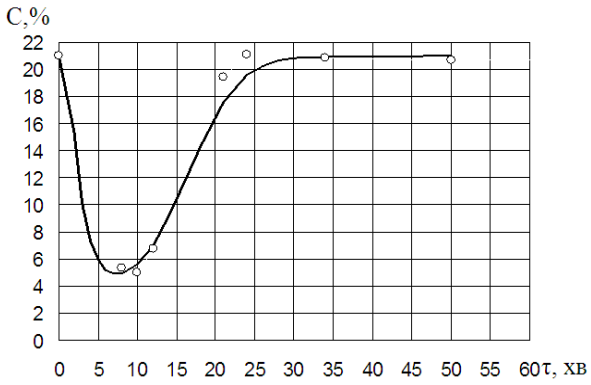


Рисунок 3 — Динаміка змінення концентрації кисню в кабельному тунелі під час пожежі із самозагасанням (маркери – дані експерименту, суцільна лінія – дані чисельного розрахунку на ЕОМ)

Як видно, концентрація кисню в даному експерименті знизилась навіть до 5 %, при цьому бачимо, що розбіжність теоретичних та експериментальних досліджень не перевищує 7%.

На рис. 4 представлені експериментальні та розрахункові дані динаміки в часі змінення температури в кабельному тунелі під час пожежі без впливу на нього будь-якого засобу пожежогасіння.

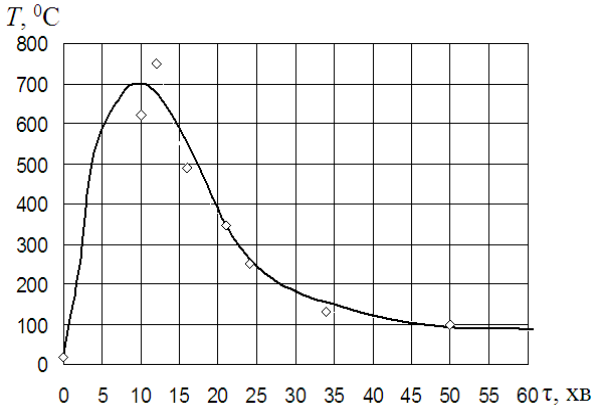


Рисунок4 — Експериментальні та розрахункові дані динаміки змінення температури в кабельному тунелі при пожежі без впливу на нього будь-якого засобу пожежогасіння (маркери – дані експерименту, суцільна лінія – дані чисельного розрахунку на ЕОМ)

Вхідні до формули (6) параметри при розрахунках прийняті рівними: Cu = 0,5; $\overline{D} = \overline{a}_1 = 0$; $\overline{a}_2$ = 0,0006; St_c = 16; A = 0,02; B = 6000. Порівняння розрахункових і експериментальних даних рис.3 і рис.4 доводить, що вони задовільно узгоджуються між

собою і не перевищують 15%. Стає очевидним нерозривність зв'язку температури і кисню, особливо при застосуванні рециркуляції пожежних газів.

Деяка невідповідність максимальної температури мінімальної концентрації кисню пояснюється процесами теплообміну пожежних газів з навколишнім масивом і алюмінієвими провідниками. Результати чисельних розрахунків в графічному вигляді при рециркуляції пожежних газів наведені на рис. 5.

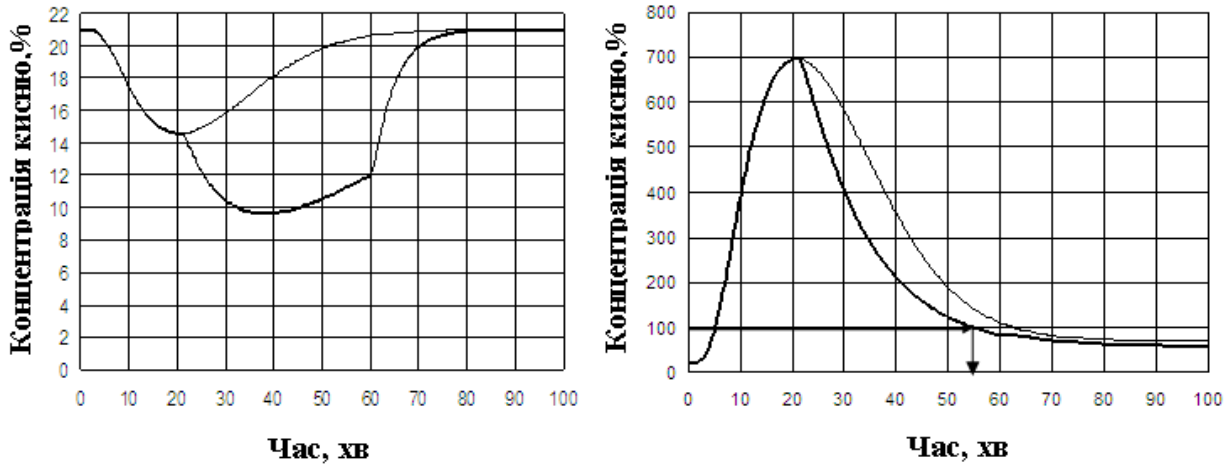


Рисунок 5 — Динаміка змінення концентрації кисню і температури в ізольованому відсіку тунелю при розвитку пожежі без застосування засобів пожежогасіння (тонкі лінії) і при рециркуляції продуктів згоряння (жирні лінії) протягом 40 хвилин

Як показують результати розрахунків, рециркуляція пожежних газів протягом 40 хвилин, починаючи з 21-ї хвилини, не дає помітних результатів, незважаючи на те, що концентрація кисню на короткий час знижувалася до 9%. Так, час загасання пожежі зменшується всього на 10 хвилин. Це пояснюється великим об'ємом ізольованого відсіку 160 м^3 при довжині зони горіння, l_m = 5,6 м і швидкості повітря u = 0,15 м/с. Тому рециркуляцію пожежних газів доцільно здійснювати спільно з іншими засобами пожежогасіння.

Таким чином, за допомогою математичного моделювання пожеж у кабельних тунелях можна не тільки досліджувати процеси горіння, а й прогнозувати ефективність впливу на них різних засобів пожежогасіння.

Слід також відзначити, що створена установка для дослідження процесів горіння та визначення ефективності гасіння різними вогнегасними речовинами в закритих об'ємах (рис.1) може бути використана для визначення небезпечних факторів пожежі та вивчення продуктів піролізу горючих матеріалів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дмитровский С. Ю. Динамика температуры в кабельных туннелях при рециркуляции продуктов горения / С. Ю. Дмитровский, А. В. Ревякин // Горноспасательное дело: Сб. науч. тр. – Донецк: НИИГД, 2006. – Вып. 43. – С. 90 – 96.
2. Ковалишин В. В. Дослідження з визначення небезпечних факторів пожежі в тунелях / В. В. Ковалишин // Вісник ЛДУБЖД : Зб. наук. праць. – Л., 2013. – № 9. – С. 129-135.
3. Лыков А. В. Тепломассообмен (Справочник) / А. В. Лыков. – М.: Энергия, 1980. – 580 с.
4. Самарский А. А., Гулин А. В. Численные методы. – М.: Наука, 1989. – 432с.

❖ ❖ ❖

УДК 001.57:3.55

В.В. Хижняк, кан. техн. наук, ст. наук. співроб., С.П. Куліков, д-р техн. наук, проф.

ОЦІНЮВАННЯ ВАРТІСНИХ ПОКАЗНИКІВ АВІАЦІЙНОГО ПОШУКУ З ВИКОРИСТАННЯМ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Розглядаються питання використання безпілотних літальних апаратів для авіаційного пошуку об'єктів, що зазнали лиха. Аналізуються вартісні показники: льотної години БПЛА; огляду всієї зони; огляду одиниці площі для різних схем пошуку об'єкта у заданому секторі.

Ключові слова: авіаційний пошук, безпілотний літальний апарат, вартісні показники.

V. Khyzhniak, Cand. of Sc. (Eng.), Sen. St. Sc., S. Kulikov, Doc. of Sc. (Eng.), Prof.

ESTIMATION OF COST INDEXES OF AVIATION SEARCH USING UNMANNED AERIAL VEHICLES

The article examines the use of unmanned aircraft for aviation search for objects that are in distress. Cost parameters are analyzed: UAV flight hours; review of the entire area; review unit area for various schemes locate an object within a given sector.

Keywords: aviation search, an unmanned aerial vehicle, cost indexes.

Сьогоднішній ринковий підхід до замовлення і закупівлі техніки припускає, що складна техніка типу безпілотних комплексів не розробляється на замовлення, а обирається із зразків, які надають виробники. Причому підприємство-виробник повинно за власний рахунок розробити та створити зразок, провести випробування, підготувати відповідну техніко-економічну документацію. Виготовлення техніки, зокрема безпілотних комплексів, значно відрізняється від виготовлення інших апаратів. Наприклад, підприємство-виробник навряд чи буде за свій рахунок виготовляти гіростабілізовану платформу для супроводження рухомих об'єктів, радіолокаційну станцію із синтезованою апертурою, повітряний гамма-спектрометр, авіаційний пошуковий магнітометр, повітряний звукометричний комплекс, лазерний локатор – не маючи замовлення на реалізацію.

У державних установах України останнім часом простежується чітка тенденція замовляти значну кількість невеликих безпілотних літальних апаратів (БПЛА), на противагу великим. Пропонується замовити десятки тактичних та оперативно-тактичних і жодного БПЛА оперативного класу. При цьому не враховуються оперативні завдання, які повинні бути виконані БПЛА. Кількість БПЛА оперативного класу має бути невеликою – до десяти. Такий підхід обумовлюється ще і масо-габаритними характеристиками та вартістю деяких елементів бортових комплексів (БК). Наприклад, РЛС із синтезованою апертурою має вагу близько 200 кг, а лазерний локатор коштує близько 2 млн дол., що не дає можливості їх виготовляти (закупляти) у великій кількості.

Разом з тим, БПЛА оперативного класу, маючи на борту повний комплект БК, можуть виконувати завдання у всіх діапазонах та у повному обсязі на всіх рівнях застосування. Тому оцінювання БПЛА різних класів з урахуванням вартісних показників є актуальним і важливим науково-практичним завданням сьогодення.

Останніми роками у багатьох роботах на основі аналізу застосування БПЛА висвітлюються питання напрямів подальшого розвитку БПЛА [1, 2, 3, 5, 6, 8]. Робляться висновки щодо тенденцій створення БПЛА оперативного рівня, що значно розширює можливості їх застосування. Цікава дискусія розгорнулась між ЦНДІ "АРКС" [4, 7, 9] та НПЦ

“Новик-XXI” [10, 11, 12], суть якої полягає у виборі вартісних показників оцінювання ефективності застосування БПЛА. Так, у роботах [4, 7, 9] пропонується узагальнити опис та співвідношення різних класів БПЛА, тоді як у [10, 11, 12] навпаки цей підхід вважається контрпродуктивним, робиться висновок про неможливість порівнювати апарати різного призначення. При цьому практична відсутність математичного апарату та вихідних даних у цих публікаціях не дає можливості проаналізувати і перевірити наведені результати проведених досліджень. Надані графічні залежності, розрахункові дані та висновки недостатньо обґрунтовані, інколи мають загальний декларативний характер.

Виділення раніше нерозв’язаних складових загальної проблеми, яким присвячується стаття. Розвиток проектування та виготовлення БПЛА потребує чіткого розуміння можливостей БПЛА при їх застосуванні. Необхідність розв’язання цієї проблеми визначається відсутністю потрібного фінансування та неможливістю виробництва деяких елементів БК.

У зв’язку з цим назріла гостра потреба у виробленні науково обґрунтованих методичних підходів оцінювання безпілотних літальних апаратів різних класів з урахуванням вартісних показників. Це дасть змогу більш цілеспрямовано розв’язувати завдання створення перспективних БПЛА, а також чітко формувати вимоги до них, визначати економічну ефективність конкретних БПЛА, порівнювати та обирати найкращі з них.

Для розв’язання наведеної вище проблеми потрібно:

1. Визначити коефіцієнт співвідношення маси корисного навантаження до загальної маси, його математичне очікування та середньоквадратичну похибку.

2. Визначити вартість льотної години БПЛА, яка враховує максимальну тривалість польоту, кратність застосування та первинну вартість БПЛА.

3. Для різних умов ведення пошуку розрахувати площі зони огляду, смуги сканування, кількість прольотів у зоні огляду, час польоту, вартість огляду всієї зони, вартість огляду одиниці площі для різних схем пошуку об’єкта у заданому секторі.

Враховуючи наведене, метою і основним змістом статті є висвітлення методичного підходу до оцінювання БПЛА різних класів з урахуванням вартісних показників.

Витрачати бюджетні кошти на доопрацювання існуючих БПЛА – вже безперспективно. Доцільно розробляти нові тактико-технічні завдання та спрямовувати кошти на проектування нових комплексів, які будуть спроможні якісно розв’язувати поставлені завдання з авіаційного пошуку.

Малоперспективними проектами БПЛА слід вважати такі, що мають невелике значення співвідношення маси корисного навантаження до загальної маси БПЛА. Наприклад, на озброєнні ЗС України знаходиться БПЛА Ту-243 “Рейс”, який має загальну масу 1400 кг, а корисне навантаження тільки 130 кг. Водночас ізраїльський БПЛА “Hermes 450” при загальній масі 450 кг має масу корисного навантаження 150 кг, тобто коефіцієнт співвідношення K маси корисного навантаження до загальної маси БПЛА буде дорівнювати:

$$K = \frac{\textit{маса корисного навантаження } (M_к)}{\textit{загальна маса } (M_з)} = \frac{150}{450} = 0,33. \qquad (1)$$

Розглянемо це співвідношення на прикладі деяких БПЛА (табл. 1).

Обчислимо математичне очікування M та середньоквадратичну похибку σ співвідношення маси корисного навантаження до загальної маси БПЛА за формулами:

$$M = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} K_i \ , \qquad (2)$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(M - K_i)^2, \quad (3)$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2}, \quad (4)$$

де *n* – кількість значень *Ki* по кожному класу БПЛА.
Отримані результати наведені у табл. 2 та на рис. 1.

Таблиця 1 — Співвідношення маси корисного навантаження до загальної маси БПЛА

n	**Країна**	**БПЛА**	***M*к, кг**	***M*з, кг**	***K***
1	2	3	4	5	6
Тактичні БПЛА (радіус дії до 80 км)					
1	Україна	Факс-1	5	14	0,36
2	Україна	Фазан	10	50	0,20

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6
3	Україна	Бекас-2	5	15	0,33
4	Україна	Альбатрос-4	3	20	0,15
5	Україна	Орлан	7	21	0,33
6	Україна	А-11 “Стриж”	5	25	0,24
Оперативно--тактичні БПЛА (радіус дії до 300 км)					
7	Україна	Птах	15	40	0,38
8	Україна	Беркут-1	50	110	0,45
9	Україна	Беркут	60	190	0,32
10	Україна	ХАІ-112	15	45	0,33
11	Україна	Пошук-2	15	45	0,33
12	Україна	R-600	25	60	0,42
13	Україна	Стрепет-С	50	150	0,33
14	Росія	Юлия-Э	100	550	0,18
15	Росія	Иркут-200	50	200	0,25
16	Ізраїль	Hermes 450	150	450	0,33
17	Ізраїль	Hermes 900	300	970	0,31
Оперативні БПЛА (радіус дії до 800 км)					
18	США	MQ-1 Predator	340	1020	0,33
19	США	Boeing X-48A	395	1130	0,35
20	Росія	Аист	100	550	0,18
21	Ізраїль	Heron	250	1100	0,23
22	Ізраїль	IAI Searcher	63	372	0,17
23	Україна	Фенікс	150	750	0,20
24	Україна	Фенікс-2	172	520	0,33

Обчислимо математичне очікування *M* та середньоквадратичну похибку σ співвідношення маси корисного навантаження до загальної маси БПЛА за формулами:

$$M = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} K_i, \quad (2)$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(M - K_i)^2, \quad (3)$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2}, \quad (4)$$

де n – кількість значень Ki по кожному класу БПЛА.
Отримані результати наведені у табл. 2 та на рис. 1.

Таблиця 2 — Математичне очікування та похибки співвідношення маси корисного навантаження до загальної маси БПЛА

Клас БПЛА	$\sum_{i=1}^{n} K_i$	M	$\sum_{i=1}^{n}(M - K_i)^2$	σ^2	σ
Тактичні БПЛА	1,61	0,268	0,035	0,0059	0,0769
Оперативно-тактичні БПЛА	3,64	0,331	0,054	0,0047	0,0686
Оперативні БПЛА	1,8	0,257	0,042	0,0050	0,0704
Загальне значення	7,05	**0,294**	0,132	0,0060	**0,0774**

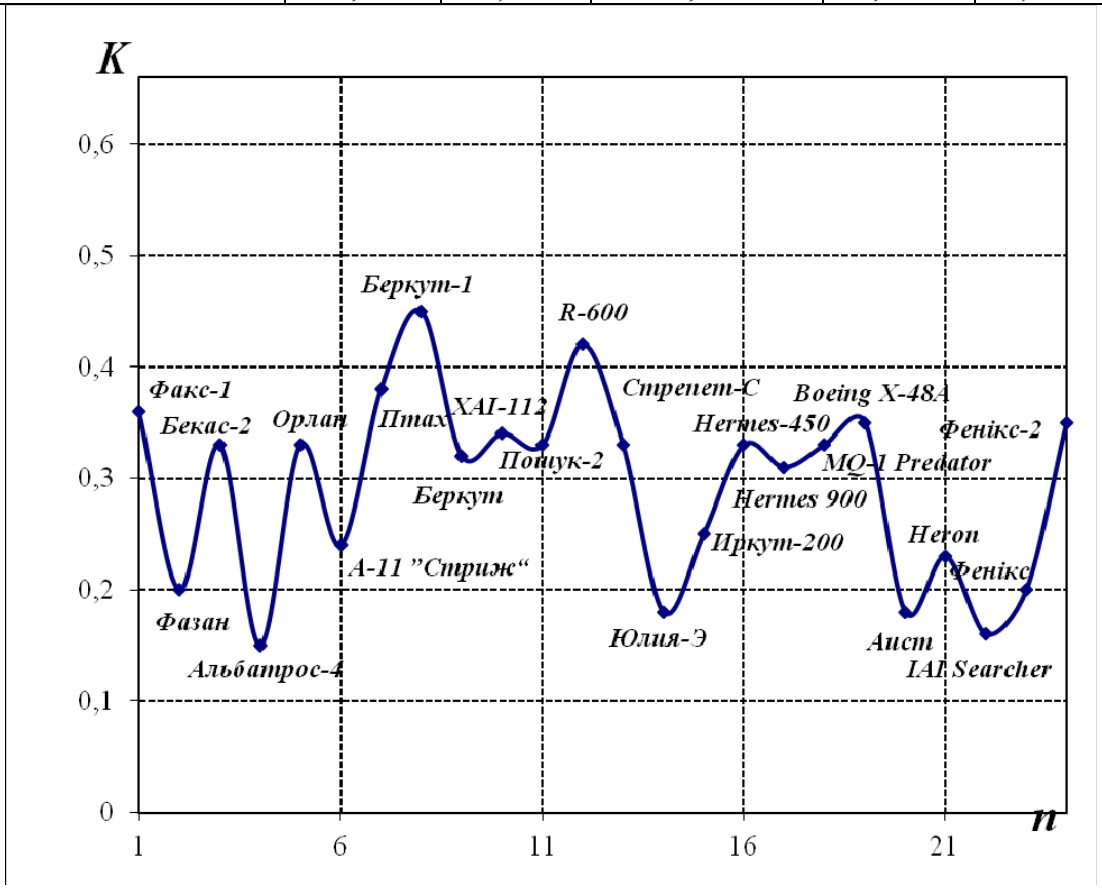


Рисунок 1 — Співвідношення маси корисного навантаження до загальної маси БПЛА

Аналізуючи отримані результати, можна зробити такі висновки.

По-перше, користуючись вищенаведеними даними (які не є повними, тут потрібно брати значно більшу вибірку типів БПЛА), отримаємо, що співвідношення маси корисного навантаження до загальної маси БПЛА становить близько 30% (враховуючи σ від 21% до 37%).

По-друге, коефіцієнт K залежить від багатьох параметрів: конструктивних особливостей літака, його типу, якості двигуна, кількості пального, швидкості та розрахункової висоти польоту при застосуванні тощо.

По-третє, маса корисного навантаження визначає кількість та масо-габаритні характеристики апаратури бортового комплексу, її склад та завдання, які може виконувати БПЛА. Таким чином, для оптимізації БК потрібно розробляти комплект БК для кожного класу БПЛА окремо, зі своїми оперативно-тактичними вимогами. Так, наприклад, сканери оптичного діапазону можуть мати вагу від десятки грамів до десятків кілограмів. Існує значна диспропорція між різними параметрами БПЛА. За одним параметром БПЛА може відповідати вимогам, що висуваються до оперативного класу, а за іншим – оперативно-тактичного і навіть тактичного класу. Визначення експлуатаційного діапазону висот та швидкостей БПЛА є складним завданням, яке під силу підприємствам, що можуть проводити всебічні та дорогі льотні випробування. Але можна істотно скоротити їх обсяг, якщо підприємство має методики та обчислювальні потужності для їх моделювання.

Також необхідно враховувати проблеми комплектування різних за своєю природою датчиків у рамках обраного складу корисного навантаження, який встановлюється на борту БПЛА для конкретного польоту. Прагнення постійно мати на борту повний комплект бортового комплексу, незалежно від конкретних завдань польоту, впливає на зниження функціонально-економічної ефективності БПЛА. Така тенденція складається внаслідок того, що є прагнення зменшити кількість типів БПЛА за рахунок нарощування універсальності корисного навантаження. Але тоді більш ефективним є модульний принцип реалізації бортового комплексу. Суть цього принципу полягає у тому, що БПЛА конструктивно допускає зміну контейнерів з різного роду бортовим обладнанням. Інколи більш ефективно використовувати декілька БПЛА з різним корисним навантаженням, ніж один – з універсальним.

На перший погляд, ТТХ комплексів БПЛА, які пропонується розробляти і застосовувати при авіаційному пошуку (табл. 1), можливо реалізувати. Однак потрібно дослідити кратність їх застосування. Невелика кратність застосування БПЛА (у деяких випадках не більше п’яти разів – “Рейс”, “Рейс-Д”, “Стриж”) до його капітального ремонту або списання просто непорівнянна з пілотованими літаками. При цьому справедливою є така нерівність:

$$C_{\text{лг}} \geq \frac{C_n}{tn_k}, \tag{5}$$

де $C_{\text{лг}}$ – вартість льотної години БПЛА; t – максимальна тривалість польоту БПЛА; n_k – кратність застосування БПЛА; C_n – первинна вартість БПЛА.

Нерівність (5) має простий економічний зміст, який полягає в тому, що на вартість кожного польотного часу БПЛА переноситься частина первинної вартості БПЛА, яка обернено пропорційна нальоту БПЛА за весь термін його експлуатації. Або, можна сказати, що вартість амортизації БПЛА за час польоту дорівнює вартості БПЛА, поділеній на наліт БПЛА за весь час його експлуатації. Вираз (5) є нерівністю, бо БПЛА, крім прямої амортизації, має ще й інші витрати. Вартість льотного часу – це основна характеристика економічної ефективності. Для розрахунку вартості льотного часу скористаємося даними, які наведені у табл. 3.

Таблиця 3 — Початкова вартість та максимальна тривалість польоту БПЛА

Клас БПЛА	**Початкова вартість, тис. дол. (C_n)**	**Максимальна тривалість польоту, год. (t)**
Тактичні БПЛА	810	5
Оперативно-тактичні БПЛА	2000	10
Оперативні БПЛА	5000	20

Результати розрахунків вартості льотної години для оперативних, оперативно-тактичних и тактичних БПЛА наведені у табл. 4.

Таблиця 4 — Вартість льотної години БПЛА (тис. дол)

n_k	**Тактичні**	**Оперативно-тактичні**	**Оперативні**
1	1	2	3
2	81,000	100,000	125,000
4	40,500	50,000	62,500
6	27,000	33,333	41,667
8	20,250	25,000	31,250
10	16,200	20,000	25,000
12	13,500	16,667	20,833
14	11,571	14,286	17,857
16	10,125	12,500	15,625
18	9,000	11,111	13,889
20	8,100	10,000	12,500
22	7,364	9,091	11,364
24	6,750	8,333	10,417
26	6,231	7,692	9,615
28	5,786	7,143	8,929
30	5,400	6,667	8,333
32	5,063	6,250	7,813
34	4,765	5,882	7,353
36	4,500	5,556	6,944
38	4,263	5,263	6,579
40	4,050	5,000	6,250

Залежність вартості льотної години $C_{лг}$ від кратності n_k застосування БПЛА оперативного, оперативно-тактичного і тактичного класу, розрахована за виразом (5), показана на рис. 2.

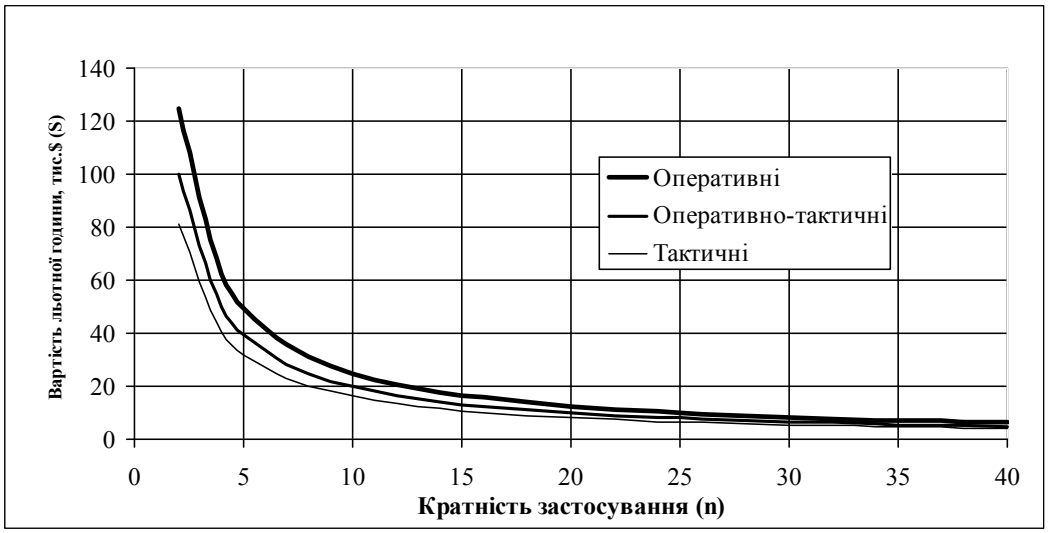


Рисунок 2 — Залежність вартості льотної години БПЛА (тис. дол.) від кратності застосування

Зважаючи на наведені дані (табл. 4, рис. 2), можна зробити такі висновки. При кратності застосування $n_k = 18$, між оперативними, оперативно-тактичними та тактичними БПЛА при оцінюванні вартості льотної години суттєвої різниці немає. Підвищення кратності застосування значно знижує вартість льотної години. Так, при кратності застосування $n_k = 6$, вартість льотної години буде у три рази більшою, ніж при кратності застосування, яка дорівнює 18.

Для визначення вартості огляду одиниці площі обраного району або зони оберемо такі вхідні дані. Розмір 50х50 км (тактичний рівень); розмір 250х250 км (оперативно-тактичний рівень); розмір 500х500 км (оперативний рівень). Розглянемо схему пошуку об'єкта БПЛА у заданій зоні огляду у вигляді прямокутника (рис. 3).

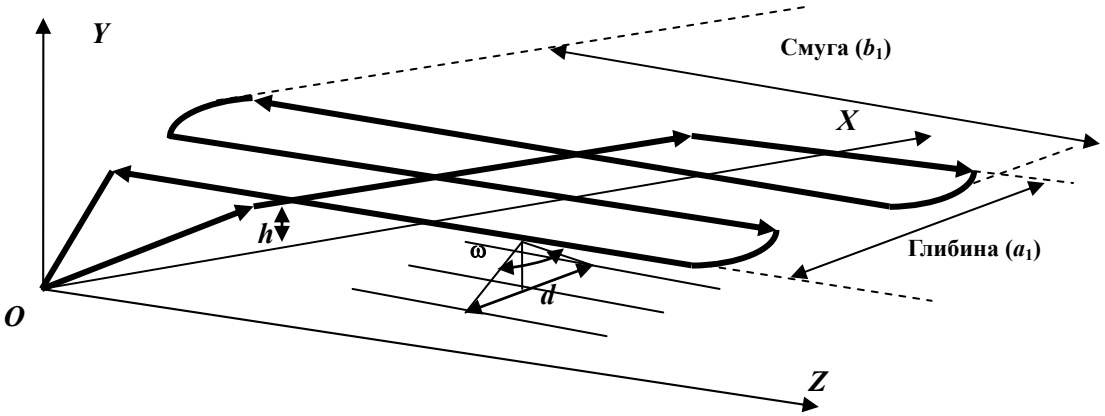


Рисунок 3 — Схема пошуку об'єкта у заданій прямокутній зоні

Для проведення подальших досліджень скористаємось такими формулами:
площа зони огляду:

$$S_1 = a_1 b_1; \tag{6}$$

смуга сканування:

$$d = 2h\,\mathrm{tg}\left(\frac{\omega}{2}\right), \tag{7}$$

де h – висота польоту БПЛА; ω – кут сканування БПЛА у надир;
кількість прольотів БПЛА у зоні огляду (кількість розворотів):

$$n_{\text{пр}} = \frac{a_1}{d}; \tag{8}$$

дальність польоту БПЛА у зоні огляду (з урахуванням розвороту):

$$D_1 \geq b_1 n_{\text{пр}} + a_1, \tag{9}$$

час польоту БПЛА у зоні огляду:

$$T = \frac{D_1}{V}, \tag{10}$$

де V – швидкість польоту БПЛА;
вартість огляду всієї зони огляду:

$$C_{\text{зони}} = T\,C_{\text{лг}}; \tag{11}$$

вартість огляду одиниці площі:

$$C_{\text{один}} = \frac{C_{\text{зони}}}{S_1 P_{\text{бз}}}; \quad (12)$$

$$P_{\text{бз}} = P_{\text{л}} P_{\text{брк}}, \quad (13)$$

де $P_{\text{бз}}$ – ймовірність виконання завдання БПЛА; $P_{\text{л}}$ – ймовірність виконання літаком польотного завдання; $P_{\text{брк}}$ – ймовірність попадання одиночного об'єкта пошуку в область огляду БК, тобто є характеристикою ефективності БК (можливість виявлення та розпізнавання об'єкта, тобто визначає чутливість бортової апаратури, її розрізняльна здатність, кут огляду тощо), незалежно від зовнішніх умов; у цьому випадку вважаємо $P_{\text{бз}} = 1$.

Результати розрахунків за наведеними вище формулами (при кратності застосування БПЛА, яке дорівнює 6 та 18), наведені у табл. 5 та на рис. 4.

Таблиця 5 — Вартість огляду одиниці площі (1 км2) БПЛА (тис. дол.)

Параметр		**Тактичний (h = 2 км, V = 100 км/год)**	**Оперативно-тактичний (h = 6 км, V = 200 км/год)**	**Оперативний (h = 12 км, V = 300 км/год)**
a_1 (км)		50	250	500
b_1 (км)		50	250	500
S_1 (км)		2500	62500	250000
ω = 15°	d (км)	0,5	1,6	3,2
	$n_{\text{кр}}$	100	156	156
	D_1 (км)	5050	39250	78500
	T (год)	50,5	196,25	261,67
	$C_{\text{зони}}$ 6/18 кр	1363 546	6542 2181	10903 3634
	$C_{\text{один}}$ 6/18 кр	**0,5454** **0,2182**	**0,1046** **0,0348**	**0,0436** **0,0145**
ω = 30°	d (км)	1	3,2	6,4
	$n_{\text{кр}}$	50	78	78
	D_1 (км)	2550	19750	39500
	T (год)	25,5	98,75	79
	$C_{\text{зони}}$ 6/18 кр	688,5 229,5	3291,6 1097,1	32.91,7 1098,1
	$C_{\text{один}}$ 6/18 кр	**0,2754** **0.0918**	**0,0527** **0,0176**	**0,0132** **0,0044**
ω = 45°	d (км)	1,7	5,0	9,9
	$n_{\text{кр}}$	29	50	50
	D_1 (км)	1500	12750	25050
	T (год)	15	63,75	83,5
	$C_{\text{зони}}$ 6/18 кр	405 135	2125 708,3	3479,2 1159,8
	$C_{\text{один}}$ 6/18 кр	**0,162** **0,054**	**0,034** **0,011**	**0,0139** **0,0046**
ω = 60°	d (км)	2,3	6,9	13,9
	$n_{\text{кр}}$	22	36	36
	D_1 (км)	1150	9250	18500
	T (год)	11,5	46,25	61,67

Продовження Таблиця 5

	$C_{зони}$ 6/18 кр	310,5 / 103,5	1541,7 / 513,9	2569,6 / 856,5
	$C_{один}$ 6/18 кр	**0,1242 / 0,0414**	**0,0247 / 0,0082**	**0,0103 / 0,0034**

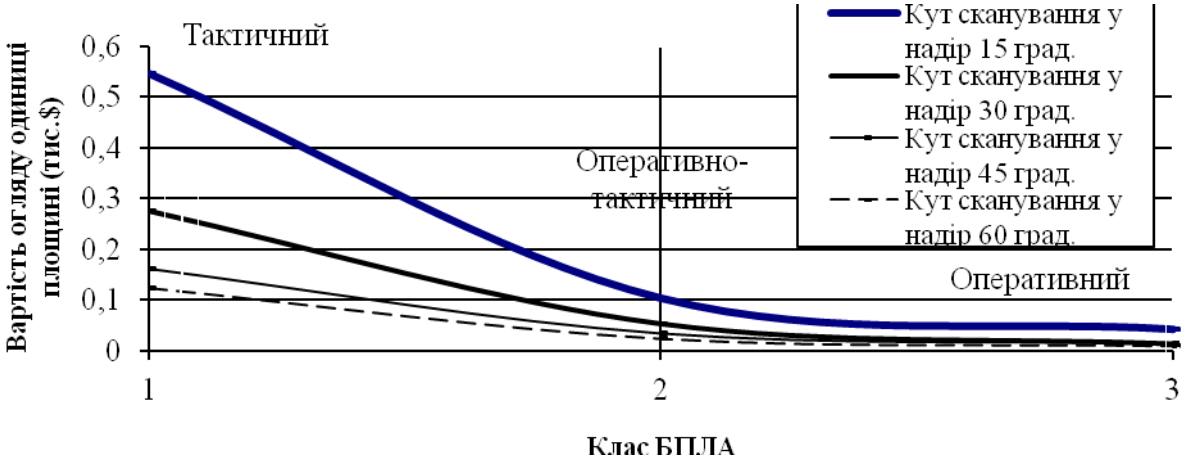


Рисунок 4 — Залежність вартості огляду одиниці площі (1 км2) БПЛА (тис. дол.) при кратності застосування БПЛА, яка дорівнює 6

Аналізуючи отримані результати, можна зробити висновок, що оперативний БПЛА більш ефективний за тактичний у 12–15 разів та оперативно-тактичний у 2–3 рази, для одного і того кута сканування БПЛА у надир. Але таке порівняння є не зовсім коректним. Зрозуміло, що висотний БПЛА при однаковому куті сканування порівняно з низьковисотним має значно гіршу розрізняльну здатність на місцевості. Певною мірою розрізняльна здатність на місцевості може характеризуватися смугою сканування d, тобто потрібно обрати такі дані, де цей параметр має істотно близькі значення. Тому доцільно при порівнянні обирати такі дані (табл. 5): для тактичних БПЛА при ω = 60о отримаємо d = 2,3 км, $C_{один}$(6/18 кр) = 0,1242/0,0414; для оперативно-тактичних БПЛА при ω = 30о отримаємо d = 3,2 км, $C_{один}$(6/18 кр) = 0,0527/0,0176; для оперативних БПЛА при ω = 15о отримаємо d = 3,2 км, $C_{один}$(6/18 кр) = 0,0436/0,0145. За таких умов можна зробити висновок, що за обраними показниками оперативний БПЛА більш ефективний за тактичний у 2,8 рази та и оперативно-тактичний у 1,2 рази.

Для оперативного рівня в інтересах оперативних командувань ЗС України доцільно використовувати схему пошуку об’єкта з БПЛА у заданому секторі пошуку (рис. 5).

У такому випадку площа зони огляду буде дорівнювати:

$$S_2 = \frac{(b_2 + c_2)\ a_2}{2} = m\ a_2\ b_2, \tag{14}$$

де коефіцієнт скорочення площі m (співвідношення зони огляду у вигляді трапеції до прямокутника) буде дорівнювати:

$$m = \frac{S_2}{a_2 b_2} = \frac{(b_2 + c_2)a_2}{2a_2 b_2} = \frac{b_2 + c_2}{2b_2}. \tag{15}$$

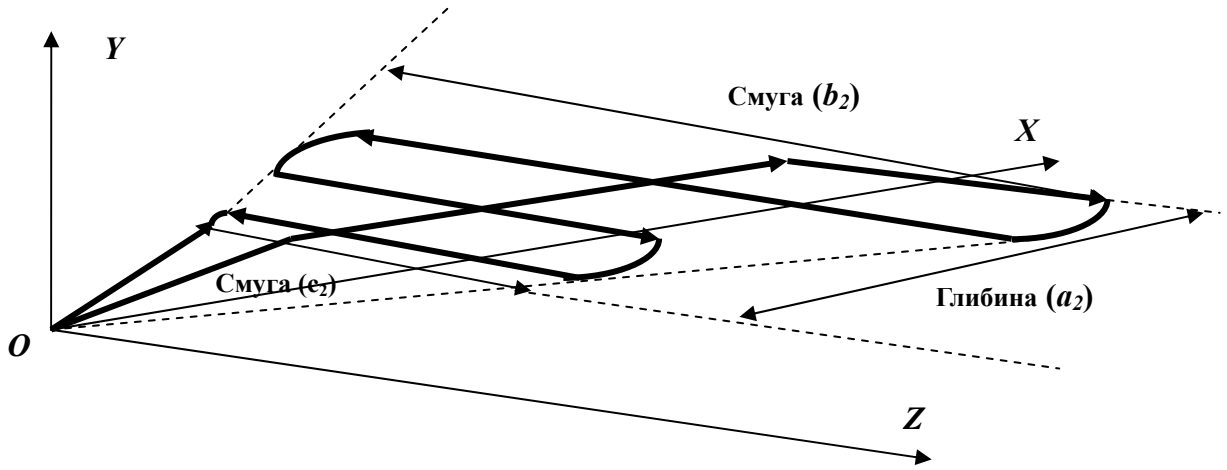


Рисунок 5 — Схема пошуку об'єкта у заданому секторі огляду

Смуга сканування та кількість прольотів БПЛА у зоні огляду обчислюються за формулами (7) та (8), а дальність польоту БПЛА у зоні огляду (з урахуванням розвороту) буде визначатися як

$$D_2 \geq m(b_2 n_{\text{пр}} + a_2). \tag{16}$$

Час польоту БПЛА у зоні огляду Т, вартість огляду всієї зони $C_{\text{зони}}$, вартість огляду одиниці площі $C_{\text{один}}$ обчислюються за формулами (10)–(12).

Як приклад, наведемо результати розрахунків за такими даними:

a_2 = 700 км, b_2 = 700 км, c_2 = 80 км, ω = 15°, h = 12000 м, V = 300 км/год.

Отримаємо такі результати: S_2 = 273000 км^2; m = 0,557143; d = 3,16 км; $n_{\text{кр}}$ = 222; D_2 = 869791,7 км; T = 289,31 год; $C_{\text{зони(при } n_k=6)}$ = 12054,5 тис. дол.; $C_{\text{зони (при } n_k=18)}$ = 4018,17 тис. дол.; $C_{\text{один (при } n_k=6)}$ = 0,044156 тис. дол.; $C_{\text{один(при } n_k=18)}$ = 0,014719 тис. дол. Причому слід зауважити, що параметр c_2 не впливає на вартість огляду одиниці площі, вона буде такою ж, як і у випадку використання зони огляду у вигляді прямокутника, тому що коефіцієнт скорочення площі m однаково пропорційно впливає на площу зони огляду S_2, дальність польоту БПЛА у зоні огляду D_2 і на вартість огляду одиниці площі $C_{\text{один}}$. Але він суттєво підвищує (знижує) інші параметри. Це видно з порівняння отриманих даних із відповідними даними, наведеними у табл. 5, де вартість сканування зони 500х500 км для ω = 15° при n_k = 6 становить 10903 тис. дол., водночас вартість сканування зони у вигляді трапеції з основами 80 і 700 км та глибиною 700 км становитиме 12 054,5 тис. дол., що дає можливість правильно розраховувати вартісні показники щодо застосування БПЛА.

При застосуванні БПЛА за умов баражування вздовж державного кордону отримаємо такі ж результати, як для розтягнутої площинної зони.

Висновки. Математичне очікування коефіцієнта співвідношення маси корисного навантаження до загальної маси становить близько 30% із середньоквадратичною похибкою 8%.

Вартість льотної години БПЛА, яка враховує максимальну тривалість польоту, кратність застосування дорівнює 40 та первинна вартість БПЛА становить: оперативних, оперативно-тактичних, тактичних – 4–6 тис. дол.

Для різних зон пошукових дій з урахуванням площі зони огляду, смуги сканування, кількості прольотів у зоні огляду, часу польоту, вартості огляду всієї зони, вартість огляду одиниці площі для різних схем пошуку об'єкта у заданому секторі огляду оперативними БПЛА більш ефективна, ніж тактичними у 2,8 рази та оперативно-тактичними – у 1,2 рази.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Попов В. Пентагон оснащает войска беспилотниками / В. Попов, Д. Федутинов // Независимое военное обозрение. – 24 декабря 2004.
2. Беляев В. Современные зарубежные БПЛА и перспективы их развития. "Хищник" выходит на охоту / В. Беляев // Авиация и космонавтика. – 2005. – № 1. – С. 12–21.
3. Щербаков В. Поиск беспилотников для Российской армии. Нужны ли Вооруженным силам РФ зарубежные аппараты? / В. Щербаков // Независимое военное обозрение. – 28 ноября 2008.
4. Ростопчин В. Беспилотные авиационные системы: основные понятия [Електронний ресурс] / В. Ростопчин, И. Бурдун // Электроника НТБ. – 2009. – Вып. № 4. – Режим доступу до журналу : www.electronics.ru/journal/article/222.
5. Unmanned Aerial Vehicles and Targets. Issue Twenty-three – November 2004.
6. Беспилотные летательные аппараты / С. М. Ганин, А. В. Карпенко, В. В. Колногоров, Г. Ф. Петров. – СПб. : Невский бастион, 1999. – 160 с.
7. Ростопчин В. В. Применение беспилотных летательных аппаратов в борьбе с распространением наркотических веществ [Електронний ресурс] / В. В. Ростопчин, С. И. Федин. – Режим доступу : http://www.uav.ru/, 2006.
8. Unmanned Aircraft Systems Roadmap 2005–2030. – DoD : Office of the Secretary of Defence, 2005.
9. Ростопчин В. В. Элементарные основы оценки эффективности применения беспилотных авиационных систем для воздушной разведки [Електронний ресурс] / В. В. Ростопчин. – Режим доступу : www.avia.ru.
10. Лукашева Э. П. Главная тенденция ДПЛАстроения. Краткая статья к МАКС 2003 [Електронний ресурс] / Э. П. Лукашева. – Режим доступу : www.dpla.ru.
11. Лукашева Э. П. Воздушная разведка и наблюдение поля боя. В чём разница? [Електронний ресурс] / Э. П. Лукашева, Н. В. Чистяков. – Режим доступу www.dpla.ru.
12. Лукашева Э. П. Элементарные соображения по беспилотной воздушной разведке и наблюдению поля боя, а также по оптимизации беспилотных систем [Електронний ресурс] / Э. П. Лукашева, А. А. Силкин, Н. В. Чистяков. – Режим доступу : www.dpla.ru

❖ ❖ ❖

УДК 678.046.2

А.Ф. Никулин, д-р. техн. наук, А.Н. Титенко

КОМПЛЕКС СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ В СОСТАВЕ МОБИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ТЕРМОРАСШИРЕННОГО ГРАФИТА

Рассмотрены основы и особенности построения компьютеризованной системы управления при разработке проекта мобильной установки по производству терморасширенного графита, предназначенной для использования в условиях ликвидации последствий аварий, связанных с розливом нефти и нефтепродуктов.

Ключевые слова: компьютеризованная система управления, мобильная установка, терморасширенный графит, интеркалированный графит, последствия аварий.

A. Nikulin, Doct. of Sc. (Eng.), A. Titenko

COMPLEX OF FACILITIES OF AUTOMATION IN COMPOSITION THE MOBILE PLANT FOR THE PRODUCTION OF THE THERMALLY EXPANED GRAPHITE

The basics of building and features a computerized management system in the drafting of a mobile unit for the production of expanded graphite intended for use in disaster recovery, associated with filling oil and petroleum products.

Keywords: computer-assisted system of automatic control, mobile setting, expanded graphite, graphite intercalation compound, consequences of the accidents.

Задачи по созданию мобильной установки по производству терморасширенного графита обуславливают необходимость её оснащения компьютеризованной системой автоматического управления (САУ).

Установка предназначена для производства терморасширенного графита (ТРГ) из исходного сырья – интеркалированного графита (ИКГ) по схеме проточного типа непосредственно в условиях проведения аварийно-спасательных работ по минимизации последствий аварий, связанных с разливом нефти и нефтепродуктов.

Целью работы является формирование основ проектирования компьютеризованной системы автоматического управления такой установки.

По нашему мнению САУ должна отвечать таким основным требованиям:

- простота и минимум функций оператора, включая запуск и остановку, при автоматической реализации техпроцесса;
- автоматическая подстройка системы при изменяющихся условиях внешней среды и показателях качества исходного сырья – ИКГ;
- автоматическая реакция системы на внештатные ситуации.

Главным оптимизационным параметром получения ТРГ является степень увеличения удельной поверхности, что, собственно, и определяет его адсорбционную способность [1,2]. Достижение этой цели является сложной, многофакторной задачей, требующей поэтапной детализации технологического процесса и управления технологическими факторами на базе САУ.

Технологический процесс, реализуемый в установке, можно описать поэтапно:

- предварительный разогрев исходного сырья в процессе транспортировки;
- поддержание оптимальной температуры в реакционной камере;
- дозированный ввод компонентов в реакционную камеру;
- поэтапный процесс расширения ИКГ в реакционной камере;
- стабилизация и вывод продукта.

Для формирования управляющего воздействия на всех этих этапах производится контроль температуры, давления и их регулирование путём изменения потока горячего газа, общей подачи ИКГ, коэффициента избытка воздуха.

САУ установки представляет собой единый программно-аппаратный комплекс, управляющий параметрами процессов, обеспечивающий функционирование и поддержание заданных технологических режимов работы установки.

Общая схема мобильной установки производства терморасширенного графита представлена на рис.1.

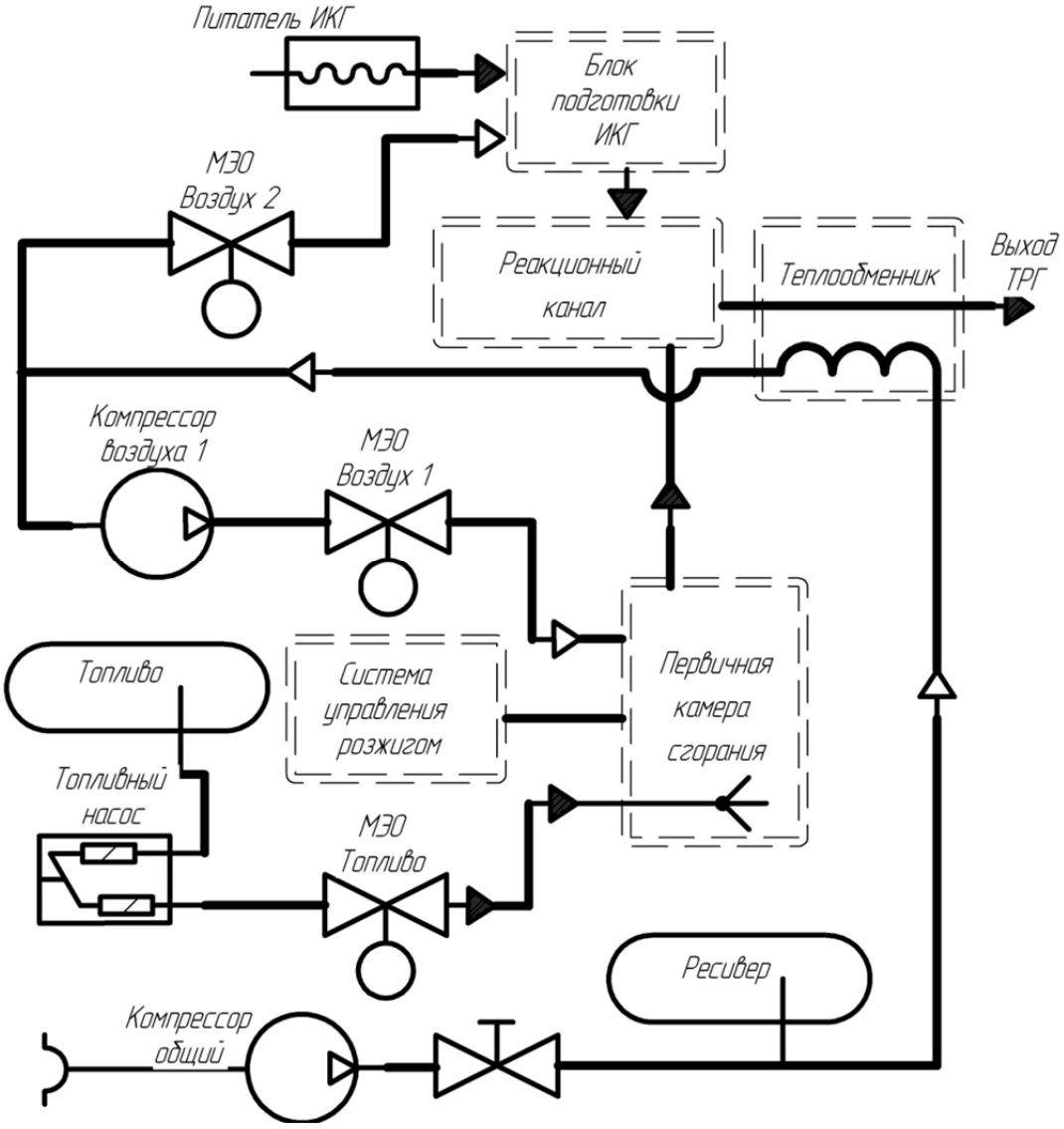


Рисунок 1 – Общая схема мобильной установки производства терморасширенного графита

Функционально установка состоит из следующих частей:

- подсистема питания топливом;
- подсистема питания воздухом;
- подсистема питания исходным сырьём (ИКГ);
- специализированной реакционной камеры;
- системы автоматического управления установки, включающие:
- подсистему получения и индикации текущих параметров технологического состояния установки;

- подсистема управления технологическими параметрами установки.

Целью функционирования САУ является:

- безопасный запуск установки со своевременным включением подсистемы питания;
- поддержание стехиометрического соотношения топливо-воздух с достаточно высокой точностью (~2,5%);
- поддержание заданной температуры в рабочей зоне установки;
- контроль установки и своевременное реагирование на нештатные ситуации (аварийные защиты);
- безопасный останов установки.

Структурная схема САУ представлена на рис.2.

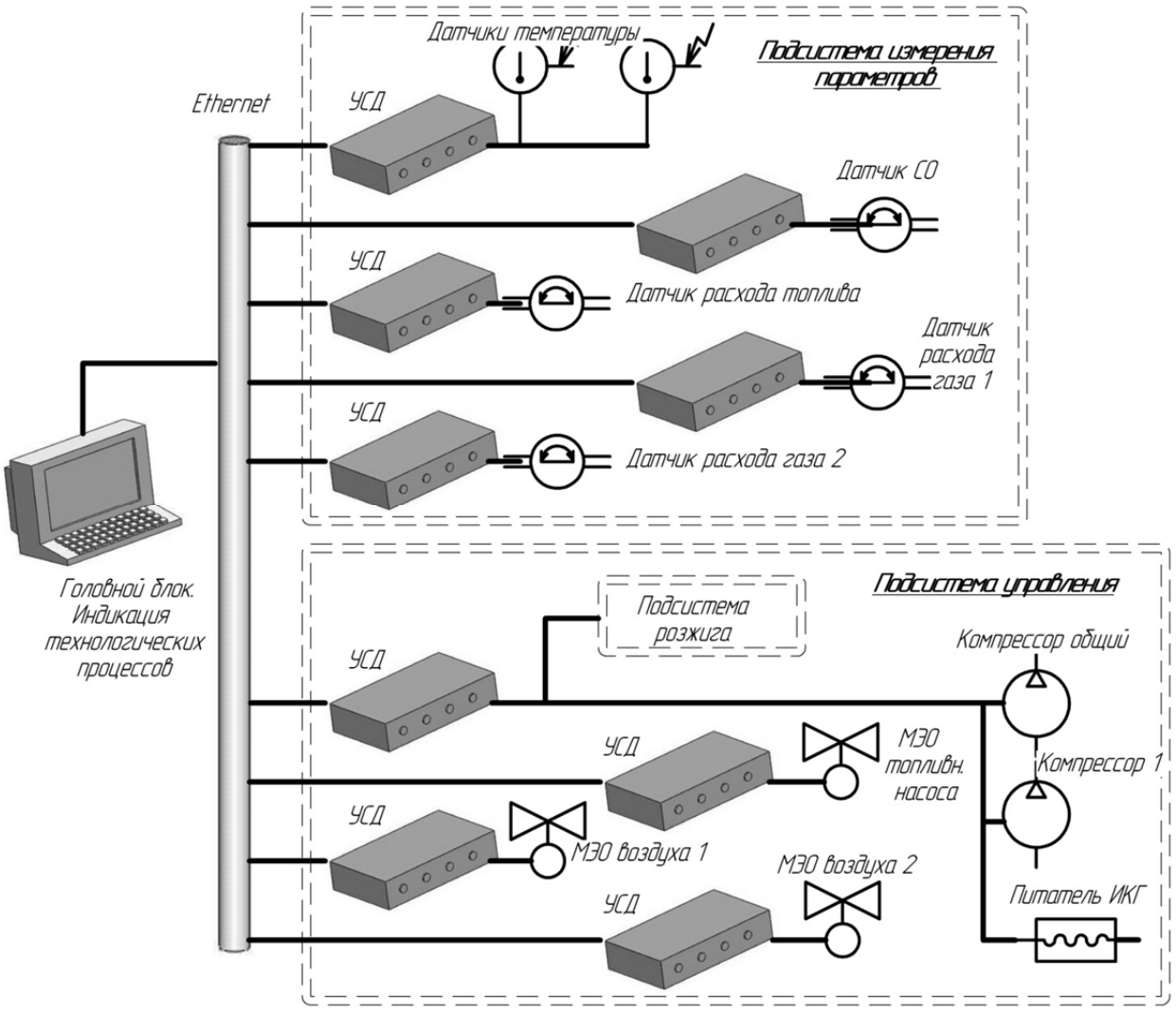


Рисунок 2 – Структурная схема САУ мобильной установки по производству терморасширенного графита

Подсистема измерения параметров состоит из:

- датчиков;
- нормирующих преобразователей;
- контроллеров (УСД), осуществляющих передачу информации в головной блок;
- программного обеспечения системы.

Подсистема управления состоит из:

- исполнительных элементов дискретного действия;
- регулирующих элементов;

- контроллеров (УСД), получающих информацию из головного блока о требуемом положении элементов и передающих информацию об их текущем положении;

- программного обеспечения, получающего информацию от подсистемы измерения параметров и принимающего решение о требуемом положении исполнительных органов в соответствии с заданным алгоритмом действия установки.

Таким образом сформулированы основные требования к конструкции и эксплуатационным характеристикам системы управления мобильной установки производства ТРГ, реализация которых является предметом наших дальнейших исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сорокина Н.Е., Никольская И.В., Ионов С.Г., Авдеев В.В. Обзоры. Интеркалированные соединения графита акцепторного типа и новые углеродные материалы на их основе. Изв. Академии наук, сер. хим. 2005 Т.54. №8. С.1699-1716.
2. Сорокина Н.Е., Авдеев В.В., Тихомиров А.С., Лутфуллин М.А., М.И. Саидаминов Композиционные материалы на основе интеркалированного графита. Учебное пособие по специальности «Композиционные материалы», Москва 2010.

❖ ❖ ❖

УДК 614.842

В.В. Ніжник, канд. техн. наук

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПОДАВАННЯ ВОДИ З СИСТЕМИ ПОЖЕЖОГАСІННЯ В ПІДКУПОЛЬНИХ ДЕРЕВ'ЯНИХ КОНСТРУКЦІЯХ КУЛЬТОВИХ СПОРУД

Розроблено методику проведення експериментальних досліджень з визначення інтенсивності та тривалості подавання води з системи пожежогасіння в підкупольних дерев'яних конструкціях культових споруд та проведено відповідні експериментальні та натурні вогневі дослідження.

Ключові слова: система пожежогасіння, підкупольні дерев'яні конструкції, інтенсивність подавання, тривалість подавання, культові споруди.

V. Nizhnyk, Cand. of Sc. (Eng.)

DETERMINATION OF PARAMETERS OF WATER WITH FEED IN EXTINGUISHING SYSTEM PIDKUPOLNYH WOOD CONSTRUCTION OF RELIGIOUS BUILDINGS

The method of experimental studies to determine the intensity and duration of water supply of fire extinguishing systems in pidkupolnyh wooden structures and places of worship performed the corresponding experimental and full-scale fire research.

Keywords: fire suppression system, pidkupolni wooden structures, feeding intensity, duration of feeding, places of worship.

За статистичними даними про пожежі щороку в культових спорудах України виникає близько 30 пожеж, із яких кожна третя супроводжується горінням підкупольних дерев'яних конструкцій. Під час таких пожеж ця частина культової споруди, як правило, згорає повністю та сприяє подальшому розповсюдженню пожежі. Причиною цього є не виконання вимог ДБН В.2.2-9-2009 «Громадські будинки та споруди. Основні положення» щодо обладнання куполів храмів виконаних із горючих матеріалів, системами пожежогасіння зокрема у зв'язку з тим, що відсутні обґрунтовані вихідні дані для розрахунку таких систем (інтенсивність та тривалість подавання води) [1].

У зв'язку з викладеним, метою цієї роботи є обґрунтування параметрів подавання води з системи пожежогасіння підкупольних дерев'яних конструкцій культових споруд (далі - ПДККС). Відповідно до сформульованої мети досліджень були поставлені до вирішення такі задачі:

- розробити методику проведення експериментальних досліджень з визначення параметрів подавання води системою пожежогасіння на гасіння пожеж в ПДККС та відповідне обладнання;
- провести експериментальні дослідження з визначення параметрів подавання води системою пожежогасіння ПДККС в залежності від відстані розташування фрагменту пожежної навантаги відносно зрошувачів системи пожежогасіння;
- провести натурні вогневі дослідження з визначення параметрів подавання води системою пожежогасіння ПДККС;
- обґрунтувати вихідні дані для розрахунку систем пожежогасіння ПДККС.

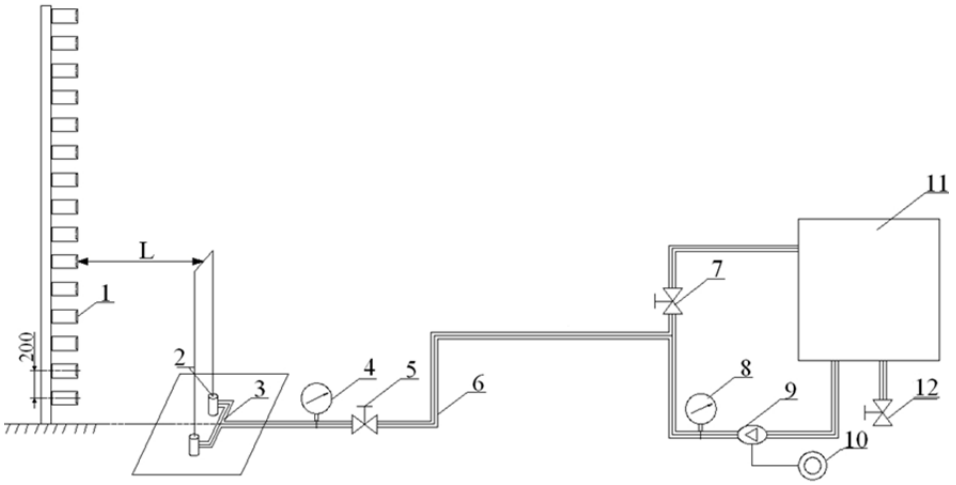
Об'єктом досліджень є параметри подавання води системою пожежогасіння ПДККС.

Предметом досліджень є чинники впливу параметрів подавання води системою пожежогасіння на процеси гасіння пожеж в ПДККС.

До основних параметрів подавання систем пожежогасіння, які є вихідними даними для їх проектування, відносяться інтенсивність та тривалість подавання вогнегасної речовини. Час гасіння пожежі $\tau_г$, залежить від інтенсивності подавання вогнегасної речовини, $\tau_г=f(J)$ [2-3].

Для експериментального обґрунтування параметрів подавання води системою пожежогасіння на гасіння пожеж в ПДККС було розроблено методику проведення експериментальних досліджень. Суть методики полягала у визначенні інтенсивності подавання води в залежності від відстані розташування фрагменту пожежної навантаги ПДККС відносно зрошувачів системи пожежогасіння та у подальшому проведені натурних вогневих досліджень із визначення інтенсивності та тривалості подавання води на гасіння пожежі в ПДККС.

Експериментальні дослідження з визначення інтенсивності подавання води з систем пожежогасіння в залежності від відстані (L) розташування фрагменту пожежної навантаги ПДККС відносно зрошувачів системи пожежогасіння проводилися на стенді, який зображено на рис.1.



1 – мірні контейнери; 2 – зрошувачі; 3 – розподільчий трубопровід; 4, 8 – манометри; 5 – запірний кран; 6 – магістральний трубопровід; 7 – запірний кран, за допомогою якого регулюються витрати води; 9 – насос НШН-600, 10 – електричний двигун; 11 – ємкість для води; 12 – зливний кран

Рисунок 1 – Стенд для експериментального визначення інтенсивності подавання води з систем пожежогасіння в залежності від відстані (L) розташування фрагменту пожежної навантаги ПДККС відносно зрошувачів системи пожежогасіння

Для проведення досліджень обрали евольвентні зрошувачі типу ОЕ-25, які відповідають вимогам [4]. Вибір евольвентних зрошувачів обґрунтовано тим, що такі зрошувачі створюють форму струменю води у вигляді конусу під час подавання у напрямку «з низу в гору». Така форма струменю води є дзеркальним відображенням форми куполу культової споруди, і забезпечує найбільш ефективний спосіб подавання води на гасіння пожежі в спорудах, які мають куполоподібну форму, зокрема для ПДККС.

В якості мірних контейнерів на стенді (рис. 1) використали ємкості об’ємом V=3 л з площею отвору S=0,053 м^2. Мірні контейнери розташовувались на вертикальній стійці висотою 2,8 м, що відповідає висоті найпоширенішого типу куполу в Україні, та який було прийнято для проведення досліджень [1], один над одним на відстані 0,2 м. Вертикальна стійка розташовувалась на відстані L по горизонталі від вісі евольвентних зрошувачів (рис. 1).

Дослідження розпочиналися під час вмикання електродвигуна (10) стенду, який приводив в роботу насос (9) на заданий проміжок часу (t=180 с), що забезпечувало подавання води з ємкості (11) через евольвентні зрошувачі (2) до мірних контейнерів (1). Після чого вимірювали об'єм води у контейнерах (1) за допомогою мірного циліндра та розраховували інтенсивність подавання води за формулою:

$$I = \frac{V}{t \cdot S}, \quad (1)$$

де V – об'єм води, що зібрано із і-го мірного контейнера (л);
t – заданий проміжок часу протягом, якого працювала система пожежогасіння t=180 с;
S – площа отворів мірних контейнерів S=0,053 м^2.

Середнє значення інтенсивності розраховувалося за формулою:

$$I_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^{n} I_i}{n}, \quad (2)$$

де Ii – інтенсивність зрошення для і-го мірного контейнера, л/с·м^2;
n – число мірних контейнерів.

Визначення інтенсивності подавання води, яку забезпечує система пожежогасіння проводили при різних значеннях відстані L для ряду від 0,2 м до 3,2 м із кроком 0,2 м по горизонталі. Оброблення результатів експериментальних досліджень проводилося відповідно до [5].

Результати експериментальних досліджень наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 — Результати експериментальних досліджень з визначення інтенсивності подавання води системою пожежогасіння в залежності від відстані (L) між зрошувачами та мірними контейнерами

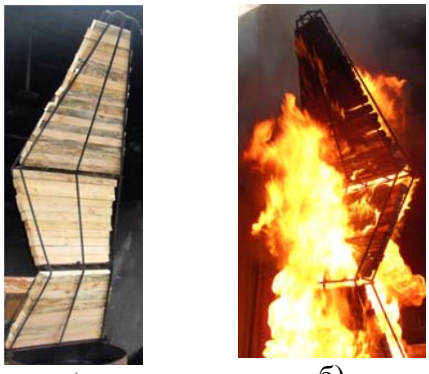
Значення відстані L, м	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2
Середнє значення інтенсивності, л/с·м^2	0,01	0,02	0,04	0,06	0,08	0,1	0,12	0,14	0,16	0,28	0,3	0,37	0,4	0,28	0,25	0,23

Таким чином, під час проведення натурних вогневих досліджень з визначення мінімальної інтенсивності та тривалості подавання води із системи пожежогасіння ПДККС початкове розташування евольвентних зрошувачі відносно макету пожежної навантаги слід забезпечити на відстані 0,8 м, при якій забезпечується інтенсивність подавання I=0,06 л/с·м^2 [1].

Натурні вогневі дослідження з визначення мінімальної інтенсивності та тривалості подавання води із системи пожежогасіння на гасіння пожежі в ПДККС проводили під час гасіння макету пожежної навантаги ПДККС, що імітує фрагмент найбільш поширеного в Україні типу куполу культової споруди. Макет пожежної навантаги представляв собою 1/8 частину купола з відповідною пожежною навантагою (Р=8МДж/м^2) [1]. Макет складався із дерев'яних соснових брусків розмірами в поперечному перерізі 50мм х 50мм, які укладались на металевий каркас. Вологість брусків становила в межах від 10% до 14%. Вологість контролювалася згідно з [6] за допомогою вологоміра типу ВПК-12. Зовнішній вигляд макету пожежної навантаги наведено на рис. 2а.

Для підпалювання макету пожежної навантаги використали вогнище пожежі класу В21, що представляє собою металеве деко з внутрішнім діаметром d=900 мм, висотою бортика h=150 мм. У вогнище типу В21 заливали 7 л води та 4л бензину марки А-92, що забезпечувало час його горіння 300±15 с та вигорання 45±5 % початкової маси деревини.

У разі успішного гасіння макету пожежної навантаги інтенсивність зменшували шляхом збільшення відстані L від макету пожежної навантаги до евольвентних зрошувачів стенду відповідно до таб.1, до тих пір доки не було визначено мінімальну інтенсивність під час якої гаситься макет пожежної навантаги ПДККС.



а) б)

Рисунок 2 — Загальний вигляд макету пожежної навантаги підкупольного простору культової споруди а) перед натурними дослідженнями б) під час натурних досліджень

Макет пожежної навантаги вважався погашеним, якщо після вимкнення системи пожежогасіння спостерігалася відсутність полум'яного горіння дерев'яних елементів макету пожежної навантаги, відсутність жару та не було повторного займання продовж 600 с з моменту вимкнення системи пожежогасіння [7, 8]. За результатами досліджень фіксувався час гасіння макету пожежної навантаги системою пожежогасіння при заданій інтенсивності. Для кожного значення інтенсивності проводилося не менше 3-х досліджень.

Результати натурних вогневих досліджень наведено в табл. 2.

Таблиця 2 — Результати натурних вогневих досліджень з визначення мінімальної інтенсивності та тривалості подавання води під час гасіння макету ПДККС

Інтенсивність подавання води, л/с·м^2	Тривалість подавання води, с	Результати натурних вогневих випробувань
0,06	49	Макет пожежної навантаги погашено. Відсутнє повторне займання дерев'яних конструкцій протягом 15 хвилин з моменту вимкнення системи пожежогасіння
0,04	107	
0,02	180	
0,01	600	Макет пожежної навантаги не погашено. Після припинення роботи системи пожежогасіння спостерігається горіння дерев'яних конструкцій макету пожежної навантаги

За результатами проведених натурних вогневих досліджень було визначено мінімальну інтенсивність та тривалість подавання води системою пожежогасіння на гасіння макету пожежної навантаги ПДККС, що становить $I_м$=0,02 л/с·м^2 та не менше t=180 с відповідно.

Після чого визначали нормативне значення інтенсивності подавання води системами пожежогасіння ПДККС за формулою:

$$I_н = K \cdot I_м, \quad (3)$$

де К – коефіцієнт поверхні горіння деревини, який приймається рівним 2,5 згідно з [9];

$I_м$ – мінімальна інтенсивність подавання води системою пожежогасіння на гасіння пожежі в ПДККС.

Підставивши отримане мінімальне значення інтенсивності подавання води системою пожежогасіння ПДККС $I_м$ у рівняння (3) отримаємо нормативне значення інтенсивності подавання води системою пожежогасіння в ПДККС, $I_н$=0,05 л/с·м^2, при цьому тривалість подавання води на гасіння пожежі в ПДККС повинна становити не менше 180с.

В результаті проведених експериментальних досліджень встановлено, що найефективніше розташування евольвентних зрошувачів на сухотрубі системи пожежогасіння ПДККС є в його нижній частині, а подавання води слід здійснювати з низу в гору. При цьому враховуючи конструктивні особливості куполу культових споруд ефективним є використання не менше двох евольвентних зрошувачів системи пожежогасіння, які повинні забезпечувати інтенсивність подавання води не менше ніж 0,05 л/с·м^2 та тривалість подавання води не менше 180 с.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ніжник В.В. „Удосконалення систем протипожежного захисту підкупольних дерев'яних конструкцій культових споруд” Дис. канд. техн. наук 21.06.02/ УкрНДІЦЗ. К.
2. Горшков В.И., Попов С.А., Сорокин Ю.М. Тушение горючих жыдкостей распыленной водой // Исследование процессов горения и тушения жидкостей, полимеров и металлов: Сб. науч. тр. – М.: ВНИИПО, 1990.- с. 7-12.
3. Кухто А.Н., Панин Е.Н. Зависимость времени тушения от интенсивности подачи воды. В кн.: Пожаротушение.- М.: ВНИИПО, 1984, с. 84-93.
4. ТУ 25.09.028-76 Ороситель эвольвентный ОЭ-16, ОЭ-25.
5. Рекомендации по обработке результатов прямых и косвенных измерений.- ВНИИПО.- М.: 1983. – 34с.
6. Пилопродукция и деревянные детали. Методы определения влажности // ГОСТ 16588-91.- [Чинний від 1993.01.01.].- 5 с.
7. Методика определения интенсивности подачи распыленной воды при тушении пожаров горючих веществ и материалов в помещениях эксперсс-методом применительно к спринклерно-дренчерным системам пожаротушения (N54-80) – М.: ВНИИПО, 1988.
8. Панин Е.Н. Методика определения огнетушащей способности воды.- В кн.: Пожаротушение.- М.: ВНИИПО, 1984, с. 77-84.
9. Абдурагимов И.М., Говоров В.Ю., Макаров В.Е. Физико-химические основы развития и тушения пожаров., Высшая инженерная пожарно-техническая школа МВД СССР.: М., 1980.- 255 с.

❖ ❖ ❖

УДК 614.8

И.Н. Грицына, канд. техн. наук, С.А. Виноградов, канд. техн. наук, Н.О. Консуров

ВЫСОКОСКОРОСТНЫЕ СТРУИ ЖИДКОСТИ КАК СРЕДСТВО ГИДРОРАЗРУШЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ

В работе рассмотрен механизм разрушения твердого хрупкого материала при воздействии на него высокоскоростной струей жидкости. Определены необходимые параметры струи для успешного разрушения бетонных и кирпичных элементов строительных конструкций. Предложена конструкция устройства гидроразрушения.

Ключевые слова: аварийно-спасательный инструмент, разрушение, высокоскоростная струя жидкости, гидропушка.

I. Gritsyna, Cand. of Sc. (Eng.), S. Vinogradov, Cand. of Sc. (Eng.), N. Konsurov

HIGH AS A MEANS OF LIQUID JET GIDRORAZRUSHENIYA ELEMENTS DURING CONSTRUCTION RESCUE OPERATIONS

In this paper, the mechanism of destruction of solid brittle material when subjected to a high-speed liquid jet . The necessary parameters of the jet for the successful demolition of concrete and brick construction elements . A design of the device gidrorazrusheniya.

Keywords: rescue tool, destruction, high-speed jet of liquid water cannon.

Успех аварийно-спасательных работ при разрушении зданий в основном зависит от времени, затраченного на их проведение. Это время зависит от средств, при помощи которых проводятся аварийно-спасательные работы, умений и навыков в их использовании, а также от умений правильно организовывать проведение аварийно-спасательных работ (АСР).

Очень часто при разрушении зданий образуются пустоты, в которых могут находиться пострадавшие. Для их спасения необходимо произвести проломы в стенах или в перекрытиях. При этом нужно помнить, что завал - это хаотическое нагромождение обломков строительных конструкций, мебели и сантехнического оборудования, зачастую с непредсказуемой стойкостью. Поэтому аварийно-спасательный инструмент, необходимый для создания проломов, должен обеспечивать достаточную производительность, быть компактным, переносным, работать по возможности без вибраций и обеспечивать минимальное пылеобразование. Предпочтительно, чтобы такой инструмент был безыскровым.

Наиболее полно вопрос о применении аварийно-спасательного инструмента рассмотрен в [1, 2]. Самым применяемым аварийно– спасательным инструментом является традиционный ручной, гидравлический, электрический и пневматический. К наиболее перспективным инструментам следует отнести системы гидроабразивной резки типа «Cobra» или ее российский аналог «Гюрза» [3]. Применение данных устройств целесообразно, когда речь идет о разрушении пластичных материалов, в том числе и для деблокирования пострадавших в ДТП. Однако при создании проломов в конструкциях разрушенных зданий мы имеем дело с бетоном, железобетоном, кирпичной кладкой. Любой из этих материалов намного лучше противостоит сжатию, чем растяжению, а во всех перечисленных выше устройствах реализуется разрушение сжатием (к примеру, внедрение твердого наконечника и даже воздействие высокоскоростной струей жидкости).

Чередование в строительных конструкциях напряжений сжатия и растяжения выше предельных значений при создании проломов позволит повысить производительность инструмента. Реализовать знакопеременные напряжения в конструкции можно с использованием импульсной ультраструи. Взаимодействие импульсной струи жидкости и твердотельной преграды рассматривалось в [4, 5].

В основу работы положена задача определения механизма разрушения твердого хрупкого материала при воздействии на него высокоскоростной струей жидкости, определение необходимых параметров струи и конструкции устройства гидроразрушения.

При воздействии импульсной струи жидкости на поверхность твердого тела, повреждение материала имеет различные особенности [4]. В хрупких и недостаточно пластичных материалах, к которым следует отнести бетон и кирпич, при скоростях удара, превышающих критическую скорость разрушения, образуются трещины. Они обычно зарождаются при прохождении волны напряжения в зонах высоких напряжений растяжения, которые возникают у границы области углубления вблизи поверхности преграды на некотором расстоянии от места удара. Сначала в зоне прохождения волны преобладают напряжения сжатия, но после того, как от контактной области отделяется волна сдвига, на значительное расстояние по радиусу распространяются напряжения растяжения заметной величины. Разрушение происходит либо вследствие прохождения волн напряжения, либо вследствие деформации, в зависимости от скорости распространения волн в материале преграды, а также от характеристик прочности материала на разрыв.

При воздействии волн напряжения, возникающих при ударе, очаги разрушения могут развиться на некотором расстоянии от контактного пятна, где давление максимально. Разрушение может произойти в результате взаимодействия волн напряжения с небольшими поверхностными трещинами и другими микроструктурными образованиями, которые являются концентраторами напряжений. Разрушение может также возникать и под действием волн напряжения, амплитуда которых в течение достаточно длительного промежутка времени превышает динамический предел прочности материала преграды. При этом повреждение материала волной напряжения не обязательно определяется взаимодействиями с микроструктурными элементами материала.

При средних скоростях распространения волн кольцевые трещины, обусловленные воздействием больших радиальных составляющих растягивающих напряжений, появляются раньше следов разрушения, возникающих вследствие деформации, или почти одновременно с ними. Конечно, во многих твердых хрупких материалах деформация в зоне контакта бывает небольшой, и при таком виде повреждений не достигается критического уровня напряжений, вызывающего разрушение материала.

При разрушении зданий возникает необходимость производить разрушение в стенах и плитах перекрытий. Толщина большинства стен для нашей климатической зоны не превышает 0,5-0,6 м, а плит перекрытий − 0,3 м.

Разрушения строительных бетонных конструкций высокоскоростной струей жидкости (ультраструей) наблюдается при скоростях порядка 500-600 м/с, при этом максимальная толщина фундаментного блока разрушенного экспериментально с первого выстрела – 0,5 м [5].

Процесс разрушения бетонной плиты упрощенно представлено на рис. 1. При воздействии ультраструи 5 на поверхности образуется динамическая воронка – разрушение за счет сжатия. Зона разрыхления (гидроэрозии) 2 образуется за счет активного образования трещин в бетоне при знакопеременных нагрузках. Большая часть измельченного материала выноситься из зоны хвостовой частью ультраструи. В зоне пластической деформации 3 разрушений не происходит. Напряжения в материале меньше предельных. Разрушения в данной зоне возможны при местном ослаблении материала (каверны, трещины и т.д.). В некоторых случаях возможно образование зоны откола 4. Наличие данной зоны типично для бетонных конструкций и приводит к тому, что пробитие конструкции возможно при меньших энергетических затратах. При аварийно-спасательных работах даже не большие

отверстия в конструкции увеличивают шансы на спасение пострадавших. В отверстие можно подать воздух, воду, обеспечить связь или оказать психологическую помощь.

Для оценки глубины проникновения $L_{пр}$ можно использовать формулу [6]

$$L_{пр} = k_n \lambda \frac{m}{d_c^2} V_c \cos\alpha \qquad (1)$$

где k_n – коэффициент прочности поверхности, зависящий от качества материала (для высокопрочного бетона k_n=9·10^{-7} м^2·с/кг);

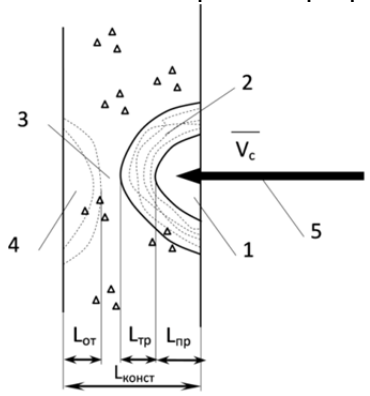
λ - коэффициент, характеризующий относительное влияние формы струи (для оценки принимаем λ = 1);

m - масса заряда, кг;

d_c – диаметр струи, м (для оценки можно принимать равным калибру установки);

V_c – скорость струи в момент столкновения с преградой, м/с;

α- угол падения струи по отношению к нормали преграды.



1 – динамическая воронка, 2 – зона разрыхления, 3 – зона упругих колебаний (зона сотрясения), 4 – зона откола, 5 – ультраструя

Рисунок 1 – Разрушение бетонной плиты при воздействии на нее ультраструи:

Проверка адекватности данной формулы по результатам, приведенным в [5], показал сходимость в пределах 20%. Формула не дает возможности определять протяженность зоны разрыхления $L_{тр}$ и зоны возможного откола $L_{от}$. Протяженность этих зон, как правило, определяется экспериментальным путем.

Величина проникновения струи в преграду из высокопрочного бетона по формуле (1) при α=0^0 (падение струи по нормали), d_c=0,015 м приведена в таблице 1. Масса заряда варьировалась в пределах от 50 до 200 грамм.

Анализ результатов (табл.1) показывает, что для пробития бетонных стен толщиной 0,2-0,5 м зарядом жидкости массой 100-150 г необходимо обеспечивать скорости струи в месте контакта с преградой V_c≈1000 м/с.

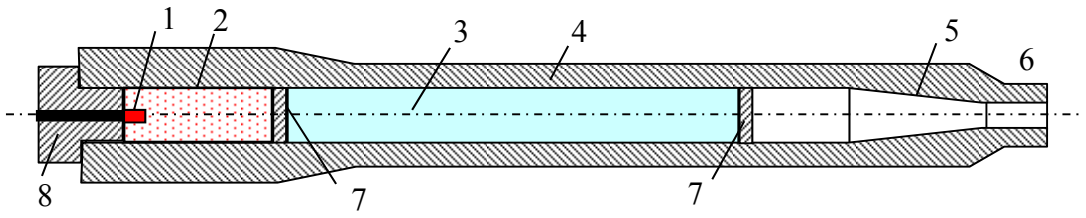
Таблица 1 — Глубина проникновения водяных струй в бетонную преграду в зависимости от скорости струи и массы заряда

Масса заряда *m, кг*	Скорость струи V_c, *м/с*							
	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
0,05	0,1	0,12	0,14	0,16	0,18	0,2	0,22	0,24
0,1	0,2	0,24	0,28	0,32	0,36	0,4	0,44	0,48
0,15	0,3	0,36	0,42	0,48	0,54	0,6	0,66	0,72
0,2	0,4	0,48	0,56	0,64	0,72	0,8	0,88	0,96

Для компенсации отдачи при создании огнестрельного оружия придерживаются соотношения, при котором масса оружия в 100 раз тяжелее заряда. С учетом данного соотношения, масса установки должна быть 20-25 кг. Установка такой массы относиться к переносным, а расчет не превышает двух человек.

Для обеспечения скоростей $V_c \approx 1000$ м/с целесообразно использовать гидропушку. Принципиальная особенность гидропушки – получение импульсных струй, динамический напор которых намного превышает статическое давление в стволе установки. Для проведения аварийно-спасательных работ установка должна обладать определенной автономностью, этим требованиям удовлетворяют гидропушки с пороховым приводом. Схематическая конструкция пороховой гидропушки представлена на рис. 2. При допустимых внутренних давлениях можно получать скорости более 2000 м/с [5], при этом динамический напор будет превышать 30 ГПа.

Процессы в пороховой гидропушке (ГП) начинаются с момента воспламенения пороха. В начальный момент (рис.2) воспламенитель 1 зажигает пороховой заряд, расположенный в камере сгорания 2. Пороховые газы разгоняют водяной заряд 3 в стволе 4, жидкость втекает в сопло 5. При втекании жидкости в сужающееся сопло вода дополнительно разгоняется и значительно увеличивает свою скорость. Сопло заканчивается коллиматором 6, который предназначен для стабилизации струи и увеличения дальности ее подачи.



1 – воспламенитель, 2 – камера сгорания, 3 – вода, 4 – ствол, 5 – сопло, 6 – коллиматор, 7 - пыж, 8 – затвор со спусковым механизмом.

Рисунок 2 – Пороховая гидропушка

Для создания аналогичных устройств целесообразно использовать гладкоствольные оружейные системы. Наиболее распространенными системами являются гладкоствольные ружья 12 калибра. Механика данных ружей отлично зарекомендовала себя. При упрочнении стволов и оборудовании их сопловыми приспособлениями можно создать установку, способную разрушать бетонные и кирпичные конструкции при проведении аварийно-спасательных работ. При длине 1 м в стволе может разместиться 0,2 кг воды, при этом разгонный участок составит ≈ 0,3 м. Полная зарядка ствола водой – 0,28 кг, в этом случае устройство будет работать в режиме импульсного водомета, дальность подачи струи увеличиться, а скорости истечения уменьшатся.

Выводы. Гидроимпульсные технологии являются перспективным направлением развития аварийно-спасательного инструмента. В работе показано, что разрушение строительных конструкций возможно импульсными струями массой 0,05-0,2 кг со скоростями падения на преграду 700-1200 м/с. Для получения таких параметров импульсной струи целесообразно использовать гидропушки, созданные с использованием существующих гладкоствольных систем. Масса установки для компенсации отдачи должна быть 20-25 кг. Это дает возможность необходимого упрочнения ствола. Таким образом, создание переносных устройств импульсного разрушения строительных конструкций жидкостью является возможным и перспективным направлением развития аварийно-спасательного инструмента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Учебник спасателя. / [С.К. Шойгу, М.И. Фалеев, Г.Н. Крилов и др.] – Краснодар: «Советская Кубань», 2002. – 528 с.
2. Аветисян В.Г. Рятувальні роботи під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій: посібник // Аветисян В.Г., Адаменко Н.И., Александров В.Л. – Київ: Основа, 2006. – 239 с.
3. Применение мобильного комплекса «Гюрза» для проведения операций повышенной сложности на объектах энергетики / [Алешков М.В., Безбородько М.Д., Емельянов Р.А., Плосконосов А.В.] // Пожары и чрезвычайные ситуации: предупреждение, ликвидация. – М.: Академия ГПС МЧС России. – 2012 . – №2. – С. 4-9.
4. Абашин М.И. Механизм гидроэрозионного разрушения твердотельной преграды / Абашин М.И., Хафизов М.В. // Электронное научно-техническое издание «Наука и образо-вание». – 2011. - №10. – Режим доступа к журналу: http://technomag.edu.ru/doc/223166.html.
5. Семко А.Н. Импульсные струи жидкости высокого давления / Александр Николаевич Семко - Донецк: Вебер (Донецкое отделение), 2007. – 149 с.
6. Ефимов М.Г. Теория проектирования артиллерийских снарядов. Часть II. Действие снарядов. / Ефимов М.Г. – Л.: Изд. Артиллерийской академии РККА им. Дзержинского, 1935. – 77 с.

❖ ❖ ❖

УДК 614.842

Р.І. Кравченко, канд. техн. наук, ст. наук. співроб., О.В. Савченко, В.В. Ніжник, канд. техн. наук

ІНФОРМАЦІЙНИЙ ПОШУК ЯК РЕСУРС ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ У СФЕРІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

Проведено аналіз актуальних питань щодо створення нових видів продукції та послуг. Наведено результати науково-інформаційного пошуку за визначеними напрямками. Визначені пріоритетні напрямки технічного регулювання у сфері цивільного захисту.

Ключові слова: технічне регулювання, інформація, інформаційний пошук, науково-інформаційна діяльність.

R. Kravchenko, Cand. of Sc. (Eng.), Sen. St. Sc., O. Savchenko, V. Nizhnyk, Cand. of Sc. (Eng.)

INFORMATION SEARCH AS A RESOURCE TECHNICAL REGULATION IN THE FIELD OF CIVIL PROTECTION

An analysis of current issues related to the creation of new products and services. The results of the research and information retrieval to certain destinations. Priority areas of technical regulations in the field of civil protection.

Keywords: Rules, information, information retrieval, research and information activities.

Під технічним регулюванням слід розуміти правове регулювання відносин у сфері встановлення, застосування та виконання обов'язкових вимог до продукції або пов'язаних з нею процесів, систем і послуг, персоналу та органів, а також перевірка їх дотримання шляхом оцінки відповідності та (або) ринкового нагляду [1]. Складовими технічного регулювання є: технічна регламентація, стандартизація, оцінка відповідності, акредитація, метрологія. З технічним регулюванням тісно пов'язані питання ринкового нагляду, контролю, захисту прав споживачів та науково-інформаційної діяльності.

Згідно з [1, 3, 4, 5] на Державну службу України з надзвичайних ситуацій (далі - ДСНС України) покладено завдання стосовно внесення пропозицій щодо технічного регулювання у сферах цивільного захисту, пожежної і техногенної безпеки, гідрометеорологічної діяльності, засобів протипожежного захисту, аварійно-рятувальних засобів та пожежонебезпечної продукції (далі – технічне регулювання у сфері цивільного захисту).

Для успішної реалізації функцій технічного регулювання у сфері цивільного захисту потрібне своєчасне отримання інформації про створення нових видів продукції або пов'язаних з нею процесів, систем і послуг (далі - продукція) або обґрунтованості напрямків щодо необхідності створення нових видів такої продукції. Тобто результативність технічного регулювання у сфері цивільного захисту значною мірою залежить від ефективності інформаційного забезпечення, державного органу, який здійснює функції технічного регулювання. Тому функції технічного регулювання у сфері цивільного захисту тісно пов'язані із науковою інформацією необхідною для забезпечення належної діяльності центрального органу виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері цивільного захисту (далі - науково-інформаційна діяльність для потреб технічного регулювання у сфері цивільного захисту).

Під науково-інформаційною діяльністю для потреб технічного регулювання у сфері цивільного захисту слід розуміти сукупність дій, спрямованих на задоволення потреб у науково-технічній інформації, що полягає в її збиранні, аналітично-синтетичному опрацюванні, фіксації, зберіганні, пошуку і розповсюдженні, оцінці стану та перспектив розвитку у зазначеній сфері для своєчасного припинення малоефективних робіт, зіставлення отриманих результатів із світовими досягненнями, виявлення їх переваг, недоліків та патентоспроможності.

Актуальним питанням сьогоднішнього дня є організація науково-інформаційної діяльності для потреб технічного регулювання у сфері цивільного захисту та ефективне подальше впровадження їх результатів. Тому метою цієї роботи є аналіз пріоритетних напрямків технічного регулювання у сфері цивільного захисту шляхом здійснення інформаційного пошуку.

Об'єкт дослідження – організація інформаційного пошуку для реалізації функцій технічного регулювання у сфері цивільного захисту.

Предмет дослідження – вплив обраних принципів інформаційного пошуку на оцінку актуальності обраних напрямків.

Задачі дослідження:

- аналізування актуальних питань щодо створення нових видів продукції, або пов'язаною з нею процесів, систем і послуг;
- визначення напрямків інформаційного пошуку для потреб технічного регулювання у сфері цивільного захисту;
- здійснення інформаційного пошуку за обраними напрямками;
- реалізація результатів інформаційного пошуку.

Для організації раціональної і ефективної науково-інформаційної діяльності, для потреб технічного регулювання у сфері цивільного захисту першочерговим є правильність вибору напрямку інформаційного пошуку, який повинен забезпечити фахівців, які здійснюють функції технічного регулювання у сфері цивільного захисту новими знаннями стосовно пріоритетних напрямків науково-технічного розвитку щодо створення нових видів продукції та пов'язаних з нею процесів, систем і послуг у сфері цивільного захисту.

На сьогоднішній день одним із основних завдань ДСНС України є гасіння пожеж та ліквідування наслідків надзвичайних ситуацій. При цьому, під час реалізації цього завдання повинна бути забезпечена безпека особового складу підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту. Зокрема, від надмірного теплового впливу пожежі. Вирішення цього питання останнім часом забезпечується за допомогою застосування індивідуальних приладів для контролю температури під костюмного простору захисного одягу пожежника. Робота такого пристрою ґрунтується на видачі сповіщення про досягнення граничного значення температури в підкостюмному просторі пожежного і відповідно про необхідність вжиття заходів щодо зменшення теплового впливу.

Успішність ліквідації надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру, в тому числі гасіння пожеж та проведення рятувальних робіт підрозділами оперативно-рятувальної служби в значній мірі залежить від раціонального вибору пожежних автомобілів та їх комплектації пожежно-технічним оснащенням для конкретної місцевості. На теперішній час в підрозділах ДСНС України використовується великий парк пожежно-рятувальних автомобілів, більшість яких відпрацювали 20 і більше років. Тому оновлення ресурсу парку пожежно-рятувальних автомобілів є одним із актуальних питань.

Згідно з статистичними даними про пожежі та наслідків від них в Україні прямі збитки від пожеж становлять понад 700 млн. грн., побічні – понад 2 мільярдів грн. При цьому, проблемним питанням є достовірний підрахунок побічних збитків, що потребує перегляду підходів до оцінювання побічних збитків від пожеж, а також уточнення значень показників для визначення побічних збитків від пожеж.

Однією з найважливіших вимог пожежної безпеки для об`єктів є забезпечення безпечного та своєчасного евакуювання людей з будинків та споруд під час пожежі.

Значення необхідного часу евакуювання людей з приміщень будинків є вихідними даними під час проектування будинків і споруд та розробки комплексу протипожежних вимог. Достовірне визначення часу евакуювання та параметрів шляхів евакуації впливає як на рівень протипожежного захисту об`єкта в цілому так і на забезпечення безпеки людей, що в ньому перебувають. Існуючий в Україні метод розрахунку часу евакуювання людей з будинків під час пожежі, згідно [6] має ряд недоліків зокрема: не враховує всіх особливостей руху людських потоків; значення часу початку евакуювання у цілому занижене і не відповідає фізичним можливостям людей тощо [7].

Тому актуальним питанням сьогоднішнього дня є виявлення нових шляхів удосконалення методів розрахунку часу евакуювання та удосконалення системи забезпечення безпечного евакуювання людей з будинків та споруд під час пожежі.

З урахуванням вище викладеного були визначені такі напрямки інформаційного пошуку для потреб технічного регулювання у сфері цивільного захисту:

- дослідження технічних характеристик приладів вимірювання температури у підкостюмному просторі захисного одягу пожежного;
- вивчення тактико-технічних характеристик та можливостей пожежно-рятувальних автомобілів нового покоління, відповідної комплектації пожежно-технічним оснащенням та рятувальним обладнанням автомобілів;
- дослідження існуючих методик, підрахунку, оцінки визначення збитків, завданих пожежами чи надзвичайними ситуаціями в країнах СНД;
- вивчення шляхів удосконалення методів визначення часу евакуації людей з будинків та споруд під час пожежі.

Під час здійснення інформаційного пошуку слід збирати максимальну кількість даних про вітчизняні та зарубіжні досягнення науки, техніки і виробництва за обраним напрямком. Під час збирання інформації слід дотримуватися таких принципів:

- оперативності (своєчасності) пошуку інформації;
- повноти у задоволенні інформаційного запиту;
- новизни інформаційного пошуку (нові номери профільних наукових джерел);
- достовірності інформаційного пошуку;
- загальності (обширності) у використанні науково-інформаційних засобів (бібліотечні форми, реферативна інформація, пошукові бази даних, патентне забезпечення, Internet тощо);
- першоджерельності інформації;
- формування матеріалів, інформаційного пошуку на матеріальних та електронних носіях за принципом зручності сприймання інформації;
- оформлення результатів інформаційного пошуку за принципом пріоритетності.

Таким чином, за напрямком інформаційного пошуку щодо технічних характеристик приладів вимірювання температури у підкостюмному просторі захисного одягу пожежного. Було проведено пошук зразків приладу для контролю температури підкостюмного простору захисного одягу пожежного, а також технічних характеристик таких приладів. Виявлено, що в світі існують аналітичні зразки приладів, а саме:

- датчик сигналізування про стан пожежника. Принцип дії якого полягає у реєстрації частоти сердечного биття, температури тіла, концентрації чадного газу в приміщенні за допомогою чутливих волокон, які прокладаються у спідній білизні пожежника та передачі інформації в диспетчерську;
- датчик втрати свідомості. Принцип дії якого полягає у реєстрації нерухомого стану тіла пожежника.
- комплекс «Маяк рятівника», який дозволяє дистанційно визначити місце знаходження рятівника, забезпечує дистанційний зв'язок з ним, дистанційний контроль тиску в дихальних апаратах;
- датчик температури теплового потоку, який дозволяє виміряти щільність променевого теплового потоку (кВт/м^2).

За напрямком інформаційного пошуку щодо вивчення тактико-технічних характеристик та можливостей пожежно-рятувальних автомобілів встановлено, що у багатьох країнах розроблені програми створення пожежних автомобілів для пожежно-рятувальних служб. Пріоритетними напрямами в реалізації зазначених програм є створення нових моделей багатофункціональних автомобілів пожежогасіння та створення комплексів пожежних автомобілів, пристосованих до конкретних умов експлуатації або оперативного використання. Загальним принципом програм є обмеження кількості базових моделей пожежних автомобілів і забезпечення багатофункціональності за рахунок збільшення їх видів за максимальної уніфікації використовуваних пристроїв.

За напрямком інформаційного пошуку щодо існуючих методик, підрахунку, оцінки визначення збитків, завданих пожежами чи надзвичайними ситуаціями в країнах СНД було встановлено, що єдиного підходу до оцінювання збитків, завданих пожежами, в різних країнах не існує. Так під час інформаційного пошуку було знайдено:

- приклад звіту про оцінку збитку від пожежі в одноповерховому житловому будинку. У звіті наведено методику розрахунку калькуляції вартості об'єкта оцінки (під час визначення прямих збитків) та методика розрахунку вартості об'єкта оцінки із використанням збільшених показників вартості (під час визначення побічних збитків);

- методичні рекомендації оцінки збитків від аварій на небезпечних виробничих об'єктах. Ці рекомендації визначають загальний збиток, як суму збитків організації, яка експлуатує об'єкт, на ліквідацію аварії, соціально-економічних пов'язаних із загибеллю та травмуванням людей, навколишньому середовищу, побічних збитків та збитків, які понесла держава від відволікання трудових ресурсів;

- методика визначення розміру шкоди, яка може бути заподіяна життю, здоровю фізичних осіб, власності фізичним і юридичним особам в результаті аварії гідротехнічної споруди. Згідно із методикою загальний збиток від аварії визначається як сума повних збитків від аварії, збиток в результаті загибелі, безвісті пропалої та травмованої осіб, збитки основним та валовим фондам підприємств (при цьому основні та валові фонди власника підприємства де виникла аварія не враховуються), збитки готової продукції підприємств (при цьому продукція власника підприємства де виникла аварія не враховується), збитки елементам транспорту, зв'язку, житлового фонду, сільському господарству, лісовому фонду, майну громадян, а також збитки від порушення водопостачання, витрат на ліквідацію аварії.

За напрямком інформаційного пошуку щодо удосконалення методів визначення часу евакуювання людей з будинків та споруд під час пожежі було знайдено:

- методику визначення розрахункових величин пожежного ризику в будинках, спорудах різних класів функціональної пожежної небезпеки. В основу цієї методики покладено принцип розрахунку часу евакуювання. В методиці запропоновано три оригінальних моделей руху людського потоку під час евакуації: спрощена аналітична модель руху людського потоку, математична модель індивидуально-поточного руху людей із приміщення, імітаційно-стохастична модель руху людських потоку;

- методика розрахунку необхідного часу евакуювання людей із приміщень під час пожежі. В основу якої покладено визначення критичної тривалості $t_{кр}$ пожежі для людини за такими факторами: підвищена температура, втрата видимості в диму, понижена концентрація кисню, критична концентрація токсичних газів. Необхідний час евакуювання визначається за рівнянням:

$$t_{нб}=K_б \cdot t_{кр} \qquad (1)$$

де $K_б$ - коефіцієнт безпеки, $K_б=0,8$.

Встановлено, що чинний в Україні розрахунковий метод часу евакуювання згідно з [6] потребує удосконалення в частині моделювання руху людських потоків в залежності від особливості функціонального призначення та характеристик об`єкта, нормування часу

початку евакуювання $t_{пе}$, врахування ступеню вогнестійкості будинку та класів вогнестійкості будівельних конструкцій при розрахунку часу евакуювання одночасно з врахуванням часу блокування шляхів евакуювання небезпечними факторами пожеж, врахування показника «площа горизонтальної проекції людини» для різних груп мобільності населення, врахування та розрахунку часу скупчень людей на евакуаційних шляхах $t_{ск}$, моделювання динаміки розвитку пожежі та врахування критичних значень небезпечних факторів пожежі [8].

Результати проведеного інформаційного пошуку насамперед будуть використані як вихідні дані під час виконання відповідних науково-дослідних робіт спрямованих на обґрунтування та встановлення нових вимог до продукції або пов'язаних з нею процесів, систем і послуг, створення нових видів продукції, послуг. Тобто результати інформаційного пошуку будуть використані під час реалізації функцій технічного регулювання у сфері цивільного захисту за обраними пріоритетними напрямками.

За результатами проведеного інформаційного пошуку були визначені пріоритетні напрямки технічного регулювання у сфері цивільного захисту, а саме:

- обґрунтування технічних вимог приладу для контролю температури підкостюмного простору захисного одягу пожежного, а також розроблення його нового зразка;
- розроблення пропозицій та доповнень до нормативних документів, які регламентують умови та безпеку праці пожежників;
- розроблення пропозицій щодо перспективних (нових) зразків пожежних автомобілів в Україні, їх оснащення пожежно-технічним оснащенням, а також технічних вимог до них в залежності від специфіки застосування (місто, село);
- розроблення пропозицій щодо внесення змін до діючих в Україні нормативних документів, які встановлюють вимоги до шляхів евакуації;
- розроблення пропозицій щодо постановки нових прикладних науково-дослідних робіт, спрямованих на удосконалення методів розрахунку часу евакуювання та удосконалення в Україні системи забезпечення безпечного евакуювання людей під час пожежі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України «Про стандарти, технічні регламенти та процедури оцінки відповідності» від 01.12.2005 № 3164-IV.
2. Філіпова Л.Я., Артамонова Н.О. Інформаційне забезпечення наукових досліджень: тенденції розвитку (на прикладі медичної науки) // Вісник книжкової палати. К.: №11 (160, 2009.) – С. 24-31.
3. Закон України «Про центральні органи виконавчої влади» від 17.03.2011 № 3166-VI.
4. Кодекс цивільного захисту України від 02.10.2012 № 5403-VI.
5. Указ Президента України від 16.01.2013 № 20/2013 Про затвердження Положення про Державну службу України з надзвичайних ситуацій;
6. ГОСТ 12.1.004-91 «Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования» від 01.07.1992.
7. Провести пошукові дослідження щодо шляхів удосконалення методів визначення часу евакуації людей з будинків та споруд під час пожежі: Звіт про НДР/УкрНДІЦЗ. - № 0111U006564; інв. № 0213U007364.- К., 2013.
8. ДСТУ ISO 13571: 2012 Опасность для жизни при пожаре. Руководящие указания по оценке времени, необходимого для эвакуации, учитывая характеристики пожара.

❖ ❖ ❖

УДК 614.84, 614.8

Г.П. Перепелятніков, д-р біол. наук, ст. наук. співроб., О.М. Євдін, О.П. Яцюк, канд. хім. наук

НОРМАТИВНЕ ТА МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СФЕРИ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

Викладено основні проблеми нормативного та методичного забезпечення сфери цивільного захисту. Висвітлена роль Українського НДІ цивільного захисту ДСНС України, як провідного наукового закладу, створеного для вирішення актуальних завдань нормативно-методичного забезпечення в сфері цивільного захисту. В узагальненому вигляді наведено розроблені інститутом нормативні та методичні документи та визначені основні актуальні завдання з подальшого забезпечення ними сфери цивільного захисту.

Ключові слова: цивільний захист, нормативне забезпечення, методичне забезпечення.

G. Perepelyatnikov, Dr. Sc. Science, art. sciences. spivrob., O. Yevdin, A. Yatsyuk, PhD. Chem. Science

NORMATIVE AND METHODOLOGICAL PROVISION OF CIVIL PROTECTION

The basic problem, regulatory and methodological support civil protection. The role of Ukrainian Research Institute of Civil Protection DSNS Ukraine as a leading research institution created to address the pressing challenges of regulatory and methodological support in the field of civil protection. In summary, the institute are designed regulatory and methodological documents and identifies the key objectives relevant to further ensure their civil protection.

Keywords: civil protection, regulatory support, provide guidance.

З усіх надзвичайних ситуацій, що можуть виникнути в мирний час, найбільш масовими та небезпечними є надзвичайні ситуації природного і техногенного характеру. Своєчасне проведення робіт, пов'язаних із запобіганням і реагуванням на ці надзвичайні ситуації та захистом населення і територій від них, залежить від багатьох чинників, серед яких визначальним є нормативне та методичне забезпечення функціонування системи цивільного захисту (ЦЗ). Нормативне забезпечення включає нормативно-правові акти (закони, підзаконні акти, зокрема: постанови, розпорядження, укази тощо) та нормативні документи (стандарти, норми, правила, регламенти, настанови тощо). Методичне забезпечення включає рекомендації, підручники, навчальні посібники, довідники, пам'ятки та інші.

На сьогодні безпосереднє керівництво діяльністю Єдиної державної системи ЦЗ здійснює Державна служба України з надзвичайних ситуацій (ДСНС України), яка реалізує державну політику у сфері цивільного захисту. Нормативне та методичне забезпечення робіт, пов'язаних із запобіганням і реагуванням на надзвичайні ситуації природного і техногенного характеру та захистом населення і територій не задовольняє повною мірою потребам сьогодення. Тому розробка нормативних та методичних документів являється для Українського НДІ цивільного захисту (УкрНДІЦЗ), який підпорядковано ДСНС України (УкрНДІЦЗ є правонаступником Всеукраїнського НДІ цивільного захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру МНС України) пріоритетним напрямом науково-дослідної роботи. Основна кількість нормативно-методичних розробок по цьому напряму в інституті розробляється Науково-дослідним центром цивільного захисту.

Метою даної статті є проведення аналізу стану забезпечення сфери ЦЗ нормативними та методичними документами, без яких неможливо реалізовувати визначені Кодексом цивільного захисту України окремі положення, та визначити першочергові завдання з розробки найбільш актуальних документів.

В Україні нормативне забезпечення сфери захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру починалось з розробки та прийняття Законів України "Про надзвичайний стан" [1], який було прийнято 26 червня 1992 р., "Про цивільну оборону" [2], який було введено в дію 3 лютого 1993 р., "Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру" [3], який було прийнято 8 червня 2000 р., "Про правові засади цивільного захисту" [4], який було прийнято 24 червня 2004 р. Також було розроблено "Єдину державну систему запобігання і реагування на надзвичайні ситуації техногенного та природного характеру", яка була введена в дію 3 серпня 1998 р. [5]. (На сьогодні всі вищенаведені нормативні акти втратили чинність). Однак цих нормативних актів було явно недостатньо, тому ж практично було відсутнє методичне забезпечення цієї сфери.

Найбільш активно така робота почалась проводитись з 2005 року. За ці роки розробка нормативних і методичних документів проводилась за завданням МНС України (нині ДСНС України). До 2013 року було узагальнено та видано 2 збірника нормативних документів "Техногенна безпека" [6,7]; розроблено 21 Державний стандарт України що стосуються безпеки у надзвичайних ситуаціях (з них 15 – чинні, 6 подані до затвердження); розроблено 5 СОУ (Стандартів органів управління, МНС).

В 2013 році розроблено: проект ДБН А.3.1-ХХ:20ХХ "Прийняття в експлуатацію закінчених будівництвом захисних споруд цивільного захисту"; проект ДСТУ "Безпека у надзвичайних ситуаціях. Життєзабезпечення населення у надзвичайних ситуаціях. Загальні положення"; стандарт "СОУ 75.2- 37535001 - 007:2013 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Аварійно-рятувальні роботи під час ліквідування надзвичайних ситуацій унаслідок аварій з викиданням радіоактивних речовин. Загальні вимоги".

В сфері методичного забезпечення з 2006 року підготовлено: "Автоматизовану довідково-інформаційну систему ризику виникнення надзвичайних ситуацій", 2006; "Порядок створення, утримання та використання захисних споруд цивільної оборони у мірний час", 2006; "Тимчасовий статут дій у надзвичайних ситуаціях. Оперативно-рятувальні служби цивільного захисту", 2007 р. - проект; посібник "Дії населення в умовах надзвичайних, несприятливих побутових та нестандартних ситуаціях", 2007 р. [8]; методичні рекомендації "Ведення сільськогосподарського виробництва на територіях, забруднених внаслідок Чорнобильської катастрофи", 2007 р. [9]; "Методика комплексного радіаційного обстеження забруднених внаслідок Чорнобильської катастрофи територій (за винятком зони відчуження)", 2007 [10]; "Рекомендації щодо використання сільськогосподарських угідь населених пунктів, які за радіологічними показниками можуть бути виведені за межі 2-ї зони", 2008 [11]; практичний посібник "Дії людини в умовах небезпечних подій", 2010р. [12]; Класифікатор надзвичайних ситуацій ДК 019:2010. [13]; надруковано 8 томів методичних і навчальних посібників серії "Захист населення і територій від надзвичайних ситуацій", 2007-2011 рр. [14-21]; "Методичні рекомендації щодо розроблення розділу інженерно-технічних заходів цивільного захисту (цивільної оборони) у складі проектної документації об'єктів", 2011 р. У 2013 р. підготовлено до публікації довідник рятувальника "Аварійно-рятувальні та інші невідкладні роботи з ліквідації наслідків радіаційних аварій".

З введенням в дію Кодексу цивільного захисту України [22], який набрав чинності з 1 липня 2013 року, було скасовано цілу низку Законів України, що обумовило погіршення стану нормативного та методичного забезпечення сфери цивільного захисту.

Для реалізації основних положень Кодексу виникла необхідність в термінової розробці цілої низці нових нормативних актів та приведенні у відповідність діючі. Зокрема Кодексом передбачалось розроблення 119 нових нормативно-правових актів, в тому числі: 2 акти, що мають прийматися Указом Президента України; 57 актів, що мають прийматися

Кабінетом Міністрів України; 37 актів, що мають прийматися ДСНС України; 13 актів, що мають прийматися іншими Міністерствами та 10 актів, що мають прийматися обласними Державними адміністраціями.

Наказом ДСНС України від 15.02. 2013 р. №19 визначено для розроблення інститутом перелік першочергових нормативно-правових актів, до якого включено:

17 нових нормативно-правових актів;

5 змін до діючих підзаконних актів;

5 пропозицій щодо вирішення питань, які мають реалізувати окремі положення Кодексу.

Враховуючи це, Українському НДІ цивільного захисту, Державною службою України з надзвичайних ситуацій було поставлено завдання щодо термінової розробки у 2013 році цих нормативно-правових актів, які і ввійшли в розроблене в інституті технічне завдання на виконання НДР. Робота виконувалась в стисли терміни, але завдання було виконано.

За результатами виконання НДР було вперше розроблено, погоджено і затверджено Кабінетом Міністрів України такі нормативно-правові акти:

- «Про затвердження Переліку суб'єктів господарювання, в яких створюється відомча пожежна охорона» [23];
- „Про затвердження Порядку подання і реєстрації декларації відповідності матеріально – технічної бази суб’єкта господарювання вимогам законодавства з питань пожежної безпеки” [24];
- «Про затвердження Порядку підготовки до дій за призначенням органів управління та сил цивільного захисту” [25];
- „Про затвердження Положення про добровільні формування цивільного захисту” [26];
- “Про затвердження Положення про єдину державну систему цивільного захисту” [27];
- „Про затвердження Порядку проведення евакуації у разі загрози виникнення або виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру” [28];
- „Про затвердження Порядку функціонування добровільної пожежної охорони” [29];

та розпорядження Кабінету Міністрів України „Про схвалення Концепції розвитку та технічної модернізації системи централізованого оповіщення про загрозу або виникнення надзвичайних ситуацій” [30];

Також Науково-дослідним центром цивільного захисту було розроблено, погоджено та надані на розгляд Кабінету Міністрів України для затвердження 9 проектів постанов:

- „Про типові положення про функціональну і територіальну підсистеми єдиної державної системи цивільного захисту”;
- „Про визначення Критеріїв утворення державних пожежно-рятувальних підрозділів (частин) Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту в адміністративно-територіальних одиницях та перелік суб’єктів господарювання, де утворюються такі підрозділи (частини)”;
- „Про затвердження Положення про спеціалізовані служби цивільного захисту”;
- „Про затвердження Порядку створення формувань цивільного захисту, їх завдань і функцій”;
- „Про затвердження Положення з організації оповіщення про загрозу або виникнення надзвичайних ситуацій та організації зв'язку у сфері цивільного захисту”;
- „Про затвердження Порядку створення, утримання фонду захисних споруд цивільного захисту та ведення його обліку”;
- „Про затвердження типового договору оренди захисних споруд цивільного захисту”;
- „Про затвердження Переліку об’єктів, що належать суб’єктам господарювання, проектування яких здійснюється з урахуванням вимог інженерно-технічних заходів цивільного захисту”;
- „Про затвердження Порядку проведення експертизи у сфері цивільного захисту”.

В порядку внесення змін до нормативно-правових актів були розроблені, погоджені та надані на розгляд Кабінету Міністрів України наступні 5 проектів постанов:

- Про внесення змін до постанови Кабінету Міністрів України від 26 07.1994 № 508 „Про заходи щодо виконання Закону України „Про пожежну безпеку";
- „Про внесення змін до Типового положення про відомчу пожежну (пожежно-сторожову) охорону";
- „Про внесення змін до постанови Кабінету Міністрів України від 26 жовтня 2001р. № 1432 „Про затвердження Положення про порядок проведення евакуації населення у разі загрози або виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру";
- „Про внесення змін до постанови Кабінету Міністрів України від 29 жовтня 2003 р. № 1695 дск „Про затвердження Порядку віднесення міст до відповідних груп цивільної оборони";
- Про внесення змін до постанови Кабінету Міністрів України від 02 березня 2010 р. № 227 дск „Про затвердження Порядку віднесення об'єктів національної економіки до категорій з цивільної оборони (цивільного захисту)".

Крім того, для вдосконалення нормативно-правового забезпечення сфери цивільного захисту було надано 5 наступних пропозицій до Кабінету Міністрів України та Міністерству охорони здоров'я України що стосуються:

- доцільності розроблення Порядку функціонування системи моніторингу і прогнозування надзвичайних ситуацій, визначення переліку установ та організацій, які належать до суб'єктів моніторингу, спостереження, лабораторного контролю і прогнозування надзвичайних;
- доцільності розроблення проекту постанови Кабінету Міністрів України "Про заходи, спрямовані на забезпечення сталого функціонування суб'єктів господарювання в особливий період";
- аналізу Порядку класифікації надзвичайних ситуацій за їх рівнями та у разі потреби розроблення та подання Уряду проекту постанови Кабінету Міністрів України „Про внесення змін до постанови Кабінету Міністрів України від 24 березня 2004 р. № 368 „Про Порядок класифікації надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру за їх рівнями";
- проекту постанови Кабінету Міністрів України „Про затвердження порядку проведення атестації формувань та працівників служби медицини катастроф щодо відповідності фахового рівня підготовки та стану здоров'я для надання екстреної медичної допомоги постраждалим безпосередньо в зоні надзвичайної ситуації2;
- проекту постанови Кабінету Міністрів України „Про затвердження Типового положення про центр екстреної медичної допомоги та медицини катастроф".

У найближчої перспективі робота з імплементації в державі Кодексу цивільного захисту України полягає в подальшому розробленні і прийнятті передбачених цим документом нормативно-правових актів та розширенні методичного забезпечення всіх робіт, що стосуються сфери захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру.

Висновки.

1. До 2013 року нормативне і методичне забезпечення сфери захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру базувалось на ряді нормативно-правових документів. За цей час було розроблено низку нормативно-правових актів, ряд нормативних документів та значну кількість методичного, навчального та довідкового матеріалу.
2. З введенням в дію Кодексу цивільного захисту України, було скасовано цілу низку Законів України, в тому числі і Закон України "Про цивільну оборону України", що обумовило гостру проблему нормативного і методичного забезпечення реалізації основних положень цього Кодексу. Це зажадало розробки 119 нових нормативно-правових актів, в тому числі внесення змін до чинних підзаконних актів.

3. У 2013 році Науково-дослідним центром цивільного захисту розроблено стандарт СОУ МНС, 17 нових нормативно-правових актів, 5 змін до діючих підзаконних актів та 5 пропозицій щодо вирішення питань, які мають реалізувати окремі положення Кодексу, а також довідник рятувальника "Аварійно-рятувальні та інші невідкладні роботи з ліквідації наслідків радіаційних аварій".

На найближче майбутнє в цьому напрямку ще потрібно розробити 92 нормативно-правових документа, включаючи вдосконалення та адаптацію існуючих. Для повного забезпечення сфери захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру, також потрібно розробити нове, адаптоване до завдань Кодексу цивільного захисту України, методичне забезпечення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України „Про надзвичайний стан”. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1992, N 37, ст.539.
2. Закон України „Про цивільну оборону”. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1993, N 14, ст.124.
3. Закон України „Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру”. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2000, № 40, ст.337.
4. Закон України „Про правові засади цивільного захисту”. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2004, N 39, ст.488.
5. Єдина державна система запобігання і реагування на надзвичайні ситуації техногенного та природного характеру.
6. Техногенна безпека. Т.1.: Нормативні документи Тех38 (витяги). - К.: ДП НВП "Спецпожсервіс" – 2005. – 400с.
7. Техногенна безпека. Т.2.: Нормативні документи Т38 (витяги). - К.: ДП НВП "Спецпожсервіс", 2006. – 400с.
8. Дії населення в умовах надзвичайних, несприятливих побутових та нестандартних ситуаціях. - К.: "Атіка–Н", 2007. – 92 с.
9. Ведення сільськогосподарського виробництва на територіях, забруднених внаслідок Чорнобильської катастрофи//Методичні рекомендації. - К.: Атіка–Н, 2007. - 196 с.
10. Методика комплексного радіаційного обстеження забруднених внаслідок Чорнобильської катастрофи територій (за винятком зони відчуження). - К.: Атіка-Н, 2007. - 60 с.
11. Рекомендації щодо використання сільськогосподарських угідь населених пунктів, які за радіологічними показниками можуть бути виведені за межі 2-ї зони. - К.: Атіка, 2008. – 108 с.
12. Дії людини в умовах небезпечних подій (Друге видання, перероблено і доповнено). - К.: "Видавництво КіМ", 2010. – 352 с.
13. Національний класифікатор України. Класифікатор надзвичайних ситуацій ДК 019:2010. - Видання офіційне. - К. :Держспоживстандарт України. – 2010. – 19 с.
14. Захист населення і територій від надзвичайних ситуацій. Т.1. Техногенна та природна небезпека. - К.: "Видавництво КіМ", 2007. – 636 с.
15. Захист населення і територій від надзвичайних ситуацій. Т.2. Організація управління в надзвичайних ситуаціях. - К.: Купріянова, 2007. – 303 с.
16. Захист населення і територій від надзвичайних ситуацій. Т.3. Інженерно-технічні заходи цивільного захисту (цивільної оборони) та містобудування. - К.: "Видавництво КіМ", 2008. – 152 с.

17. Захист населення і територій від надзвичайних ситуацій. Т. 4. Евакуація населення у надзвичайних ситуаціях. - К.: "Видавництво КіМ", 2008. – 288 с.
18. Захист населення і територій від надзвичайних ситуацій. Т. 5. Небезпечні хімічні речовини та заходи захисту від них. - К.: "Видавництво КіМ", 2010. – 472 с.
19. Захист населення і територій від надзвичайних ситуацій. Т. 6. Захисні споруди цивільного захисту (цивільної оборони). - К.: "Видавництво КіМ", 2011. – 495 с.
20. Захист населення і територій від надзвичайних ситуацій. Т. 7. Робота начальників підрозділів і служб Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту з організації рятувальних та інших невідкладних робіт. Можливості аварійно-рятувальних формувань Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту. - К.: "Видавництво КіМ", 2010. – 352 с.
21. Захист населення і територій від надзвичайних ситуацій. Організація інженерного забезпечення заходів та сил цивільного захисту щодо ліквідації надзвичайних ситуацій та їх наслідків. - К.:КІМ, 2011. – 392 с.
22. Кодекс Цивільного захисту України: чинне законодавство із змінами та допов. На 25 липня 2013 року: (Відповідає офіц. текстові) – К.: Алерта, 2013. – 102 с.
23. Постанова Кабінету Міністрів України від 05.06.2013 № 397 "Про затвердження Переліку суб'єктів господарювання, в яких створюється відомча пожежна охорона". - Офіційний вісник України (офіційне видання) від 18.06.2013 р., № 43, стор. 18, стаття 1540, код акту 67393/2013.
24. Постанова Кабінету Міністрів України від 05.06.2013 № 440 "Про затвердження Порядку подання і реєстрації декларації відповідності матеріально – технічної бази суб'єкта господарювання вимогам законодавства з питань пожежної безпеки". - Офіційний вісник України (офіційне видання) від 09.07.2013 р., № 49, стор. 53, стаття 1757, код акту 67649/2013.
25. Постанова Кабінету Міністрів України від 26.06.2013 № 443 "Про затвердження Порядку підготовки до дій за призначенням органів управління та сил цивільного захисту". - Офіційний вісник України (офіційне видання) від 12.07.2013 р., № 50, стор. 41, стаття 1787, код акту 67689/2013.
26. Постанова Кабінету Міністрів України від 21.08.2013 № 616 "Про затвердження Положення про добровільні формування цивільного захисту". - Офіційний вісник України (офіційне видання) від 13.09.2013 р., № 68, стор. 186, стаття 2480, код акту 68581/2013.
27. Постанова Кабінету Міністрів України "Про затвердження Положення про єдину державну систему цивільного захисту. - Офіційний вісник України (офіційне видання) від 31.01.2014 р., № 8, стор. 341, стаття 245, код акту 71220/2014.
28. Постанова Кабінету Міністрів України "Про затвердження Порядку проведення евакуації у разі загрози виникнення або виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру" - Офіційний вісник України (офіційне видання) від 06.12.2013 р., № 92, стор. 23, стаття 3386, код акту 70321/2013.
29. Постанова Кабінету Міністрів України "Про затвердження Порядку функціонування добровільної пожежної охорони". - Офіційний вісник України (офіційне видання) від 30.08.2013 р., № 64, стор. 19, стаття 2325, код акту 68388/2013.
30. Розпорядження Кабінету Міністрів України "Про схвалення Концепції розвитку та технічної модернізації системи централізованого оповіщення про загрозу або виникнення надзвичайних ситуацій". - Офіційний вісник України (офіційне видання) від 31.01.2014 р., № 8, стор. 363, стаття 253, код акту 71278/2014.

❖ ❖ ❖

УДК 614.841.2001.2(5)

Р.В. Климась

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ДОСЛІДНО-ВИПРОБУВАЛЬНИМИ ЛАБОРАТОРІЯМИ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОЖЕЖ

Наведено основні фізико-хімічні методи, що застосовуються дослідно-випробувальними лабораторіями для дослідження пожеж і встановлення причин їх виникнення. Вказано на переваги та недоліки їх використання. Досліджено ефективність застосування дослідно-випробувальними лабораторіями фізико-хімічних методів для дослідження пожеж.

Ключові слова: дослідження пожеж, дослідно-випробувальні лабораторії, фізико-хімічні методи.

R. Klymas

EFFICIENCY OF APPLICATION OF PHYSICAL AND CHEMICAL METHODS OF FIRE RESEARCHES BY RESEARCH AND TESTING LABORATORIES

The main physical and chemical methods applied by research and testing laboratories for the research of fires as well as causes of their origination are rendered. Advantages and drawbacks of their application are mentioned. Efficiency of the application of physical and chemical methods applied by research and testing laboratories for the research of fires has been investigated.

Keywords: researches of fires, research and testing laboratories, physical and chemical methods.

Дослідження пожеж здійснюється з метою: встановлення осередків пожеж, джерел і технічних причин їх виникнення; визначення умов і обставин, що сприяли виникненню горіння, його розвитку та спричинили тяжкі наслідки; визначення поведінки будівельних конструкцій, виробів і матеріалів під час пожежі; визначення технічного стану й ефективності роботи автоматичних засобів виявлення, оповіщення та гасіння пожеж, систем димовидалення і водопостачання, вогнегасників та інших засобів пожежогасіння; визначення ефективності дій аварійно-рятувальних підрозділів і використання протипожежної техніки під час гасіння пожеж; виявлення факторів, які спричинили загибель людей; узагальнення отриманих даних і розроблення на їх основі інформаційних і методичних матеріалів, а також пропозицій щодо вдосконалення профілактичної роботи у сфері пожежної безпеки, засобів, прийомів і способів гасіння, зниження пожежної небезпеки виробництв та обладнання [1].

На теперішній час для визначення осередкових ознак пожеж та встановлення причин їх виникнення дослідно-випробувальними лабораторіями територіальних органів ДСНС України застосовуються фізико-хімічні методи, а також стандартизовані методи визначення показників пожежної небезпеки речовин, матеріалів і виробів [2].

Майже всі фізико-хімічні методи ґрунтуються на можливості визначати структурні перетворення, які відбуваються на пожежах під впливом високих температур і полум'я. Об'єктами досліджень є конструктивні елементи та оздоблювальні матеріали, що зазнали температурного впливу, рідини, тверді речовини й електротехнічні вироби [3]. Усі методики можна умовно розподілити на ті, що застосовуються на місці пожежі, та на лабораторні. Як одні, так і другі спрямовані на визначення осередку пожежі чи встановлення причини її виникнення [4].

Свого часу за результатами апробації фізико-хімічних методів дослідження пожеж [5] було розроблено схему науково-технічного забезпечення дослідження пожеж і визначено застосовування відповідних фізико-хімічних методів, для вивчення характеру пошкоджень різних матеріалів залежно від об'єктів досліджень [4].

У [6] зазначено, що результати практичної діяльності дослідно-випробувальних лабораторій, вказують на те, що в силу тих чи інших причин під час пожежно-технічних досліджень спеціалістами дослідно-випробувальних лабораторій обмежено використовуються фізико-хімічні методи. У деяких випадках, основним обмеженням у їх застосуванні є трудомісткість і тривалість проведення досліджень, відсутність необхідного обладнання, відповідних знань і досвіду.

Гостро в Україні стоїть питання проведення металознавчих досліджень електричних провідників на їх причетність до виникнення пожежі; обладнання для реалізації окремих методів, таких як дослідження сталевих виробів і конструкцій комплексонометричним титруванням, проведення тонкошарової хроматографії та люмінесцентного аналізу – в дослідно-випробувальних лабораторіях взагалі відсутнє [7].

Метою цієї роботи було визначити ефективність застосування дослідно-випробувальними лабораторіями фізико-хімічних методів і наявного обладнання для встановлення осередків пожеж причин їх виникнення.

Для досягнення цієї мети було проаналізовано надану дослідно-випробувальними лабораторіями за встановленою формою інформацію за останні п’ять років про використання наступних методів:

методу газового аналізу із застосуванням приладу УГ-2 [8];

методу вимірювання електроопору обвугленої деревини із застосуванням приладу “мікропрес” [9];

магнітного методу із застосуванням коерцитиметрів для дослідження сталевих та чавунних виробів і конструкцій [10];

мікроскопічного методу для дослідження морфологічних характеристик оплавлених електропровідників [11];

методу тонкошарової хроматографії [12];

інших фізико-хімічних методів дослідження пожеж [12].

Коротко охарактеризуємо ці методи.

Метод газового аналізу із застосуванням приладу УГ-2 дозволяє визначити місця з найбільшою концентрацією парів рідин з наявністю СН-груп і базується на кольоровій реакції індикаторного порошку з парами світлих нафтопродуктів. Превагою методу є те, що він є простим та доступним для дослідження проб речовин і матеріалів, вилучених з місця пожежі, з метою виявлення в них слідів світлих нафтопродуктів. Суттєвим недоліком методу є те, що він дає можливість якісно підтвердити наявність чи відсутність слідів світлих нафтопродуктів в зоні осередку пожежі з похибкою ± 25 %, а газоаналізатор, обладнаний дифузором, здатний об’єктивно фіксувати залишки ЛЗР і ГР лише впродовж 4÷6 год після припинення горіння [3, 8, 12].

Метод вимірювання електроопору обвугленої деревини із застосуванням приладу “мікропрес” призначений для розрахунків орієнтовних значень температури та тривалості звуглення за визначеними в точках відбору проб характеристиками звуглених залишків. Такий підхід використовується під час дослідження пожеж з метою виявлення їх осередкових ознак у випадках, коли є необхідність порівняння температури та тривалості звуглення дерев’яних елементів і конструкцій для підтвердження (визначення) місця знаходження осередку пожежі або для порівняння ступеня теплового впливу на деревину в різних точках. Перевагою методу є те, що він може бути використаний для аналізу звуглених залишків як хвойних (ялина, сосна), так і листяних (береза, дуб, ясень) порід. Недоліком методу є те, що можна отримати розрахунки лише орієнтовних значень температури та тривалості звуглення залишків деревини [3, 9].

Магнітний метод із застосуванням коерцитиметрів для дослідження сталевих та чавунних виробів і конструкцій полягає у вимірюванні струму розмагнічування на металевих виробах, оцінюванні та порівнянні між собою ступеня розвитку дорекристалізаційних і рекристалізаційних процесів у виробах зі сталей та чавуну, які знаходилися в зоні впливу високих температур в умовах пожежі. Відмінною особливістю даного методу є можливість

контролю структури й накопичення пошкоджень безпосередньо в будь-якому місці конструкції в реальному масштабі часу. Превагою методу є те, що він є один із найбільш доступних методів неруйнівного контролю стану металу, а недоліком те, що основними об'єктами застосування є вироби, які виготовляються шляхом холодної деформації [3, 10].

Мікроскопічний метод для дослідження морфологічних характеристик оплавлених електропровідників дозволяє шляхом послідовного накладання фотографій, відзнятих з різною глибиною різкості, отримати інформацію щодо причини оплавлення та первинності чи вторинності короткого замкнення. Перевагою методу є те, що для дослідження оплавлених електропровідників можуть використовуватися різні моделі мікроскопів, провідники не потребують спеціальної пробопідготовки, а дослідження проводяться без руйнування зразків. Недоліком методу є те, що він є менш інформативним, аніж методи, за якими проводяться рентгеноструктурний або морфологічний аналіз, а також аналіз на вміст вуглецю [11].

Метод тонкошарової хроматографії являє собою варіант хроматографії, заснований на відмінності в швидкості переміщення компонентів суміші в плоскому тонкому шарі сорбенту при їх русі в потоці рухливої фази, та придатний для ідентифікації рідин або їх залишкових слідів на об'єктах-носіях на місці пожежі шляхом виявлення наявності в досліджуваних зразках насичених парафінових і нафтенових рядів ароматичних і гібридних вуглеводнів. Перевагою методу є висока якість розділення та можливість вибору однієї з нерухомих фаз, якій притаманні найбільш відповідні властивості, і може бути не лише якісним методом аналізу. У той же час це метод, що вимагає певних навичок і знання у застосуванні. Ще одним недоліком є відносно велика тривалість методу, тобто період часу від початку експерименту до отримання аналітичних результатів досить великий [3, 12].

Іншими фізико-хімічними методами, що використовувалися дослідно-випробувальними лабораторіями під час дослідження пожеж, є: люмінесцентний аналіз, рентгеноструктурний аналіз, метод дослідження бетонних конструкцій, комплексонометричне титрування, визначення показників пожежної небезпеки речовин і матеріалів, металографія, метод визначення вмісту вуглецю в електропровідниках тощо.

За результатами проведених досліджень встановлено, що дослідно-випробувальними лабораторіями за період з 2008 по 2012 роки було досліджено 18 475 пожеж; у 7 626 випадках застосовувалися різні фізико-хімічні методи (рисунок 1).

Також відомо, що за зверненням дослідно-випробувальних лабораторій сторонніми організаціями й установами було проведено 79 досліджень виробів, пристроїв, речовин і матеріалів, причетних до виникнення пожеж, із застосуванням інших методів і методик, нереалізованих в окремо взятих дослідно-випробувальних лабораторіях, але в рамках цієї роботи вони не розглядалися.

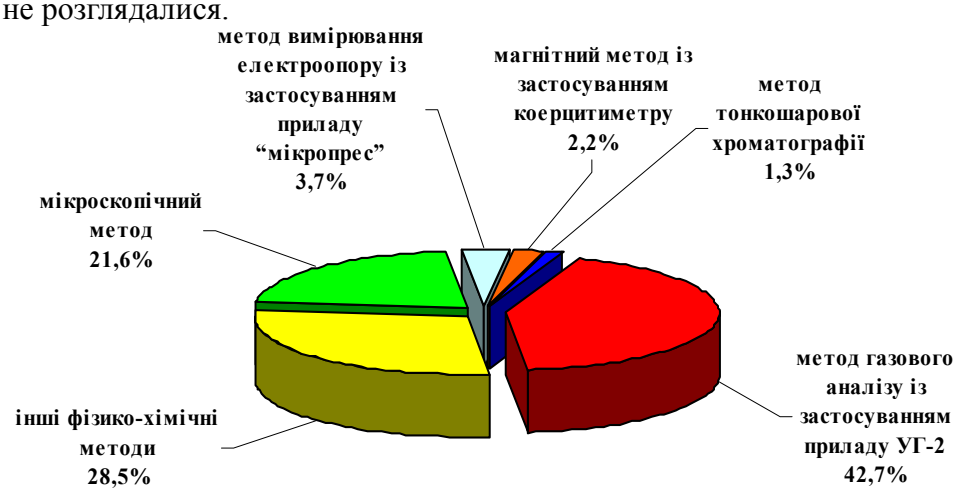


Рисунок 1 – Розподіл застосування фізико-хімічних методів для дослідження пожеж

Отримані дані вказують на те, що загалом дослідно-випробувальними лабораторіями під час дослідження пожеж у 41 % випадках застосовувалися різні фізико-хімічні методи досліджень.

Встановлено, що:

- найбільш широкого застосування (42,7 %) в діяльності дослідно-випробувальних лабораторій набув метод газового аналізу із застосуванням приладу УГ-2 [8];

- лише один метод для дослідження пожеж упродовж всього аналізуємого періоду застосовувався дослідно-випробувальними лабораторіями Закарпатської (метод газового аналізу із застосуванням приладу УГ-2 [8]), Київської (метод газового аналізу із застосуванням приладу УГ-2 [8]), Кіровоградської (морфологічний аналіз [11]), Полтавської (метод газового аналізу із застосуванням приладу УГ-2 [8]), Черкаській (метод газового аналізу із застосуванням приладу УГ-2 [8]) областей і міста Києва (метод газового аналізу із застосуванням приладу УГ-2 [8]);

- з причини відсутності необхідного обладнання не проводять випробування за методом газового аналізу із застосуванням приладу УГ-2 [8] дослідно-випробувальні лабораторії Донецької, Дніпропетровської, Запорізької, Кіровоградської, Миколаївської та Одеської областей;

- зовсім не проводять випробування за методом вимірювання електроопору обвугленої деревини із застосуванням приладу "мікропрес" [9] дослідно-випробувальні лабораторії Волинської, Донецької, Дніпропетровської, Закарпатської, Запорізької, Київської, Кіровоградської, Миколаївської, Одеської, Рівненської, Сумської, Хмельницької, Чернігівської, Черкаської областей і міста Києва, але лише дослідно-випробувальна лабораторія Черкаської області – з причини відсутності необхідного обладнання;

- дослідження магнітним методом із застосуванням коерцитиметрів [10] проводять лише дослідно-випробувальні лабораторії Дніпропетровської, Луганської, Харківської та Одеської областей, які мають в своєму розпорядженні необхідні прилади.

Зважаючи на те, що щороку дослідно-випробувальними лабораторіями проводиться близько 1 тис. випробувань із визначення показників пожежної небезпеки речовин і матеріалів (у т.ч. будівельних), а для вирішення окремих питань під час дослідження пожеж за останні п'ять років ними було проведено лише 26 таких досліджень, перспективним для дослідно-випробувальних лабораторій за напрямком дослідження пожеж є нарощування застосування стандартизованих методів визначення показників пожежної небезпеки речовин, матеріалів і виробів, вилучених з місця пожежі, відповідно до ДСТУ Б В.1.1-2 [13], ДСТУ Б В.2.7-19 [14], ДСТУ Б В.2.7-70 [15] і ГОСТ 12.1.044 [16].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Хом'як Я.І. Організація діяльності дослідно-випробувальних лабораторій територіальних органів управління МНС з дослідження пожеж / Я.І. Хом'як, Т.М. Скоробагатько, Р.В. Климась // Судова експертиза. Сучасний стан та перспективи розвитку: Тези доповідей. – К.: Міністерство юстиції України, 2010. – С. 309-311.
2. Климась Р.В. До питання дослідження пожеж, особливостей їх виникнення та поширення / Р.В. Климась, О.П. Якименко // Актуальні проблеми управління у сфері цивільного захисту: Матеріали І Всеукраїнської науково-практичної конференції. – Харків: НУЦЗ України, 2012. – С. 126-130.
3. Методи дослідження пожеж: Методичний посібник / [Климась Р.В., Кріса І.Я., Саріогло Д.П., Скоробагатько Т.М., Степаненко С.Г., Шалупін А.В., Хом'як Я.І., Якименко О.П.]. – К.: ТОВ "Поліграфцентр "ТАТ", 2010. – 240 с.: кольор. іл.
4. Дослідження пожеж: Довідково-методичний посібник / [Степаненко С.Г., Білкун Д.Г., Яник Я.М., Тимощук Ю.Т.]. – К.: Пожінформтехніка, 1999. – 224 с.: кольор. іл.

5. Звіт про науково-дослідну роботу Провести дослідження по обґрунтуванню, апробації та впровадженню основних сучасних методів встановлення причин пожеж. – К.: УкрНДІПБ МВС України, 1995. – 320 с.
6. Шалупін А.В. Застосування дослідно-випробувальними лабораторіями фізико-хімічних методів для дослідження зразків, вилучених з місця пожежі / А.В. Шалупін, Н.М. Богуш // Прикладні аспекти застосування хімії у сфері цивільного захисту: Матеріали ІІ міжвузівської науково-практичної конференції. – Черкаси: АПБ ім. Героїв Чорнобиля, 2011. – С. 40-42.
7. Шалупін А.В. Методичне забезпечення діяльності дослідно-випробувальних лабораторій за напрямком дослідження пожеж / А.В. Шалупін, Н.М. Богуш // Пожежна безпека: теорія і практика. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. – Черкаси: АПБ ім. Героїв Чорнобиля, 2011. – С. 92-95.
8. Степаненко С.Г. Методика застосування універсального газоаналізатора УГ-2 для визначення наявності слідів світлих нафтопродуктів на місці пожежі / С.Г. Степаненко, Є.О. Жигоцький. – К.: ДНДЕКЦ МВС України, 2002. – 6 с.: кольор. іл.
9. Методичні рекомендації щодо дослідження обвуглених залишків деревини з вимірюванням електроопору вугілля. – К.: УкрНДІПБ МВС України, 1997. – 16 с.
10. Степаненко С.Г. Методики дослідження пожеж із застосуванням магнітного методу / С.Г. Степаненко. – К.: ДНДЕКЦ МВС України, 2005. – 48 с.: іл.
11. Митричев Л.С. Исследование медных и алюминиевых проводников в зонах короткого замыкания и термического воздействия: Методические рекомендации / Л.С. Митричев, А.И. Колмаков, Б.В. Степанов, Е.Р. Россинская, Э.В. Вртанесьян, С.И. Зернов. – М.: ВНИИ МВД СССР, 1986. – 44 с.: ил.
12. Білкун Д.Г. Дослідження залишків ЛЗР та ГР у пробах, виявлених на місці пожежі, за методами тонкошарової хроматографії, люмінесценції та газового аналізу із застосуванням приладу УГ-2: Методичні рекомендації / Д.Г. Білкун, О.А. Стариков. – К.: УкрНДІПБ МВС України, 1998. – 34 с.
13. ДСТУ Б В.1.1-2-97 (ГОСТ 30402-96) *Матеріали будівельні. Метод випробування на займистість*.
14. ДСТУ Б В.2.7-19-95 (ГОСТ 30244-94) *Матеріали будівельні. Методи випробувань на горючість*.
15. ДСТУ Б В.2.7-70-98 (ГОСТ 30444-97) *Матеріали будівельні. Метод випробування на розповсюдження полум'я*.
16. ГОСТ 12.1.044-89 (ISO 4589-84) *ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения (ССБП. Пожежовибухонебезпека речовин і матеріалів. Номенклатура показників та методи їх визначення)*.

❖ ❖ ❖

УДК 504.064.37

В.К. Костенко, Е.Л. Завьялова, Д.А. Козырь, Б.Б. Бандурян

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕПЛОВИЗИОННОГО КОНТРОЛЯ ОЧАГОВ ГОРЕНИЯ НА ПОРОДНЫХ ОТВАЛАХ

Проведен анализ негативного влияния горящих породных отвалов на окружающую природную среду и экспериментально исследовано влияние внешних факторов на результаты температурного контроля очагов горения на породных отвалах при применении дистанционных средств и способов.

Ключевые слова: тепловизионный контроль, охрана окружающей среды, температурный контроль.

V. Kostenko, E. Zavyalova, D. Kozyr, B. Banduryan

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF EXTERNAL FACTORS ON RESULTS THERMAL CONTROL CENTERS FOR BURNING DUMPS

The analysis of the negative impact of burning waste heaps on the environment and experimentally investigated the influence of external factors on the results of temperature control thermal state of waste heap when using remote means and methods.

Keywords: thermal control, environmental protection, temperature control.

Проблема и ее связь с важнейшими научными и практическими задачами. В настоящее время промышленные отходы, накопленные на территории Украины, а особенно в Донецкой области составляют угрозу биосфере региона. Количество отходов, находящихся на территории Украины составляет миллиарды тонн.

В Донецкой области сосредоточены 30% и ежегодно образуется более 15% промышленных опасных отходов страны. В среднем в Донецкой области за год образуется 3038 млн. т отходов, при этом основная доля в общем объеме приходится на отходы угольной промышленности, где основным источником загрязнения атмосферы являются горящие породные отвалы [5].

В настоящее время в Украине насчитывается более 1330 породных отвалов, в том числе в Донецкой области более 600, из них около 140 горящих. Горящие породные отвалы ежегодно выделяют в атмосферу около 300 тысяч тонн загрязняющих веществ. В среднем за сутки один горящий породный отвал выделяет: угарного газа - от 1,5 до 2,8т, сернистого ангидрида - от 1,5 до 2,5т, сероводорода - от 0,34 до 0,84т, оксидов азота - 0,02-0,035т, пыли в ветреную погоду от нескольких десятков килограммов до нескольких тонн. Наиболее подвержены самовозгоранию конусные отвалы. В них находится около 80% общего объема породы. Работы по тушению и профилактике самовозгорания породных отвалов в основном сводятся к перепрофилированию конусных отвалов в плоские, которые менее подвержены самовозгоранию.

В целом процесс самовозгорания зависит от ряда горно-геологических и горнотехнических факторов. Самовозгорание сопровождается газообразованием, которое является результатом следующих основных процессов: газификации и окисления горючих материалов, реакции между газообразными компонентами, раскаленными углями и породами [7]. Процесс горения на породном отвале может распространяться со скоростью до

1 м/сутки и более. После окончания эксплуатации отвалов, зоны горения породы на их поверхности быстро исчезают, но глубинное горение продолжается до 10 лет и более .

Анализ последних исследований и публикаций. С целью выявления очагов самонагревания и своевременного принятия мер по предупреждению самовозгорания пород, должен проводиться мониторинг теплового состояния отвалов (регулярная температурная съемка). Результаты замеров температуры используют для определения объема горящей массы, необходимого для разработки проектов тушения, и объемов выбросов вредных веществ.

Нормативным документом, которым регламентируется процесс контроля теплового состояния породных отвалов, является «Инструкция по предотвращению самовозгорания, тушению и разборке породных отвалов» [6]. Требования к средствам для выполнения температурной съемки в этом документе не оговорены. В настоящее время температурная съемка, зачастую, производится с помощью контактных термометров и забитых в отвальную массу на глубины от 0,5 до 2,5м термопар. Процесс съемки трудоемкий, длительный, опасный и дорогой.

Существующая методика проведения температурной съемки породных отвалов имеет следующие существенные недостатки:

1 - по регламентированным схемам расположения точек замеров (по горизонтали - через 20м, по вертикали - слои с высотой 10м, на конических поверхностях - секторами через 450м) на породных отвалах различной формы невозможно точно определить количество, форму и площадь очагов тепловыделений;

2 - часть очагов тепловыделения размерами менее 10м, особенно без явных признаков горения, попадает между точками измерения температур и не фиксируется. Таким образом, снижается объем горящей массы, который необходимо знать при разработке проекта тушения, и снижается количество выбросов вредных веществ из данного породного отвала.

3 - оценка количества газов, выделяющихся из отвала, производится со значительными погрешностями из-за редкой сети точек измерения температуры;

4 - в очагах горения, из-за их недоступности, невозможно провести измерения температуры контактным способом.

То есть при горении отвалов невозможно существующими средствами установить достоверные сведения о количестве выбрасываемых токсичных газов, а используемые данные носят ориентировочный характер. Кроме того, выполнение работ по контролю теплового состояния породных отвалов контактными методами связаны с пребыванием людей в зонах загазованности, высоких температур, что сопряжено с угрозой отравления, ожогов, провалов или травмирования кусками породы.

Более перспективными методами контроля температуры является дистанционные способы. Компьютерная термография позволяет обеспечить безопасные условия температурной съемки поверхности породных отвалов, повысить точность и достоверность полученных результатов, обеспечить необходимую периодичность контроля, снизить затраты на выполнение этих работ [8]. Используя данные дистанционного контроля температуры можно более достоверно оценить выбросы токсичных газов в атмосферный воздух из породных отвалов.

Для широкого применения дистанционных средств и способов температурного контроля в настоящее время отсутствуют законодательно утвержденные методики, которые позволяют учитывать условия съемки и влияние внешних факторов на ее результаты. К основным внешним факторам относятся поглощение инфракрасного излучения газами, составляющими атмосферу, ослабление излучения в результате рассеяния на частицах присутствующих в атмосфере и турбулентность.

Наличие атмосферы между источником излучения и приемником обычно является причиной помех при дистанционных методах анализа. Энергия инфракрасного излучения ослабляется при прохождении через атмосферу [2]. Явления ослабления сильно затрудняют проведение измерений, внося систематическую ошибку, зависящую от длины волны

распространяющегося излучения, используемого спектрального диапазона, дистанции наблюдения и метеорологических условий. Кроме того, контрасты в полях температур и скорости ветра вызывают турбулизацию атмосферы, что значительно влияет на результаты тепловизионной съемки [1].

Постановка задачи исследований. Целью работы является экспериментальное, в лабораторных условиях, изучение влияния внешних факторов, таких как расстояние съемки, форма источника инфракрасного излучения, скорость ветра и др. на результаты температурного контроля теплового состояния породного отвала при применении дистанционных средств и способов, что позволит выделить наиболее значимые из них и, в перспективе, разработать методику оценки теплового состояния породных отвалов с помощью дистанционных средств контроля.

Результаты исследований. Для исследования теплового состояния объекта и влияния на результаты температурного контроля внешних факторов (турбулентность воздуха, пропускание инфракрасного излучения атмосферой), дистанции и ракурса температурной съемки были проведены лабораторные исследования.

Методика исследований. Лабораторные исследования проводились в помещении, где на высоте от уровня пола 0,5м, устанавливали вертикально нагревательный элемент. Для получения равномерно нагретой поверхности большей площади к нему вплотную прикреплялся лист жести.

Для оценки влияния формы источника тепла на показатели съемки проведено исследование с несколькими картонными трафаретами различной формы. Они устанавливались вплотную к металлическому листу. Трафарет имел одинаковые размеры с листом жести. Использовались трафареты площадью 0,5м^2 разной формы, а именно: прямоугольник, круг, овал, щель.

В помещении измерялась температура, атмосферное давление и влажность воздуха. Тепловизор устанавливался и настраивался в соответствии с инструкцией по его эксплуатации. Нагревательный элемент нагревал поверхность листа жести до стабильной температуры, которая фиксировалась по трафарету. Было выбрано минимально допустимое приближение оператора тепловизора к обследуемой поверхности - 3м. На минимальной допустимой дистанции от листа жести с трафаретом проводилась съемка настроенным тепловизором. С увеличением дистанции до 27м с шагом 3м температурная съемка повторялась. Изменяли также ракурс съемки: 30^o, 60^o, 90^o. Лабораторный эксперимент проводили в полном объеме при использовании каждого трафарета.

Результаты лабораторных исследований при ракурсе съемки 90^o и различных формах источника тепла приведены в табл. 1. Там же представлены относительные величины изменения показаний тепловизора $\Delta T = T(x)/T(x+n)$ по отношению к температуре металлической поверхности , которая установлена с помощью контактного термометра.

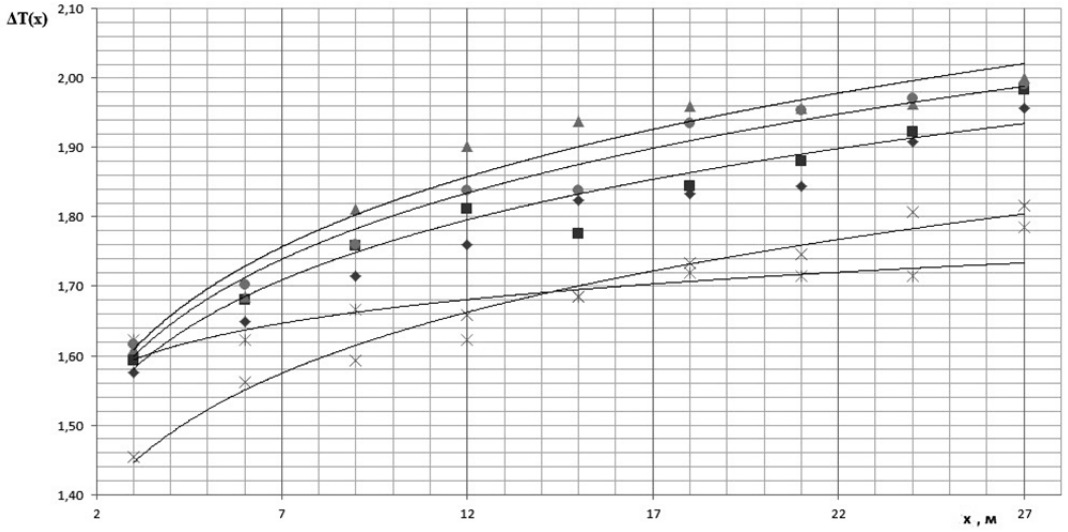
Таблица 1 — Результаты тепловизионной съемки

Вид трафарета	Дистанция тепловизионной съемки, м								
	27	24	21	18	15	12	9	6	3
	Результаты тепловизийоной съемки, ^{O}C								
прямоугольник горизонтальный, T(x+n), ^{0}C	63	65	66,5	67,8	70,4	69	71,1	74,4	78,5
круг, T(x+n), ^{0}C	63,9	65,5	67,8	68,2	68,5	71	72,9	75,8	79,3
овал,T(x+n), ^{0}C	62,5	63,7	63,9	63,8	64,5	65,7	69	74,2	77,6
прямоугольник вертикальный, T(x+n), ^{0}C	68,8	69,2	71,6	72,1	74,2	75,4	78,5	80	86

Продолжение таблицы 1

Вид трафарета	Дистанция тепловизионной съемки, м								
	27	24	21	18	15	12	9	6	3
	Результаты тепловизийоной съемки, ^{O}C								
щель горизонтальная, T(x+n), ^{0}C	70	72,9	72,9	72,7	74,2	77	75	77	77
щель вертикальная, T(x+n),^{0}C	62,8	63,4	64	64,6	68	68	71	73,4	77,3
Температура листа жести, T(x), ^{0}C	125								
ΔT (прямоугольник горизонтальный) = T(x)/T(x+n)	1,98	1,92	1,88	1,84	1,78	1,81	1,76	1,68	1,59
ΔT (круг)	1,96	1,91	1,84	1,83	1,82	1,76	1,71	1,65	1,58
ΔT (овал)	2,00	1,96	1,96	1,96	1,94	1,90	1,81	1,68	1,61
ΔT (прямоугольник вертикальный)	1,82	1,81	1,75	1,73	1,68	1,66	1,59	1,56	1,45
ΔT (щель горизонтальная)	1,79	1,71	1,71	1,72	1,68	1,62	1,67	1,62	1,62
ΔT (щель вертикальная)	1,99	1,97	1,95	1,93	1,84	1,84	1,76	1,70	1,62

При аппроксимации и сглаживании зависимостей изменения температурных показаний прибора от дистанции тепловизионной съемки (рис. 1), получены следующие зависимости: ΔT (прямоугольник горизонтальный) = $1{,}4295x^{0{,}0918}$, $R^2 = 0{,}9461$; ΔT (круг) = $1{,}4014x^{0{,}0952}$, $R^2 = 0{,}9712$; ΔT (овал) = $1{,}4357x^{0{,}1037}$, $R^2 = 0{,}953$; ΔT (прямоугольник вертикальный) = $1{,}2942x^{0{,}1008}$, $R^2 = 0{,}9845$; T (щель горизонтальная) = $1{,}5287x^{0{,}0382}$, $R^2 = 0{,}697$; ΔT (щель вертикальная) = $1{,}4338x^{0{,}0992}$, $R^2 = 0{,}9769$.



▲ - *ΔT (овал);*
■ *ΔT (*прямоугольник горизонтальный*);*
♦ - *ΔT (коло);*
✱ *ΔT (*щель *горизонтальная);*
× - *ΔT (*прямоугольник *вертикальн*ый*);*
● - *ΔT (*щель вертикальная*);*

Рисунок 1 — Зависимость показаний тепловизора (ΔT) от дистанции съемки (x)

Исходя из вышеприведенных уравнений, изменение показателей измеряемой температуры с увеличением расстояния от источника тепловыделения происходит по степенному закону. С увеличением дистанции тепловизионной съемки погрешность измерения температуры увеличивается.

Согласно проведенным лабораторным исследованиям, установлено отсутствие влияния формы источника тепловыделения на показатели тепловизионной съемки.

Увеличение погрешности измерения температуры обусловлено ослаблением инфракрасного излучения атмосферой, которое в основном зависит от двух явлений [4]:

- поглощение газами, составляющими атмосферу;
- ослабление из-за рассеяния на частицах, присутствующих в атмосфере, молекулах или аэрозолях.

В первом случае поглощающие газы излучают как селективные тела в зависимости от их температуры, а во втором случае отклонения излучения от первоначального пути делает его «видимым» для системы наблюдения. В результате на объект накладывается более или менее светлая дымка.

К заметно поглощающим оптическое излучение газовым компонентам атмосферы относятся пары воды (H_2O), углекислый газ (CO_2), озон (O_3), а к слабо поглощающим относятся закись азота (N_2O), оксид углерода (CO), кислород (O_2), метан (CH_4) и азот (N_2) [2].

Полный коэффициент пропускания атмосферы равен:

$$Fam = Fм \cdot Fp, \quad (1)$$

где $Fм$ - молекулярное поглощение атмосферой; Fp - рассеяние на частицах

$$Fм = F_{H2O} \cdot F_{CO2}, \quad (2)$$

где F_{H2O} - поглощение инфракрасного излучения водой;

F_{CO2} - поглощение инфракрасного излучения диоксидом углерода.

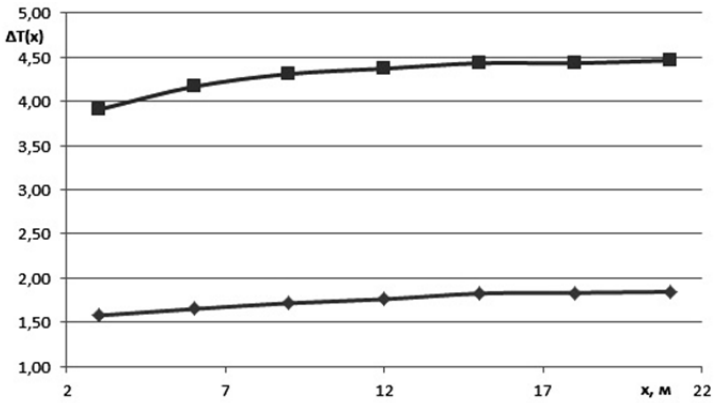
Установка поправок, корректирующих влияние этого фактора, требует дальнейших исследований. Для определения наиболее достоверной температуры источника нагрева следует выполнять тепловизионную съемку с как можно меньшего расстояния, что позволит минимизировать негативное влияние этого фактора.

В ходе лабораторных исследований было установлено, что одним из основных внешних факторов влияния на результаты температурного контроля теплового состояния породного отвала при применении дистанционных средств и способов контроля является турбулентность воздуха.

Была проведена оценка воздействия ветра на показатели дистанционного измерения температуры. Для создания потока воздуха использовался бытовой вентилятор. Изменяя его положение, создавали поток воздуха у поверхности трафарета со скоростями - 0,4м/с , 0,5м/с 1,4м/с.

Вентилятор поочередно устанавливался за трафаретом, за тепловизором и справа от трафарета. Расстояние между вентилятором и трафаретом или тепловизором составляло 1 м. При каждой скорости вентилятора, на минимальной допустимой дистанции от нагревательного элемента проводили съемку с ракурсом 90^o. С увеличением дистанции до 27м с шагом 3м температурная съемка повторялась.

Согласно эксперименту при увеличении скорости воздуха до 1,4м/с при использовании трафарета круг и ракурсе съемки 90^o изменение показателей измеряемой температуры (ΔТ (круг), 1,4м/с) значительно увеличивается по сравнению с изменением (ΔТ (круг)), полученным при тех же условиях эксперимента без турбулизации воздуха (рис. 2).



♦ - *ΔT (круг);* ■ - *ΔT (круг) при скорости 1,4 м/с;*

Рисунок 2 – Влияние скорости воздуха (1,4 м/с) на изменение показаний измеряемой температуры при различной дистанции съемки

При увеличении скорости воздуха инфракрасное излучение от нагретой поверхности ослабляется, и показатели тепловизионной съемки снижаются.

С оптической точки зрения турбулентная среда должна рассматриваться как фазовый объект, т.е. как среда, характеризующаяся только вариациями оптического пути. Эти вариации деформируют волновой фронт и ухудшают изображение. Можно представить турбулентную среду как последовательность примыкающих друг к другу однородных зон с различными показателями преломления [3].

Случайные вариации показателя преломления атмосферы по зонам можно учесть, вводя среднюю величину *n(x)* или корреляционную функцию для расстояния *r*:

$$F_n(r) = C_n^2 r^{2/3} \quad (3)$$

где *Fn (r)* - структурная функция для показателя преломления;
Cn - структурная постоянная показателя преломления.

Коэффициент *Cn* характеризует турбулентность атмосферы. Измерение температуры воздуха в двух соседних точках, разделенных расстоянием *r*, позволяет вычислить структурную функцию температуры, которая выражается формулой [2]:

$$Ft(r)=[T(x+r)-T(x)]^2=C_t^i r^{2/3} \quad (4)$$

Коэффициент *Ct* называется структурной постоянной пульсации температуры атмосферы и связан с коэффициентом *Cn* соотношением:

$$C_n = [(79*10^{-6}*P)/T^2]* C_t \quad (5)$$

где *P* - атмосферное давление, мб;
T - температура, К.

При анализе экспериментальных данных и зависимостей, влияющих на показатели температурной съемки, была разработана математическая модель, позволяющая учесть влияние внешних факторов на параметры температурной съемки при использовании дистанционных методов анализа температурного состояния.

Влияние внешних факторов на параметры температурной съемки при использовании дистанционных методов анализа температурного состояния можно описать уравнением:

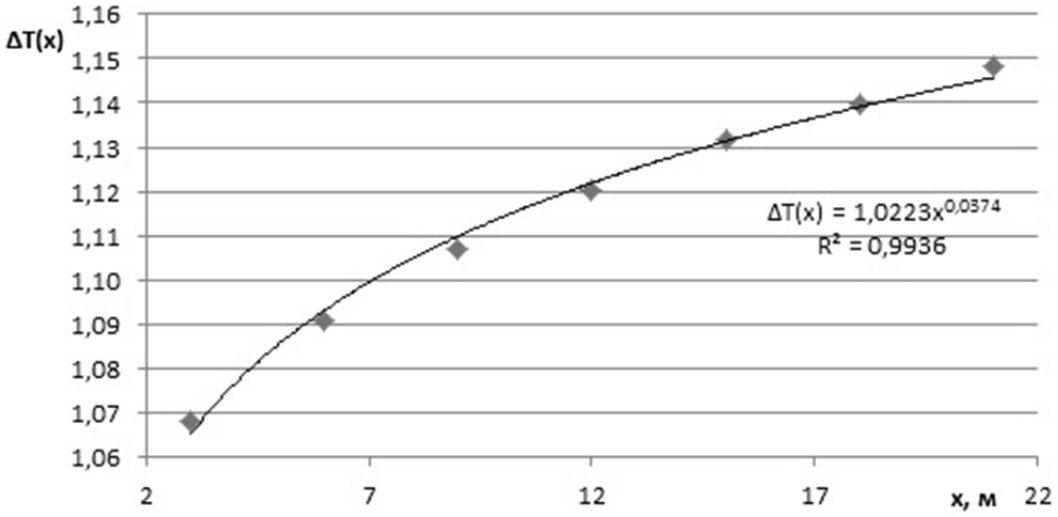
$$T(x) = \frac{T(x+r) + \sqrt{2T(x+r)^2 - 4\left(T(x+r)^2 - C_t\, r^{\frac{2}{3}}\right)}}{F}, \quad (6)$$

где *Ct* - структурная постоянная пульсации температуры атмосферы;
F - полный коэффициент пропускания атмосферы;
r - дистанция съемки, м;
T (x) - истинная температура объекта, °С;
T (x+r) - температура, полученная в результате тепловизионной съемки, °С.

$$F = F_P * F_{H2O} * F_{CO2} \quad (7)$$

Исходные данные и результаты расчета влияния внешних факторов для результатов тепловизионной съемки, полученных в лабораторных исследованиях при использовании трафарета круг, ракурсе съемки 90° и скорости воздуха 1,4 м/с приведены в табл. 2. Лабораторные исследования проводились в помещении, поэтому влияние атмосферных осадков не учитывалось. Разница между экспериментально полученными и расчетными показателями не превышает 10...13%, что свидетельствует о достаточно надежной достоверности разработанной математической модели (рис.3).

Результаты проведенных лабораторных исследований позволяют сделать вывод, что изменение показаний измеряемой температуры при увеличении дистанции тепловизионной съемки увеличивается по степенному закону. Это происходит под влиянием внешних факторов (турбулентность и пропускание атмосферой инфракрасного излучения), которое снижает истинную температуру источника тепловыделения от 3% при дистанции съемки 3м до 13% при дистанции съемки 21м.



♦ *ΔT= T(x)/T(x+n);* — - линия тренда;

Рисунок 3 – Сопоставление расчетной и экспериментальной относительной погрешности определения температуры очага от дистанции температурной съемки

Таблица 2 — Результаты расчета температуры источника тепловыделения с учетом влияния внешних факторов на результаты тепловизионной съемки

$T(x+r)$, ^0C	r, м	F	C_t	$T(x)$, ^0C	$\Delta T = T(x)/T(x+n)$	Погрешность измерений температуры, %
32,0	3	0,997982	0,53531	34,18	1,07	6
30,0	6	0,997964		32,73	1,09	8
29,0	9	0,997947		32,11	1,11	10
28,6	12	0,997092		32,04	1,12	11
28,2	15	0,996866		31,91	1,13	12
28,2	18	0,996639		32,14	1,14	12
28,0	21	0,996412		32,15	1,15	13

Выводы и перспективы дальнейших исследований в данном направлении. При анализе данных лабораторных исследований установлено:

1 - форма очага горения не влияет на показатели тепловизионной съемки;

2 - при увеличении дистанции тепловизионной съемки погрешность при измерении температуры увеличивается. Энергия инфракрасного излучения ослабляется при прохождении через атмосферу. Наличие атмосферы между источником излучения и приемником обычно является причиной помех при дистанционных методах измерения температуры;

3 - в ходе лабораторных исследований было установлено, что одним из основных внешних факторов влияния на результаты температурного контроля теплового состояния породного отвала при применении дистанционных средств и способов контроля является турбулентность воздуха. Основными причинами турбулизации воздушных течений в атмосфере является контрасты в полях температур и скорость ветра. С увеличением скорости воздуха инфракрасное излучение ослабляется, погрешность при измерениях температуры увеличивается;

4 - предложена математическая модель оценки влияния внешних факторов на параметры тепловизионной съемки, которая позволяет учесть влияние турбулентности воздуха в приземном слое атмосферы и влияние пропускания инфракрасного излучения атмосферой при определении истинной температуры источника тепловыделения;

5 - установленные зависимости изменения показаний измеряемой температуры от дистанции тепловизионной съемки и разработанная математическая модель оценки влияния внешних факторов на показатели съемки позволит разработать методику оценки теплового состояния породных отвалов с помощью дистанционных средств контроля.

Разработка методики учета внешних факторов при тепловизионной температурной съемке позволит эффективно выявлять и ликвидировать очаги на начальной стадии самовозгорания отвальной массы, уменьшить или полностью прекратить вредное воздействие породного отвала на окружающую среду путем тушения очагов горения с последующим выполнением комплекса мероприятий по предотвращению самовозгорания и поэтапном озеленении поверхности породного отвала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Р. Хадсон. Инфракрасные системы Издательство / Р. Хадсон; пер. с английского Я. Б. Герчикова, С.Г. Кина. – Москва: «Мир» 1972 г – 537 с.;

2. Ж. Госсорг. Инфракрасная термография. Основы, техника, применение./ Ж. Госсорг. Пер. с французского Н.В. Васильченко – Москва: Мир, 1988. – 416 с., – ISBN 5-03-000915-9;

3. В.И. Татарский. Распространение волн в турбулентной атмосфере/ Татарский Валерьян Ильич – Москва: «Наука», 1967 – 588 стр.;

4. Дж. Э. Джемисон, Р.Х. Мак-фи, Дж. Н. Пласс, Р. Г. Грубе. Физика и техника инфракрасного излучения./ Пер. с английского Н.В. Васильченко – Москва: Советское радио, 1965. – 646 с.;

5. С. В. Третьяков, Г. В. Аверин. Земля тревоги нашей. По материаламДоклада о состоянии окружающейприродной среды в Донецкой области в 2009 году/ С. В. Третьяков, Г. В. Аверин - Донецк, 2010 -114 с.;

6. НПАОП 10.0-5.21-04 Інструкція із запобігання самозапалюванню, гасіння та розбирання породних відвалів, затверджена Держнаглядохоронпраці України, наказ № 236 від 26.10.2004р.;

7. Зборщик М. П., Осокин В. В. Горение пород угольных месторождений и их тушение./ М. П.Зборщик, В. В. Осокин - Донецк: ДонГТУ, 2000. — 180 с.;

8. Тарасов В.В., Якушенков Ю.Г. Инфракрасные системы смотрящего типа / В. В. Тарасов, Ю. Г. Якушенков – Москва: Логос, 2004 – 444 с., - ISBN 5-94010-372-8

❖ ❖ ❖

УДК 624.012

В.К. Словінський

ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДУ РОЗВ'ЯЗКУ МІЦНІСНОЇ ЗАДАЧІ ПРИ РОЗРАХУНКОВІЙ ІНТЕРПРЕТАЦІЇ РЕЗУЛЬТАТІВ ВОГНЕВИХ ВИПРОБУВАНЬ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОЛОН

В статті наведені основні відомості щодо розробленого методу розрахункової інтерпретації температурних показників, отриманих у результаті випробувань залізобетонних колон на вогнестійкість без прикладання механічного навантаження. Досліджена ефективність методу розвязку міцнісної задачі при визначенні межі вогнестійкості залізобетонної колони за результатами вогневих випробувань.

Ключові слова: .залізобетонні колони, вогнестійкість

V. Slovinskiy

GROUND OF THE METHOD OF DECISION OF STRENGHT TASK DURING CALCULATION INTERPRETATION OF RESULTS OF FIRE TESTS OF REINFORCED CONCRETE COLUMNS

There are given general provisions of the developed method of calculation interpretation of the temperature indexes got as a result tests of reinforced concrete columns on a fire-resistance without the appendix of the mechanical loading in this article. Explored efficiency of method of decision of task of durability at determination of limit of fire-resistance of reinforced concrete column on results fire tests.

Keywords: Concrete columns, fire-resistance

Випробування залізобетонних колон на вогнестійкість відбувається у відповідності до чинних стандартів України [1, 2]. Згідно із цими стандартами колона повинна бути піддана вогневій дії в умовах навантаження колони силовими факторами, що повністю відповідають діючому навантаженню у колоні згідно із розрахунковою схемою конструкції будівлі. Такі чинники створюються відповідними вузлами випробувальних установок, які поєднують вогневу піч із опорно-навантажувальним пристроєм. Вогнева піч має вогнетривке огородження, конфігурацію, що забезпечує рівномірний обігрів елементу конструкції, а також паливно-форсункову систему на рідкому паливі, що забезпечує стандартний температурний режим пожежі. Механічне навантаження створюється за допомогою гідравлічного пресу, що має забезпечити стискальну силу до 500 т.

При реалізації таких умов виникають певні технічні складності, які полягають у невідповідності умов закріплення і навантаження колони у конструкції, невідповідності габаритних розмірів зразка для випробувань і реальної колони і т.д. Тому стандартом на випробування колон на вогнестійкість [2] не забороняються випробування без прикладання механічних навантажень, але в той же час означений стандарт не дає будь-яким чином обґрунтованої методики визначення межі вогнестійкості залізобетонних колон на основі таких випробувань. Крім цього, вогневі випробування колон мають обмеження на довжину випробовуваних колон, спосіб їх закріплення, тип і величину механічного навантаження на колону.

Аналіз публікацій щодо розрахункових методів проектування залізобетонних колон за умовою їх пожежної безпеки [1 – 4] показує що означені методи дають змогу комплексно врахувати всі перелічені особливості

У зв'язку з цим сформульована мета дослідження.

Мета роботи полягає у обґрунтуванні методу розв'язку міцнісної задачі для здійснення оцінки вогнестійкості залізобетонних колон прямокутного перерізу на основі розрахункової інтерпретації результатів їх вогневих випробувань.

В роботі [4] запропонований метод визначення фактичної межі (ФМВ) вогнестійкості залізобетонних колон, що базується на розрахунковій інтерпретації їх вогневих випробувань без прикладання механічного навантаження. На рис. 1. подана схема реалізації даного методу.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити задачу відновлення температурних полів у перерізі колони за результатами точкового вимірювання температури у її внутрішніх шарах. В роботі [4] описана методологія розв'язку даної задачі. Згідно з умовами реалізації розроблених методів необхідно проводити інтерполяцію за результатами вимірювань температури у контрольних точках перерізу залізобетонної колони. Для досягнення необхідної точності результатів інтерполяції розроблена схема вимірювання, яка подана на рис. 2.

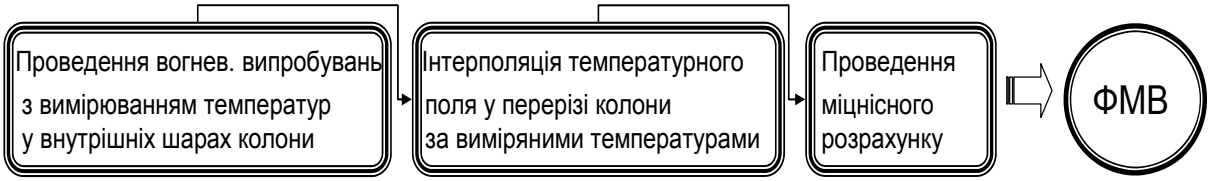


Рисунок. 1 – Схема здійснення оцінки вогнестійкості за допомогою інтерпретації результатів вогневих випробувань

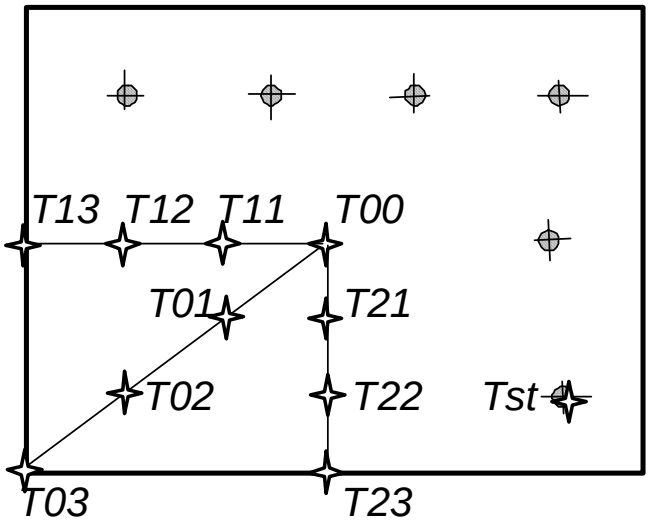


Рисунок. 2 – Схема розміщення термопар при випробуваннях залізобетонної колони для реалізації розробленого метода оцінки вогнестійкості

Для відпрацювання процедур методів оцінки вогнестійкості за допомогою інтерпретації результатів вогневих випробувань були проведені означені випробування двох залізобетонних колон 500×500×3000 з важкого бетону на гранітному заповнювачі у вогневій печі. Схема випробувальної установки приведена на рис. 3.

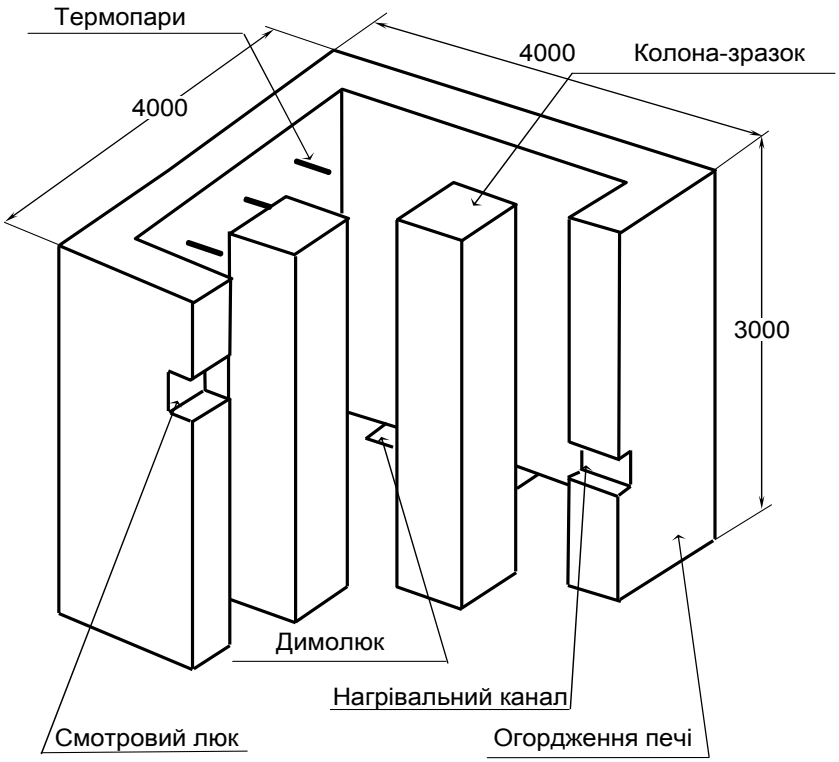


Рисунок 3 – Схема випробувальної установки

На рис. 4 подана схема армування та схема розташування термопар у перерізі колони.

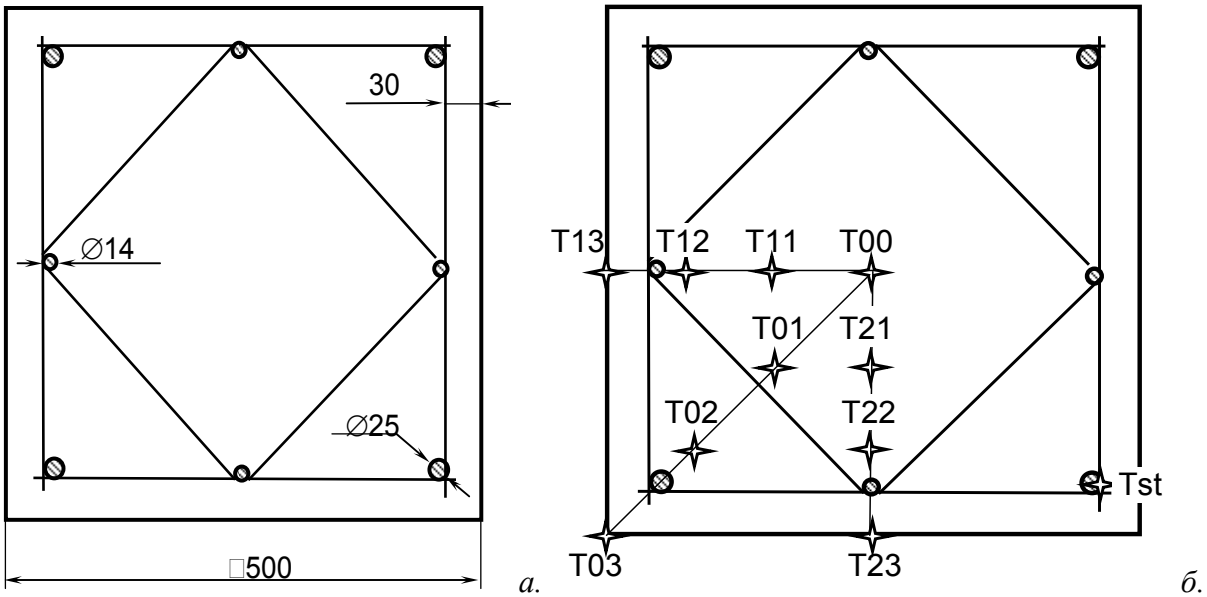


Рисунок 4 – Схема армування (а) та схема розташування термопар (б) залізобетонної колони

На рис. 5 подані результати вимірювань температури у внутрішніх шарах, колон підданих вогневим випробуванням.

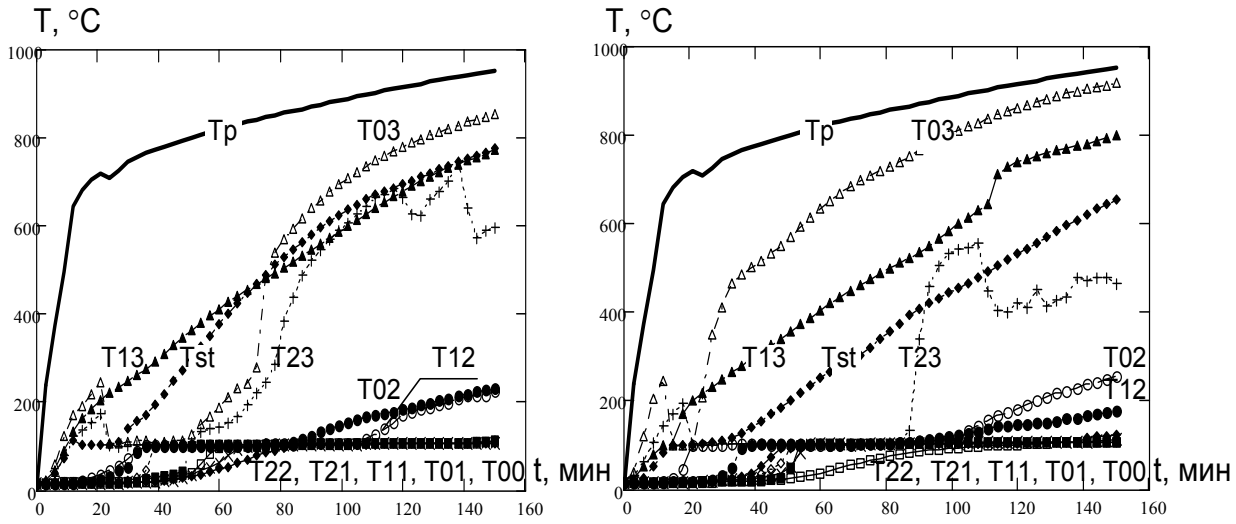


Рисунок 5 – Результати вимірювань температур в колоні

На рис. 6 подані результати інтерполяції температур у вузлових точках перерізу колони за допомогою розроблених методів. У табл. 1 подані результати аналізу адекватності даних, отриманих після інтерполяції.

Таблиця 1 – Дані порівняльного аналізу результатів інтерполяції

Метод інтерполяції	Максимальне відхилення, °С	Середнє відносне відхилення, %	Середньоквадратичне відхилення, °С
1 метод	75	7,8	26,3
2 метод	89	6,5	25,5

У результаті інтерполяції було отримано адекватні дані, які можна використовувати для розв'язку міцнісної задачі. Для розв'язку міцнісної задачі був використаний метод, який рекомендується у додатку В пунктом В3 державного стандарту України [].

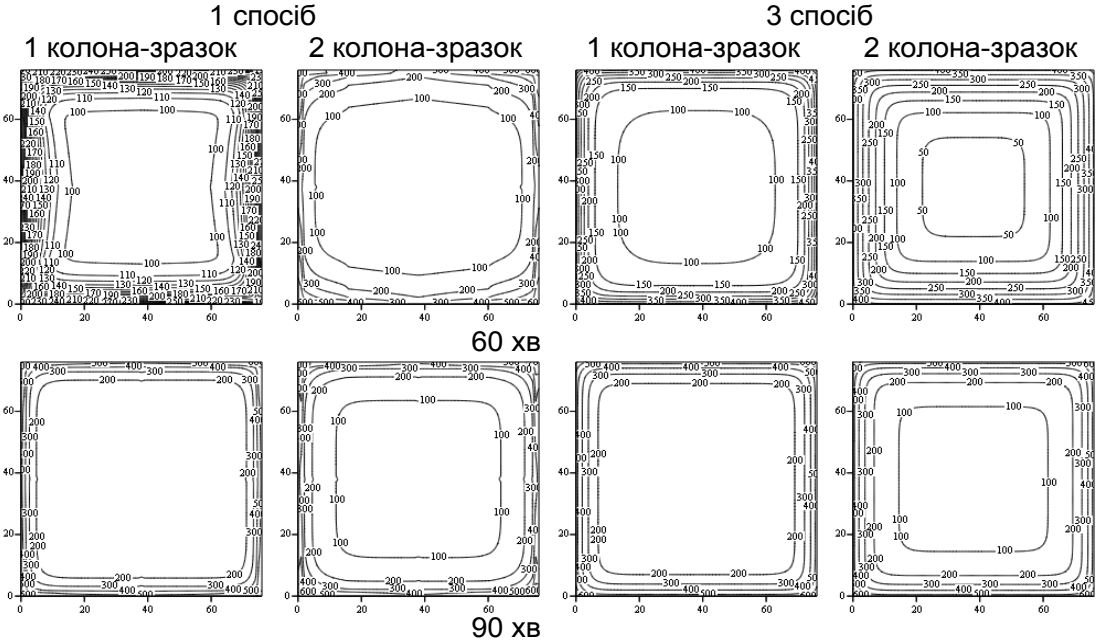


Рисунок 6 – Результати інтерполяції температур (°С) в перерізі колони

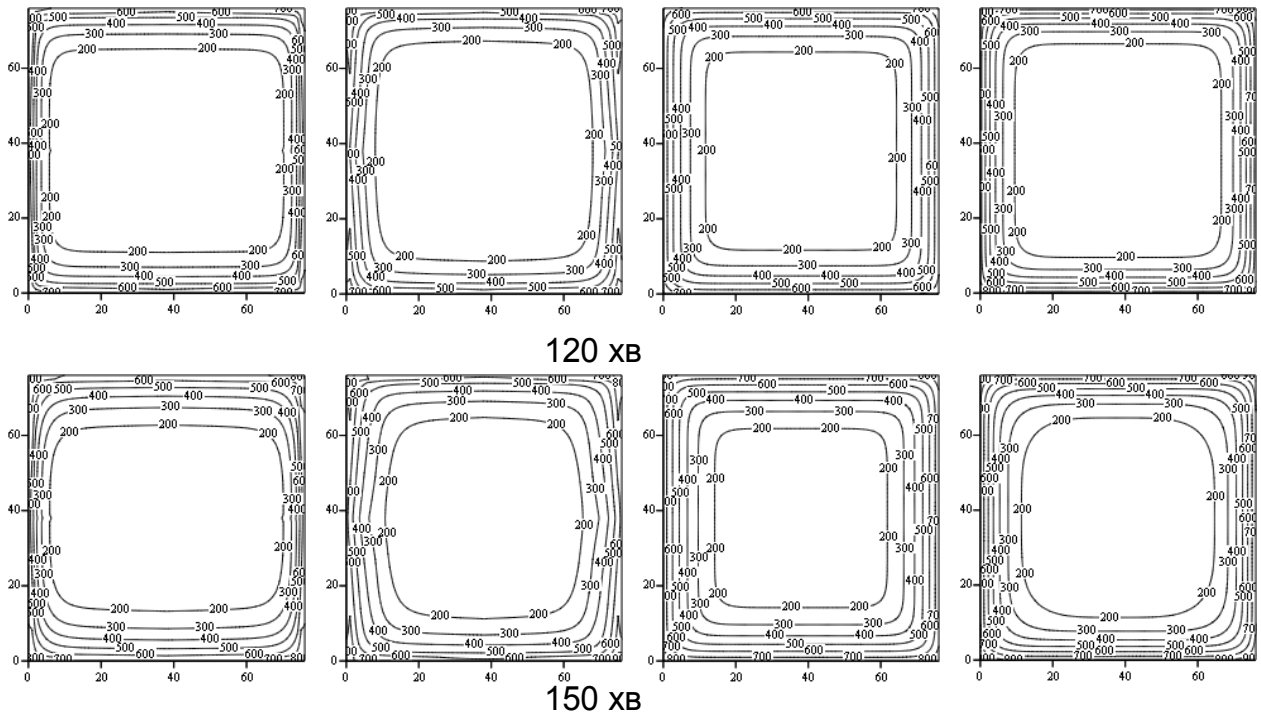


Рисунок 6 – Результати інтерполяції температур (°С) в перерізі колони (продовження)

Одержані результати інтерполяції є адекватними і їх можна використовувати для розрахунку межі вогнестійкості згідно з одному з методів розв'язку міцнісної задачі. Для аналізу міцнісної задачі пропонується використовувати рекомендації євронорм щодо проектування вогнестійких залізобетонних конструкцій Eurocode 2 частина друга [5] пункту В3 доповнення В. Для реалізації даного методу були застосовані механічні властивості бетону й арматурної сталі при високих температурах. Використані властивості компонентів залізобетону мають вигляд, який показаний на рис. 7 та рис. 8.

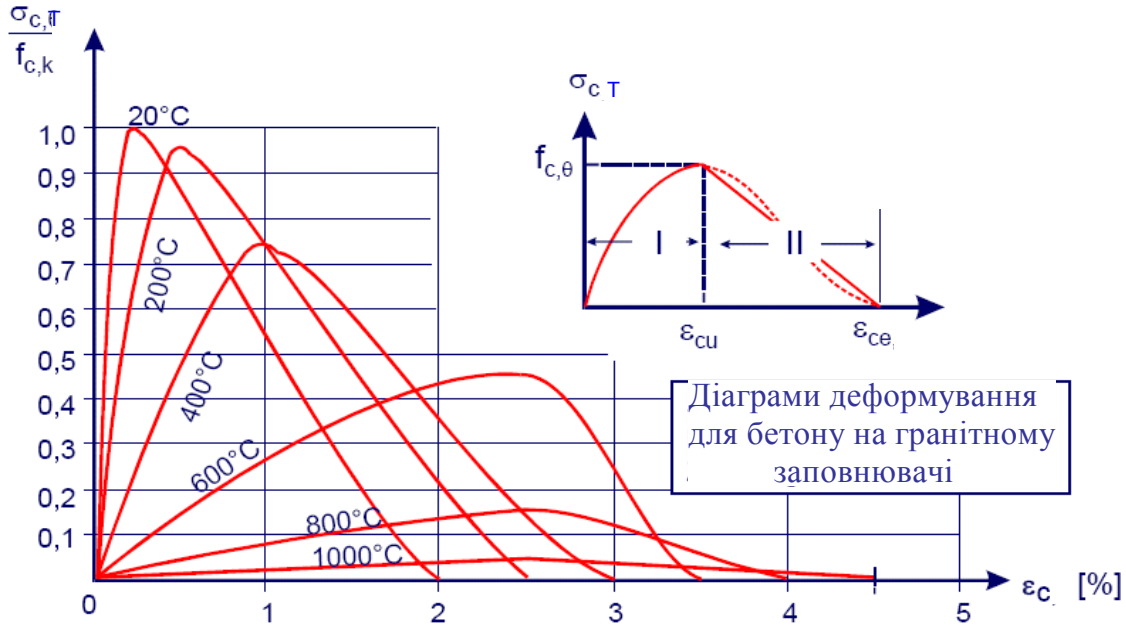


Рисунок 7 – Графік зміни механічних властивостей бетону за різних значеннях температур

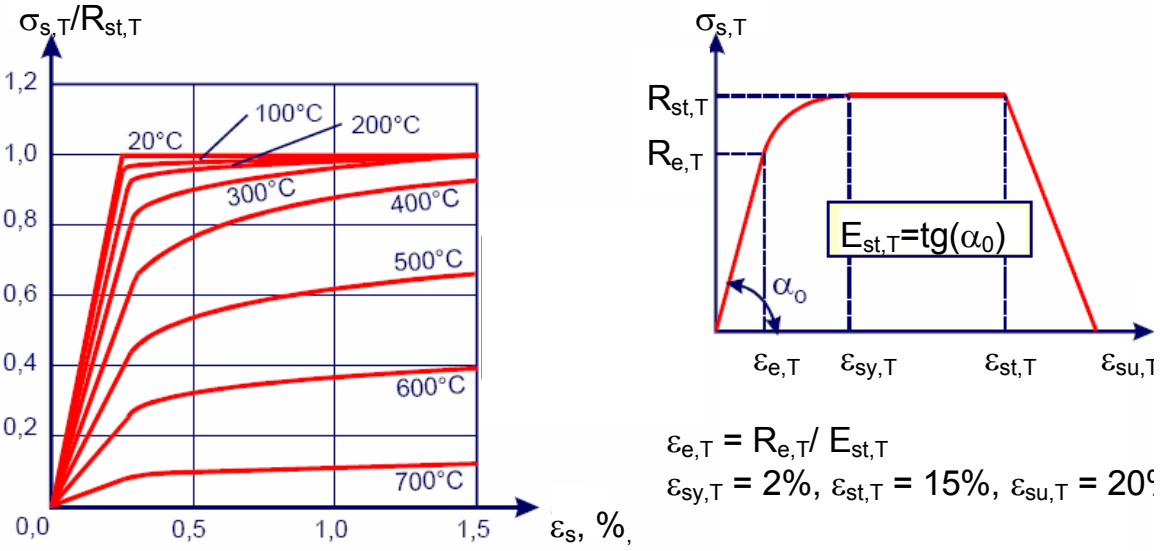


Рисунок 8 – Графік зміни механічних властивостей арматурної сталі за різних значеннях температур

Розрахунок проводився у такій послідовності

1. Поперечний переріз колони розділяється на певну кількість квадратних зон площею A_{sij} і координатами $x_{ij}y_{ij}$ центра кожної зони

2. Визначте будується діаграма для сили $N_{Ed,fi}$, у залежності від кривизни колони $\chi = 1/\rho$ (ρ - радіус кривизни колони), користуючись для кожного арматурного стержня та кожної бетонної зони відповідною діаграмою “напруження-деформація” згідно з рис. 7 та рис.8.

3. З а побудованою діаграмою визначається критична сила для даного моменту часу випробування за принципом, який поданий на рис. 9.

4. Порівнюючи отриману силу із діючою силою в колоні робиться висновок щодо відповідної межі вогнестійкості.

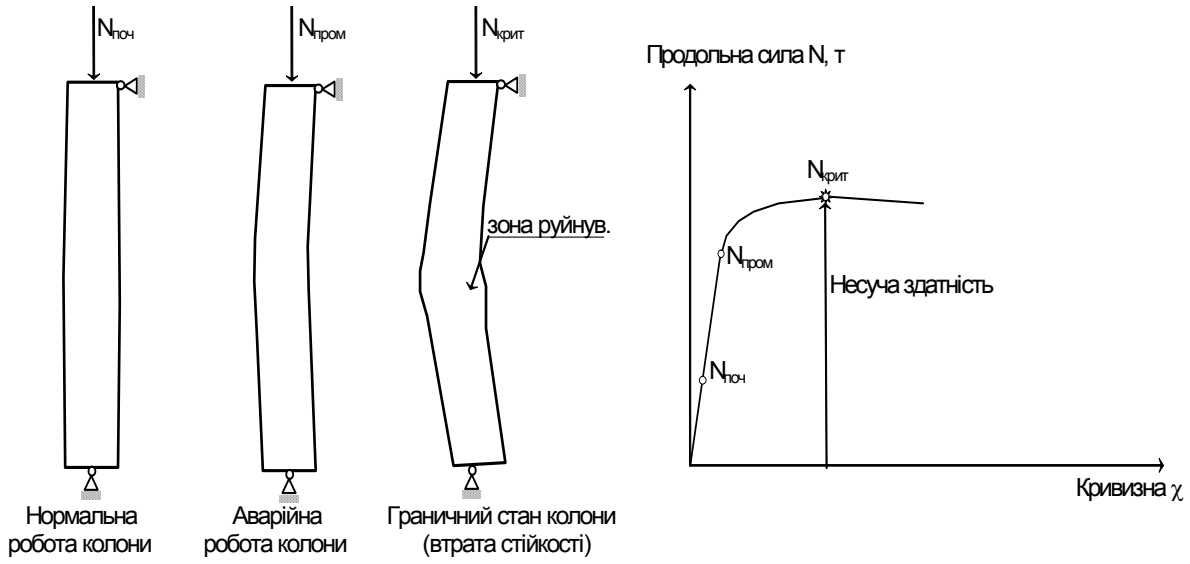
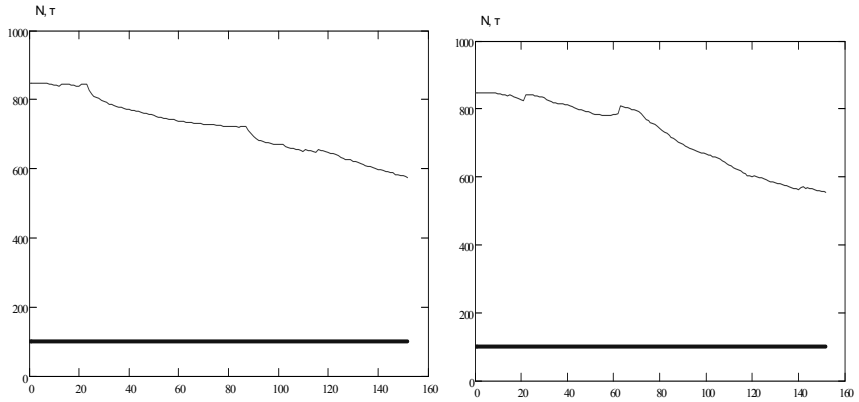


Рисунок 9 – Схема визначення несучої здатності колони для кожної хвилини випробувань

Після проведення розрахунків були отримані графіки критичної сили, при якій колона втрачає стійкість у залежності від тривалості випробувань, які подані на рис. 10.



а. *б*.

Рисунок 10 – Графік зміни несучої здатності колони-зразка №1 (а) і колони-зразка №2 (б) у залежності від тривалості випробувань

У результаті проведених досліджень можна зробити такі висновки.

1. Проведені вогневі випробування залізобетонних колон і на їх основі досліджена стійкість методів інтерполяції внаслідок чого виділений найефективніший метод інтерполяції, який заснований на апроксимації ізотерм поля.

2. Обгрунтована послідовність процедур методу розрахунку міцності на основі результатів вимірювання температури у внутрішніх шарах залізобетонної колони під час вогневих випробувань

3. На основі інтерпретації одержаних даних в ході вогневих випробувань із застосуванням розробленого методу міцнісного розрахунку була визначена межа вогнестійкості залізобетонної колони, чим підтверджена його.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.1.1-7-2002 Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва.
2. ДСТУ Б В.1.1-14-98. Захист від пожежі. Колони. Метод випробування на вогнестійкість. – К.: Укрархбудінформ, 2005.
3. ДСТУ Б В.1.1-4-98. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги. Пожежна безпека. – К.: Укрархбудінформ, 2005.
4. Поздєєв С.В., Василенко І.Р., Кузьмін О.Г., Словінський В.К.// Тези доповідей конференції «Метод інтерпретації результатів вогневих випробувань залізобетонних колон для оцінки їх вогнестійкості». Матеріали XII Міжнародного виставкового форуму «Технології захисту» 15 Всеукраїнської науково-практичної конференції. 24-25 вересня 2013 р. – Київ: Інститут державного управління у сфері цивільного захисту, 2013 – С. 25-26.
5. EN 1992-1-2:2004 Eurocode 2: Design of concrete structures Part 1-2: General rules - Structural fire design, Brussels, 2004.
6. Милованов А.Ф. Огнестойкость железобетонных конструкций / Милованов А.Ф. – М.: Стройиздат, 1986. – 224 с.
7. Поздєєв С.В. Исследование эффективности математических моделей для решения теплотехнической задачи при определении огнестойкости железобетонных конструкций / Поздєєв С.В., Поклонский В.Г., Некора О.В., Поздеев А.В. // Строительство, материаловедение, машиностроение : [сб. науч. трудов]. – Днепропетровск: ПГАСА, 2010. – Вып. 52 : [серия «Безопасность жизнедеятельности]. – С. 44-48.

❖ ❖ ❖

УДК 614.841.332

С.В. Жартовський, канд. техн. наук, О.В. Добростан

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВОГНЕЗАХИСТУ ДЕРЕВ'ЯНИХ КОНСТРУКЦІЙ ДАХІВ В ПОЛІГОННИХ УМОВАХ

Представлені дані щодо експериментального визначення ефективності вогнезахисту дерев'яних конструкцій дахів, захищених водною вогнебіозахисною речовиною на основі полігексаметиленгуанідингідрофосфат карбаміду з молекулярною масою до 5000 а.о.м.

Ключові слова: водні вогнебіозахисні речовини, ефективність вогнезахисту.

S. Zhartovskiy, Cand. of Sc. (Eng.), A. Dobrostan

CHOICE OF A METHOD OF QUALITY LEVEL ESTIMATION OF FIRE RETARDANT TREATMENT OF WOODEN BUILDING CONSTRUCTIONS

Experimentally verified the effectiveness of fire protection of roof wooden structures water protected by firebioresistance material based on polygeksametilenguanidinhydrophosphate of urea with molecular weights up to 5 000 a.m.u..

Keywords: water based firebioresistance materials, fire protection effectiveness.

Аналіз статистичних даних свідчить про те, що в Україні збільшилось число випадків невиконання вимог щодо часу прибуття пожежних підрозділів на місце пожежі. Частіше всього підрозділи прибувають на стадії розвиненої пожежі, що значно ускладнює їх гасіння (особливо пожеж класу А). Зроблено припущення, що вогнезахисне обробляння дерев'яних конструкцій дахів, могло б сприяти утриманню пожежі на початковій стадії. Виявлено, що в багатьох випадках дерев'яні конструкції необроблені, або оброблені малоефективними засобами. Необхідно також зазначити, що в даний час для отримання сертифікату відповідності для вогнезахисних засобів, необхідно виконати вимоги ГОСТ 30219 [1]. Відповідно до цього стандарту із застосуванням методик, регламентованих стандартом [2], визначають ефективність засобів вогнезахисту для деревини на зразках розмірами 150×50×30 мм в установці УВГВЕ протягом 2 хвилин. Отже, час випробувань незначний і не відповідає часу початкової стадії розвитку пожежі. До того ж, інші умови зазначених випробувань не відповідають умовам експлуатації вогнезахищеної деревини, що протирічить вимогам стандарту [3]. Тому, актуальними є науково-дослідні роботи, що направлені на пошук методів та методик визначення рівня ефективності вогнезахисту дерев'яних конструкцій, які забезпечують максимальне відтворення реальних умов експлуатації вогнезахищеної деревини.

Науковці та виробники вогнезахисних засобів для деревини все частіше застосовують макети реальних дерев'яних конструкцій для проведення вогневих полігонних випробувань [4]. В даній роботі представлені результати дослідження ефективності вогнезахисту макетних зразків дерев'яних конструкцій дахів, що оброблені сертифікованою вогнебіозахисною речовиною (ВВБЗР) ДСА-1 та розробленою ВВБЗР ФСГ-2Д, в полігонних умовах.

Мета роботи полягає у розкритті особливостей процесів займання, розвитку та припинення горіння вогнебіозахищених дерев'яних конструкцій дахів. Відповідно, *об'єкт дослідження* - процеси займання, розвитку та припинення горіння вогнебіозахищених дерев'яних конструкцій дахів, а *предмет дослідження* – чинники впливу на зазначені процеси в умовах застосування ВВБЗР.

Для випробувань використовували макет дерев'яної конструкції даху, виготовлений з деревини сосни, що являє собою елемент в 1 м^2 реального даху. Для цього використали кроквy у вигляді бруса розміром 1000×150×100 мм та лати у вигляді обрізних дошок товщиною 25 мм (рис. 1). Вогнезахисне обробляння однієї частини макетів проводили ВВБЗР ДСА-1 шляхом поверхневого просочення у відповідності до стандарту [5] способом ПО$_3$ (за два рази розчином антипірена та один раз водним розчином антисептика). Другу частину макетів обробляли ВВБЗР ФСГ-2Д (способом ПО$_2$: за два рази 32 %-ним водним розчином полігексаметиленгуанідингідрофосфат карбаміду з молекулярною масою до 5 000 а.о.м.). Макет пожежної навантаги розміщували під кутом 30^0 до поверхні металевого деко, в яке наливали розраховану кількість бензину А-76. Для контролю температури на поверхні макету розташовували термопари (рис. 2).

Випробування проводили в полігонних умовах. При цьому задавали два режими впливу вогнища класу В на макет пожежної навантаги, перший – впродовж 300 ± 15 с його горіння (проміжок часу, який відповідає нормативному часу прибуття пожежно-рятувальних підрозділів у міському населеному пункті), другий – впродовж 720 ± 25 с його горіння (проміжок часу, який відповідає нормативному часу прибуття пожежно-рятувальних підрозділів у сільському населеному пункті).

Рисунок 1 — Зовнішній вигляд макета пожежної навантаги

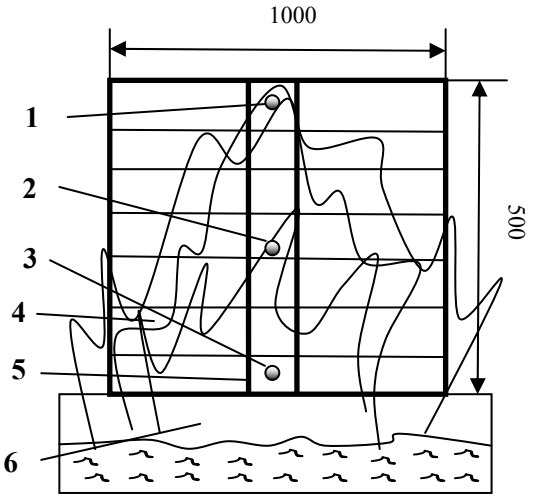


Рисунок 2 — Схема макета пожежної навантаги для натурних вогневих випробувань:
а) 1, 2, 3 – термопари, 4 – соснові дошки,
5 – кроква, 6 – модельне вогнище класу В

Під час натурних вогневих випробувань макета пожежної навантаги дерев'яних конструкцій даху, що оброблено ВВБЗР ДСА-1, за тривалості впливу вогнища класу В впродовж 720 с (рис. 3), було встановлено, що максимальні значення температур, які були виміряні за допомогою термопар в точках 1, 2, 3, досягають значень 740 °С, 862 °С, 783 °С, відповідно, приблизно на 300 с досліджень від початку підпалювання вогнища класу В. Після вигоряння вогнища класу В не спостерігалось горіння дерев'яних конструкцій та наявності жару, і після досягнення 20 хв. вогневих випробувань значення температур становили 90 °С, 104 °С, 93 °С, відповідно.

За результатами вогневих випробувань дерев'яних конструкцій макету пожежної навантаги, що оброблено ВВБЗР ФСГ-2Д способом поверхневого нанесення, за тривалості впливу вогнища класу В впродовж 720 с (рис. 4), було встановлено, що максимальні значення температур, які були виміряні за допомогою термопар, встановлених в точках 1, 2, 3, досягають значень 788 °С, 943 °С, 782 °С, відповідно, приблизно на 300 с від початку

підпалювання вогнища класу В. Після вигоряння вогнища класу В, як і в попередній серії випробувань, не спостерігалось горіння дерев'яних конструкцій та наявності жару, і після досягнення 20 хв. вогневих випробувань значення температур становили 95 °С, 107 °С, 99 °С, відповідно.

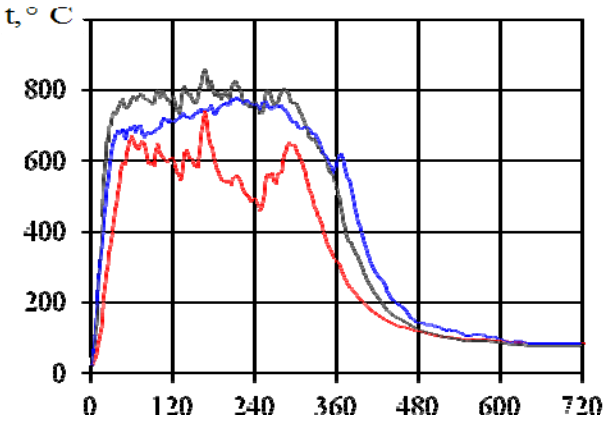


Рисунок 3 — Діаграма зміни в часі температур на поверхні дерев'яних конструкцій макета пожежної навантаги, що були оброблені вогнебіозахисної речовиною ДСА-1 способом поверхневого нанесення, при тривалості впливу вогнища класу В впродовж 720 с

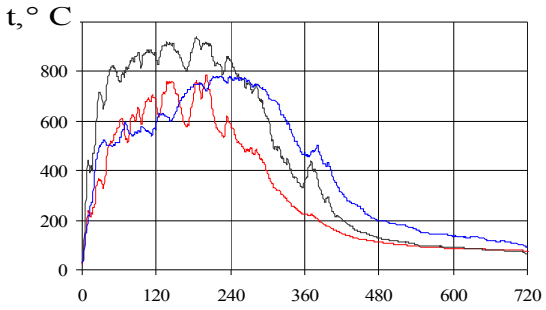


Рисунок 4 Діаграма зміни в часі температур на поверхні дерев'яних конструкцій макета пожежної навантаги, що були оброблені вогнебіозахисної речовиною ФСГ-2Д способом поверхневого нанесення, при тривалості впливу вогнища класу В впродовж 720 с

На рисунках 5 та 6 наведено стан дерев'яних конструкцій, які оброблені ВВБЗР ДСА -1 та ФСГ-2Д, після 720 с впливу вогнища класу В. З рисунків видно, що прогорання дошок товщиною 25 мм не відбулося, лише обвуглився поверхневий шар деревини.

Узагальнені результати досліджень щодо визначення відносної втрати маси дерев'яних брусків макету пожежної навантаги, які було оброблено ВВБЗР ДСА-1 та ФСГ -2Д, наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 — Узагальнені результати досліджень щодо визначення відносної втрати маси дерев'яних брусків макета пожежної навантаги, які було оброблено ВВБЗР ДСА-1 та ФСГ-2Д

Досліджувані зразки деревини	Тривалість вигоряння вогнища класу В, с					
	300	720	300	720	300	720
	Початкова маса, кг		Маса після досліджень, кг		Відносна втрата маси, %	
Дерев'яні конструкції, що оброблені засобом ДСА-1	13,6	13,8	12,0	9,7	12	30
Дерев'яні конструкції, що оброблені засобом ФСГ-2Д	13,3	13,5	11,2	9,9	16	28

Дані таблиці 5 вказують на те, що швидкість вигорання макетів (втрата маси макетів в часі), вогнезахищених ВВБЗР ДСА-1 та ФСГ-2Д, практично однакова та становить 0,005÷0,006 кг/с. Швидкість вигорання, визначена за 300 с та 720 с вогневих випробувань, майже не

відрізняється. Це явище можна пояснити утворенням модифікованого антипіренами поверхневого шару коксу, що перешкоджає утворенню джерела займання на поверхні деревини у вигляді жару. Тому, після завершення впливу вогнища класу В, самостійного горіння вогнезахищених дерев'яних конструкцій не спостерігалось. Проведені експериментальні дослідження підтверджують справедливість феноменологічних моделей процесів вогнебіозахисту деревини з використанням ВВБЗР ДСА-1 та ФСГ-2Д, запропонованих в роботах [6, 7].

Рисунок 5 — Стан дерев'яної конструкції, що оброблена ВВБЗР ДСА-1, після 720 с впливу вогнища класу В

Рисунок 6 — Стан дерев'яної конструкції, що оброблена ВВБЗР ФСГ-2Д, після 720 с впливу вогнища класу В

Отже, в результаті проведених полігонних випробувань встановлено, що для протипожежного захисту дерев'яних конструкцій дахів доцільно використовувати ВВБЗР ФСГ-2Д або ДСА-1, оскільки їх застосування (методом поверхневого просочення) дає можливість стримувати пожежу на її початковій стадії розвитку протягом часу, що відповідає нормативу прибуття пожежних підрозділів на місце пожежі в містах та сільській місцевості.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ГОСТ 30219-95 Древесина огнезащищенная. Общие технические требования. Методы испытаний. Транспортирование и хранение.
2. ДСТУ ГОСТ 15.001:2009. СРПП. Продукция производственно-технического назначения.
3. ГОСТ 16363-98. Средства огнезащиты для древесины. Методы определения огнезащитных свойств.
4. Ніжник В.В., Жартовський В.М., Жартовський С.В., Гутник О.П. Вогнебіозахист деревини та дерев'яних конструкцій куполів культових споруд // Науковий вісник УкрНДІ ПБ: Науковий журнал. – 2011. – № 2 (24). – С. 1 – 8.
5. ГОСТ 20022.6-93 Защита древесины. Способы пропитки.
6. Жартовский В.М., Нижник В.В., Жартовский С.В., Добростан А.В. Пассивная противопожарная защита деревянных конструкций куполов церквей с применением пропиточных составов. // Пожаровзрывобезопасность: научн.-техн. журнал, «Пожнаука», Москва, 2013, т. 22, №3 – С.31 – 37.
7. Жартовський С.В., Добростан О.В. Феноменологічна модель вогнезахисту деревини із застосуванням водної вогнебіозахисної речовини ФСГ-2. // Науковий вісник УкрНДІПБ: Науковий журнал. – 2012. – № 2 (26). – С. 42 – 49.

❖ ❖ ❖

УДК 614.84:355.469.34

Нікулін О.Ф., д-р техн. наук, Чумаченко С.М., д-р техн. наук, Кропивницький В.С.

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНОГО КАТЕРУ UMS-1000 ЗА РАХУНОК ЛЕГКОГО БЕЗПІЛОТНОГО АВІАЦІЙНОГО КОМПЛЕКСУ

Розглянуто можливі шляхи підвищення ефективності застосування пожежно-рятувального катеру за рахунок його оснащення легким безпілотним авіаційним комплексом (БЛАК). Сформульовано вимоги до умов застосування та бортового обладнання безпілотного літального апарата та можливі стратегії його застосування.

Ключові слова: пожежно-рятувальний катер, безпілотний авіаційний комплекс, спостереження, моніторинг, ефективність.

A. Nikulin, Doc. of Sc. (Eng.), S. Chumachenko, Doc. of Sc. (Eng.), V. Kropivnizki

WAYS OF IMPROVING THE EFFICIENCY OF FIRE AND RESCUE BOATS UMS-1000 DUE TO LIGHT UNMANNED AVIATION SYSTEMS

The possible ways to improve the use of fire-rescue boat due to its easy snap unmanned aviation systems. The requirements to the terms of use and onboard equipment unmanned aerial vehicle and possible strategies of its application.

Keywords: fire-rescue boat, set unmanned aircraft, surveillance, monitoring, performance.

Серед природно-техногенних загроз слід окремо відмітити небезпеки, що виникають в морських, річкових та прибережних регіонах нашої держави. Ці небезпеки пов’язані з виникненням пожеж та інших можливих техногенних аварій і катастроф, для ліквідації яких розробляється ряд сучасних інноваційних технічних комплексів, серед яких слід відмітити пожежно-рятувальний катер UMS-1000 (рис. 1). Однією із складових елементів, що дозволить підняти ефективність його застосування є застосування легкого безпілотного авіаційного комплексу (БПАК), який може забезпечити спостереження за розвитком ситуації в зоні пожежогасіння в реальному масштабі часу та наведення і цілевказівку рятувальниками.

Рисунок 1 – Пожежно-рятувальний катер UMS - 1000

Ретроспективний аналіз розвитку безпілотників свідчить про значний прогрес протягом останнього десятиліття у застосуванні їх під час пожежогасіння. У червні 2006 р. лісова служба США (US Forest Service) і національне аерокосмічне агентство (NASA) провели серію експериментів із застосування БПЛА наземними пожежними командами. Відпрацьовувалися завдання виявлення лісових пожеж та здійснення огляду їх меж [1]. "Бойове хрещення" БПЛА «Альтаїр» (США) з вирішення завданнь пожежної охорони лісів відбулося у 2006 р. Він використовувався при організації гасіння лісових пожеж в Palm Springs (Каліфорнія). БПЛА здійснював безперервний контроль меж пожежі площею 60 тисяч акрів, пролітаючи над вогнем протягом 16 годин, за що одержав високу оцінку від служби охорони лісів США.

У Росії перший подібний експеримент було здійснено 7 серпня 2006 р. на аеродромі м. Володимира фахівцями ФДУ «Авіалісоохорона» (м. Пушкіно) і ЗАТ «Енікс» (м. Казань). Використовувався 3-кілограмовий апарат «Елерон», здатний літати на висоті до 3 км зі швидкістю до 100 км/год.

У 2006 році лісовий департамент Швеції також запропонував використовувати БПЛА для пожежної інвентаризації лісів.

На сьогоднішній день проблему забезпечення актуальною та достовірною інформацією для гасіння масштабних берегових та портових пожеж не вирішено повною мірою. Для проведення розвідки в морських та річкових регіонах застосовуються безпілотні літальні апарати корабельного та катерного базування, про що свідчить ряд публікацій у вітчизняних та зарубіжних джерелах [2, 3, 4].

Якщо звернутись до історії, то безпілотні технології існують ще з часів Другої світової війни. Спочатку вони були складними і дорогими комплексами, що мали тільки військове призначення. Активний поштовх до їх застосування у військовій сфері дав досвід арабо-ізраїльських воєн, під час яких безпілотники зарекомендували себе як ефективний засіб повітряного спостереження, розвідки, ведення радіоелектронної боротьби та високоточного ураження наземних цілей. Але протягом останнього десятиліття у цій предметній галузі відбувся справжній технологічний прорив. Мініатюризація обчислювальних приладів та систем дистанційного зондування Землі і розвиток супутникової навігації (GPS/ГЛОНАСС) дозволили створити безпілотні літальні апарати (БПЛА), у яких габарити, маса, а головне - вартість на порядок а то і на два менші попередніх аналогів.

Зростання потреби в БПЛА в різних країнах цілком закономірне. Практичний досвід застосування БПЛА провідними країнами виявив широкий набір цивільних завдань, при вирішенні яких безпілотники показують високу ефективність.

Як свідчить аналіз публічно доступних документів організації Європейського Союзу, розподіл споживчого попиту за період з 2015 до 2020 років для цивільних БПЛА виглядає наступним чином: 45% - урядового контролю у сфері внутрішніх справ та екологічного моніторингу, 25% - для пожежогасіння, 13% - сільського та лісового господарства, 10% - енергетики, 6% - огляду земної поверхні, 1% - зв'язку та мовлення [4].

Метою роботи було дослідження можливості підвищення ефективності використання пожежно-рятувального катеру UMS-1000 за рахунок оснащення і застосування БПАК.

Серед існуючих схем компоновки БПЛА, які базуються на борту корабля або катера, можна виділити наступні (рис. 2): вертолітна (а,б); літакова (в); схема літаюче крило (г) автожирна (д); вертикального зльоту (е, ж); типу «літаюча тарілка» (з); комбінована схема апарату напіваеростатного типу (і).

Основні завдання для бортового інформаційного комплексу БПЛА корабельного або катерного базування наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Завдання для бортового інформаційного комплексу БПЛА

Зміст завдання	Спосіб розв'язування завдання	Об'єкти спостереження
Оперативне обстеження протяжних ділянок водної, морської і льодової поверхні	- спостереження	- протяжна ділянка водної, морської й льодової поверхні
Моніторинг великих портів і т.ін. Огляд стану технічних споруд (мостів, гребель і т.ін.)	- спостереження - високоточне визначення координат складової частини складного об'єкта	- складний об'єкт моніторингу
Постійне й тривале спостереження за об'єктами, що рухаються (річковий і морський транспорт і ін.)	- спостереження - супровід, високоточне визначення координат, швидкості і напрямку руху	- простий об'єкт

Як бачимо найбільш складним завданням для інформаційного комплексу БПЛА є спостереження:

1) спостереження на ділянці водної, морської й льодової поверхні на великій площі або довжині, пошук і виявлення джерел загоряння, розпізнавання й високоточне визначення їх координат.

2) спостереження за стаціонарними та рухомими об’єктами морських портів або прибережних територій в період пожежогасіння на протязі тривалого проміжку часу;

3) спостереження за морськими або річковими об’єктами, що рухаються, з періодичним (якщо буде потрібно) визначенням їхніх координат.

а)

б)

в)

г)

Рисунок 2 – Можливі схеми компоновки пожежних БПЛА корабельного або катерного базування, що можуть застосовуватись для моніторингу пожеж або надзвичайних ситуацій

д)

е)

ж)

з)

і)

Рисунок 2 – Можливі схеми компоновки пожежних БПЛА корабельного або катерного базування, що можуть застосовуватись для моніторингу пожеж або надзвичайних ситуацій (продовження)

На сьогодні структурні підрозділи ДСНС України не оснащені БПАК, необхідними для термінової розвідки важкодоступних прибережних зон надзвичайних ситуацій та спостереження і пошуку морських і річкових суден для оперативного виявлення очагів загорання на них. У зв'язку з цим, територіальні органи ДСНС, як правило, використовують пілотовану авіацію, що не завжди ефективно через досить тривалий час реагування (до 6 годин), великі фінансові витрати, жорстку залежність від погодних умов тощо.

Однак, найбільш перспективне технологічне розв'язання проблеми виявлення джерел прибережних пожеж, у відкритому морі або на річці зокрема є застосування БПЛА, які можуть відігравати ключову роль у координації дій пожежно-рятувального катера UMS-1000 та пожежно-рятувального десанту під час гасіння пожеж. Значну роль при цьому можуть відігравати інформаційно-телекомунікаційні технології, що дозволять забезпечувати керівника гасіння пожежі та окремих пожежних і рятувальників достовірною інформацією в реальному масштабі часу (рис. 3).

БПЛА літакового й вертолітного типів оснащуються електричними силовими установками або двигунами внутрішнього згоряння (ДВЗ).

Для забезпечення інформаційно-телекомунікаційної технології для підтримки прийняття рішень та оптимізації управління процесом застосування БПАК з пожежно-рятувального катеру UMS – 1000 (рис. 3) використовують наступні апаратні засоби:

1) не менш двох літальних апаратів, розташованих у захисних кейсах (сумках) вагою не більш 15-20кг, зручних для транспортування на катері;

2) наземна станція управління (НСУ) з ноутбуком спеціального виконання (протиударне, волого-пилозахисне виконання). Мінімальні рекомендовані: обсяг жорсткого диска 500 Гб, обсяг оперативної пам'яті 16 Гб;

3) приймально-передавальна антена в комплекті з автоматичним слідкуючим пристроєм і сполучним кабелем;

4) щогла й (або) штатив для кріплення приймально-передавальної антени;

5) зарядна станція (зарядний пристрій) з комплектом акумуляторних батарей або запас ПММ для двигунів БПЛА;

6) пускова установка*: ручна – гумовий джгут з карабіном (2 комплекти), і (або) механічна (пневматична) катапульта. *(для БПЛА літакового типу);

7) бортовий інформаційно-телекомунікаційний комплекс:

- відеокамери оптичного діапазону;
- відеокамери інфрачервоного (ІЧ) діапазону (тепловізори);
- сполучені відеокамери (оптичного й ІЧ діапазонів);
- фотоапарати оптичного діапазону;
- ретранслятори радіозв'язку;

радіолокаційні засоби.

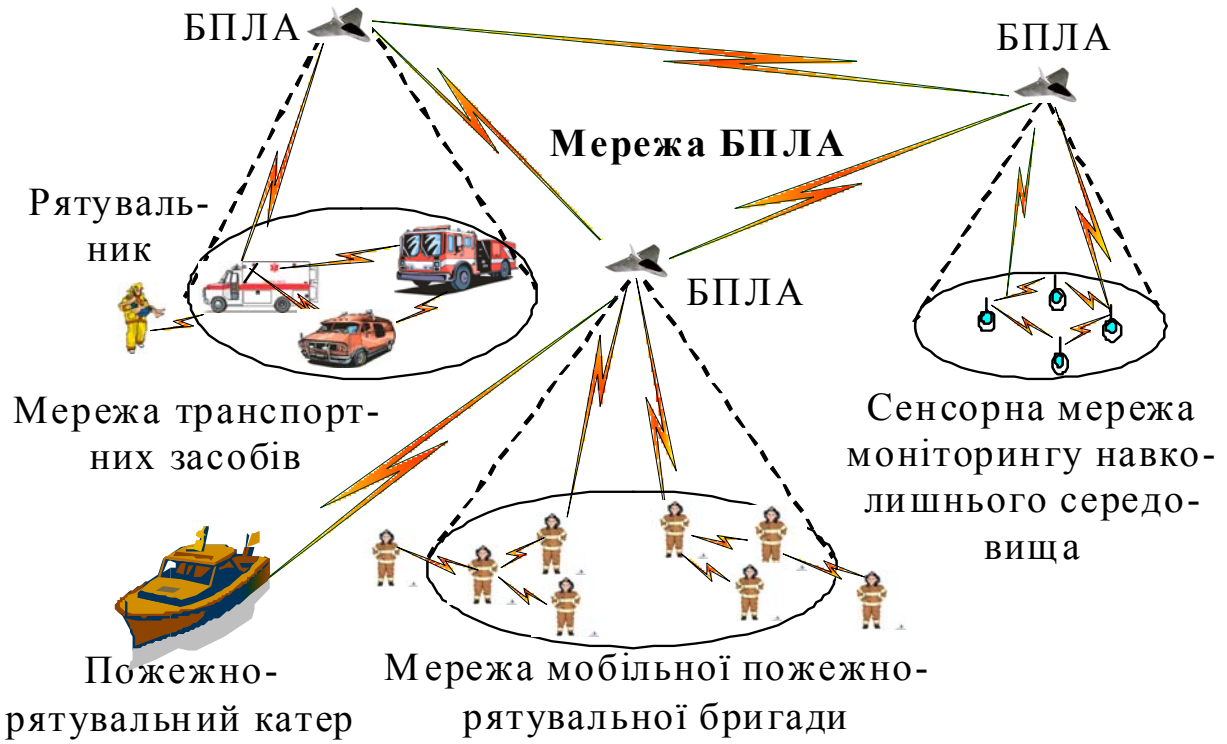


Рисунок 3 – Концептуальна схема застосування БПЛА з пожежно-рятувального катера UMS-1000

Залежно від типу БПЛА відео (фото) камери можуть встановлюватися в носовій частині фюзеляжу, крилі або під фюзеляжем. Об'єктиви відео (фото) камер можуть бути нерухомими або мати одну або дві ступені свободи, і так само змінну фокусну відстань (трансфокатор).

Для моніторингу пожежі найкращими є відеокамери турельного типу, що встановлюються на гіростабілізованих платформах під фюзеляжем БПЛА і які забезпечують круговий огляд нижньої півсфери.

Для зйомки окремих ділянок пожежі та місцевості найкращими є фотоапарати, встановлені нерухомо в крилі або під фюзеляжем БПЛА.

Для організації пошуку, у випадку аварійної посадки, рекомендується оснащувати БПЛА пошуковими маяками й засобами пошуку. Час автономної роботи маяків повиннен бути не менш 6 годин.

Сигнали керування польотом передаються із НСУ на борт БПЛА й зворотньо на НСУ в УКВ діапазоні, що вимагає знаходження літального апарата в зоні «прямої радіовидимості» із антеною НСУ. Гранична дальність приймання УКВ сигналів залежить від конкретних характеристик застосовуваних комплексів БПЛА, наприклад, на частотах 910-920 МГц вона становить близько 10-15 км.

В зоні польоту БПЛА можуть бути присутні перешкоди, які створюють «мертву зону» для приймання УКВ сигналу, це необхідно враховувати при плануванні маршруту й висоти польоту.

Патрульний політ при нормальній видимості рекомендується виконувати на висоті 600-800 м. У якості патрульних карт використовуються топографічні карти масштабу 1:100000 – 1:200000 або їх копії, а також лісопожежні карти.

В ході виконання польоту по маршруту авіаційного патрулювання локальної прибережної території, оператор, здійснюючи перегляд відеозображення, переданого із БПЛА в режимі реального часу, веде спостереження за появою диму й одночасно контролює параметри польоту (особлива увага приділяється дальності БПЛА від точки старту, швидкості й напрямку вітру, залишковій ємності батарей). Відеокамеру БПЛА слід встановлювати таким чином, щоб забезпечувався огляд підстилаючої місцевості та водної поверхні, із частковою видимістю обрію. Помітивши дим, оператор переводить режим польоту БПЛА в ручний або напівавтоматичний, вносить зміни в маршрут польоту й направляє його до місця його виникнення.

Для визначення з повітря виду пожежі служать наступні ознаки:

- при застосуванні відеокамери оптичного діапазону межі на ранній стадії виникнення пожежі погано помітні, дим підіймається по всій площі пожежі, вогонь не видний; на розвиненій пожежі кордони вигорілої площі добре помітні, дим зосереджений на периферії пожежі, вогонь не видний.

- при застосуванні відеокамер ІЧ- діапазону (тепловізорів) межі пожежі чітко видні. Більш світлі тони відповідають ділянкам з високою температурою горіння.

Загальний огляд пожежі проводиться з висоти 600-800 м. Встановивши місце й вид пожежі, оператор засікає його координати, наносить межі на карту (карту-схему) району виконання робіт з пожежогасіння.

Після проведення загального огляду висота польоту знижується для детального огляду пожежі (200-300 м). Проводиться опис району пожежі. Встановлюється наявність або відсутність на пожежі людей, техніки, визначається інтенсивність пожежі.

Для визначення інтенсивності пожеж служать наступні ознаки:

– при сильній інтенсивності пожежі полум’я видне з висоти 200 м по всьому фронту пожежі;

– при середній інтенсивності пожежі полум’я з висоти 200 м видне лише на окремих ділянках пожежі;

– при слабкій інтенсивності пожежі вогонь із висоти 200 м непомітний.

При огляді пожежі оператор самостійно встановлює найнебезпечніші напрямки поширення пожежі, разом із особою, що приймає рішення, визначає тактику й техніку гасіння пожежі, природні перешкоди, які можна використовувати для зупинки вогню, а так само потребну кількість технічних засобів і людей. При цьому слід ураховувати ймовірне поширення пожежі до прибуття сил і засобів пожежогасіння.

Якщо в процесі зниження спостерігається погіршення переданого з борту БПЛА відеосигналу, то для детального огляду рекомендується використовувати трансфокатор відеокамери (наближення об’єкта).

Для документування лісових пожеж рекомендується робити фотографування місць їх виникнення за допомогою фотоапарата або відеокамери (стоп-кадр) (рис. 4).

Рисунок 4 - Приклад документування лісових пожеж

У випадку, коли БПЛА з будь-яких причин не може затримуватися для уточнення місця пожежі, то необхідно зробити повторний запуск БПЛА, а у випадку великого віддалення джерела загоряння – змінити положення пожежно-рятувального катера UMS-1000 для старту БПЛА.

Важливу роль у керуванні пожежною оперативною обстановкою має знання динаміки розвитку пожежі в часі з моменту її виникнення, наступного гасіння й ліквідації. Тривалість дії пожеж визначає витрати матеріальних і трудових ресурсів на їх ліквідацію і викликаних ними негативних наслідків. Основним завданням керування пожежами є скорочення строків їх дії на стадіях, що передують початку гасіння, і на наступних етапах їх ліквідації, що дозволяє знизити величину умовно допустимої площі пожежі.

Як відомо, розвиток пожежі при відсутності керуючих впливів протікає за наступною схемою: виникнення горіння горючих матеріалів (самозаймання, змушене загоряння й запалювання), поширення горіння по площі, згоряння горючих матеріалів і потухання. Аналіз часової структури процесів розвитку пожежі, її гасіння й ліквідації дозволяє виділити наступні часові етапи:

1) час дії пожежі до виявлення – початковий схований проміжок часу горіння до моменту виявлення пожежі;

2) час очікування з моменту виявлення пожежі до прибуття катеру до місця пожежі;

3) час ходу катера до місця розвитку пожежі;

4) розвідка пожежі (з моменту прибуття катера до початку гасіння);

5) час зупинки пожежі (ліквідація полум’яного горіння на крайці пожежі);

6) час локалізації пожежі (ліквідація безполум’яного горіння на крайці);

7) час дотушування пожежі (гасіння явних вогнищ горіння на площі пожежі);

8) час окараулювання (гасіння схованих вогнищ горіння до ліквідації пожежі).

Завдяки використанню БПЛА, починаючи з етапу розвідки й закінчуючи окараулюванням зони пожежі, оператор може прийняти і реалізовувати рішення щодо операцій з пожежогасіння у найкоротші строки.

Найчастіше використовують модель просторового руху БПЛА у вигляді баражування в зоні пожежі з метою спостереження за обстановкою у тактичній глибині (рис. 5), дозволяє реалізувати режими передачі моніторингової інформації в режимі часу, близькому до реального. Використання РЛС бокового огляду (РЛСБО) або оглядового багатооб’єктивного

оптико-електронного обладнання (ОЕО) забезпечує огляд території пожежі. Найкращі результати моніторингу цим методом досягаються при використанні БПЛА великої тривалості польоту. При цьому особа, що прийняла рішення (ОПР), оператор або керівник гасіння пожежі (КГП) постійно одержує інформацію:

- про вид і розміри пожежі, рельєф місцевості, швидкості й напрямки поширення вогню, очікуваний розвиток пожежі в період її гасіння, ймовірності її поширення на населені пункти, пансіонати, будинки відпочинку;
- про ділянки, де можливий найбільш інтенсивний розвиток пожежі.

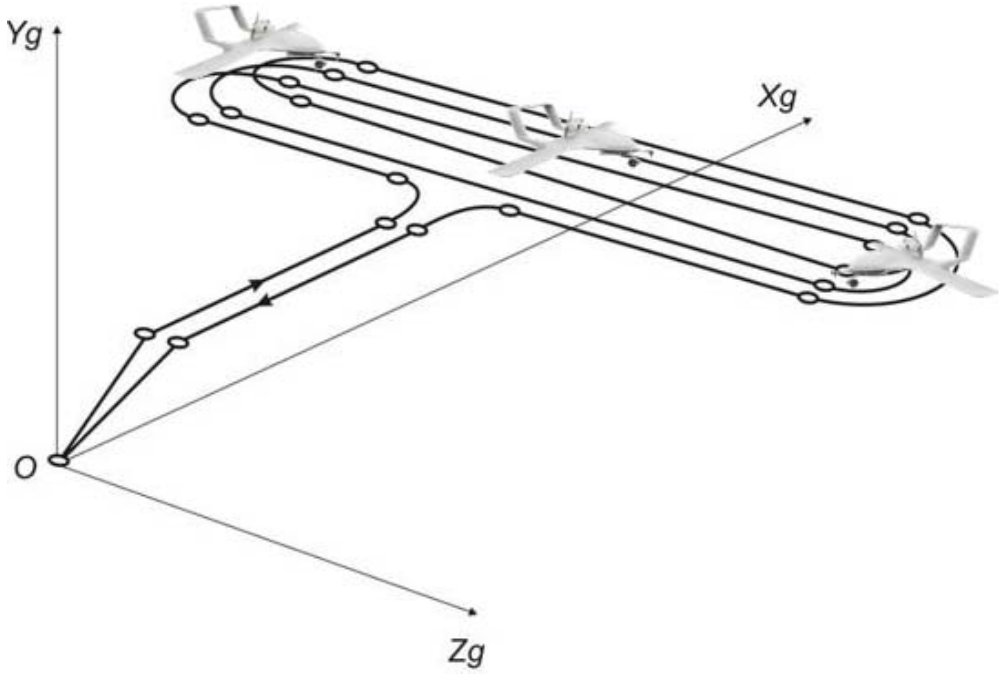


Рисунок 5 - Приклад баражування БПЛА в зоні пожежі

Для ефективної організації гасіння ОПР одержує наочну інформацію про:

- можливі перешкоди, що сприяють зупинці вогню;
- вигідні для організації захисту рубежі;
- межі пожежі;
- наявність і можливості використання природних водних джерел;
- безпечні місця стоянки транспортних засобів і шляхів відходу людей у місця прикриття на випадок прориву вогню.

За необхідності, оцінивши обстановку на підставі даних, отриманих із БПЛА, ОПР вчасно приймає рішення на маневр сил і засобів, вибір вирішального напрямку дій по гасінню пожежі [5].

Застосування БПАК є економічно вигідним, тому що вартість однієї мотогодини роботи безпілотних систем у п’ять і більше раз менше вартості роботи звичайних типів літаків і вертольотів, що застосовуються. Оснащення БПЛА тепловими датчиками інфрачервоного і мікрохвильового діапазонів як інструментальних засобів розвідки та діагностики пожеж слід визнати основним напрямком удосконалювання інформаційно-телекомунікаційних технологій. Теплолокатор мікрохвильового діапазону (РТЛ) здатний одержувати інформацію про положення палаючої кромки й довжини активної зони горіння.

Порівняльний аналіз інформаційно-телекомунікаційних технологій показав, що найбільшою інформативністю при розв’язанні завдань спостереження пожеж характеризується міліметровий діапазон радіохвиль. Міліметровий локатор повинен мати:

- високу ймовірність виявлення вогнища;
- максимальну ширину смуги огляду;

- можливість випереджального (по польоту) одержання інформації про положення палаючої кромки [11].

Таким чином, одним із дієвих шляхів підвищення ефективності застосування пожежно-рятувального катеру UMS-1000 є дооснащення його безпілотним авіаційним комплексом у складі трьох БПЛА, які дозволять забезпечити актуальною інформацією про стан гасіння пожежі, навколишнього середовища в зоні надзвичайної ситуації, надійним покриттям і зв'язком з кризовим центром ДСНС пожежно-рятувального катеру, пожежно-рятувального десанту в морських, річкових та прибережних районах.

В подальших дослідженнях буде проведено експертну оцінку можливих аеродинамічних компоновок БПЛА для пожежно-рятувального катера, моделювання сценаріїв застосування цих варіантів з метою вибору найбільш оптимального з точки зору забезпечення необхідної ефективності виконання операцій з пожежогасіння в прибережних, річкових та морських районах України. Надалі можна буде конкретизувати і розвивати окремі напрямки застосування БПАК з пожежно-рятувального катеру UMS-1000 для типових районів і об'єктів: місто та приміські райони; порт, припортова інфраструктура (у т.ч. нафтотермінали, заводи, склади тощо); морська нафтова платформа (бурова); природоохоронні об'єкти (плавні, заповідники тощо); військово-морські бази та полігони.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Журнал Лесное хозяйство - 2009 - №3 – С.39-40.
2. Каргопольцев В.А. Проблемы создания беспилотной гражданской авиации. / В.А. Каргопольцев, В.А. Подобедов // Полет. - 2007. - № 11. - С. 11-15.
3. Лукашев Э.Г. Архитектоника беспилотных комплексов. Впечатления вот выставки «Беспилотные многоцелевые комплексы в интересах ТЭК UVS-TECH-2008» /Э.Г. Лукашева, А.А. Силкин, Н.В. Чистяков: [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://dpla.ru/ UVS-TECH-2008.htm.
4. «Гражданские перспективы беспилотников», Владимир Карнозов Електронний ресурс [Беспилотная авиация, www.uav.ru] (спецвыпуск Milex — ISSE 2011), изд. ООО Информационно-аналитический центр «Новые технологии».
5. Уголок неба: Авиационная энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.airwar.ru/

❖ ❖ ❖

УДК 614.841.332:624.012.4

С.В. Новак, канд. техн. наук, ст. наук. співроб., О.П. Якименко, канд. техн. наук, М.Б. Григор'ян

МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-РОЗРАХУНКОВОГО МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ ВОГНЕЗАХИСНОЇ ЗДАТНОСТІ ПОКРИТТІВ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ОПРАВ ТУНЕЛЬНИХ СПОРУД

Наведено основні етапи експериментально-розрахункового методу визначення вогнезахисної здатності покриттів залізобетонних оправ тунельних споруд. Показана необхідність і надані результати щодо обґрунтування мінімальної кількості зразків для експериментального визначення температур і порядку сплайн-апроксимації теплофізичних характеристик вогнезахисних покриттів.

Ключові слова: експериментально-розрахунковий метод, вогнезахисна здатність, вогнезахисне покриття, математична модель, теплофізичні характеристики, залізобетонні оправи.

S. Novak, Cand. of Sc. (Eng.), Sen. St. Sc., O. Yakimenko, Cand. of Sc. (Eng.), M. Grigor'yan

METHODICAL ENSURING OF APPLICATION OF AN EXPERIMENTAL AND CALCULATION METHOD FOR THE DETERMINATION OF FIRE RETARDANT CAPABILITY OF THE COATINGS OF FERROCONCRETE CASES FOR TUNNEL STRUCTURES

The main stages of an experimental and calculation method for the determination of fire retardant capability of the coatings of ferroconcrete cases for tunnel structures are expounded. Necessity is shown and results are rendered for the substantiation of the minimum number of test samples necessary for the experimental determination of the temperature values and spline approximation of thermal and physical characteristics of fire retardant coatings.

Keywords: experimental and calculation method, fire retardant capability, fire retardant coating, mathematical model, thermal and physical characteristics, ferroconcrete cases.

Для визначення характеристики вогнезахисної здатності матеріалів найбільш ефективним є застосування експериментально-розрахункових методів, які ґрунтуються на математичному моделюванні теплових процесів у конструкціях в умовах пожежі й розв’язанні прямих та обернених задач теплопровідності [1, 2]. Такий метод було застосовано, зокрема, для оцінювання здатності вогнезахисних покриттів та облицювань забезпечувати вогнезахист залізобетонних оправ тунельних споруд [2]. Він містить такі основні етапи:

- експериментальне визначення температури в зразках залізобетонних оправ з вогнезахисним покриттям за умов стандартного температурного режиму;
- визначення теплофізичних характеристик (ТФХ) вогнезахисного покриття шляхом розв’язання оберненої задачі теплопровідності (ОЗТ);
- розрахунок значень необхідної мінімальної товщини вогнезахисного покриття, які забезпечують нормовані значення межі вогнестійкості залізобетонних оправ для різних температурних режимів, шляхом розв’язання прямої задачі теплопровідності (ПЗТ).

Для зазначених експериментально-розрахункових методів необхідно розробляти відповідне методичне забезпечення при їх застосуванні для визначення характеристики вогнезахисної здатності матеріалів для будівельних конструкцій різного призначення. В

методичному забезпеченні слід визначити мінімальну кількість зразків для випробувань, метод та параметри ідентифікації властивостей матеріалів тощо.

У даній роботі наводяться результати досліджень, які було проведено для розроблення методичного забезпечення застосування експериментально-розрахункового методу визначення вогнезахисної здатності покриттів залізобетонних оправ тунельних споруд. Метою цих досліджень було обґрунтування необхідної і достатньої кількості зразків для проведення експериментального визначення температур у них та обґрунтування параметрів теплофізичних характеристик вогнезахисного покриття, що ідентифікуються, шляхом розв'язання оберненої задачі теплопровідності за даними термометрії зразків.

Під час обґрунтування оптимальної кількості зразків для експериментального визначення температурних полів було проведено дослідження впливу похибки у вимірюванні температури на їх обігрівній поверхні під шаром вогнезахисного покриття, а також похибки у завданні теплофізичних характеристик бетону на точність визначення вогнезахисної здатності покриттів. За оптимальну кількість зразків приймали таку їх кількість, за якої досягається прийнятна точність у визначенні необхідної мінімальної товщини вогнезахисного покриття, а збільшення цієї кількості не призводить до значного зменшення похибки у визначенні цієї товщини. Для зазначених досліджень застосовували метод обчислювального експерименту [2, 3] та алгоритм, який наведено на рисунку 1.

Товщину вогнезахисного покриття визначали шляхом розв'язання ПЗТ таким чином, щоб температура $T_Б$ на обігрівній поверхні зразка під шаром вогнезахисного покриття для заданого часу, який відповідає нормованій межі вогнестійкості, становила $T_{кр\ Б} = 380\ ^oC$. Це значення мінімальної товщини вогнезахисного покриття приймали за «точне» ($b_т$). Отримані значення температури на обігрівній поверхні зразка під шаром вогнезахисного покриття приймали як «точні» експериментальні дані. У ці «точні» експериментальні дані за допомогою генератора випадкових чисел вносили випадкові похибки, і в подальшому такі «збурені» дані застосовували як вихідні для розв'язання ОЗТ.

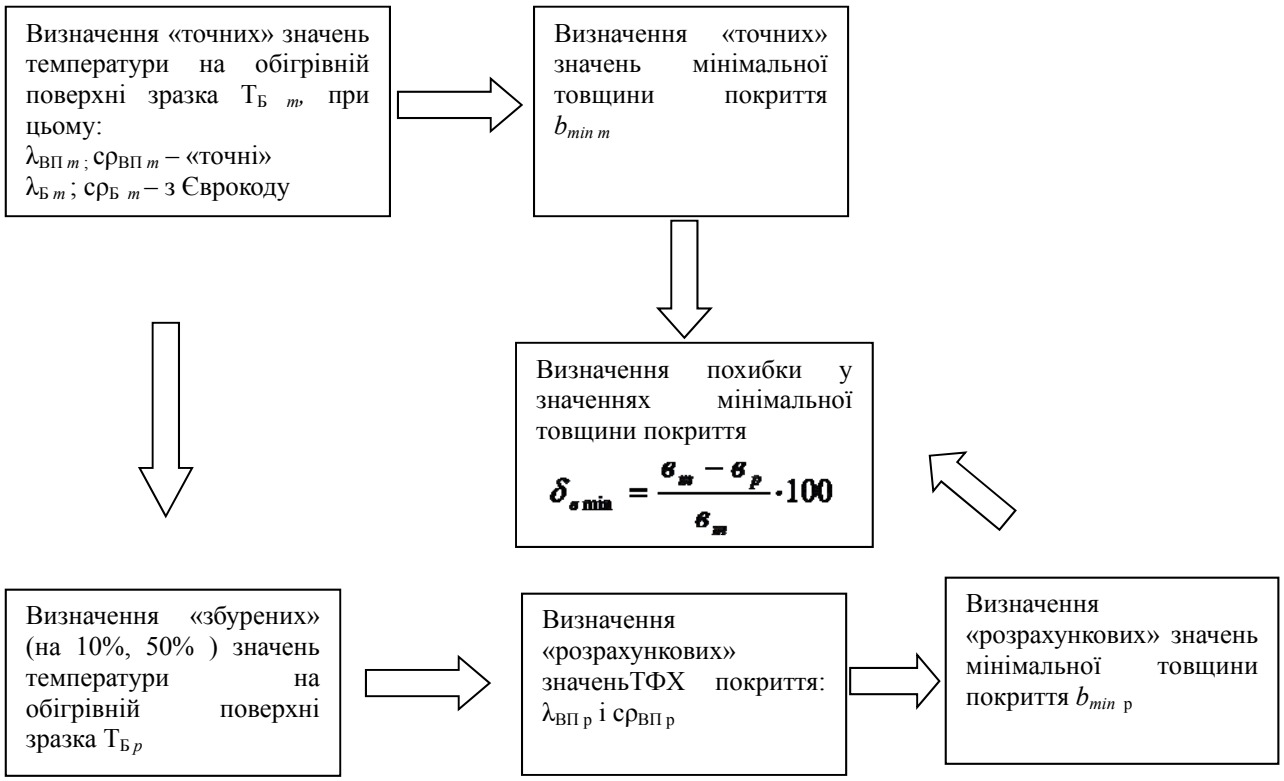


Рисунок 1 – Алгоритм розв'язання задачі щодо визначення впливу похибки у вимірюванні температури на обігрівній поверхні зразків під шаром вогнезахисного покриття на точність визначення його мінімальної товщини

За цими «збуреними» даними шляхом розв'язання ОЗТ для одного зразка визначали коефіцієнт теплопровідності $\lambda_{ВП\ р}$ і питому об'ємну теплоємність покриття $c\rho_{ВП\ р}$. Отримані дані порівнювали з «точними» значеннями ТФХ вогнезахисного покриття ($\lambda_{ВП\ т}$, $c\rho_{ВП\ т}$) і за формулами (1) та (2) розраховували похибку у визначенні коефіцієнту теплопровідності та питомої об'ємної теплоємності (зазначений етап порівняння є проміжним і на рисунку 1 не наведений).

$$\delta_\lambda = \frac{\lambda p - \lambda m}{\lambda_m} \cdot 100\ \% \qquad (1)$$

$$\delta_{c\rho} = \frac{c\rho p - c\rho_m}{c\rho m} \cdot 100\,\% \qquad (2)$$

Дані щодо розрахункових значень ТФХ застосовували для визначення необхідної мінімальної товщини вогнезахисного покриття шляхом розв'язання ПЗТ. Отримане розрахункове значення необхідної мінімальної товщини (b_p) порівнювали з «точним» значенням і визначали похибку за такою формулою:

$$\delta_b = \frac{bp - bm}{b_m} \cdot 100\,\% \qquad (3)$$

Було розглянуто вогнезахисні покриття, які мають такі значення ТФХ: $\lambda_{ВП\ т} = 0{,}03;\ 0{,}1;\ 0{,}3$ Вт·м$^{-1}$·°С$^{-1}$; $c\rho_{ВП\ т} = 3\cdot10^4;\ 3\cdot10^5;\ 3\cdot10^6$ Дж·м$^{-3}$·°С$^{-1}$.

Варіанти завдання теплофізичних характеристик для задач, які були досліджені за зазначеним вище алгоритмом, є такими:

варіант № 1: $\lambda_{ВП\ т} = 0{,}03$ Вт·м$^{-1}$·°С$^{-1}$, $c\rho_{ВП\ т} = 3\cdot10^4$ Дж·м$^{-3}$·°С$^{-1}$;
варіант № 2: $\lambda_{ВП\ т} = 0{,}1$ Вт·м$^{-1}$·°С$^{-1}$, $c\rho_{ВП\ т} = 3\cdot10^5$ Дж·м$^{-3}$·°С$^{-1}$;
варіант № 3: $\lambda_{ВП\ т} = 0{,}3$ Вт·м$^{-1}$·°С$^{-1}$, $c\rho_{ВП\ т} = 3\cdot10^6$ Дж·м$^{-3}$·°С$^{-1}$.

Значення межі вогнестійкості приймалися такі: $t_{fr} = 30;\ 45;\ 60;\ 90;\ 120$ хв. Максимальні значення похибки у вимірюванні температури на обігрівній поверхні зразка під шаром вогнезахисного покриття приймалися 10% та 50% при дисперсії 1,0. Наприклад, значення «точних» та «збурених» до +10%, +50% температур для варіанту № 2 і значення межі вогнестійкості 30 хв наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Значення «точних» та «збурених» до +10% , +50% температур для варіанту № 2 та значення межі вогнестійкості $t_{fr} = 30$ хв

Час, t, хв	«Точні» значення температури, Т,°С	«Збурені» до +10% значення температури, Т,°С	«Збурені» до +50% значення температури, Т,°С
1	29,06	29,84	28,97
2	51,62	51,51	51,63
4	94,18	96,29	94,43
6	121,68	121,60	146,00
8	148,77	148,77	173,06
10	176,81	176,90	184,91
12	204,72	212,90	262,29
14	229,18	236,66	244,74
16	251,63	253,94	294,66
18	273,46	288,84	266,32
20	293,83	297,82	293,20
22	313,03	323,73	332,46
24	331,39	329,66	346,34
26	348,70	348,55	395,72
28	364,94	369,46	344,47
30	380,39	383,82	396,53

Визначення ТФХ вогнезахисного покриття проводили шляхом розв'язання ОЗТ з використанням «збурених» даних температури на обігрівній поверхні зразків під шаром вогнезахисного покриття за даними одного та двох експериментів одночасно. За отриманими результатами розрахунків проводилось порівняння значень похибок, отриманих для ОЗТ за даними одного та двох експериментів, і робилися висновки щодо стійкості розв'язання ОЗТ та мінімальної кількості зразків, для якої досягається прийнятна для інженерних розрахунків точність.

Із отриманих результатів випливає, що при застосуванні даних одного експерименту із завданням «збурених» до 10% значень температури досягаються стійкі рішення ОЗТ, для яких похибка у визначенні коефіцієнту теплопровідності перебуває у межах від 0% до 5%, а похибка у визначенні питомої об'ємної теплоємності – від 3,33% до 66,7%. При застосуванні даних двох експериментів максимальні значення похибки у визначенні коефіцієнту теплопровідності та питомої об'ємної теплоємності залишаються такими ж самими. При цьому максимальна похибка у визначенні необхідної мінімальної товщини покриття за даними одного експерименту становить 3,3%, за даними двох експериментів 6,16%.

При «збуренні» значень температури до 50% також досягаються стійкі рішення ОЗТ, як при розв'язанні задачі за даними одного експерименту, так і двох експериментів. При цьому максимальне значення похибки у розрахунках коефіцієнту теплопровідності становить 30,0% та 27,7% при застосуванні даних одного та двох експериментів відповідно, а значення похибки у розрахунках питомої об'ємної теплоємності співпадають і становлять 66,7%. Максимальне значення похибки у визначенні необхідної мінімальної товщини покриття становлять 13,21% та 10,0% відповідно для одного та двох експериментів.

З вищенаведеного випливає, що у разі застосування як одного так і двох експериментів, досягаються стійкі рішення ОЗТ при значних випадкових похибках у визначенні температури на обігрівній поверхні зразка під шаром вогнезахисного покриття. При цьому, похибки у визначенні необхідної мінімальної товщини покриття майже однакові, як під час застосування даних одного, так і двох експериментів. Наприклад, на рисунку 2 наведено залежність значення цієї похибки від межі вогнестійкості для «точних» значень $\lambda_{\text{ВП т}} = 0{,}1$ Вт·м$^{-1}$·°С$^{-1}$, $c\rho_{\text{ВП т}} = 3\cdot10^5$, Дж·м$^{-3}$·°С$^{-1}$.

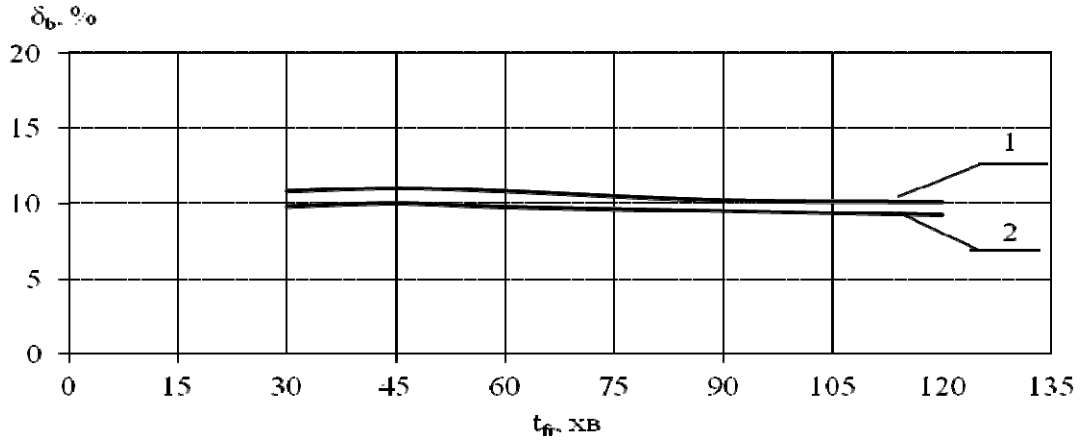


Рисунок 2 – Залежність похибки у визначенні необхідної мінімальної товщини вогнезахисного покриття від значення межі вогнестійкості:

1 – при застосуванні даних одного експерименту;

2 – при застосуванні даних двох експериментів.

Таким чином, можна зробити висновок, що застосування даних одного експерименту дозволяє отримати стійке рішення ОЗТ, а збільшення кількості експериментів не призводить до зменшення похибки у визначенні необхідної мінімальної товщини вогнезахисного покриття.

Необхідність дослідження впливу похибки у завданні теплофізичних характеристик бетону на точність визначення вогнезахисної здатності покриттів пов'язана з тим, що, зазвичай, ТФХ бетону залежать від низки чинників, зокрема, від його густини, вологості, наявності домішок різного призначення тощо. Тому, значення його теплофізичних характеристик можуть відрізнятися від тих, які наведені в Єврокоді [4] і застосовують під час визначення вогнезахисної здатності покриття при розв'язанні прямої та оберненої задач.

Для оцінки впливу відмінності ТФХ бетону, який застосовують у зразках для проведення експериментального визначення температур, від ТФХ, наведених в Єврокоді, також було застосовано метод обчислювального експерименту з алгоритмом, аналогічним наведеному на рисунку 1.

При визначенні «точних» значень температури на обігрівній поверхні зразка під шаром вогнезахисного покриття задавали «точні» значення ТФХ бетону ($\lambda_{Б\ т}$; $c\rho_{Б\ т}$), які відрізняються від наведених у Єврокоді ($\lambda_{Б\ р}$; $c\rho_{Б\ р}$). При цьому кожне значення коефіцієнтів теплопровідності $\lambda_{Б\ р}$ та (або) питомої об'ємної теплоємності $c\rho_{Б\ р}$ у вузлових точках по температурі змінювалось на деякий відсоток у різних комбінаціях. Наприклад, одночасно збільшували (зменшували) значення обох коефіцієнтів на 20%, 50%; збільшували на 50% значення $\lambda_{Б\ р}$, а значення $c\rho_{Б\ р}$ зменшували на такий же відсоток і навпаки; задавали значення $\lambda_{Б\ р}$ (або $c\rho_{Б\ р}$) з Єврокоду, при цьому збільшуючи (зменшуючи) на 50% відповідні коефіцієнти.

Для кожного варіанту відхилень у завданні ТФХ бетону шляхом розв'язання ПЗТ визначали «точні» значення необхідної мінімальної товщини вогнезахисного покриття ($b_т$) і відповідні значення температури на обігрівній поверхні зразка під шаром вогнезахисного покриття $T_Б$. За цими даними із застосуванням ТФХ бетону ($\lambda_{Б\ р}$; $c\rho_{Б\ р}$), які відповідають Єврокоду, шляхом розв'язання ОЗТ визначали теплофізичні характеристики покриття ($\lambda_{ВП\ р}$, $c\rho_{ВП\ р}$), порівнювали їх з «точними» значеннями $\lambda_{ВП\ т}$, $c\rho_{ВП\ т}$ та розраховували похибку у їх визначенні за формулами (1), (2).

Ці значення ТФХ покриття задавали під час розв'язання ПЗТ для визначення необхідної мінімальної товщини вогнезахисного покриття ($b_р$). При цьому застосовували ТФХ бетону з відхиленнями ($\lambda_{Б\ т}$; $c\rho_{Б\ т}$). Отримані значення необхідної мінімальної товщини ($b_р$) порівнювали з «точними» ($b_т$) і визначали похибку за формулою (3).

При розрахунках під час розв'язання ОЗТ застосовували дані одного, двох та трьох експериментів для значення часу, який дорівнював межі вогнестійкості t_{fr} = 30; 60; 120 хв. Необхідну мінімальну товщину вогнезахисного покриття розраховували для значень межі вогнестійкості t_{fr} = 30; 45; 60; 90; 120 хв.

У таблиці 2 представлено максимальні значення похибки у визначенні ТФХ покриття та його необхідної мінімальної товщини для всіх варіантів розрахунків за умов застосування даних одного експерименту. За максимальні приймались найбільші значення похибки, які мали місце для різних варіантів відхилень у значеннях ТФХ бетону.

Таблиця 2 – Варіанти завдання похибок у значеннях теплофізичних характеристик бетону, максимальні похибки у визначенні ТФХ вогнезахисного покриття та у визначенні його необхідної мінімальної товщини за умови застосування даних одного експерименту

№ варіанта	Відхилення у значеннях ТФХ бетону у вузлових точках		Похибка у визначенні ТФХ покриття		Похибка у визначенні необхідної мінімальної товщини
	$\lambda_р$	$c\rho_р$	δ_λ, %	$\delta_{c\rho}$, %	δ_b,%
1	+20%	+20%	-20,0	110,0	4,13
2	-20%	-20%	31,0	70,0	4,04

Продовження таблиці 2

№ варіанта	Відхилення у значеннях ТФХ бетону у вузлових точках		Похибка у визначенні ТФХ покриття		Похибка у визначенні необхідної мінімальної товщини
	$\lambda_р$	$c\rho_р$	δ_λ, %	$\delta_{c\rho}$, %	δ_b,%
3	+50%	+50%	40,0	380,0	11,1
4	-50%	-50%	119,0	63,3	9,30
5	+50%	-50%	18,0	20,0	1,96
6	-50%	+50%	20,0	83,3	2,73
7	0%	+50%	-22,0	180,0	4,80
8	0%	-50%	49,0	20,0	5,11
9	+50%	0%	-22,0	93,3	4,23
10	-50%	0%	50,0	30,0	4,65

Із отриманих даних випливає, що похибка у визначенні коефіцієнту теплопровідності суттєво залежить від значення відхилення у ТФХ бетону. Найбільше значення (119%) вона має для варіанту № 4, для якого значення коефіцієнту теплопровідності та питомої об'ємної теплоємності бетону одночасно зменшуються на 50%, а найменше (18%) - для варіанту № 5 (коефіцієнт теплопровідності бетону збільшено на 50%, питома об'ємна теплоємність бетону зменшена на 50%). Похибка у визначенні питомої об'ємної теплоємності покриття досягає 380% для варіанту № 3, коли одночасно на 50% збільшуються значення теплофізичних характеристик бетону.

Результати розрахунків необхідної мінімальної товщини вогнезахисного покриття у разі використання даних одного експерименту показують, що значення похибки у визначенні цієї величини також залежить від значення відхилень у ТФХ бетону. Найбільші значення цієї похибки (11,1%) відмічаються для варіанту № 3, у якому одночасно на 50% збільшені значення теплофізичних характеристик бетону та варіанту № 4 (9,3%), для якого ці значення одночасно зменшені на 50%. У разі застосування варіанту № 5 (значення коефіцієнту теплопровідності збільшено на 50%, питомої об'ємної теплоємності зменшено на 50%) похибка суттєво зменшується і досягає значення 1,96%.

У таблиці 3 наведено максимальні значення похибки у визначенні теплофізичних характеристик вогнезахисного покриття та його необхідної мінімальної товщини для найбільших значень відхилень ТФХ бетону за умов застосування даних двох та трьох експериментів.

Таблиця 3 – Максимальні похибки у визначенні ТФХ вогнезахисного покриття та у визначенні його необхідної мінімальної товщини за умови застосування даних двох та трьох експериментів

Відхилення у значеннях ТФХ бетону у вузлових точках		Похибка у визначенні ТФХ покриття				Похибка у визначенні необхідної мінімальної товщини	
$\lambda_{Б\,р}$	$c\rho_{Б\,р}$	δ_λ, %		$\delta_{c\rho}$, %		δ_b,%	
		ОЗТ(2)	ОЗТ(3)	ОЗТ(2)	ОЗТ(3)	ОЗТ(2)	ОЗТ(3)
+50%	+50%	-36	-36	300	243	-3,53	-3,15
-50%	-50%	108	106	40	3,33	-5,08	-5,42
+50%	-50%	17	17	-3,33	-10	-1,23	-1,23
-50%	+50%	17	18	-10	50	0,63	0,84

Аналіз отриманих результатів показав, що при застосуванні даних двох експериментів під час розв'язання ОЗТ максимальна похибка у визначенні коефіцієнту теплопровідності дещо зменшується – зі 119% до 108%, а у визначенні питомої об'ємної теплоємності – з 380% до 300%. При застосуванні даних трьох експериментів спостерігається подальше незначне зменшення похибок у визначенні цих коефіцієнтів: до 106% – коефіцієнт теплопровідності, до 243% – питома об'ємна теплоємність. Застосування даних двох експериментів одночасно під час розв'язання ОЗТ дозволяє зменшити похибку у визначенні необхідної мінімальної товщини вогнезахисного покриття на 68%. Максимальне значення цієї похибки зменшується з 11,10% до 3,53%. Застосування даних трьох експериментів не призводить до зменшення похибки у визначенні необхідної мінімальної товщини вогнезахисного покриття. За отриманими результатами можна зробити висновок, що застосування даних двох експериментів для розв'язання ОЗТ дозволяє суттєво підвищити точність визначення вогнезахисної здатності покриття, порівняно із застосуванням даних одного експерименту, а застосування даних трьох експериментів не призводить до зменшення похибки у визначенні цієї величини.

Таким чином, було обґрунтовано, що при застосуванні експериментально-розрахункового метода для визначення необхідної мінімальної товщини вогнезахисного покриття необхідно і достатньо використовувати два зразки для експериментального визначення температури в них.

Для обґрунтування параметрів теплофізичних характеристик вогнезахисного покриття, що ідентифікуються шляхом розв'язання оберненої задачі теплопровідності за даними термометрії зразків, було використано результати розв'язання низки тестових і практичних задач. При цьому було враховано дані, отримані методом обчислювального експерименту, які наведені вище.

Сутність ідентифікації ТФХ вогнезахисних покриттів будівельних конструкцій при застосуванні експериментально-розрахункових методів полягає у наступному [1, 3].

За отриманими під час експерименту значеннями температури в зразках конструкцій з вогнезахисним покриттям шляхом розв'язання оберненої задачі теплопровідності визначають значення теплофізичних характеристик вогнезахисних покриттів, а саме коефіцієнт теплопровідності й питому об'ємну теплоємність, за яких забезпечується мінімальна розбіжність F розрахункових T_p і експериментальних T_e значень температур на зразках. Цю розбіжність F визначають за формулою:

$$F = \left[\sum_{j=1}^{m} \left(T_{pj} - T_{ej} \right)^2 / m \right]^{0,5}, \qquad (4)$$

де m – кількість експериментальних значень T_e.

Розрахункові значення температури T_p для кожного із зразків визначають розв'язанням прямої задачі теплопровідності методом кінцевих різниць за неявною схемою апроксимації із застосуванням теплової схеми та математичної моделі процесів у конструкції з вогнезахисним покриттям.

Розв'язання оберненої задачі теплопровідності проводять екстремальним шляхом, заснованим на ітераційному методі Ньютона – Гауса пошуку мінімуму функції F і методі регуляризації Тихонова А.М. за допомогою комп'ютерної програми FRIEND [1]. При цьому розглядають сплайн-апроксимації коефіцієнта теплопровідності та питомої об'ємної теплоємності нульового, першого та третього порядків (нульовий порядок – сталі значення, перший – лінійна залежність, третій – кубічний сплайн).

Для визначення порядків сплайн-апроксимації ТФХ вогнезахисного покриття залізобетонних оправ тунельних споруд, які доцільно використовувати під час розв'язання ОЗТ, проведено параметричний аналіз чутливості математичної моделі. За результатами

цього аналізу визначено, що найбільший вплив на температуру зразка має значення коефіцієнта теплопровідності покриття, а вплив питомої об'ємної теплоємності на цю температуру є несуттєвим. Отримані результати були використані в алгоритмі розв'язання ОЗТ для визначення ТФХ вогнезахисних покриттів залізобетонних оправ тунельних споруд, який є однією із складових методичного забезпечення і полягає в наступному.

На першій ітерації коефіцієнт теплопровідності та питому об'ємну теплоємність вогнезахисного покриття задають як сталі значення. Визначають величину відхилення F розрахункових і експериментальних значень температури на обігрівній поверхні зразків під шаром вогнезахисного покриття для цього розв'язання та значення теплопровідності та питомої об'ємної теплоємності.

На наступних ітераціях задають апроксимацію коефіцієнта теплопровідності покриття першого (лінійна залежність від температури) та третього (кубічний сплайн) порядків з послідовним збільшенням кількості вузлових точок по температурі. При цьому питома об'ємна теплоємність залишається сталою (або апроксимується з використанням сплайну першого або третього порядку). Результати, отримані на зазначених ітераціях, наводяться у вигляді таблиці, в якій для кожного номеру ітерації вказують порядок сплайн-апроксимації та результати визначення ТФХ вогнезахисного покриття і середньоквадратичного відхилення F.

Наприклад, ітерація № 1 – порядок сплайн-апроксимації нульовий, λ - стала; $c\rho$ - стала, значення F;

ітерація № 2 – сплайн-апроксимація першого порядку, λ - змінна; $c\rho$ - стала; кількість вузлових точок - n, значення F;

ітерація № 3 – сплайн-апроксимація першого порядку, λ - змінна; $c\rho$ - стала; кількість вузлових точок - n, значення F;

ітерація № 4 – сплайн-апроксимація третього порядку (кубічний сплайн), λ - змінна; $c\rho$ - стала; кількість вузлових точок - n, значення F.

Якщо подальше збільшення кількості вузлових точок по температурі для апроксимації коефіцієнта теплопровідності третього порядку, а також застосування апроксимації першого та третього порядку для питомої об'ємної теплоємності не призводить до зменшення значення відхилення розрахункових та експериментальних значень температури, розв'язання, отримане на ітерації з мінімальним значенням середньоквадратичного відхилення F, приймається як остаточне. Із застосуванням отриманих значень коефіцієнта теплопровідності та питомої об'ємної теплоємності шляхом розв'язання прямої задачі теплопровідності визначають необхідну мінімальну товщину вогнезахисного покриття залізобетонної оправи для різних нормованих значень межі вогнестійкості.

Висновки:

Методом обчислювального експерименту за розробленим алгоритмом встановлено, що при застосуванні експериментально-розрахункового метода визначення вогнезахисної здатності покриттів оправ тунельних споруд необхідно і достатньо використовувати два зразки конструкції з вогнезахисним покриттям різної товщини для експериментального визначення температури в них за умов стандартного температурного режиму.

За результатами параметричного аналізу чутливості математичної моделі визначено, що найбільший вплив на температуру зразка має значення коефіцієнта теплопровідності покриття, а вплив питомої об'ємної теплоємності на цю температуру є несуттєвим. Тому порядок сплайн-апроксимації коефіцієнта теплопровідності вогнезахисного покриття має бути більшим, ніж для питомої об'ємної теплоємності, що впроваджено в алгоритмі розв'язання ОЗТ для визначення ТФХ вогнезахисних покриттів залізобетонних оправ тунельних споруд, який є однією із складових відповідного методичного забезпечення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Круковский П. Г. Универсальный програмно – методический подход к решению обратных задач тепломассопереноса (программа FRIEND) Идентификация динамических систем и обратные задачи: труды II Междунар. Конференции. – СПб, 1994. – Т.1. – С. А.8.1. – А.8.12.
2. Новак С.В. Спосіб визначення вогнезахисної здатності вогнезахисних покриттів та облицювань для залізобетонних перекриттів / С.В.Новак, Л.М.Нефедченко, О.П.Якименко // Науковий вісник УкрНДІПБ. - 2011. – № 1(23). –С. 118–121.
3. Круковский П. Г. Расчетно-экспериментальный поход к анализу процессов тепломассобмена (методология и примеры применения). Промышленная теплотехника (приложение к журналу). – 2003. – Т.25, № 4. – С. 396 – 398.
4. EN 1992-1-2: 2004 Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1–2: General rules – Structural fire design (Єврокод 2: Проектування залізобетонних конструкцій – Частина 1–2: Загальні вимоги. Вогнестійкість).

❖ ❖ ❖

УДК 614.842.86

З.В. Андрусяк

ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ОЦІНКИ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ГАЗОХІМЗАХИСНОГО КОСТЮМУ

В роботі обґрунтовано метод оцінки впливу на захисні показники якості (хемостійкість) газохімзахисного костюма пожежників-рятувальників. Ідея роботи полягає в обґрунтуванні розробки метода оцінювання показників якості пакета спеціальних матеріалів які визначають час захисної дії костюму в умовах дії агресивного середовища. На основі проведеного аналізу, встановлено, що в Україні немає стандарту який би регламентував визначення захисних показників якості (хемостійкість) пакету спеціальних матеріалів газохімзахисного костюма. Таким чином теоретичне значення роботи полягає у розкритті закономірностей з визначення часу захисної дії газохімзахисного одягу пожежника при дії агресивного середовища.

Ключові слова: амоніак, надзвичайна ситуація, газохімзахисний костюм, показники якості.

Z. Andrusyak

RATIONALE EVALUATION METHOD OF QUALITY FOR SUIT WHICH PROTECT AGAINST EXPOSURE TO CHEMICALS

In this paper, a method grounded assessment of the safety performance quality (chemical resistance) of firemen suit. The idea of work is to justify the development of a method of evaluation of quality indicators package of special materials that determine the time of protective action suit in aggressive environment conditions. From the above analysis, it was found that in Ukraine there are no standards to regulate the definition of protective quality indicators (chemical resistance) package of special materials suit which protect against exposure to chemicals. Thus the theoretical value of the work lies in uncovering patterns to determine the time of protective action which protect against exposure to chemicals firefighter clothing when exposed to aggressive environments.

Keywords: ammonia, emergency, which protect against exposure to chemicals, quality.

Хімічна небезпека в Україні пов'язана із наявністю об'єктів, що використовують небезпечні хімічні речовини, із забрудненням довкілля та утворенням відходів. У 2011 році у промисловому комплексі України функціонувало 1093 об'єкти, на яких зберігається або використовується у виробничій діяльності понад 275,24 тис. т небезпечних хімічних речовин, у тому числі: 5,2 тис. т хлору, 129,1 тис. т аміаку та 140,8 тис. т інших небезпечних хімічних речовин.

При проведенні робот з виготовлення амоніаку, перевірок справності обладнання аміакопроводу чи експлуатації аміачних холодильних установок (АХУ) необхідно особливо точно дотримуватись правил безпеки праці та мати спеціалізований захисний одяг. Через незахищеність персоналу можливі катастрофічні наслідки, прикладом стала надзвичайна ситуація яка виникла 6 серпня 2013 року на Горлівському хімічному заводі «Стірол». Відбулась розгерметизація аміакопроводу діаметром 150 мм, робочий тиск 12 атм, отвір розгерметизації склав 100 см^2. Офіційною причиною аварії є застарілість технологічного обладнання, а саме товщина стінок аміакопроводу з нормативних 5 мм набула 0.8 мм. В наслідок аварії загинуло 5 осіб і 18 госпіталізовані у важкому стані.

За ступенями хімічної небезпеки ці об'єкти розподілені на:

- I ступеня хімічної небезпеки - 80 об'єктів
- II ступеня хімічної небезпеки - 159 об'єкти
- III ступеня хімічної небезпеки - 212 об'єктів

- IV ступеня хімічної небезпеки - 642 об'єктів

Абсолютна більшість підприємств усіх галузей промисловості працює на технічно застарілому обладнанні яке не може забезпечити надійної експлуатації установ, тому персонал має бути оснащений спеціалізованими засобами індивідуального захисту, які будуть відповідати нормативним вимогам експлуатації захисного одягу (ЗО). Найбільш поширеними небезпечними хімічними речовинами на підприємствах хімічної промисловості є аміак, хлор двоокис азоту, акрилонітрил, сірковий ангідрид, концентрована азотна та сірчана кислоти, метанол, бензол, карбамідо-аміачні суміші, їдкий натрій, формалін тощо.

Метою роботи є обґрунтування методу оцінки впливу на захисні показники якості (хемостійкість) засобів індивідуального захисту.

Газохімзахисний одяг пожежника – спеціальний одяг, призначений для захисту тіла пожежника від впливу шкідливих речовин. Він забезпечує захист персоналу під час виконання щоденних, регламентних, ремонтно-профілактичних робіт, а також у разі аварійних та відновлювальних робіт. За типами конструктивного виконання захисний одяг (ЗО) поділяють на герметичний, ізолювальний, фільтрувальний і негерметичний технологічний.

Застосування нових матеріалів, сучасних технологій проектування і виготовлення дає змогу створити ЗО, який може забезпечити високий рівень захисту, надійності та комфортності під час експлуатації. ЗО повинен забезпечити відповідний мікроклімат для працівника, захист працівника від впливу несприятливих чинників зовнішнього середовища та не створювати негативних умов для нормальної життєдіяльності. Під час розроблення сучасних систем індивідуального захисту необхідно враховувати мікрокліматичні характеристики промислового середовища, основні робочі рухи і положення тіла працівника, функціональні рівні його діяльності [1,2]. Це зумовлює необхідність аналізу багатофакторної моделі “Промислове середовище – захисний комплект – процес і результат діяльності – самопочуття та здоров’я працівника”.

Захисний одяг (комплект) створює навколо тіла людини мікроклімат, який залежить від кількох факторів: теплового стану людини, який обумовлено рівнем енерговитрат та індивідуальними властивостями; параметрів мікроклімату − температури, вологості, тиску, швидкості зміни повітря; властивостей одягу − конструкції, фізико-механічних і гігієнічних характеристик матеріалу; умов застосування − пакета матеріалів і одягу. У процесі виникнення надзвичайної ситуації (НС) слід враховувати можливі зміни небезпечних факторів. Залежно від потенційних умов забезпечення необхідного рівня захисту приймають рішення про використання того або іншого виду ЗО. Термін перебування в ізолювальному або герметичному ЗО, який виготовляють з полімерних матеріалів, в основному обмежений, зважаючи на можливе перегрівання або переохолодження людини. Загальною вадою, недоліком полімерних матеріалів є їхня незначна тепло- і повітропроникність. Водяна пара (волога) скупчується на внутрішньому боці матеріалу, а потім конденсується. Утворений конденсат зволожує внутрішній шар одягу, що різко знижує його теплозахисні властивості та створює у працівника відчуття дискомфорту.

Параметри зовнішнього середовища в приміщеннях з аміаком наступні: діапазон температур від -34^{o}С до 20^{o}С, вологість − від 35 до 99%, швидкість повітря, що обдуває людину в костюмі, може становити 0,05÷0,3 м/с. Ступінь важкості робіт, який враховує рівень енергетичних витрат, а також виділення тепла, коливається від легких (менших 150 Вт) до граничних (350÷700 Вт), які можуть існувати під час аварійних ситуацій (НС). Проведення натурних випробувань одягу для широкого діапазону зміни факторів впливу вимагає значних фінансових затрат і часу. Для отримання характеристик теплообмінних процесів для окремого виду ЗО кількість таких натурних випробувань може бути близьким до кількох сотень, тому для оцінювання функціональних можливостей одягу при НС доцільно використовувати результати обчислювального експерименту.

У момент контакту агресивного середовища і зразків спеціальних матеріалів з полімерним покриттям у залежності від їх природи одночасно відбувається цілий перелік

контрольованих і не контрольованих фізико-хімічних процесів, серед яких найбільш важливими є такі:

- адсорбція компонентів агресивного реагенту поверхнею полімерного покриття
- дифузія в об'єм (товщину) полімеру агресивного середовища;
- дифузія продуктів деструкції до поверхні полімерного зразка матеріалу;
- десорбція продуктів деструкції полімеру з його поверхні.

Серед вказаних процесів найбільшу увагу при проведенні досліджень науковці приділяють адсорбції (особливо хемосорбції) та дифузії агресивних речовин (пара, газ, рідина), а також реакціям їх взаємодії, про що стверджується в роботах. Це зрозуміло, тому що в умовах експлуатації під впливом агресивних середовищ матеріал спеціального одягу (не тільки з полімерним покриттям) змінює свої загальні фізико-хімічні показники, що призводить до зменшення їх розривальних характеристик щодо вихідних показників. Таким чином, хемосорбція як один із результатів контакту полімерного покриття з агресивним середовищем призводить до його хімічної деструкції, яка являє собою складний фізико-хімічний процес, що одночасно вміщує дифузію у об'ємі проходження хімічних реакцій в полімері з послідовним перетворенням хімічно нестійких зв'язків. Тому, знання про механізм хімічної деструкції як незворотній процес дозволяє прогнозувати захисні та експлуатаційні характеристики спеціальних матеріалів для одягу пожежників.

Відомо, що всі агресивні реагенти, до яких, безперечно, належать мінеральні кислоти і луги, за характером дії на об'єкти поділяються на фізично та хімічно активні. Фізично активні реагенти можуть сорбуватися полімером, змінюючи при цьому значення поверхневої енергії на межі розподілу "полімер–середовище", що приводить до послаблення міжмолекулярної взаємодії, зміни механічних, реологічних, діелектричних, адгезійних та інших показників, а також кольору, ступеня набухання тощо [3]. Але основна характеристика фізично активних реагентів – це зворотність показників матеріалів після проведення дослідження. Винятком у даному випадку може бути незворотній процес, що відбувається між органічним реагентом ароматичного ряду та натуральним каучуком від набухання зразка і до його абсолютного розчинення.

На відміну від фізичних, хімічно активні реактиви, що діють на зразки матеріалів, викликають незворотні явища, які є основною причиною змін їх структурно-морфологічних показників (жорсткість, розривальне навантаження, зсідання тощо).

Так, у роботі обґрунтовано, що в залежності від дифузійних процесів і хімічних реакцій між агресивною рідиною і полімером його деструкція може відбуватися в трьох зонах.

Перша зона – внутрішня дифузійно-кінетична, яка характеризується власне деструкцією, що збільшується як у часі, так і в об'ємі зразка.

Друга зона – внутрішня кінетична, в якій процес деструкції проходить з однаковою швидкістю по всьому доступному для реагенту об'єму.

Третя – це зовнішня дифузійно-кінетична зона. Деструкція в третій зоні проходить у тонкому поверхневому шарі постійного розміру, який може становити моношар власне полімера. Якщо процес хімічної деструкції проходить у внутрішній дифузійно-кінетичній та внутрішній кінетичній зонах, то при визначенні кінетичних параметрів, необхідно враховувати доступність і реакційну здатність функціональних груп зразків полімерів, що досліджуються. При цьому слід пам'ятати, що в разі аморфно-кристалічних полімерів (наприклад, целюлози) концентрація агресивного реагенту в аморфних ділянках буде значно більшою, ніж у кристалічних, тому що в кристалітах вказані реактиви майже не розчиняються. Це явище пов'язано з тим, що високоорганізована кристалічна структура полімеру ускладнює дифузійний процес в його об'ємі і тим самим суттєво знижує вплив агресивного середовища. Таким чином, ступінь кристалічності полімеру переважно є більш важливим фактором, ніж наявність або відсутність просторових зв'язків.

Відомо також, що реакційна здатність полімеру і доступність його функціональних груп до впливу реагенту залежить від температури, тобто при підвищенні температури розчину, швидкість руйнування зразків значно збільшується.

Отже, якщо проаналізувати літературні джерела і припустити можливість використання текстильних матеріалів з полімерним покриттям для виготовлення базової конструкції одягу пожежників, то стає очевидно, що до основних факторів, які впливатимуть на хімічну стійкість зразка, можна віднести будову і хімічний склад полімеру, природу і хімічний склад агресивного реагенту, а також температуру проведення експериментів.

Обґрунтування розробки методу для вивчення спеціальних матеріалів на проникнення агресивними рідинами.

Існуючі закордонні методи [1], які використовуються і в теперешній час є суб'єктивними, оскільки обмежені вибором агресивних реагентів для проведення експериментів, їх концентрацій, температур тощо, а спостереження за закінченням, контрольного часу, значення якого неоднакове, проводиться візуально.

Згідно класифікації, розробленої професором Мичко А., методи оцінки проникнення текстильних матеріалів для спеціального одягу агресивними рідинами відносяться тільки до класу кількісних. Експерименти, завдяки створеним приладам і устаткуванням, можна проводити в статичних та динамічних умовах, а також при постійному напруженні проби, або при постійній її деформації. Вказані пристрої автоматизовані, а методи контролю моменту проникнення агресивної рідини (електричні, хімічні, оптичні тощо) дають змогу встановити час проходження дифузійних процесів.

Відомо, що міграція таких низькомолекулярних речовин як, наприклад, мінеральні кислоти і луги через товщу зразків відбувається з області де їх хімічний потенціал завищений, в напрямку його зменшення. В зв'язку з тим, швидкість проникнення (або масоперенос) може бути виражена такою залежністю:

$$M=\kappa \cdot P\,, \tag{1}$$

де κ – коефіцієнт проникнення;

P – сила (енергія), яка відповідає за масоперенос.

Такою силою в нашому випадку можуть бути структурні особливості проби (товщина, пористість, волокнистий склад тощо), наявність різниці в тиску, температурі, концентрації та інше. А взагалі проникнення – це властивість пористого матеріалу пропускати рідину по товщині структури під дією градієнта (різниці) тиску по одну і другу сторони проби. Вказана властивість описується лінійним законом Дареї з якого теоретично можна розрахувати головну складову – час проникнення, за формулою:

$$t = \frac{S \cdot \Delta P \cdot b}{\rho \cdot d} \quad [c]\,, \tag{2}$$

де S – площа зразка;

ΔP – перепад стиску;

ρ – питома вага рідини, що залежить від концентрації;

b – товщина проби;

d – пористість проби.

Теоретичний розрахунок часу проникнення можна віднести до матеріалів, які є абсолютно хімічно стійкими. В противному разі, окрім процесу дифузії, йде процес деструкції (руйнування) проби що досліджується. Але оскільки динаміка руйнування полімерів залежить від їх природи, то враховувати це аналітично в роботі даного рівня є складно. Тому, для вивчення проникнення агресивних рідин по відношенню до зразків з

полімерним покриттям, і з врахуванням того, що реагенти, які досліджуються є електропровідними, був вибраний метод, який пов'язаний з вказаними властивостями.

Практично, процес хімічної деструкції, наприклад, у зовнішній дифузійно–кінетичній зоні характеризується швидкістю дифузії агресивного середовища, яка може бути меншою швидкість хімічної реакції. У такому випадку макрокінетичний процес деструкції, що проходить у тонкому реакційному шарі, можна записати наступним виразом [4]:

$$\frac{du}{dt} = K \cdot C_n \cdot C_{роз}^{\ 1} \cdot S, \tag{3}$$

де K – константа швидкості розпаду хімічно нестійких зв'язків;
C_n – концентрація хімічних зв'язків, що розпалися;
$C_{роз}^{\ 1}$ – концентрація розчинника в полімері;
$C_{роз}$ – концентрація розчинника в реакційній зоні зразка полімеру;
S – площа поверхні полімерного зразка.

При розв'язанні цього рівняння передбачається, що зразок виготовлений з орієнтованого полімеру, макромолекули якого розміщені паралельно поверхні розділу, тобто на боковій поверхні до стержня з урахуванням товщини. У процесі хімічної деструкції товщина і маса вказаного зразка постійно змінюватимуться в часі, що можна виразити наступними рівняннями:

$$l = l_0 - K \cdot \frac{M}{A} \cdot C_n^{\ 0} \cdot \frac{1}{zp} C_{роз}^{\ 1} \cdot C_{роз} \cdot t \ [м], \tag{4}$$

$$m = m_0 - K \cdot \frac{M}{A} \cdot C_n^{\ 0} \cdot \frac{1}{z} C_{роз}^{\ 1} \cdot C_{роз} \cdot S, \tag{5}$$

Тоді час повного руйнування (наприклад, пластини) буде дорівнювати:

$$t = \frac{m_0 \cdot p}{K \cdot \frac{M}{A} \cdot C_n^{\ 0} \cdot \frac{1}{z} C_{роз}^{\ 1} \cdot C_{роз} \cdot S} \ [c], \tag{6}$$

де l_0 – вихідна товщина полімерного зразка;
M – молекулярна маса мономерного ланцюга;
A – тип реакції при деструкції (наприклад, кислотний каталіз);
$C_n^{\ 0}$ – величина концентрації активних центрів;
m_0 – вихідне значення маси зразка;
ρ – питома вага полімеру.

Очевидно, що наведені кінетичні рівняння дають змогу уявити хімічну деструкцію тільки теоретично, тому що сам процес руйнування являє собою складну математичну залежність, оскільки, наприклад, реакційна здатність одночасно може характеризуватися швидкістю дифузії агресивного розчину, швидкістю хімічної реакції і деструкції, що проходять спочатку в певній реакційній зоні, а з часом, збільшуючись, досягають розміру зразка, що досліджується. Тому ступінь впливу агресивних рідин, особливо на хімічну стійкість, коректно вивчати за допомогою контролювання змін таких механічних властивостей зразка як, розривальні характеристики, видовження по основі або внутрішнього покриття, жорсткість в певних напрямках, стійкість до стирання по площині тощо. При

цьому необхідно зазначити, що поняття „захист”, пов'язане тільки із захисними властивостями матеріалів для ЗІЗ, все – таки повинно бути комплексним, тобто теоретично і практично його необхідно вивчати з таких двох науково-дослідних позицій як хімічна стійкість (хімостійкість) спеціальних матеріалів до впливу агресивних рідин певної або конкретної концентрації та їх проникність через товщину зразків (дифузія).

Висновок. Таким чином, хімічна стійкість буде залежати від природних характеристик спеціального волокнистого матеріалу (волокно, полімерне покриття, технологія виготовлення, наявність вулканізації тощо) і природи полімеру, а також від таких характеристик хімічного реагенту, як його pH, температура, концентрація тощо. Це пов'язано з тим, що костюм пожежника загального призначення повинен захищати від впливу таких мінеральних кислот – 20 %-ї сірчаної, соляної, азотної і 20%-го лугу (гідроксид натрію) – та поверхнево-активних речовин. Окрім цього, необхідно зазначити, що дія на зразок матеріалу (наприклад, з поліаміду) буде відрізнятися в залежності від природи, концентрації, часу впливу та температури хімічного реагенту.

На даний момент в Україні немає стандартів де було б вказано норми за якими треба виготовляти захисні костюми з урахуванням часу захисної дії, який вони повинні забезпечувати, та не розроблено методики їх випробовування. Тому методики оцінки впливу на руйнівні характеристики (хемостійкість) зразків теж повинні бути науково обґрунтованими та диференційованими.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. EN 469:2005 / Protective clothing for firefighters. Performance requirements for protective clothing for firefighting. – 52 pp. – ISBN 0-580-47908-0.
2. ДСТУ 4366:2004 (ISO 11613:1999. NEQ; EN 469:1995. NEQ) / Одяг пожежника захисний. Загальні технічні вимоги та методи випробовування// Чинний 01.07.05. – К.: Вид-во держспоживстандарт, 2004. – 34 с.
3. Перепечко І.І. Акустичні методи досліду полімерів / Перепечко І.І. // – М.: Хімія, 1973. – 253 с.
4. Кассандрова О.Н. , Лебедєв В.В. Обробка результатів спостережень / Кассандрова О.Н. , Лебедєв В.В. – М.: Наука, 1970. – 103 с.

❖ ❖ ❖

УДК 614.847.9

С.Ю. Огурцов, канд. техн. наук, ст. наук. співр., С.Д. Кухарішин

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕНДЕНЦІЙ ТЕХНІЧНОГО РОЗВИТКУ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЕЛЕКТРОННИХ ПРИЛАДІВ БЕЗПЕКИ ПОЖЕЖНИКІВ-РЯТУВАЛЬНИКІВ

Із застосуванням патентного пошуку проаналізовано основні тенденції технічного розвитку індивідуальних електронних приладів безпеки для пожежників-рятувальників, виявлені цілі винахідницької діяльності, що спрямовані на їх вдосконалення.

Ключові слова: електронні прилади безпеки, датчики нерухомості, “розумний” захисний одяг пожежників-рятувальників.

S. Ogurtsov, Cand. of Sc. (Eng.), Sen. St. Sc., S. Kukharishyn

STUDY OF TECHNICAL TRENDS ELECTRONIC DEVICES SAFETY FIREFIGHTER TO THE RESCUE

With the use of patent research analyzes the main trends of technical development of individual electronic safety devices for firefighters.

Keywords: electronic safety devices, sensors estate, "smart" protective clothing firefighters.

Метою роботи було виявлення тенденцій та сучасного технічного розвитку індивідуальних приладів безпеки пожежників шляхом проведення патентного пошуку.

Для проведення патентного пошуку використовувалися такі інформаційні сервери патентних організацій, як сервери Російського інституту промислової власності [1], Українського інституту промислової власності [2] та Євразійського серверу Європейського патентного відомства [3].

Розроблення і застосування індивідуальних електронних приладів безпеки (далі – прилад безпеки) для пожежників-рятувальників порівняно молодий напрямок, його розвиток відбувається протягом 40 – 50 років. Тому патентування ще не набуло широкого поширення і кількість патентів в окремих країнах нараховується одиницями.

Взагалі, патентний пошук виявив досить вузьку географічну належність. Патенти за даним напрямком є в США (9 патентів) Німеччині (1), Китаї (1) та Україні (1).

Піонером та безперечним лідером з патентування приладів безпеки є США де ще у 1961 році було подано заявку на каску пожежника [4], особливістю якої є наявність встановленого сигнального пристрою, що подає звуковий та/або візуальний сигнали, коли пожежник підпадає та піддається впливу занадто важких теплових чинників. Автори патенту стверджують, що бажання та ентузіазм пожежників під час пожежогасіння щоб дістатися до джерела пожежі, може призвести до серйозних опіків та травм, оскільки там них діє висока температура. Автори пропонують оснастити каску пожежника спеціальним електричним пристроєм. В якості термочутливих елементів використовують чотири біметалевих реле, що розміщені спереду, ззаду та з двох боків каски, які спрацьовують за температури 175 ºF (~ 80 ºС).

За результатами аналізу технічного змісту патентів було визначено основні цілі винаходів, спрямованих на удосконалення індивідуальних електронних приладів безпеки, якими є:

- удосконалення методів вимірювання небезпечних теплових чинників пожежі та алгоритмів оброблення отриманих даних;
- застосування нових сучасних технічних рішень та елементної бази;

- спрощення конструктивного виконання;
- розширення спектру параметрів, що вимірюються;
- застосування бездротових систем зв'язку для створення мережі передавання даних.

В якості контрольних автори використовують різні параметри як навколишнього середовища, так й фізіологічні показники людини або їх комбінації, що на їхню думку є критичними по відношенню до забезпечення безпеки пожежників-рятувальників. Розподіл патентів на прилади безпеки пожежників-рятувальників за параметрами, що контролюються наведено в таблиці.

Таблиця. Розподіл патентів на прилади безпеки пожежників-рятувальників за параметрами, що контролюються

Патент	**Параметр, що контролюється**					
	Температура навколишнього середовища	Швидкість зростання температури навколишнього середовища	Густина теплового потоку	Температура підкостюмного простору	Токсичність навколишнього газового середовища	Фізіологічні параметри людини/ втрата свідомості
Патент США US 3 201 771 [4]	×					
Патент США US 4 418 337 B [5]						×
Патент США US 5 635 909 A [6]	×					
Патент США US 6 118 382 B1 [7]	×					
Патент США US 6 417 774 B1 [8]	×					
Патент США US 8 390 463 B2 [9]						×
Патент України UA 85391 U [10]			×			
Патент США US 4 914 422 A[11]	×					×
Патент США US 5 973 602 A [12]	×	×				
Патент США US 20 090 188 017 A1 [13]	×			×		
Патент Китаю CN 102 600 565A [14]			×		×	
Патент Німеччини EP 2407039 A2 [15]	×				×	×

Як свідчать дані, наведені в таблиці, в основній масі патентів в якості параметра, що контролюється, використовується температура навколишнього середовища (8 од.). При цьому:

- у 4 патентах [4, 6 - 8] – як єдиний параметр, що контролюється;
- у 3 патентах – в комбінації з другим параметром, а саме:
  - ○ 1 патент [13] з визначенням температури підкостюмного простору;
  - ○ 1 патент [12] з визначенням швидкості зростання температури навколишнього середовища;
  - ○ 1 патент [11] з визначенням втрати свідомості;

- у патенті [15] – в комбінації з чотирма параметрами – температура підкостюмного простору, втрата свідомості, контроль токсичних газів та фізіологічні параметри людини.

Теплове випромінювання контролюється у винаході 2 патентів, при цьому в 1 патенті [10] як єдиний параметр, в іншому [14] – в комбінації з другим параметром – контроль токсичних газів.

Втрата свідомості контролюється у патентах [5, 9] як єдиний параметр, в одному [11] – як комбінація з іншим параметром – температура навколишнього середовища, а в [15] – як комбінація аж з 4 параметрами – температура навколишнього середовища, температура підкостюмного простору, контроль токсичних газів та фізіологічні параметри людини.

В якості основи для впровадження своїх пристроїв автори використовують засоби індивідуального захисту та спорядження пожежників-рятувальників, а саме: пожежну каску [4], пояс пожежника [5], елементи засобів захисту зору та дихання (наплічний ремінь апарату дихання, шланг дихального апарату, лицьова захисна маска) [5, 7, 8, 11], захисний одяг [6, 10, 12 - 14], захисну рукавицю [15] та браслет на руку [9]. Тобто, найчастіше використовується захисний одяг пожежника.

Для інформування користувача про загрозу небезпеки в розглянутих патентах використовуються різні пристрої попередження, а саме: звукові, світлові (оптичні), тактильні (вібрація) або їх комбінації.

Кількість патентів, в яких реалізується:

- пристрій попередження (звуковий або світловий) складає 6 з них:
    - 5 патентів зі звуковим пристроєм попередження [5, 6, 10 - 12];
    - 1 патент зі світловим пристроєм попередження [13];
- пристрої попередження (звуковий та світловий) – 5 [4, 7 - 9, 14];
- три пристрої попередження – 1 [15].

Винаходи, що запатентовані в останні роки мають у своєму складі приймально-передавальні радіопристрої [14, 15]. Це надає можливість здійснювати обмін даними як безпосередньо між самими приладами, так і між приладами та центром керування (контролю). Окремо слід зазначити використання сучасних бездротових мереж [15], що дозволяють використовувати можливості мереж складної топології для ретрансляції сигналу. Крім того, враховуючи, що зв'язок є двостороннім можливе передавання даних від центру керування до пристрою, забезпечивши реалізацію команд на кшталт "Увага Всім!", "Всім на вихід!" тощо.

Висновки:

1. За результатами проведеного аналізу винахідницької діяльності стосовно індивідуальних електронних приладів безпеки, що інтегруються в захисний одяг та спорядження пожежників-рятувальників були визначені такі тенденції технічного розвитку:

• більшість патентів регламентують прилади безпеки, що контролюють температурні параметри, зокрема навколишнього середовища (патенти США – 7 од., Німеччина – 1 од.), є також такі, що контролюють температуру підкостюмного простору (патенти США – 1 од., Німеччина – 1 од.) та теплове випромінювання (Китай – 1 од., Україна – 1 од.);

• прилади безпеки, що патентуються мають попереджувальні пристрої – у більшості це такі, що подають звукові сигнали (патенти США – 8 од., Німеччина – 1 од., Україна – 1 од., Китай – 1 од.), є – світлові або оптичні (патенти США – 5 од., Німеччина – 1 од., Китай – 1 од.), є – тактильний або вібраційний (патент Німеччина – 1 од.);

• останні за часом патенти передбачають, що до складу приладів безпеки мають входити приймально-передавальні пристрої радіосигналів та створюється мережа бездротового зв'язку, це дозволяє знизити ступінь небезпеки пожежників-рятувальників, шляхом інформування колег, а також центру керування (контролю) про параметри навколишнього середовища та стан самої особи;

• на даний час лідером щодо кількості опублікованих патентів стосовно приладів безпеки є США, далі йдуть Німеччина, Китай та Україна;

• вихід на світовий ринок приладів безпеки такої промислово-розвиненої держави, як Китай, та збільшення виробничої активності китайських компаній, дають підстави для прогнозування подальшого зростання долі цієї країни на світовому ринку приладів безпеки.

2. Простежується патентування приладів безпеки, що містять додаткові функції – визначення швидкості зростання температури навколишнього середовища, контролювання токсичних газів, параметрів людини (частота серцебиття, кров'яний тиск, температура тіла людини тощо), навігатор та висотомір для визначення місця знаходження людини.

3. Перспективним напрямком забезпечення безпеки праці пожежників-рятувальників із застосуванням індивідуальних приладів безпеки є подальший розвиток та удосконалення так званого "розумного" одягу, а також використання провідної тканини, що дозволить розробляти захисний одяг з вбудованими бажаними функціями.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Федеральный Институт Промышленной Собственности. Режим доступу: http://www.fips.ru
2. ДП "Український інститут промислової власності". Режим доступу: http://www.ukrpatent.org/cgi-bin/searchPat
3. Сервер Європейського патентного відомства. Режим доступу: http://www.ea.espacenet.com
4. Патент США US 3 201 771, МПК A42B3/04B6, опубліковано 17.08.1965.
5. Патент США US 4 418 337 B, МПК G08B21/04, опубліковано 29.11.1983.
6. Патент США US 5 635 909 A, МПК A62B17/00D, опубліковано 03.06.1997.
7. Патент США US 6 118 382 B1, МПК A62B9/00, опубліковано 12.09.2000.
8. Патент США US 6 417 774 B1, МПК A62B9/00, опубліковано 09.07.2002.
9. Патент США US 8 390 463 B2, МПК G08B23/00, опубліковано 05.03.2013.
10. Патент України UA 85391 U, МПК G01K17/00, опубліковано 25.11.2013.
11. Патент США US 4 914 422 A, МПК A62B21/04A1, опубліковано 03.04.1990.
12. Патент США US 5 973 602 A, МПК A62B17/00D, опубліковано 26.10.1999.
13. Патент США US 20 090 188 017 A1, МПК A62B17/00, опубліковано 30.07.2009.
14. Патент Китаю CN 102 600 565A, МПК A62B/00, опубліковано 25.07.2012.
15. Патент Німеччини EP 2407039 A2, МПК A41D19/00, опубліковано 18.01.2012.

❖ ❖ ❖

УДК 614.842.611

А.В. Антонов, канд. техн. наук, ст. наук. співр. І.Г.Стилик

МЕТОДИ ВИПРОБУВАНЬ ВОГНЕГАСНИХ ПОРОШКІВ З ВИЗНАЧЕННЯ ЇХ ВОГНЕГАСНОЇ ЗДАТНОСТІ ЗА КЛАСОМ ПОЖЕЖІ Д

Проаналізовані нормативні документи, якими регламентовано методи випробувань з визначення вогнегасної здатності вогнегасних порошків, призначених для гасіння пожеж за класом Д. Обґрунтовано необхідність розроблення відповідного національного стандарту, відсутнього на теперішній час в Україні.

Ключові слова: Вогнегасні порошки, нормативні документи, визначення вогнегасної здатності, вогневі випробування вогнегасних порошків за класом пожежі Д.

A. Antonov, Cand. of Sc. (Eng.), Sen. St. Sc. I. Stylyk

TEST METHODS FOR DRY CHEMICAL POWDERS FOR THE DETERMINATION OF THEIR FIRE EXTINGUISHING CAPABILITY FOR D - CLASS OF FIRE

Analyzed a number of normative documents to regulating test methods for the determination of fire extinguishing capability of dry chemicals for «D» class of fire. Necessity for the perfection of fire testing methods of dry chemicals for the determination of their fire fighting capability has been given proof for D – class of fire. Proved the necessity of elaboration of the appropriate national standard that is not in the legal force in Ukraine.

Key words: dry chemical powders, normative documents, determining the extinguishing capability fire test for dry chemical powders for «D» class of fire .

Одним з найважливіших параметрів ВП є їх вогнегасна здатність під час гасіння пожеж різних класів. В роботі [1] проаналізовано методи проведення випробувань з визначення вогнегасної ефективності за класами пожежі А та В, передбачені ДСТУ 3105-95 [2] та ГОСТ Р 53280.4-2009 [3], ISO 7202:2012 [4] та EN 615 [5].

Слід відмітити, що на відміну від Російської Федерації, в Україні, як і в Білорусії, відсутня нормативна база, яка регламентує технічні вимоги та методи випробувань вогнегасних порошків, призначених для гасіння пожеж класу Д, що унеможливлює проведення їхньої сертифікації на території України.

Метою даної роботи було проведення аналізу сучасних документів, що встановлюють вимоги до випробувань з визначення вогнегасної ефективності ВП за класом пожежі Д як підґрунтя розроблення пропозицій щодо створення національного нормативного документа.

Об’єктом досліджень були методи та методики, регламентовані міжнародними і національними стандартами, а предметом досліджень їх особливості.

Як показав аналіз, вимоги щодо хімічних, фізичних властивостей і мінімальних технічних вимог до вогнегасних порошків, у тому числі і за класом пожежі Д, регламентовано в ISO 7202:2012 [4], а проведення вогневих випробувань цим стандартом надано посилання на ISO 7165-2009 [6]. Слід зазначити, що вогнегасні порошки, які придатні для гасіння пожеж класу Д, як правило, не придатні для гасіння пожеж інших класів.

В Російській Федерації вимоги до проведення випробувань з визначення вогнегасної ефективності за класом пожежі Д регламентовано національним стандартом ГОСТ Р 53280.5-2009 [7].

В таблицях 1 - 4 представлено основні дані щодо методик та процедури проведення випробувань вогнегасних порошків з визначення їх вогнегасної здатності за класом пожежі Д згідно із зазначеними стандартами.

Таблиця 1 – Основні дані щодо методик та процедури проведення випробувань вогнегасних порошків з визначення вогнегасної здатності за класом пожежі Д згідно з [7]

Умови випробувань	Підкласи пожеж		
	Підклас Д1 (магній)	Підклас Д2 (натрій)	Підклас Д3 (ТІБА)
Кліматичні умови проведення випробувань	Відкритий майданчик, без сильного вітру і дощу	Відкритий майданчик, за відсутності дощу, суха безвітряна погода	Відкритий майданчик, суха безвітряна погода
Горюча навантага модельного вогнища	Порошок магнію, 20 кг	Металічний натрій, (12,5±0,5) кг	ТІБА або його розчин в толуолі, (12±1) $дм^3$
Паливо для розпалу модельного вогнища	Не регламентовано	Бензин Нормаль-80	Не регламентовано
Тривалість вільного горіння	Досягнення моменту розповсюдження горіння на 80 % площі	(120±5) с	(60±5) с
Тривалість контролю наявності повторного займання	10 хв	10 хв	10 хв
Випробувальний прилад	Вогнегасник порошковий типу ОП-50М, споряджений насадком – заспокоювачем	Вогнегасник порошковий типу ОП-50М, споряджений насадком – заспокоювачем; вогнегасник порошковий ОП-3(з) – для гасіння бензину)	Вогнегасник порошковий типу ОП-50М, споряджений насадком – заспокоювачем
Параметри дека	Квадратне деко з довжиною сторони (500±10) мм, висотою (150±5) мм та товщиною стінки від 2,5 мм до 3,0 мм	Квадратне деко з довжиною сторони (500±10) мм, висотою (150±5) мм та товщиною стінки від 2,5 мм до 3,0 мм. Квадратне деко з довжиною сторони (700±10) мм, висотою (150±5) мм та товщиною стінки від 2,5 мм до 3,0 мм, відстань між дном меншого дека до поверхні більшого (300±10) мм	Квадратне деко з довжиною сторони (500±10) мм, висотою (150±5) мм та товщиною стінки від 2,5 мм до 3,0 мм

Аналіз даних, наведених в таблиці 1, свідчить, що згідно [7] процедура з визначення вогнегасної здатності ВП за класом пожежі Д передбачає проведення випробувань окремо для кожного підкласу пожежі, зазначених в [8].

Для підкласу Д1 (легкі метали) суть випробувань полягає у визначенні маси вогнегасного порошку, необхідної для гасіння вогнегасником ВП-50М, обладнаним насадком-розпилювачем, модельного вогнища площею поверхні 0,25 м^2 (деко квадратної форми з висотою борта (150±5) мм). В якості горючої речовини використовують порошок магнію масою 20 кг, який підпалюють з допомогою факела, конструкцію і потужність якого не регламентовано.

Для підкласу Д2 (лужні метали) суть випробувань полягає у визначенні маси вогнегасного порошку, необхідної для гасіння таким же вогнегасником, такого ж дека, вставленого в деко квадратної форми площею 0,5 м^2 з бензином Нормаль-80 [9]. В якості горючої речовини використовують розплав металічного натрію масою (12,5±0,5) кг, нагрітого до температури (400±5)°С.

Для підкласу Д3 (металовмісні речовини) суть випробувань полягає у визначенні маси вогнегасного порошку, необхідної для гасіння триізобутилалюмінія (далі - ТІБА) або його розчину в толуолі в кількості (12±1) дм^3 за таких же умов, як у разі проведення випробувань з визначення вогнегасної здатності за підкласом пожежі Д1.

Для усіх підкласів показник вогнегасної здатності E (кг/м^2) визначають за формулою:

$$E = \frac{m_1 - m_2}{0,25}, \qquad (1)$$

де: m_1 - маса зарядженого вогнегасника до проведення гасіння, кг;

m_2 - маса вогнегасника після гасіння, кг;

0,25 – площа поверхні модельного вогнища, м^2.

За результат випробувань приймають середнє арифметичне значення трьох паралельних визначень. Показник вогнегасної здатності для кожного з підкласів має своє значення за однаковою розмірністю.

Всі випробування за підкласами проводяться з використанням вогнегасника порошкового типу ОП-50М, спорядженого насадком-заспокоювачем, гасіння здійснюється оператором пожежогасіння, а успішність проведення випробувань значною мірою залежить від його досвіду і кваліфікації.

На відміну від запропонованої в [7] класифікації на підкласи, в [4] застосовано інший підхід, який передбачає відсутність розподілу на підкласи, а також методи випробувань, суттю яких є досягнення позитивного чи негативного результату гасіння модельних вогнищ за одним із трьох сценаріїв без визначення показника вогнегасної здатності, тобто числових величин для позначання вогнегасної здатності за класом пожежі Д не передбачено. При цьому передбачено застосування модельних вогнищ із використанням різної пожежної навантаги, у якості якої регламентовано:

- металеві ошурки або матеріали, що утворюються під час металообробки;
- металевий порошок;
- розтоплений метал.

Основні дані щодо методик та процедур проведення випробувань з визначення вогнегасної здатності вогнегасних порошків за класом пожежі Д, регламентованих [4] наведено в таблицях 2–4.

Таблиця 2 – Основні дані щодо методик та процедур проведення випробувань з визначення вогнегасної здатності вогнегасних порошків за класом пожежі Д при гасінні металевих ошурків або матеріалів, що утворюються під час металообробки згідно з [4]

Параметри випробувань	Процедура та умови проведення випробування			
Кліматичні умови проведення випробувань	Приміщення, де практично не має протягів, яке оснащене вентиляцією, яка забезпечує належну видимість під час проведення випробувань			
Горюча навантага модельного вогнища	Сплав магнію (18,0 ± 0,1) кг, у вигляді насипу квадратної форми розмірами 600 мм × 600 мм	Суміш сплаву магнію (16,2 ± 0,1) кг зі змащувально-охолоджувальною рідиною (1,8 ± 0,1) кг, у вигляді насипу квадратної форми розмірами 600 мм × 600 мм	Хімічно чистий магній, (18,0 ± 0,1) кг у вигляді насипу квадратної форми розмірами 600 мм × 600 мм	Суміш магнію (16,2 ± 0,1) кг зі змащувально-охолоджувальною рідиною (1,8 ± 0,1) кг, у вигляді насипу квадратної форми розмірами 600 мм × 600 мм
Пальник для розпалу модельних вогнищ	Газово-кисневий пальник, що забезпечує підпалювання металу за проміжок часу 30 с			
Тривалість вільного горіння	Проміжок часу, за який площа поверхні, що горить, буде дорівнювати або перевищувати 50 % від площі поверхні розміщення горючої навантаги			
Тривалість контролю наявності повторного займання	Проміжок часу, рекомендований виробником вогнегасника, спорядженого порошком, або не менше 60 хв., якщо проміжок часу виробником не вказано			
Випробувальний прилад	Переносний порошковий вогнегасник з номінальним зарядом вогнегасного порошку масою не більше 13,6 кг. Дозволяється використання вогнегасників із зарядом не менше ніж 8 кг, передбачаючи пропорційно зменшені кількості горючих матеріалів та площі їх поверхні			
Параметри дека	Лист-підкладка із сталі розміром 1 м × 1 м і товщиною 5 мм.			
Результат випробувань	За позитивний результат випробувань вважається відсутність полум'я протягом регламентованої тривалості контролю повторного займання та наявність не менше 10% початкової маси металевих ошурків			

Таблиця 3 – Основні дані щодо методик та процедур проведення випробувань з визначення вогнегасної здатності вогнегасних порошків за класом пожежі Д при гасінні металевого порошку згідно з [4]

Параметри випробувань	Процедура та умови випробування	
Кліматичні умови проведення випробувань	Приміщення з відсутністю протягів з вентиляцією, яка забезпечує належну видимість під час проведення випробувань	
Випробувальний прилад	Переносний вогнегасник з номінальним зарядом вогнегасного порошку масою не більше 13,6 кг. Дозволяється використання вогнегасників із зарядом не менше ніж 8 кг, передбачаючи пропорційно зменшені кількості горючих матеріалів та площі їх поверхні	
Параметри дека	Лист-підкладка із сталі розмірами 1 м × 1 м і товщиною 5 мм.	
Пальник для розпалу модельного вогнища	Газово-кисневий пальник, що забезпечує підпалювання металу	
Тривалість вільного горіння	Проміжок часу, за який площа поверхні, що горить, буде дорівнювати або перевищувати 50 % від площі поверхні розміщення горючої навантаги	
Тривалість контролю наявності повторного займання	Проміжок часу, рекомендований виробником вогнегасника, спорядженого порошком, або 60 хв, якщо проміжок часу не вказано	
Горюча навантага модельного вогнища	Порошок магнію масою (11,0 ± 0,1) кг (99,5 % основної речовини), усі частинки якого повинні проходити крізь сито з розміром вічка 387 мкм, а не менше ніж 80 % порошку повинні залишатися на ситі з розміром вічка 150 мкм) у вигляді насипу квадратної форми розмірами 600 мм × 600 мм, сформованого із застосуванням металевої чи дерев'яної рами розміром 600 мм × 600 мм × 300 мм	Суміш порошку магнію масою (9,9 ± 0,1) кг (99,5 % основної речовини, усі частинки якого повинні проходити крізь сито з розміром вічка 387 мкм, не менше ніж 80 % порошку повинні залишатися на ситі з розміром вічка 150 мкм) зі змащувально-охолоджувальною рідиною масою (1,1 ± 0,1) кг у вигляді насипу квадратної форми розмірами 600 мм × 600 мм сформованого із застосуванням металевої чи дерев'яної рами розміром 600 мм × 600 мм × 300 мм
Результат випробувань	За позитивний результат випробувань вважається відсутність полум'я протягом регламентованої тривалості контролю повторного займання та наявність не менше 10% початкової маси металевого порошку магнію	

Таблиця 4 – Основні дані щодо методик та процедур проведення випробувань з визначення вогнегасної здатності вогнегасних порошків за класом пожежі Д при гасінні розтопленого металу згідно з [4]

Параметри випробувань	Процедура та умови випробування		
Кліматичні умови проведення випробувань	Приміщення, де практично не має протягів, яке оснащене вентиляцією, яка забезпечує належну видимість під час проведення випробувань		
Випробувальний прилад	Переносний вогнегасник з номінальним зарядом вогнегасного порошку масою не більше 13,6 кг. Дозволяється використання вогнегасників із зарядом не менше ніж 8 кг, передбачаючи пропорційно зменшені кількості горючих матеріалів та площі їх поверхні		
Пальник для розпалу модельного вогнища	Джерело нагрівання, яке унеможливлює вихід полум'я за межі дека		
Тривалість вільного горіння	Проміжок часу, за який палаючий горючий матеріал розтечеться деком		
Сценарій випробування	Горіння розливу натрію	Горіння натрію усередині дека	Горіння розтопленого сплаву магнію
Горюча навантага модельного вогнища	Товарний натрій, (1,36 ± 0,04) кг	Товарний натрій, потрібна кількість, достатня для створення шару розтопленого металу товщиною (25 ± 1) мм	Сплав магнію, (11,3 ± 0,1) кг
Параметри дек	Циліндричне сталеве деко діаметром 540 мм і висотою (150 ± 10) мм для розтоплення з кришкою; квадратне деко розмірами 600 мм × 600 мм і висотою (155 ± 5) мм для горіння перелитого в нього з дека для розтоплення розтопленого натрію	Циліндричне сталеве деко діаметром 540 мм і висотою (150 ± 10) мм для розтоплення з кришкою	Деко для розтоплення з діаметром (150±10) мм, з кришкою всередині розміщено фрагмент двотаврової балки довжиною (50±5) мм, висотою і шириною 100 мм
Тривалість контролю наявності повторного займання	Проміжок часу, рекомендований виробником вогнегасника, спорядженого порошком, або (4 ± 0,5) год, якщо проміжок часу не вказано		Проміжок часу, рекомендований виробником вогнегасника, спорядженого порошком, або 60 хв, якщо проміжок часу не вказано
Результат випробувань	За позитивний результат вважається відсутність полум'я, температура суміші горючого матеріалу не перевищує температуру оточуючого повітря більше ніж на 20 ºС, а маса залишку горючого матеріалу перевищує 10 % від його початкової маси		За позитивний результат вважається відсутність полум'я та наявність не менше 10% початкової маси сплаву магнію

Викладене вище дає підставу зробити наступні висновки:

1. Вимоги до випробувань вогнегасних порошків, з визначення вогнегасної здатності за класом пожежі Д, регламентовані вимогами ISO 7202:2012 *Fire protection – Fire extinguishing media – Powder*, ISO 7165-2009 *Fire fighting — Portable fire extinguishers — Performance and construction*, а також ГОСТ Р 53280.5-2009 *Установки пожаротушения автоматические. Огнетушащие вещества. Часть 5. Порошки огнетушащие специального назначения. Класификация, общие технические требования и методы испытаний* відрізняються між собою за класифікацією, різними підходами до проведення випробувань, видом і потужністю пожежної навантаги розмірами та формами дек, алгоритмом оброблення результатів тощо.

2. Результати випробувань з визначення показників вогнегасної здатності за класом пожежі Д значною мірою залежать від кваліфікації та досвіду оператора пожежогасіння.

3. Актуальність питання розроблення національного стандарту обумовлює необхідність проведення досліджень з визначення мінімальних технічних вимог та методів випробувань з визначення показників якості, у тому числі і показника (показників) вогнегасної здатності вогнегасних порошків, призначених для гасіння пожеж класу Д, з урахуванням переваг та недоліків відповідних міжнародних та російського стандартів, що і є предметом наших подальших досліджень.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. С.Ю. Огурцов, І.Г. Стилик, А.В. Антонов. Аналіз методів випробувань вогнегасних порошків з визначення їх вогнегасної здатності// Науковий вісник УкрНДІПБ. – К.: 2013. - № 1(27). – С. 86-92.

2. ДСТУ 3105-95 Порошки вогнегасні. Загальні технічні вимоги і методи випробувань. – К.: Держстандарт України, 1998.

3. ГОСТ Р 53280.4-2009 Установки пожаротушения автоматические. Огнетушащие вещества. Часть 4. Порошки огнетушащие общего назначения. Общие технические требования и методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2009. – 7-8 с.

4. ISO 7202:2012 Fire protection – Fire extinguishing media – Powder, 2012.

5. EN 615 - Fire protection - Fire extinguishing media - Specifications for powders (other than class D powders), 2009.

6. ISO 7165-2009 Fire fighting — Portable fire extinguishers — Performance and construction, 2009.

7. ГОСТ Р 53280.5-2009 Установки пожаротушения автоматические. Огнетушащие вещества. Часть 5. Порошки огнетушащие специального назначения. Класификация, общие технические требования и методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2009.

8. ГОСТ 27331-87 Пожарная техника. Класификация пожаров. – М.: Издательство стандартов, 1987.

9. ГОСТ 51105-97 Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Неэтилированный бензин, 1997.

❖ ❖ ❖

АННОТАЦИИ

Я. Збоина, Я. Келин,. Ю. Мазур

ПЕРЕДОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДДЕРЖКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СПАСАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НА УРОВНЯХ: НАСЕЛЕННЫЙ ПУНКТ, РАЙОН, ОБЛАСТЬ

Представлена фактическая информация о ходе осуществления научно-исследовательского проекта «Передовые информационные и коммуникационные технологии поддержки проектирования спасательной системы на уровнях: населенный пункт, район, область»

5

Н. В. Корепанова, С.С. Замыслова, Г.П. Перепелятникова, О.В. Невинчанный

АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ВСЛЕДСТВИЕ АВАРИЙ С ВЫБРАСЫВАНИЕМ РАДИОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

Проведен анализ опыта ликвидации чрезвычайных ситуаций вследствие аварий с выбросом радиоактивных веществ в Украине и за ее пределами, и также анализ нормативных документов источников по этому вопросу ведомственных нормативных документов МЧС Украины, Минздрава, Мининфраструктуры, Держядеррегулювання и российских Безопасность в чрезвычайных ситуациях

12

В.С. Кропивницкий, А.А. Ковалев, канд. техн. наук

К ВОПРОСАМ ОБОСНОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ И ОСНАЩЕНИЯ РЕЧНОГО ПОЖАРНОГО КАТЕРА

Обоснована необходимость создания и сформулированы тактико-технические требования к конструкции малого речного пожарного катера с учётом эксплуатации на водных объектах с малыми глубинами, засоренным фарватером, а также на объектах, труднодоступных для автотранспорта.

17

Ю.Н. Ревякина

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ВЛИЯНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОЗДУХА НА ПРОЦЕСС ЕГО РЕГЕНЕРАЦИИ

В статье представлены результаты экспериментальной оценки совместного влияния физико-химических свойств воздуха (температуры, влажности, содержания углекислого газа, объемный расход) на эффективность процесса его регенерации, осуществляемого в регенеративных установках убежищ гражданской защиты

21

ANNOTATIONS

Ya. ZboinaYa. Kelin, J. Mazur

ADVANCED INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY DESIGN SUPPORT SYSTEM AT THE RESCUE: CITY, STATE OR REGION

Presented factual information on the implementation of the research project "Advanced information and communication technologies to support the design and rescue system levels: village, district, area"

5

N.Korepanova, S. Zamyslov, G. Perepelyatnykov, O. Nevinchanyy

RESCUE WORK DURING EMERGENCIES LIQUIDATION AS A RESULT OF ACCIDENTS INVOLVING THE EJECTION OF RADIOACTIVE SUBSTANCES

Theanalysisoftheexperienceofliquidationofemergenciesresultingfromaccidentsejectionofradioactivesubstancesintheukraineandabroad, andalsoanalyzesthesourcesofregulationsonthesubjectofdepartmentalregulationsMESofUkraine, Minohoronyzdorov'ya, MinistryofInfrastructure, DerzhyaderrehulyuvannyaandRussiansecurityinemergencysituations

12

V.Kropivnitsky, A.Kovalev, Cand. of Sc. (Eng.)

REGARDING THE VALIDITY OF TECHNICAL REQUIREMENTS AND EQUIPMENT OF THE RIVER FIRE BOAT

.

The necessity of creation and formulated tactical and technical requirements for the design of small river fire boat to operate with water objects with smaller depths clogged waterway, as well as at sites inaccessible to vehicles.

17

J. Revyakina

EXPERIMENTAL RESEARCH COMPLEX INFLUENCE OF PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF AIR ON ITS REGENERATION PROCESS

The experimental research of complex influence of physical and chemical properties of air on the efficiency of the process of its regeneration that take place in the regenerative installation in shelters are introduced in this article

21

Ю.С. Иванов

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И РАЗРАБОТКИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ИНСТИТУТА ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ПРОБЛЕМ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ МЧС РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

В работе приведено анализ деятельности и решение научно-технических проблем в области предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций Научно-исследовательского института пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций Министерства по чрезвычайным ситуация Республики Беларусь

29

Y. Ivanov

THE MAIN ACTIVITIES AND ACHIEVEMENTS OF RESEARCH INSTITUTE OF THE FIRE SAFETY AND EMERGENCY SITUATION OF BELARUS REPUBLIC

The paper analyzes the performance and solution of scientific and technical problems in the field of prevention and liquidation of emergency situations of the Research Institute of Fire Safety and Emergencies of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus.

А.И. Кодрик, С.А. Никулин, М.А. Никулин

К ВОПРОСУ УТИЛИЗАЦИИ НЕФТЯНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ НА ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ И ПОД ВОДОЙ

Рассмотрены особенности поведения нефтепродуктов при их попадании на поверхность воды при подводном истечении из естественных разломов и мест аварий при шельфовой добыче. Указывается на необходимость утилизации нефтепродуктов не только на водной поверхности, но и под водой и придонных поверхностях, где содержатся значительное количество нефтепродуктов существенно влияющих на экологию. В качестве эффективного сорбента предложен терморасширенный графит

35

A. Kodryk, S. Nikulin, M. Nikulin

OIL POLUTION UTILIZATION PROBLEMS ON WATER SURFACE AND UNDER WATER

Considering oil products behavior on water surface and when there is an underwater leak caused by natural fractures or mining accidents. Indicating the necessity of oil products utilization not only on water surface, but also under water and on bottom surface, where a considerable amount of oil products can be found, which have a great impact on the world ocean ecology. As an affective sorbent thermicaly expanded graphite is proposed

С.В. Новак,. Л.Н. Нефедченко, В.В. Коваленко,

НОРМАТИВНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ВНЕШНИХ СТЕН С ФАСАДНОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЕЙ

Проведен анализ пожарной опасности внешних стен с фасадной теплоизоляцией. Показано, что нормативные требования к системам фасадной теплоизоляции в сфере обеспечения пожарной безопасности и методы определения пожароопасных свойств этих систем, которые сегодня действуют в Украине, не полностью обеспечивают пожарную безопасность зданий в процессе эксплуатации. Показано необходимость усовершенствования требований и методов испытаний в соответствии с требованиями Технического регламента строительных изделий, зданий и сооружений и ДБНВ.1.2-7

39

S. Novak, L. Nefedchenko, V. Kovalenko

REGULATORY SUPPORT DEFINITION OF FIRE DANGER OF EXTERNAL WALLS WITH FAÇADE INSULATION

Fire hazard analysis of external wall with façade insulation. It is shown that the regulatory requirements for the façade insulation in fire safety and fire-methods for determining the properties of these systems, which today operate in Ukraine do not fully provide fire safety of buildings during the operation. Shown the need for improvements to the requirements and methods of tests in accordance with the requirements of the Technical regulations of building products, buildings and constructions and DBN 1.2-7.

В.В. Присяжнюк, А.П. Жихарев, А.Н. Крикун, С.П. Савинский, М.В. Ермаков

КРИТЕРИИ ОБРАЗОВАНИЯ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ (ЧАСТЕЙ) ОПЕРАТИВНО-СПАСАТЕЛЬНОЙ СЛУЖБЫ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ В АДМИНИСТРАТИВНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ ЕДИНИЦАХ УКРАИНЫ

Проведен анализ документов, регламентирующих критерии образования пожарно-спасательных

46

V. Prysiazhnyuk, O. Zhikharev, O. Crikun, S. Savynskyy, M. Ermakov

CRITERIA EDUCATION STATE FIRE AND RESCUE UNITS (PARTS) RESQUE CIVIL DEFENCE IN ADMINISTRATIVE-TERRITORIAL UNITS UKRAINE

The analysis of the documents governing the criteria for the formation of fire- rescue units (units) in Ukraine and several foreign countries. Based on the analysis the basic criteria for the establishment of the fire and rescue units (parts) Operational Rescue Service of Civil

подразделений (частей) в Украине и некоторых зарубежных странах. На основании проведенного анализа определены основные критерии образования государственных пожарно-спасательных подразделений (частей) оперативно спасательной службы гражданской защиты в административно-территориальных единицах Украины, которые предложены и изложены в проекте постановления Кабинета Министров Украины

Protection in the administrative- territorial units of Ukraine , proposed and outlined in the draft resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine

Чумаченко С.Н., ВалуйськийС.В

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ТИПА ОБОРУДОВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЛУЖБЫ УКРАИНЫ ПО ЧЕРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯМ НА ЭФЕКТИВНОСТЬ АВИАЦИОННОГО РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО ПОИСКА

53

В работе исследуются влияние параметров окружающей среды на эффективность авиационного поиска воздушных средств, которые терпят бедствие, путем применения бортового радиотехнического оборудования типа АРК-У2(УД). Проведена оценка дальности действия указанного оборудования с учетом параметров окружающей среды

S. Chumachenko, S. Valyisky

RESEARCH OF INFLUENCE OF THE PARAMETERS OF THE ENVIRONMENT AND EQUIPMENT TYPE AIRCRAFT CIVIL SERVICE OF UKRAINE FOR EMERGENCY SITUATIONS IN SEARCH OF EFFICIENCY AIRPORT RADIO SYSTEMS

This paper investigates influence of parameters of environment is in-process probed on the effectiveness of aviation search of air assets in distress, through the use of on-board electronic equipment such as ARC-U2 (UD). We investigate the estimation of the range of the equipment within the parameters of the environment.

В.В. Шаповал

ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ ЗАЩИЩЕННОСТИ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ ЛОКАЛЬНЫМИ БРОНИРОВАНИЕМ

62

Проанализировано состояние защищенности и обоснованы предложения по повышению уровня защищенности пожарного автомобиля

V. Shapoval

THE INCREASES LEVEL PROTECTING OF FIRE CARS LOCAL RESERVING

The state of protected is analyzed and grounded suggestion in relation to the increase protection level of fire cars local reserving

Р.В. Лихньовський

ТЕСТ-СИСТЕМЫ. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ

65

Проанализированы необходимость создания тест-систем для проведения экспресс-анализов. Рассмотрены направления применения тест-систем в сфере пожарной безопасности. Приведены примеры экспресс-анализов методом тонкослойной хроматографии

R. Likhnyovskiy

TEST SYSTEMS. FUTURE USE

Relevance of creating of the test systems for short-time testing is analyzed. Ways of using of the test- systems in the field of fire safety are considered. Examples of the short-time tests by TLC-method are presented.

С. П. Греков, И.Н. Зинченко, В.З. Брюм

ПРОГНОЗ ПАРАМЕТРОВ ПОЖАРА ПО ДАННЫМ МОНИТОРИНГА НА ИСХОДЯЩИХ СТРУЯХ В ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ

69

Проведен непрерывный контроль пожароопасного состояния горных выработок, разработана методика расчёта параметров пожара по данным оксидов углерода, кислорода, температуры и расхода воздуха на исходящей вентиляционной струе на каждый момент времени

S. Greeks, I. Zinchenk, , V. Bryum

FIRE WEATHER PARAMETERS ACCORDING TO MONITORING THE CASTING IN MINES

Conducted continuous monitoring of mine tunnel fire risk, the method of calculation of fire parameters according to oxides of carbon, oxygen, temperature and air flow on the outgoing air flow at any given time

Я.Б. Кириллов ,И.Л. Ущапивский

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЖАРНЫХ НАСОСОВ, ИМЕЮЩИХЗАСОРЕНИЯ РАБОЧЕГО КОЛЕСА ПУТЕМ ВИБРОДИАГНОСТИКИ

74

В работе рассмотрены экспериментальные испытания центробежного пожарного насоса для

Ya. Kiriliv, I. Uschapivsky

ANALYSIS OF THE TECHNICAL STATE OF FIRE PUMPS, WITH CLOGGING IMPELLER BY VIBRATION

In this work the experimental test of a centrifugal fire pump for supply of extinguishing agent that has known defects: a manifestation of imbalance due to clogging

подачи огнетушащей веществ , который имеет известный дефект : проявление дисбаланса вследствие засорения рабочего колеса. Отцентрованый пожарный насос является сложной динамической системой наличие дефекта в которой изменяет динамическое поведение . Указанные исследования направлены на определение закономерностей изменения вибрационных характеристик насоса вследствие наличия этого дефекта . Таким образом , сравнительный анализ изменения в динамике системы по сравнению с эталоном позволяет сформировать признаки скрытого дефекта в середине насоса , а следовательно позволяет проводить диагностирование его технического состояния

impeller. Centrifugal fire pump is a complex dynamic system defect which alters the dynamic behavior. These studies are aimed at identifying patterns of change of vibration characteristics of the pump due to the presence of the defect. Thus, a comparative analysis of the changes in the dynamics of the system compared to the standard form provides signs of a latent defect in the middle of the pump, and thus allows the diagnosis of his technical condition

В.В. Ковалишин, Т.Б. Юзькив, Ю.В. Гуцуляк, , В.В Артеменко

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦЫ ОГНЕСТОЙКОСТИ СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СТУПЕНЧАТЫХ СКЛАДОК

В статье приведены результаты экспериментального определения предела огнестойкости сборных железобетонных ступенчатых складок пандусу стадиона Львов-Арена экспериментальным методом с учетом изменения механических характеристик бетона и арматуры при нагреве. Испытаниям подвергались два образца сборных железобетонных конструкций при стандартном температурном режиме .

Установлено , что предел огнестойкости сборной железобетонной конструкции - ступенчатых складок соответствует классу огнестойкости REI 90

82

V. Kovalyshyn, T. Yuzkiv, J. Hutsulyak, V. Artemenko

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE FIRE RESISTANCE OF PRECAST CONCRETE FOLDS

In the article the results of the experimental determination of the fire resistance of precast concrete stepped ramp folds Lviv Arena stadium experimental method, taking into account changes in the mechanical characteristics of concrete and rebar when heated. The test samples were subjected to two precast concrete structures for standard temperature conditions.

It was established that the line of fire resistance of precast concrete construction - Stepped folds meets fire resistance class REI 90

А.Н. Ларин, Г.А. Чернобай, С.Ю. Назаренко

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОДОЛЬНОЙ ЖЕСТКОСТИ РУКАВА С ВНУТРЕННИМ ДИАМЕТРОМ 51 ММ, КОТОРЫМ ОСНАЩАЮТСЯ ПОЖАРНЫЕ АВТОМОБИЛИ

Рассматривается определение некоторых механических свойств, в частности продольной жесткости рукавов с внутренним диаметром 51 мм которыми оснащении пожарные автомобили

89

O. Larin, G. Chernobay, S. Nazarenko

DEFINITION LONGITUDINAL STIFFNESS SLEEVE WITH INNER DIAMETER OF 51 MM, WHICH ARE EQUIPPED WITH FIRE TRUCK

We consider the determination of some mechanical properties, including longitudinal stiffness hoses with an inner diameter of 51 mm which equip fire trucks

В.Б. Лоик

АНАЛИЗ ПРОЕКТОВ И ПРОГРАММ РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ЛЬВОВА В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

В статье приведен анализ влияния ИТ-технологий по обеспечению повышенной эффективности функционирования программ и проектов регионального развития г. Львова, а также дана оценка влияния негативных факторов от чрезвычайных ситуаций в условиях устойчивого развития для обеспечения безопасного и здорового образа жизни настоящего и будущего поколений. Показана целесообразность использования краудсорсинговых программ в условиях чрезвычайных ситуаций для минимизации риска возникновения чрезвычайных ситуаций

95

V. Loik

ANALYSIS OF PROJECTS AND PROGRAMS OF REGIONAL DEVELOPMENT IN EMERGENCIES ON THE EXAMPLE OF LVIV

The article deals with the analysis of information technologies impact on efficiency of the city regional development programs and projects. The impact of emergency situations negative factors on sustainable development and safe and healthy life providing for present and future generations is explored. The expediency of crowdsaurcing programs applying for minimizing the risk of emergencies is shown

Б.В. Штайн, Б.В. Болибрух
РЕЗУЛЬТАТЫ СТЕНДОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ USP 2-2 В МОБИЛЬНОМ ТРЕНАЖЕРЕ «ЕГЕРИЯ-ML2000»
В статье изложены результаты экспериментальных исследований по определению зависимостей температурных режимов подкостюмного пространства при воздействии повышенной температуры. На основе проведенных стендовых экспериментальных исследований в мобильном тренажере Эгерия-2000 с применением манекена защищенного теплозащитной одеждой, обосновано и определено наиболее эффективное размещение прибора контроля температурных режимов подкостюмного пространства **103**

B. Stayn, B. Bolibrukh
DETERMINATION OF UNDERSUIT SPACE TEMPERATURE REGIMES OF HEAT RESISTANT CLOTHING OF A FIREFIGHTER WHILE FIGHTING FIRES IN ENCLOSURES
The paper presents the results of experimental studies to determine the dependence of temperature regimes of undersuit space under the action of high temperature. On the basis of the bench experimental research in mobile simulator Eheriya-2000 using a mannequin in heat-resistant clothing, the most efficient placement of undersuit space temperature control device was grounded and determined

С.А. Виноградов, М.О. Консуров, В.В. Калабанов
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ВОДЯНЫХ СТРУЙ
Разработана система измерения скорости высокоскоростных водяных струй, которые генерируются устройством гидроимпульсного разрушения. Приведены особенности ее конструкции и работы, а также преимущества перед аналогами. **111**

S. Vinogradov, M. Konsurov, V. Kalabanov
DEVELOPMENT OF MEASURING SYSTEM FOR HIGHSPEED WATER JET
A system for measuring the speed of high-speed water jet generated by Hydro-destruction device. The peculiarities of its design and operation, and its advantages over conventional techniques.

Д.П. Войтович
ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ ПОДГОТОВКИ РУКОВОДЯЩЕГО СОСТАВА ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ОПЕРАТИВНО-СПАСАТЕЛЬНОЙ СЛУЖБЫ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ДЕЙСТВИЙ ПО НАЗНАЧЕНИЮ
Приведено количество привлечений подразделений оперативно-спасательной службы гражданской защиты по действиям по назначению. Проанализирована система подготовки руководящего состава данных подразделений и определено место в данной системе анализа их оперативных действий по направлению реагирования. Предложенный улучшенный подход к проведению анализа действий в части наработки определенных управленческих решений. Определена необходимость в разработке методики по проведению анализа действий при привлечений на ДТП, поисково-спасательные работы в горной местности, на водных объектах и т.д.. **115**

D. Voytovych
IMPROVE THE PREPARATION OF MANAGEMENT STAFF UNITS AND SEARCH OPERATIONS BASED ON THE ANALYSIS FULFILL THEIR DUTIES
The number of involved units and search operations of civil protection action for the purpose are showed. The system of training managers of units and the place in the system analysis of operational actions in the direction of response are analyzed. An improved approach to the analysis of developments in the operations of certain administrative decisions are proposed. The necessity to develop methods conduct analysis of operations during the borrowings on an accident, search and rescue in mountainous areas, water bodies, etc.

В. В. Астанин, А. И. Олефир, Г. А. Щегель, В. В. Шаповал, В. С. Олефир
ПОЛИГОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЯ УДАРНЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ ВСЛЕДСТВИЕ ПОЖАРОВ И ВЗРЫВОВ
Разработан уникальный специализированный термобалистичний комплекс для исследования ударного взаимодействия обломков конструкций при их взрывном разрушении на пожарах. Разработанная система термобалистичних ускорителей позволяет проводить исследования в лабораторных и реальных полигонных условиях на скоростях взаимодействия до 2000 м / с. Мобильность комплекса для полигонных испытаний обеспечивается моторизованной системой передвижения по пересеченной местности. **122**

V. Astanin, A. Olefir, G. Schege, V. Shapoval, V. Olefir
FIRINGGROUNDRESEARCHESOFINITIATEDWITHFIREANDEXPLOSIONIMPACTDAMAGES
A unique specialized thermoballistic complex is elaborated for researches of impact interaction of fragments of structures at their explosive destruction during fires. The developed system of thermoballistic accelerators allows conducting researches both in laboratory and real-world field conditions at velocities of interaction of up to 2000 m/s. Mobility of the complex for ground tests is increased with a vehicularized travel system for movement over rugged terrain.

А.Г. Виноградов

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ВОДЯНОЙ ЗАВЕСЫ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ЗАТОПЛЕННЫХ СТРУЙ

На основе теории затопленных струй разработана математическая модель веерного распыленной водяной струи, источником которого является щелевой дренчерный ороситель. Полученные формулы позволяют выполнить расчет основных параметров водяных завес: геометрических размеров, толщины осадочного слоя воды, пространственных распределений скорости движения и объемной доли воды. Результаты работы направлены на совершенствование ранее разработанной математической модели экранирования теплового излучения с помощью водяных завес. **127**

М.А. Скидан, А.Н. Евдин

ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ ЭКСТРЕННОЙ МЕДИЦИНСКОЙ И ДОМЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Освещены организационные основы по предоставлению экстренной медицинской и домедицинской помощи при возникновении чрезвычайных ситуаций и ликвидации их медико-санитарных последствий. **140**

В.В. Ковалишин

ПРОВЕРКА НА АДЕКВАТНОСТЬ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ РАЗВИТИЯ И ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ В КАБЕЛЬНЫХ ТУННЕЛЯХ (ОГРАНИЧЕННЫХ ОБЪЕМАХ)

Разработана математическая модель для прогноза развития и прекращения пожара. Проведенные эксперименты на маломасштабных пожарах подтвердили адекватность разработанной модели. **147**

В.В. Хижняк, С.П. Куликов

ОЦЕНКА СТОИМОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АВИАЦИОННОГО ПОИСКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Рассматриваются вопросы использования беспилотных летательных аппаратов для авиационного поиска объектов терпящих бедствие. Анализируются стоимостные показатели: летного часа БПЛА для осмотра всей зоны в заданном секторе. **153**

А.Ф. Никулин, А.Н. Титенко

КОМПЛЕКС СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ В СОСТАВЕ МОБИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ТЕРМОРАСШИРЕННОГО ГРАФИТА

Рассмотрены основы и особенности построения компьютеризованной системы управления при разработке проекта мобильной установки по производству терморасширенного графита, предназначенной для использования в условиях ликвидации последствий аварий, связанных с розливом нефти и нефтепродуктов **164**

A. Vinogradov

CALCULATION METHOD OF WATER CURTAIN PARAMETERS ON BASIS OF THE SUBMERGED JET THEORY

On the basis of the submerged jet theory the mathematical model is worked out for the fan sprayed water jet what is created by slot-hole sprinkler. The got formulae allow to execute the calculation of basic parameters of water curtains: geometrical sizes, thickness of sediment layer of water, spatial distributions of droplet velocities and volume part of water. Study are intended for perfection of the earlier developed mathematical model of thermal shielding by means of water curtains.

M. Skidan, O. Evdin

ORGANIZATIONAL FRAMEWORK FOR EMERGENCY MEDICAL FIRST AIDE

Deals with the organizational framework for the provision of emergency medical and first aide assistance during emergencies and emergency health consequences.

V. Kovalyshyn

CHECK THE ADEQUACY MODELING OF DEVELOPMENT AND EXTINGUISHING FIRES IN CABLE TUNNELS (IN A LIMITED VOLUME)

A mathematical model for predicting the development and stop burning. Experiments on small-scale fires confirmed its adequacy.

V. Khyzhniak, S. Kulikov

ESTIMATION OF COST INDEXES OF AVIATION SEARCH USING UNMANNED AERIAL VEHICLES

The article examines the use of unmanned aircraft for aviation search for objects that are in distress. Cost parameters are analyzed: UAV flight hours; review of the entire area; review unit area for various schemes locate an object within a given sector.

A. Nikulin, A. Titenko

COMPLEX OF FACILITIES OF AUTOMATION IN COMPOSITION THE MOBILE PLANT FOR THE PRODUCTION OF THE THERMALLY EXPANED GRAPHITE

The basics of building and features a computerized management system in the drafting of a mobile unit for the production of expanded graphite intended for use in disaster recovery, associated with filling oil and petroleum products

В.В. Нижник

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОДАЧИ ВОДЫ СИСТЕМОЙ ПОЖАРОТУШЕНИЯ В ПОДКУПОЛЬНЫХ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ КУЛЬТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

Разработана методика проведения экспериментальных исследований по определению интенсивности и продолжительности подачи воды системой пожаротушения подкупольных деревянных конструкций культовых сооружений и проведены соответствующие экспериментальные и натурные огневые исследования **168**

V. Nizhnyk

DETERMINATION OF PARAMETERS OF WATER WITH FEED IN EXTINGUISHING SYSTEM WOOD CONSTRUCTION OF RELIGIOUS BUILDINGS

The method of experimental studies to determine the intensity and duration of water supply of fire extinguishing systems in pidkupolnyh wooden structures and places of worship performed the corresponding experimental and full-scale fire research

И.Н. Грицына, С.А. Виноградов, Н.О. Консуров

ВЫСОКОСКОРОСТНЫЕ СТРУИ ЖИДКОСТИ КАК СРЕДСТВО ГИДРОРАЗРУШЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ

В работе рассмотрен механизм разрушения твердого хрупкого материала при воздействии на него высокоскоростной струей жидкости. Определены необходимые параметры струи для успешного разрушения бетонных и кирпичных элементов строительных конструкций. Предложена конструкция устройства гидроразрушения **173**

I. Gritsyna, S. Vinogradov, N. Konsurov

HIGH AS A MEANS OF LIQUID JET HYDRO DESTROYED ELEMENTS DURING CONSTRUCTION RESCUE OPERATIONS

In this paper, the mechanism of destruction of solid brittle material when subjected to a high-speed liquid jet . The necessary parameters of the jet for the successful demolition of concrete and brick construction elements . A design of the device gidrorazrusheniya.

Р.И. Кравченко, О.В. Савченко, В.В. Нижник

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОИСК КАК РЕСУРС ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ В СФЕРЕ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ

Проведен анализ актуальных вопросов по созданию новых видов продукции и услуг. Приведены результаты научно-информационного поиска по определенным направлениям. Определены приоритетные направления технического регулирования в сфере гражданской защиты **178**

R. Kravchenko, O. Savchenko, V. Nizhnyk

INFORMATION SEARCH AS A RESOURCE TECHNICAL REGULATION IN THE FIELD OF CIVIL PROTECTION

An analysis of current issues related to the creation of new products and services. The results of the research and information retrieval to certain destinations. Priority areas of technical regulations in the field of civil protection

Г.П. Перепелятникова, ,А.Н. Евдин, О.П. Яцюк

НОРМАТИВНОЕ И МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СФЕРЫ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ

Изложены основные проблемы нормативного и методического обеспечения сферы гражданской защиты . Освещена роль Украинского НИИ гражданской защиты ГСЧС Украины , как ведущего научного учреждения , созданного для решения актуальных задач нормативно - методического обеспечения в сфере гражданской защиты . В обобщенном виде приведены разработанные институтом нормативные и методические документы и определены основные актуальные задачи по дальнейшему обеспечения ими сферы гражданской защиты **183**

G. Perepelyatnikova, O. Yevdin, O. Yatsyuk

NORMATIVE AND METHODOLOGICAL PROVISION OF CIVIL PROTECTION

The basic problem, regulatory and methodological support civil protection. The role of Ukrainian Research Institute of Civil Protection DSNS Ukraine as a leading research institution created to address the pressing challenges of regulatory and methodological support in the field of civil protection. In summary, the institute are designed regulatory and methodological documents and identifies the key objectives relevant to further ensure their civil protection

Р.В. Климась

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОПЫТНО - ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ, КОТОРЫЕ ПРЕДНАЗНАЧЕНЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЖАРОВ

Приведены основные физико-химические методы, применяемые опытно-испытательными лабораториями для исследования пожаров и установление причин их возникновения. Указаны преимущества и недостатки их использования. Исследована эффективность применения опытно-испытательными лабораториями физико-химических методов для исследования пожаров. Определены дальнейшие перспективы применения физико-химических методов, а также стандартизированных методов для определения показателей пожарной опасности веществ, материалов и изделий.

189

R. Klymas

DETERMINATION OF THE EFFICIENCY OF APPLICATION OF PHYSICAL AND CHEMICAL METHODS PURPOSED TO THE RESEARCH OF FIRES BY RESEARCH AND TESTING LABORATORIES

The main physical and chemical methods applied by research and testing laboratories for the research of fires as well as causes of their origination are rendered. Advantages and drawbacks of their application are mentioned. Efficiency of the application of physical and chemical methods applied by research and testing laboratories for the research of fires has been investigated. Further perspectives of the application of physical and chemical methods as well as standard methods for the determination of fire hazard indices of substances, materials, and products have been revealed

В.К. Костенко, Е.Л. Завьялова, Д.А. Козырь, Б.Б. Бандурян

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕЛЕВИЗИОННОГО КОНТРОЛЯ ОЧАГОВ ГОРЕНИЯ НА ПОРОДНЫХ ОТВАЛАХ

194

Проведен анализ негативного влияния горящих породных отвалов на окружающую природную среду и экспериментально исследовано влияние внешних факторов на результаты температурного контроля очагов горения на породных отвалах при применении дистанционных средств и способов

V. Kostenko, E. Zavyalova, D. Kozyr, B. Banduryan

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF EXTERNAL FACTORS ON RESULTS THERMAL CONTROL CENTERS FOR BURNING DUMPS

The analysis of the negative impact of burning waste heaps on the environment and experimentally investigated the influence of external factors on the results of temperature control thermal state of waste heap when using remote means and methods.

В.К. Словинский

ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА РЕШЕНИЯ ПРОЧНОСТНОЙ ЗАДАЧИ ПРИ РАСЧЕТНОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ОГНЕВЫХ ИСПЫТАНИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОЛОНН

В статье приведены основные положения разработанного метода расчетной интерпретации температурных показателей, полученных в результате испытаний железобетонных колонн на огнестойкость без приложения механической нагрузки. Исследованная эффективность метода решения задачи прочности при определении предела огнестойкости железобетонной колонны по результатам огневых испытаний

203

V. Slovinskiy

GROUND OF THE METHOD OF DECISION OF STRENGHT TASK DURING CALCULATION INTERPRETATION OF RESULTS OF FIRE TESTS OF REINFORCED CONCRETE COLUMNS

There are given general provisions of the developed method of calculation interpretation of the temperature indexes got as a result tests of reinforced concrete columns on a fire-resistance without the appendix of the mechanical loading in this article. Explored efficiency of method of decision of task of durability at determination of limit of fire-resistance of reinforced concrete column on results fire tests

С.В. Жартовский, А.В. Добростан

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОГНЕЗАЩИТЫ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ КРЫШ В ПОЛИГОННЫХ УСЛОВИЯХ

Представленные данные поэкспериментального определения эффективности огнезащиты деревянных конструкций крыш, защищенных водной огнебиозащитной веществом на основе полигексаметиленгуанидингидрофосфат карбамида с молекулярной массой до 5000 а.о.м.

210

S. Zhartovskiy, A. Dobrostan

CHOICE OF A METHOD OF QUALITY LEVEL ESTIMATION OF FIRE RETARDANT TREATMENT OF WOODEN BUILDING CONSTRUCTIONS

Experimentally verified the effectiveness of fire protection of roof wooden structures water protected by firebioresistance material based on polygeksametilenguanidinhydrophosphate of urea with molecular weights up to 5 000 a.m.u.

Никулин А.Ф., Чумаченко С.М., Кропивницкий В.С.

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНОГО КАТЕРА UMS-1000 ЗА СЧЕТ ЛЕГКОГО БЕСПИЛОТНОГО АВИАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА

Рассмотрены возможные пути повышения эффективности применения пожарно-спасательного катера за счет его оснащения легким беспилотным авиационным комплексом (БЛАК). Сформулированы требования к условиям применения и бортового оборудования беспилотного летательного аппарата и возможные стратегии его применения

214

A. Nikulin, S. Chumachenko, V. Kropivnizki

WAYS OF IMPROVING THE EFFICIENCY OF FIRE AND RESCUE BOATS UMS-1000 DUE TO LIGHT UNMANNED AVIATION SYSTEMS

The possible ways to improve the use of fire-rescue boat due to its easy snap unmanned aviation systems. The requirements to the terms of use and onboard equipment unmanned aerial vehicle and possible strategies of its application.

С.В. Новак, Е.Ф. Якименко, М.Б. Григорьян

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-РАСЧЕТНОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОГНЕЗАЩИТНОЙ СПОСОБНОСТИ ПОКРЫТИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ОПРАВ ТОННЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Приведены основные этапы экспериментально-расчетного метода определения огнезащитной способности покрытий железобетонных оправ туннельных сооружений. Показана необходимость и предоставлены результаты по обоснованию минимального количества образцов для экспериментального определения температур и порядка сплайн-аппроксимации теплофизических характеристик огнезащитных покрытий

223

S. Novak, O. Yakimenko, M. Grigor'yan

METHODICAL ENSURING OF APPLICATION OF AN EXPERIMENTAL AND CALCULATION METHOD FOR THE DETERMINATION OF FIRE RETARDANT CAPABILITY OF THE COATINGS OF FERROCONCRETE CASES FOR TUNNEL STRUCTURES

The main stages of an experimental and calculation method for the determination of fire retardant capability of the coatings of ferroconcrete cases for tunnel structures are expounded. Necessity is shown and results are rendered for the substantiation of the minimum number of test samples necessary for the experimental determination of the temperature values and spline approximation of thermal and physical characteristics of fire retardant coatings

З.В. Андрусяк

ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ГАЗОХИМЗАЩИТНОГО КОСТЮМА

В работе обосновано метод оценки влияния на защитные показатели качества (хемостойкости) газохимзащитного костюма пожарных-спасателей. Идея работы заключается в обосновании разработки метода оценки показателей качества пакета специальных материалов, которые определяют время защитного действия костюма в условиях воздействия агрессивной среды. На основе проведенного анализа, установлено, что в Украине нет стандарта регламентирующего определение защитных показателей качества (хемостойкости) пакета специальных материалов газохимзащитного костюма. Таким образом, теоретическое значение работы состоит в раскрытии закономерностей по определению времени защитного действия газохимзащитной одежды пожарного при воздействии агрессивной среды

232

Z. Andrusyak

RATIONALE EVALUATION METHOD OF QUALITY FOR SUIT WHICH PROTECT AGAINST EXPOSURE TO CHEMICALS

In this paper, a method grounded assessment of the safety performance quality (chemical resistance) of firemen suit. The idea of work is to justify the development of a method of evaluation of quality indicators package of special materials that determine the time of protective action suit in aggressive environment conditions. From the above analysis, it was found that in Ukraine there are no standards to regulate the definition of protective quality indicators (chemical resistance) package of special materials suit which protect against exposure to chemicals. Thus the theoretical value of the work lies in uncovering patterns to determine the time of protective action which protect against exposure to chemicals firefighter clothing when exposed to aggressive environments

С.Ю. Огурцов, С.Д. Кухаришин

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕНДЕНЦИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫМ ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЖАРНЫХ-СПАСАТЕЛЕЙ

С применением патентного поиска проанализированы основные тенденции технического развития индивидуальных электронных приборов безопасности для пожарных-спасателей, обнаруженные цели изобретательской деятельности, направленных на их совершенствование.

238

S. Ogurtsov, S. Kukharishyn,

STUDY OF TECHNICAL TRENDS ELECTRONIC DEVICES SAFETY FIREFIGHTER TO THE RESCUE

With the use of patent research analyzes the main trends of technical development of individual electronic safety devices for firefighters, rescue workers found whole inventive activities aimed at improving their

А.В. Антонов, І.Г.Стилик

МЕТОДИ ВИПРОБУВАНЬ ВОГНЕГАСНИХ ПОРОШКІВ З ВИЗНАЧЕННЯ ЇХ ВОГНЕГАСНОЇ ЗДАТНОСТІ ЗА КЛАСОМ ПОЖЕЖІ Д

Проаналізовані нормативні документи, якими регламентовано методи випробувань з визначення вогнегасної здатності вогнегасних порошків, призначених для гасіння пожеж за класом Д. Обґрунтовано необхідність розроблення відповідного національного стандарту, відсутнього на теперішній час в Україні.

242

A. Antonov, I. Stylyk

TEST METHODS FOR DRY CHEMICAL POWDERS FOR THE DETERMINATION OF THEIR FIRE EXTINGUISHING CAPABILITY FOR D - CLASS OF FIRE

Analyzed a number of normative documents to regulating test methods for the determination of fire extinguishing capability of dry chemicals for «D» class of fire. Necessity for the perfection of fire testing methods of dry chemicals for the determination of their fire fighting capability has been given proof for D – class of fire. Proved the necessity of elaboration of the appropriate national standard that is not in the legal force in Ukraine.

❖❖❖