



Редакційна колегія:

головний редактор –
голова редколегії
канд. техн. наук
заст. головного редактора
канд. техн. наук
науковий редактор–
відповідальний секретар
канд. техн. наук

д-р техн. наук
д-р техн. наук
д-р техн. наук
д-р техн. наук
д-р техн. наук
д-р техн. наук
д-р мед. наук
канд. хім. наук
канд. техн. наук
канд. техн. наук
канд. хім. наук
канд. техн. наук
канд. техн. наук
канд. техн. наук
канд. техн. наук
канд. техн. наук
канд. техн. наук
канд. техн. наук
PhDEng.
PhDEng.

літературний редактор
(англійська мова)

Кропивницький В.С.

Коваленко В.В.

Огурцов С.Ю.

Кириченко О.В.

Костенко В.К.

Лисенко О.І.

Нікулін О.Ф.

Поздєєв С.В.

Храцевський Р.В.

Чумаченко С.М.

Шафран Л.М.

Білошицький М.В.

Боровиков В.О.

Кравченко Р.І.

Ліхнівський Р.В.

Ніжник В.В.

Новак С.В.

Сізіков О.О.

Уханський Р.В.

Хижняк В.В.

Якименко О.П.

Іванов Ю.С.

Навроцький О.Д.

Врублевський Д.

Самберг А.

Яблонська К.В.

Заснований у 2016 році
Виходить 2 рази на рік

Засновник
Український науково-дослідний інститут
цивільного захисту (УкрНДІЦЗ)
Видавець
Український науково-дослідний інститут
цивільного захисту (УкрНДІЦЗ)

Журнал зареєстровано Міністерством
юстиції України
Свідоцтво від 12.03.2016
серія КВ № 21910-11810ПР

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
Наказ Міністерства освіти і науки
від 16.05.2016 № 515

У разі передрукування матеріалів письмовий
дозвіл УкрНДІЦЗ є обов'язковим

Рекомендовано до видання рішенням науково-
технічної ради УкрНДІЦЗ
Протокол від 29.06.2017 № 6

Адреса редакції:

01011, м. Київ, вул. Рибальська, 18

Телефони:

(+380 44) 254-52-26; 280-18-01

<http://firesafety.at.ua/>

e-mail: u_secretar@ukr.net,

undicz@mns.gov.ua

Підписано до друку 04.07.2017

Формат 60 × 84/8.

Наклад 100 прим.

ЗМІСТ

CONTENTS

С.В. Палагута, В.В. Коваленко, В.В. Могильниченко, Н.В. Корепанова
Шляхи побудови сучасних систем оповіщення про загрозу або виникнення надзвичайних ситуацій **4**

С.В. Новак, П.Г. Круковский, Н.Б. Григорьян
Оценка огнезащитной способности вермикулито-цементной плиты «Эндотерм 210104» стандартизированными методами **11**

А.І. Ковальов
Обґрунтування параметрів вогнезахисного штукатурного покриття для захисту залізобетонних перекриттів **20**

В.Л. Шевченко
Методологічні основи формування і розвитку інноваційної системи безпеки польотів державної авіації **28**

В.В. Хижняк, А.О. Литовченко
Оцінка сумарної похибки вимірювань на основі комплектної атестації вимірювальних процесів при проведенні випробувань авіаційної техніки **35**

С.М. Чумаченко, В.В. Троцько
Оцінювання загроз об'єктам критичної інфраструктури **41**

С.В. Поздєєв, Т.В. Костенко, В.К. Костенко, О.Л. Зав'ялова
Модельовання зовнішнього теплового навантаження на пожежника-рятувальника при пожежі у резервуарі з нафтопродуктами **48**

С.П. Мосов, С.А. Станкевич, С.М. Чумаченко
Обґрунтування вимог до технічних характеристик засобів ведення розвідки пожеж із застосуванням безпілотних літальних апаратів **57**

Р.І. Кравченко, Н.М. Ільченко
Про удосконалення нормативної бази з визначення показників пожежовибухонебезпечності речовин та матеріалів **66**

Т.М. Скоробагатько, М.І. Копильний, В.О. Боровиков
Ефективність гасіння деякими газовими вогнегасними речовинами біодизельного палива та його сумішей з дизельним паливом **73**

В.О. Боровиков, О.М. Слущка
Щодо визначення ефективності піноутворювачів у разі гасіння моторного пального з полярними добавками **78**

S. Palahuta, V. Kovalenko, V. Mohylnychenko, N. Korepanova
Ways of construction of modern systems of informing about threat or occurrence of emergencies **4**

S. Novak, P. Krukovskiy, M. Hryhorian
Evaluation of the fireproof ability of vermiculite-cement board "Endotherms 210104" obtained by standardized methods **11**

A. Kovalov
Justification of parameters of fire protective plaster of coating for protecting concrete structures **20**

V. Shevchenko
Methodological framework for establishment and development of the innovative safety system of the civil aviation. **28**

V. Khyzhniak, A. Lytovchenko
Estimation of the total measurement error based on the integrated certification of measuring processes during testing of aviation technology **35**

S. Chumachenko, V. Trotsko
Natural-technogenic threat assessment for critical infrastructures objects **41**

S. Pozdieiev, T. Kostenko, V. Kostenko, O. Zavalova
Modeling of external thermal load on fire rescuers during a fire in a tank with oil products **48**

S. Mosov, S. Stankevych, S. Chumachenko
Justification of the requirements to technical characteristics of fire exploration means using unmanned aerial vehicles **57**

R. Kravchenko, N. Ilchenko
On improvement of the normative base on definition fire explosive hazard indicators of substances and materials **66**

T. Skorobahatko, M. Kopylnii, V. Borovykov
Extinguishing efficiency by some gas extinguishing substances of biodiesel fuel and its mixtures with diesel fuel **73**

V. Borovykov, O. Slutska
Regarding determination of foam agent efficiency in case of extinction of motor fuel with polar additives **78**

- В.-П.О. Пархоменко, О.І. Лавренюк, Б.М. Михалічко**
Роль антиіпрена-затвердника у формуванні самозгасаючих епоксіамінних композицій **84**
- V.Parkhomenko, O. Lavreniuk, Candidate of Technical Sciences, Docent, B. Mykhalichko**
The fire retardant-hardener role in the forming the self-extinguishing epoxy-amine composites
- Л.В. Сухорецька**
Пошук критеріїв оцінювання якості електронних паспортів потенційно небезпечних об'єктів **90**
- L. Sukhoretska**
Ways of construction of modern systems of informing about threat or origin of emergencies
- Ю.Л. Фещук, С.В. Поздєєв, В.В. Ніжник, О.П. Борис, Ю.В. Долішній**
Методика експериментальних досліджень поведінки дерев'яних колон з вогнезахисним облицюванням та без нього в умовах пожежі **98**
- Y. Feshchuk, S. Pozdieiev, V. Nizhnyk, O. Borys, Y. Dolishnyi**
The method of experimental researches of the behavior of wooden columns with membrane fireproofing and without it under fire conditions
- А.В. Гурник, М.Д. Куньо, Д.М. Ядченко**
Оцінка стану і методологій підготовки авіаційних рятувальників державної авіації України та за кордоном **104**
- A. Hurnyk, M. Kunyo, D. Yadchenko**
Evaluation of the state and technology of training aviation rescuers for state aviation in Ukraine and abroad
- В.Ф. Коробкін, Б.М. Ковалишин**
Порогове значення показника ознаки щодо загибелі або травмування людей унаслідок ДТП як характеристика надзвичайної ситуації техногенного характеру **109**
- V. Korobkin, B. Kovalyshyn**
Threshold value of classification criterion index of emergency of man-made nature in case of death or human injury as a result of a road accident as characteristic of man-made emergency.
- Р.В. Ліхновський, М.В. Білошицький, С.В. Жартовський, М.І. Копильний, О.В. Корнієнко**
Експериментальне визначення впливу розведення розчинів вогнезахисних засобів на ефективність загороджувальних смуг **117**
- R. Likhnovskyi, M. Biloshytskyi, S. Zhartovskyi, M. Kopylnyi, O. Korniienko**
Experimental determination of the influence of solution of agents of fire-proof measures on the effectiveness of the barrier strips
- О.І. Бедратюк, Р.В. Ліхновський**
Аерозольні вогнегасні речовини. Окремі аспекти технічного регулювання аерозольних систем **123**
- O. Bedratiuk, R.Likhnovskyi**
Aerosol fire-extinguishing agents. Some aspects of technical regulation of aerosol systems
- А.Ф. Никулин, д-р техн. наук, А.С. Багров**
Анализ характеристик интенсивности радиотеплового излучения в СВЧ диапазоне для оценки ситуации при лесных пожарах **129**
- O. Nikulin, O.Bahrov**
Analysis of the characteristics of the intensity of thermal radio radiation in the microwave region to assess the situation in forest fires
- А. В. Потеха, А. И. Ковалев, А.В. Грушовинчук**
Определение экспериментальных траекторий и других геометрических характеристик пожарных струй с помощью фотосъемки **138**
- O. Potiekha, A. Kovalov, O. Hrushovinchuk**
Determination of experimental trajectories and other geometric characteristics of fire jets using photography

УДК 621.391.001.12/.18;621.391:658.5.01156

ШЛЯХИ ПОБУДОВИ СУЧАСНИХ СИСТЕМ ОПОВІЩЕННЯ ПРО ЗАГРОЗУ АБО ВИНИКНЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

*С.В. Палагута, В.В. Коваленко**, канд. техн. наук, ст.наук.співр., *В.В. Могильниченко, Н.В. Корепанова*

Український науково-дослідний інститут цивільного захисту, Україна

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

*Надійшла до редакції: 30.01.2017
Пройшла рецензування: 06.06.2017*

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

системи оповіщення про загрозу або виникнення надзвичайних ситуацій, аналогові та цифрові технології обробки та передачі інформації, автоматизовані системи раннього виявлення загрози виникнення надзвичайних ситуацій та оповіщення населення

АНОТАЦІЯ

Наведено проблемні питання щодо оповіщення населення про загрозу або виникнення надзвичайних ситуацій та результати аналізу нормативно-правових актів, нормативних документів, досвіду передових країн Європейського Союзу, США, Ізраїлю з питань організації та здійснення оповіщення населення про загрозу або виникнення надзвичайних ситуацій. Запропоновано шляхи побудови сучасних автоматизованих систем оповіщення про загрозу або виникнення надзвичайних ситуацій та визначено переваги використання таких систем

Забезпечення реалізації державної політики у сфері цивільного захисту здійснюється єдиною державною системою цивільного захисту [1, 2], одним із завдань якої є оповіщення населення про загрозу або виникнення надзвичайних ситуацій (далі – НС), своєчасне та достовірне інформування про фактичну обстановку і вжиті заходи.

Згідно з [1] заходи щодо здійснення оповіщення та інформування центральних і місцевих органів виконавчої влади про загрозу та виникнення НС, методичне керівництво щодо створення і належного функціонування систем оповіщення цивільного захисту різних рівнів належать до повноважень центрального органу виконавчої влади, який реалізує державну політику у сфері цивільного захисту. Водночас забезпечення оповіщення та інформування населення про загрозу або виникнення НС, у тому числі в доступній для осіб з вадами зору та слуху формі, належать до повноважень Ради міністрів Автономної Республіки Крим, місцевих державних адміністрацій, органів місцевого самоврядування.

Постановка проблеми. Існуюча система централізованого оповіщення про загрозу або виникнення НС побудована, як і в усіх пострадянських країнах, після Другої світової війни за командно-сигнальним принципом та орієнтована на доведення сигналів оповіщення в мирний час та особливий період. Основними засобами, за допомогою яких доводяться до населення сигнали та інформація, є проводові,

ефірні радіоприймачі довгохвильового і середньохвильового діапазону, телевізори, сирени для привертання уваги та гучномовці. Робота зазначених засобів заснована на аналоговій обробці та передачі інформації. Чинні нормативно-правові акти, нормативні та інші документи, що регламентують порядок організації оповіщення про загрозу або виникнення НС, здійснення експлуатаційно-технічного обслуговування апаратури систем оповіщення, було затверджено до набрання чинності [1]. У той же час було прийнято нові законодавчі та інші нормативно-правові акти, та відбулися зміни в суспільстві, зокрема:

– у структурі центральних та місцевих органів виконавчої влади, Ради міністрів Автономної Республіки Крим та інших органів виконавчої влади;

– у структурі системи цивільного захисту, сил реагування на НС та їх правовий статус;

– в економічно-правових відносинах між суб'єктами, що залучаються до оповіщення про загрозу або виникнення НС (форми власності, утворення нових суб'єктів);

– у технологіях обробки, зберігання та передачі інформації (з аналогових на цифрові).

Аналіз досліджень. На цей час органи виконавчої влади, підприємства, установи і організації та населення у своїй діяльності та у побуті давно використовують пристрої для оброблення, зберігання та передачі інформації, робота яких заснована на сучасних цифрових технологіях. При цьому постійно збільшується кількість населення, яке надає перевагу та

*E-mail: vitalii-kovalenko@ukr.net

використовує радіоприймачі FM діапазону та інші сучасні технічні пристрої замість ефірних радіоприймачів довгохвильового і середньохвильового діапазону, робота яких заснована на аналоговій обробці та передачі інформації.

У статтях 30 та 53 [1] та ДБН В.2.5–76:2014 [3] визначено, що на об'єктах підвищеної небезпеки створюються та функціонують автоматизовані системи раннього виявлення загрози виникнення НС та оповіщення населення, робота яких заснована на сучасних цифрових технологіях. Зазначені автоматизовані системи повинні організаційно-технічно інтегруватися з різними системами централізованого оповіщення про загрозу або виникнення НС. Але на сьогодні неузгодженість технологій оброблення, зберігання та передачі інформації існуючих систем оповіщення та автоматизованих систем раннього виявлення обмежують здійснення інтеграції.

Стан утримання територіальних та місцевих систем централізованого оповіщення. На підставі інформації щодо утримання територіальних та місцевих систем централізованого оповіщення, наведеної в розділі “Стан утримання територіальних та місцевих систем централізованого оповіщення” [4], визначено, що середня площа покриття територіальними та місцевими системами централізованого оповіщення становить 74,6 % від площі заселеної території населених пунктів. У регіонах цей показник складає: Херсонська, Хмельницька, Кіровоградська області – 100%, Львівська, Полтавська, Чернівецька області – 90%, Київська область – 19%, м. Київ – 20% та Тернопільська область – 38,4%.

На утримання систем централізованого оповіщення і експлуатаційно-технічне обслуговування апаратури оповіщення і зв'язку [4], передбачено та освоєно кошти з місцевих бюджетів: у Сумській області – 1289,828 тис. грн; Миколаївській області – 866,495 тис. грн; м. Києві – 834,745 тис. грн; Львівській області – 697,2 тис. грн; Полтавській області – 550,0 тис. грн; в Запорізькій області – 520,0 тис. грн; Вінницькій області – 500,0 тис. грн. Не було передбачено кошти на реалізацію зазначених заходів у Дніпропетровській, Донецькій, Івано-Франківській, Одеській та Харківській областях. Заборгованість за утримання системи централізованого оповіщення з урахуванням заборгованості за попередні роки складає у

областях: Дніпропетровській – 1365,668 тис. грн; Одеській – 1230,0 тис. грн; Київській – 1102,8 тис. грн; Волинській – 578,766 тис. грн; Черкаській – 528,492 тис. грн; Миколаївській – 94,035 тис. грн.

Організації оповіщення в передових країнах світу. Держави – члени блоку НАТО приділяють серйозну увагу оповіщенню як одному з важливих елементів цивільної оборони. Аналіз практичного досвіду організації оповіщення в цих країнах світу свідчить про те, що розв'язання зазначених проблем здійснюється із урахуванням новітніх інформаційно-телекомунікаційних технологій. Всі заходи щодо створення та удосконалення систем оповіщення здійснюються в межах компетенції держави під координацією комітету цивільної оборони, який є складовою головного комітету НАТО. У складі комітету цивільної оборони є група, яка розробляє надзвичайні плани, рекомендації та загальні положення з питань удосконалення і підтримування в постійній готовності систем оповіщення в окремих країнах. Існуючі системи оповіщення передових країн світу, як правило, включають національні та регіональні (в округах, штатах, землях, провінціях) центри оповіщення, а також пункти і пости оповіщення. Пункти і пости оповіщення розташовуються в державних установах із цілодобовим режимом роботи (поліцейських дільниць, пожежних депо, приміщеннях місцевих радіостанцій, вузлів зв'язку). Первинну інформацію національні (регіональні) центри оповіщення отримують від відповідних органів пунктів і постів оповіщення НАТО. Оповіщення населення, яке знаходиться на вулицях, здійснюється за допомогою сирен електричної та пневматичної дії. Для оповіщення населення, яке знаходиться у приміщеннях, можуть бути використані теле- і радіоприймачі [5].

Найбільш розвинуті системи оповіщення розгорнуті в США, Великобританії, Німеччині, Канаді, а також у Франції, Норвегії, Данії, Нідерландах і Бельгії. Системи оповіщення про НС у різних країнах універсальні і свого часу створювались для своєчасного інформування щодо виникнення природної та техногенної небезпеки, а пізніше – на випадок атомної війни. Системи своєчасно модернізуються з урахуванням розвитку технологій та технічних пристроїв, що використовується в цих системах. Системи раннього виявлення загрози виникнення НС та оповіщення населення переважно побудовано на базі автоматизованих

систем гідрометеорологічних спостережень (наземних, авіаційних, радарних та супутникових), систем збирання та передачі даних сучасними засобами зв'язку, автоматичної обробки даних спостережень та випуску прогнозів, своєчасного доведення прогнозованої інформації до різних споживачів і, насамперед, до населення [5].

В Європі, за ініціативою Єврокомісії, було створено Європейську систему оповіщення про повінь (далі – система EFAS). Основне завдання цієї системи – це оповіщення про стихійні лиха за три-шість днів до повені. До зазначеної системи двічі на день надходить близько 70 різних цифрових прогнозів погоди, зокрема: від Європейського центру середньостатистичних прогнозів погоди, Німецької служби погоди та від Метеорологічного консорціуму. Результати спостережень за погодою і станом рівня води у річках вводять до системи гідрологічного моделювання, яка формує 70 прогнозів повеней. Ця система автоматично здійснює порівняння отриманих даних та запрограмованих критичних показників. У разі перевищення отриманих даних про прогноз погоди та рівні води у річках над запрограмованими критичними показниками, за допомогою системи EFAS здійснюється розсилка повідомлень до національних гідрологічних служб щодо попередження про повінь. Користування ресурсами системи EFAS здійснюється безкоштовно. На теперішній час система EFAS охоплює Європу до 30 градусів східної довготи, включаючи Фінляндію, країни Балтії та Республіку Молдову [5].

У США з 1994 року діє загальнонаціональна система попередження про НС Emergency Alert System (EAS). Система керується Федеральним агентством зі зв'язку, Федеральним агентством з управління у НС і National Weather Service (Національною метеорологічною службою). За допомогою цієї системи, керівництво на федеральному рівні та на рівні штатів здійснює оповіщення населення про різке погіршення погодних умов, про НС техногенного та природного характеру, при цьому всі місцеві телевізійні канали, оператори стільникового зв'язку і радіостанції негайно доводять інформацію до населення, отримуючи відповідний кодований сигнал. У 2011 році в цій країні здійснено повномасштабну реформу оповіщення про НС і загрози терактів з метою підвищення ефективності інформування населення, і вступила в силу нова система оповіщення про

терористичну небезпеку. У 2012 році в США завершилось тестування нової системи СМС – повідомлення про НС Personal Localized Alerting Network “PLAN” (Особиста мережа оповіщення). Система здатна функціонувати навіть в режимі перенавантаження мобільних мереж тому, що технологія системи дозволяє спочатку передавати сигнали та інформації НС, а потім – особисті дзвінки або інші СМС. За допомогою PLAN абоненти будь-якого оператора мобільного зв'язку США будуть оперативним попереджені про загрозу терактів, стихійних лих, а також про інші НС в районі їх місця знаходження або проживання. СМС – це звичайні текстові повідомлення обсягом не більше ніж 90 знаків, що надсилаються тільки на телефони абонентів, які знаходяться в зоні НС. Їх розподіляють на три групи: повідомлення від президента США; попередження про загрозу життю і/або безпеки населення; повідомлення в рамках (Amber Alert (система пошуку викрадених або зниклих дітей)). В абонентів є можливість відключити деякі групи попереджень, крім тих, що надходять від імені президента США [5].

В Японії система раннього оповіщення населення про НС діє з жовтня 2007 року. Вона охоплює всі райони країни та автоматично поширює сигнал за допомогою телебачення, радіо та мобільних телефонів. По всій країні встановлено близько однієї тисячі сейсмічних датчиків, які фіксують початкові слабкі коливання земної кори, на підставі яких прогнозується сила подальших поштовхів. Якщо рівень коливань земної кори перевищить встановлений поріг, то автоматично включається система оповіщення у відповідному районі. З 1952 року в країні діє система оповіщення про цунамі. На суші встановлено 300 високочутливих сейсмографів, вісім – у морі, що дозволяє попереджувати про ймовірність цунамі за три хвилини до того, як хвиля створить загрозу виникнення НС. На функціонування системи оповіщення японці витрачають щорічно 20 мільйонів доларів. Нові мобільні телефони розробляються зі спеціальним програмним забезпеченням, що передбачає отримання сигналів та інформації від системи оповіщення про НС. У жовтні 2012 року Метеорологічне агентство Японії розмістило на дні Тихого океану три спеціальні вимірвальні прилади з метою ранньої фіксації виникнення цунамі після катастрофічних землетрусів. Нова система радарів, що почала працювати в березні 2013 року, фіксує утворення цунамі впродовж 10 хв після

виникнення перших підземних поштовхів, що у двічі перевищує ці показники попередньої системи раннього попередження [5].

В Австрії на цей час діє понад 70 тисяч сирен. У країні немає жодного населеного пункту, в якому відсутні системи оповіщення населення. Ізраїль має понад 3 100 сирен попередження. В Ізраїлі та Німеччині менше ніж за 3 секунди після натискання кнопки "тривога" центрального командного пункту цивільної оборони, система оповіщення здатна повідомити усіх громадян своєї країни про НС. Крім цього, у Німеччині розроблено і використовуються сирени нового покоління – пневмосирени. Вони мають більшу потужність та площу ефективного оповіщення територій, яка перевищує 10 квадратних кілометрів [5].

У Великобританії та Франції системи оповіщення успадковані від часів Другої світової війни, коли попереджали населення про повітряні напади. У Великобританії система оповіщення має близько 1 200 сирен. Сирени використовуються для попередження про паводки, а також для попередження населення, яке проживає поблизу газових або атомних електростанцій, баз атомних підводних човнів, нафтопереробних та хімічних заводів. Перевірка цих систем здійснюється один раз на рік у період між серпнем та вереснем. У Франції система оповіщення населення про НС має близько 4 500 електричних або електромеханічних сирен. Система тестується кожний місяць [5].

Швейцарія має мережу із 8 500 мобільних і стаціонарних сирен цивільної оборони, що охоплює оповіщенням 99 % населення. Також є система із 700 сирен, що розташовані поблизу гребель. Сирени в Швейцарії проходять випробування щорічно. Перелік типів сигналів публікується на останній сторінці всіх телефонних книг, а також в Інтернеті[5].

Проблеми побудови сучасних автоматизованих систем централізованого оповіщення в Україні. Результати досліджень свідчать, що в Україні виникла необхідність у побудові сучасних автоматизованих систем централізованого оповіщення на державному, територіальному, місцевому рівнях та систем оповіщення на об'єктовому рівнях.

На сьогодні склалася ситуація щодо:

– можливості залучення операторів рухомого (мобільного) зв'язку до оповіщення населення про загрозу або виникнення надзвичайних ситуацій, що використовують цифрові технології обробки, зберігання та передачі інформації абонентам;

– можливості залучення цифрових побутових електронних пристроїв приймання аудіо - та відеоінформації, якими користується більшість населення, до системи централізованого оповіщення;

– необхідності організаційно-технічної інтеграції автоматизованих систем раннього виявлення загрози виникнення НС та оповіщення населення з різними автоматизованими системами централізованого оповіщення про загрозу або виникнення НС.

Розв'язання проблеми щодо побудови сучасних автоматизованих систем централізованого оповіщення, спеціальних, локальних та об'єктових систем оповіщення, як і вирішення будь-якого іншого питання, мають організаційну та технічну складові.

До організаційної складової побудови сучасних автоматизованих систем централізованого оповіщення, спеціальних, локальних та об'єктових систем оповіщення належать:

– визначення напряму реалізації державної політики у сфері цивільного захисту за напрямом організації оповіщення;

– розроблення, впровадження або вдосконалення нормативно-правових актів нормативних та інших документів (розпоряджень, спільних наказів, інструкцій) з питань організації оповіщення про загрозу або виникнення надзвичайних ситуацій;

– розроблення та затвердження плануючих документів, спрямованих на визначення необхідних заходів, термінів, відповідальних та періодичність контролю за їх виконанням;

– розроблення документації для здійснення інженерно-технічних заходів.

Визначення напряму реалізації державної політики здійснюється на підставі Концепції у відповідній сфері, в якій визначається проблема та оптимальний варіант її розв'язання. Після схвалення Урядом Концепції у сфері оповіщення відповідно до вимог Регламенту [6] у місячний термін розробляється План реалізації заходів цієї Концепції, в якому визначаються завдання для органів виконавчої влади та терміни виконання. Зазначений План затверджується рішенням Уряду. План реалізації заходів, передбачених Концепцією у сфері організації оповіщення, розробляють з урахуванням вимог чинного законодавства, змін, що відбулися у суспільстві, зокрема у структурі органів виконавчої влади, формах власності підприємств, передового досвіду інших країн світу, новітніх інформаційно-телекомунікаційних технологій, можливості

залучення операторів рухомого (мобільного) зв'язку до оповіщення та інформування населення.

У зв'язку з набранням чинності [2] потребує удосконалення Положення про організацію оповіщення і зв'язку у надзвичайних ситуаціях [7] та інші нормативні документи, що мають гриф обмеження доступу. Ураховуючи зміни, що відбулися в економічно-правових відносинах між суб'єктами, що залучаються до оповіщення про загрозу або виникнення НС (форми власності, утворення нових суб'єктів), необхідно розробити нову Інструкцію про порядок експлуатаційно-технічного обслуговування апаратури та інших технічних засобів автоматизованих систем централізованого оповіщення і зв'язку на заміну [8].

Під час розроблення плануючих документів з питань цивільного захисту необхідно передбачати заходи щодо здійснення періодичного контролю готовності систем оповіщення із зазначенням відповідальних осіб за ці заходи. Також важливо передбачати кошти щодо фінансування заходів експлуатаційно-технічного обслуговування та модернізації систем оповіщення з урахуванням розвитку технологій обробки та передачі інформації.

До технічної складової побудови сучасних автоматизованих систем централізованого оповіщення, спеціальних, локальних та об'єктових систем оповіщення належать:

- розроблення технічного рішення щодо побудови сучасних систем оповіщення;
- придбання та встановлення сучасної апаратури системи оповіщення;
- здійснення своєчасного експлуатаційно-технічного обслуговування апаратури системи оповіщення;
- здійснення періодичного контролю за функціонуваннями системи оповіщення як власником цієї системи, так і контролюючим органом.

Технічне рішення щодо побудови сучасних систем оповіщення про загрозу або виникнення НС розробляється з урахуванням особливостей території, на якій планується здійснювати оповіщення, розташування на цій території об'єктів підвищеної безпеки, потенційно небезпечних об'єктів, об'єктів з масовим перебуванням людей, технічних параметрів апаратури, особливостей технічних пристроїв, що використовує більшість населення відповідного регіону.

Придбання та встановлення апаратури

автоматизованих систем централізованого оповіщення та спеціальних, локальних та об'єктових систем оповіщення здійснюється відповідно до вимог [1].

Експлуатаційно-технічне обслуговування апаратури системи оповіщення на сьогодні здійснюється відповідно до [7, 8]. Зазначені нормативні документи потребують оновлення.

Періодичний контроль за функціонуванням систем оповіщення передбачається у відповідних плануючих документах з питань цивільного захисту і здійснюється для перевірки технічного стану та готовності системи оповіщення. Зазначені заходи мають мету навчити населення діяти згідно з інструкціями, під час отримання сигналу “Увага всім” відповідно до вимог [7].

Висновки.

На підставі проведених досліджень визначено, що побудову сучасних автоматизованих систем централізованого оповіщення, спеціальних, локальних та об'єктових систем оповіщення можна здійснити за умови проведення таких заходів.

1. Визначити:

– на державному рівні напрям реалізації державної політики з питань організації оповіщення;

– на територіальному рівні порядок здійснення оповіщення керівників органів місцевого самоврядування, підприємств, установ і організацій та населення;

– на об'єктовому рівні порядок оповіщення керівництва, працівників об'єктів та населення, які можуть потрапити у зону можливого ураження при загрозі або виникненні надзвичайних ситуацій.

2. Удосконалити нормативно-правові акти, нормативні та інші документи з питань організації оповіщення про загрозу або виникнення надзвичайних ситуацій.

3. Придбати та встановити сучасну (цифрову) апаратуру системи оповіщення на всіх рівнях.

4. Забезпечити своєчасне експлуатаційно-технічне обслуговування апаратури системи оповіщення.

5. Здійснювати періодичний контроль за функціонуванням систем оповіщення.

Сучасні автоматизовані системи централізованого оповіщення та спеціальні, локальні та об'єктові системи оповіщення про загрозу або виникнення НС, що побудовані із використанням цифрових технологій, дозволять:

- забезпечити своєчасне оповіщення про загрозу або виникнення НС (50% населення – у термін не більш ніж 3 хв) та 97% населення – у термін не більше ніж 5 хв, що буде відповідати європейським вимогам;
- залучити операторів телекомунікацій, теле-, радіоорганізацій, інтернет-провайдерів, операторів рухомого (мобільного) зв'язку до оповіщення населення, відповідно до вимог [3, 7, 9];
- довести повну інформацію до населення про загрозу або виникнення НС;
- надати детальні інструкції щодо дій

- населення під час загрози або виникнення НС;
- здійснити оповіщення людей з особливими потребами (в тому числі з вадами зору або слуху);
- здійснити організаційно-технічну інтеграцію автоматизованих систем раннього виявлення надзвичайних ситуацій та оповіщення до територіальних систем централізованого оповіщення;
- зменшити витрати державних коштів на здійснення експлуатаційно-технічного обслуговування апаратури оповіщення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кодекс цивільного захисту України від 2 жовтня 2012 року № 5403–VI станом на 05.10.2016 / Офіційний вісник України – 2012. – № 89, – 9 с.
2. Положення про Єдину державну систему цивільного захисту : постанова Кабінету Міністрів України від 9 січня 2014 р. № 11 / Офіційний вісник України. – 2014. – № 8. – 341 с.
3. Автоматизовані системи раннього виявлення загрози виникнення надзвичайних ситуацій та оповіщення населення : ДБН В.2.5–76:2014 [Чинний від 2014-06-01]. – К.: Мінрегіон України, 2014. – 46 с. – (Державні будівельні норми України)
4. Аналітичний огляд стану техногенної та природної безпеки в Україні за 2015 рік – УкрНДЦЗ - К.: 2016 – 356 с.
5. Провести пошукові дослідження та науково обґрунтувати шляхи розвитку заходів захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру: Звіт про НДР. – К.: УкрНДЦЗ, 2016.
6. Регламент Кабінету Міністрів України : постанова Кабінету Міністрів України від 18 липня 2007 р. № 950 (зі змінами) / Офіційний вісник України. – 2007. – № 54. – 21 с.
7. Положення про організацію оповіщення і зв'язку у надзвичайних ситуаціях : постанова Кабінету Міністрів України від 15.02.99 №192 / Офіційний вісник України. – 1999. – № 7. – 131 с.
8. Інструкція про порядок експлуатаційно-технічного обслуговування апаратури та інших технічних засобів оповіщення і зв'язку цивільної оборони підприємствами електрозв'язку України : наказ МНС України від 16 серпня 2000 року № 210/119, зареєстрований в Міністерстві юстиції України 7 березня 2001 року за № 207/5398 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/z0207-01>
9. Закон України “Про телекомунікації” : від 18.11.2003 № 1280–IV [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1280-15>

WAYS OF CONSTRUCTION OF MODERN SYSTEMS OF INFORMING ABOUT THREAT OR OCCURRENCE OF EMERGENCIES

*S. Palahuta, V. Kovalenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Research Fellow,
V. Mohylnychenko, N. Korepanova
The Ukrainian Civil Protection Research Institute, Ukraine*

KEYWORDS

Warning systems about threat or occurrence of emergencies, analog and digital technologies of processing and transmission of information, automated systems of early detection of threats of emergencies and population warning

ANNOTATION

Problematic issues regarding to the population warning about the threat or occurrence of emergencies and analysis results of regulatory acts, regulations, experience of advanced countries of European Union, the United States and Israel on questions of the organization and implementation of population warning about the threat or occurrence of emergencies are shown. It is proposed ways of building modern automated informing systems about the threat or origin of emergencies and the proposed benefits of using such systems.

ПУТИ ПОСТРОЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ ОПОВЕЩЕНИЯ ОБ УГРОЗЕ ИЛИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

*С.В. Палагута, В.В. Коваленко, канд. техн. наук, ст. науч. сотр. В.В. Могильниченко,
Н.В. Корепанова
Украинский научно-исследовательский институт гражданской защиты, Украина*

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

системы оповещения об угрозе или возникновении чрезвычайных ситуаций, аналоговые и цифровые технологии обработки и передачи информации, автоматизированные системы раннего выявления угрозы возникновения чрезвычайных ситуаций и оповещения населения

АННОТАЦИЯ

Приведены проблемные вопросы по оповещению населения об угрозе или возникновении чрезвычайных ситуаций и результаты анализа нормативно-правовых актов, нормативных документов, опыта передовых стран Европейского Союза, США, Израиля по вопросам организации и осуществления оповещения населения об угрозе или возникновении чрезвычайных ситуаций. Предложены пути построения современных автоматизированных систем оповещения об угрозе или возникновении чрезвычайных ситуаций и предложено преимущества использования таких систем.

УДК614.841.45

ОЦЕНКА ОГНЕЗАЩИТНОЙ СПОСОБНОСТИ ВЕРМИКУЛИТО-ЦЕМЕНТНОЙ ПЛИТЫ «ЭНДОТЕРМ 210104» СТАНДАРТИЗИРОВАННЫМИ МЕТОДАМИ

С.В. Новак*¹, канд. техн. наук, ст. науч. сотр. П.Г. Круковский², докт. техн. наук, проф., Н.Б. Григорьян³, канд. техн. наук

¹ Украинский научно-исследовательский институт гражданской защиты, Украина

² Институт технической теплофизики НАН Украины

³ Черкасский институт пожарной безопасности имени Героев Чернобыля Национального университета гражданской защиты, Украина

ИНФОРМАЦИЯ ПРО СТАТЬЮ

Предоставлена в редакцию: 01.03.2017

Прошла рецензирование: 12.04.2016

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

задача теплопроводности, критическая температура стали, огнезащитная способность, предел огнестойкости, стальная конструкция, стандартизированные методы.

АННОТАЦИЯ

Приведены результаты определения характеристики огнезащитной способности огнезащиты для несущих стальных конструкций из вермикулито-цементной плиты «Эндотерм 210104» стандартизированными методами, приведенными в ДСТУ Б В.1.1-17. Показано, что большая часть значений минимальной толщины этой огнезащиты, полученных методом числовой регрессии и методами, в которых используется упрощенное уравнение теплопроводности, превышает величины, полученные методом, в котором используется уточненное уравнение теплопроводности. При этом наибольшее отклонение толщины огнезащиты от значений, полученных методом, в котором используется уточненное уравнение теплопроводности, имеет место при использовании метода числовой регрессии. Для методов, в которых используется упрощенное уравнение теплопроводности, это отклонение значительно меньше, чем для метода числовой регрессии.

Среди существующих методов оценки огнезащитной способности огнезащитных материалов (покрытий, облицовок и т.д., далее – ОЗП) для несущих стальных конструкций [1] наиболее приемлемыми для практического применения являются методы (далее – стандартизированные методы), приведенные в национальном стандарте ДСТУ Б В.1.1-17 [2]. К этим методам относятся: метод числовой регрессии; два метода, в которых использовано упрощенное уравнение теплопроводности (с постоянной и переменной теплопроводностью); два метода, в которых использовано уточненное уравнение теплопроводности (с постоянными и переменными теплофизическими характеристиками) и решение обратной задачи теплопроводности (далее – ОЗТ) в общей постановке; графический метод. Характеристикой огнезащитной способности ОЗП является [2] зависимость минимальной толщины огнезащитного материала d_{Pmin} от приведенной толщины стального профиля конструкции V/A_p , критической температуры стали θ_{cr} и нормируемого предела огнестойкости конструкции t_τ , которая выражается в виде следующей функции:

$$d_{Pmin} = f\left(\frac{V}{A_p}, \theta_{cr}, t_\tau\right), \quad (1)$$

где V – объем стального профиля конструкции, m^3 , A_p – площадь поверхности стального профиля конструкции, которая поддается огневому воздействию, m^2 .

Указанные выше стандартизированные методы предназначены для определения необходимых значений толщины d_{Pmin} для широкого диапазона изменения приведенной толщины профиля конструкции V/A_p , критической температуры стали θ_{cr} и нормируемого предела огнестойкости конструкции t_τ . Положения вышеуказанного стандарта позволяют применять любой стандартизированный метод для определения зависимости (1). Однако в стандарте отсутствуют четкие рекомендации о границах применимости каждого из этих методов, а также данные об их точности, что важно для их практического использования.

Результаты расчетных исследований, приведенные в [3], показывают следующее. Применение любого стандартизированного метода позволяет определить значения толщины ОЗП, при которых обеспечиваются нормированные пределы огнестойкости несущих стальных конструкций. При этом эти

*E-mail: novak.s.fire@gmail.com

значения толщины ОЗП значительно завышены при их определении методом числовой регрессии. Наиболее приближены к точным величинам расчетные толщины, определенные методами, в которых используется уточненное уравнение теплопроводности и решение обратной задачи теплопроводности. Методы, в которых используют упрощенное уравнение теплопроводности, по точности занимают промежуточное место среди вышеуказанных методов – погрешность при их применении может достигать десятков процентов. Графический метод не позволяет определять толщины ОЗП для всего диапазона параметров (t_{cr} , θ_{cr} , V/A_p) несущих стальных конструкций, а по своей точности приближается к методу числовой регрессии.

Приведенная выше оценка точности стандартизированных методов была получена расчетным путем с использованием только метода вычислительного эксперимента [3]. При этом не применялись экспериментальные данные, полученные при испытаниях реального огнезащитного материала. Поэтому актуальной является задача оценки отклонений значений минимальной толщины d_{pmin} огнезащитного материала конкретного типа, полученных разными стандартизованными методами с

использованием экспериментальных данных, чему и посвящена данная работа.

В качестве исходных данных для решения поставленной задачи были приняты экспериментальные данные, полученные при испытаниях огнезащиты из вермикулито-цементной плиты «Эндотерм 210104» производства НПП «Спецматериалы» (г. Донецк, Украина) по ДСТУ Б В.1.1-17 [2]. В таблице 1 приведены типоразмеры профилей, значения их приведенной толщины V/A_p и толщины ОЗП из вермикулито-цементной плиты «Эндотерм 210104» для 10-ти образцов стальных колонн, для которых экспериментально определялись температуры в условиях их четырехстороннего нагрева при стандартном температурном режиме. Облицовку профилей проводили плитами толщиной 20 мм. На рисунке 1 приведены экспериментальные зависимости от времени средней температуры в печи и температуры образцов стальных колонн № 6, №7 и №8, которые имеют одинаковую приведенную толщину профиля и разную толщину ОЗП. Указанные экспериментальные зависимости, полученные при испытаниях 10-ти образцов стальных колонн (см. таблицу 1), использовались для определения характеристики огнезащитной способности ОЗП стандартизованными методами, приведенными в ДСТУ Б В.1.1-17 [2].

Таблица 1 -Типоразмеры профилей, значения их приведенной толщины V/A_p и толщины ОЗП для 10-ти образцов стальных колонн

№образца	Типоразмер профиля	Приведеннаятолщина профиля V/A_p , м	ТолщинаОЗП d_p , м
1	HEM280	0,01882	0,02
2	HEB450	0,01356	0,04
3	HEB300	0,01153	0,02
4	HEA300	0,00882	0,02
5	HEA300	0,00882	0,04
6	HEA200	0,00630	0,02
7	HEA200	0,00630	0,04
8	HEA200	0,00630	0,06
9	IPE200	0,00441	0,04
10	IPE200	0,00441	0,06

При определении характеристики огнезащитной способности ОЗП методом, в котором используется уточненное уравнение теплопроводности, решение ОЗТ было проведено экстремальным методом, основанным на использовании итерационного метода Ньютона – Гаусса поиска минимума среднеквадратического отклонения расчетных температур от экспериментальных и метода

регуляризации Тихонова А.Н., с использованием оптимального алгоритма [4]. Полученное решение ОЗТ по определению теплофизических характеристик (далее – ТФХ) огнезащитного покрытия из вермикулито-цементной плиты «Эндотерм 210104», для которого среднеквадратическое отклонение составило наименьшее значение 25,6 °С, приведено на рис. 2 и 3.

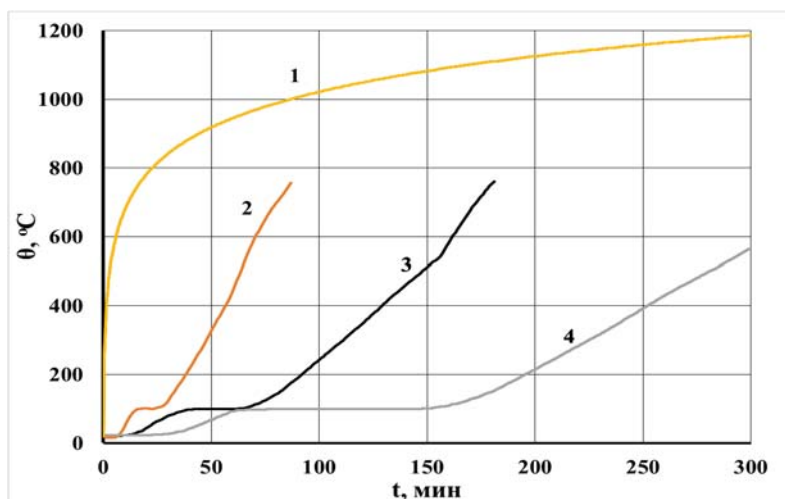


Рисунок 1 - Зависимости от времени температуры в печи (1) и температуры образцов стальных колон № 6 (2), №7 (3) и №8 (4)

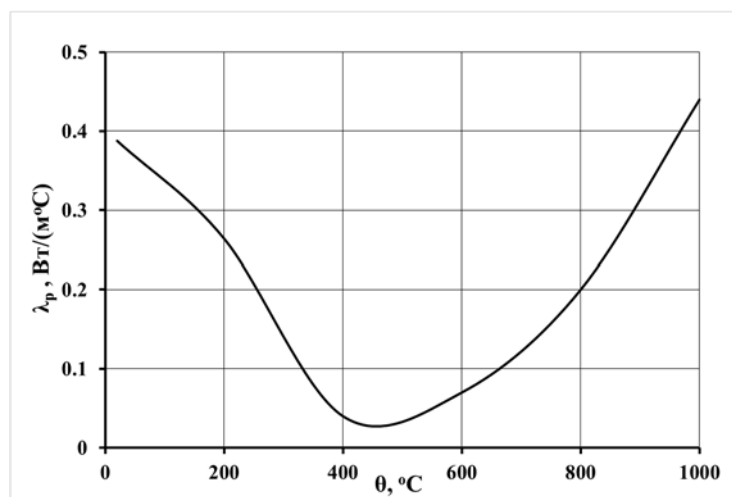


Рисунок 2 - Зависимость коэффициента теплопроводности ОЗП из вермикулито-цементной плиты «Эндотерм 210104» от температуры, полученная решением ОЗТ

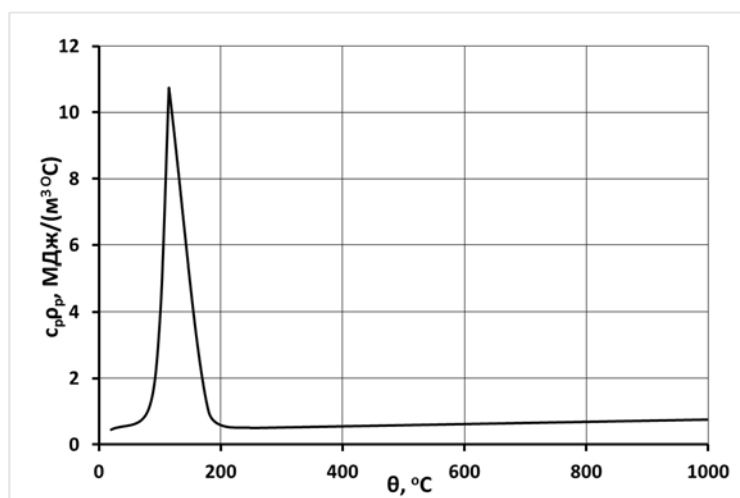


Рисунок 3 - Зависимость удельной объемной теплоемкости ОЗП из вермикулито-цементной плиты «Эндотерм 210104» от температуры, полученная решением ОЗТ

Ход полученной зависимости коэффициента теплопроводности ОЗП от температуры можно пояснить следующим образом. В процессе нагрева ряда образцов стальных колонн их огнезащитная облицовка из плит частично обрушалась, что определялось путем визуального наблюдения. Из-за отсутствия технических средств определить динамику такого обрушения для всех 10-ти образцов было невозможно. Такое поведение образцов условно приводит к повышению теплопроводности их ОЗП и интенсивности нагрева образцов при высоких температурах. Этим повышением (с учетом того, что решением ОЗТ определяют ТФХ, осредненные для 10-ти образцов) можно пояснить характер изменения зависимости коэффициента теплопроводности ОЗП при температурах более чем 500 °С.

Наличие экстремума на зависимости удельной объемной теплоемкости ОЗП от температуры в области 100 °С объясняется наличием в материале химически и физически связанной воды в количестве около 15 % (по данным разработчика ОЗП). Из-за этого при нагреве материала происходит процесс кипения и испарения имеющейся в нем воды, который сопровождается эндотермическим эффектом. При этом температура образцов стабилизируется на уровне 100 °С до окончания этого процесса, что иллюстрируют кривые 2 – 4 на рис. 1.

Используя найденные зависимости ТФХ огнезащитного материала, решением прямой задачи теплопроводности (далее – ПЗТ) были определены расчетные значения времени t_p достижения критических температур для образцов №1 – №10. Из сравнения этих значений с экспериментальными величинами t_c был сделан вывод о том, что полученное решение ОЗТ не удовлетворяет критериям пригодности, приведенным в [2]. Среднее значение отклонений $\delta_{\text{ср}}$ расчетного времени от экспериментального времени достижения критической температуры для ряда образцов больше нуля и более чем 20 % значений всех отклонений δ_i , больше нуля.

Модифицированные значения коэффициента теплопроводности огнезащитного покрытия ($\lambda_{\text{mod}(p)}$) в каждой

узловой точке по температуре были рассчитаны по формуле (2). При этом определено значение коэффициента модификации K , равное 1,1, которое привело к тому, что расчетные значения времени достижения критической температуры удовлетворяют критериям приемлемости и наиболее приближены к экспериментальным значениям этого времени.

$$\lambda_{\text{mod}(p)} = K \lambda_p, \quad (2)$$

где $\lambda_{\text{mod}(p)}$ – модифицированное значение коэффициента теплопроводности ОЗП, Вт/(м °С);

λ_p – значение коэффициента теплопроводности ОЗП, полученное решением ОЗТ, Вт/(м °С);

K – коэффициент модификации, который больше единицы.

Используя модифицированную зависимость $\lambda_p(\theta_p)$ и зависимость $c_p \rho_p(\theta_p)$, приведенную на рис. 3, многократным решением ПЗТ были определены такие значения минимальной толщины d_{Pmin} ОЗП из вермикулито-цементной плиты «Эндотерм 210104», которые обеспечивают нормированные пределы огнестойкости несущих стальных конструкций в диапазоне от 45 мин до 240 мин (45, 60, 120, 150, 180 и 240 мин) для заданных величин приведенной толщины стального профиля от 4 мм до 20 мм и критической температуры стали от 350 °С до 750 °С. В частности, в таблице 2 даны значения этих толщин ОЗП для пределов огнестойкости 45, 150 и 240 мин. На рис. 4 приведены зависимости толщины d_{Pmin} ОЗП от приведенной толщины профиля и предела огнестойкости конструкции, полученные для критической температуры 500 °С.

Величины минимальной толщины d_{Pmin} ОЗП из вермикулито-цементной плиты «Эндотерм 210104» для приведенных выше значений нормированного предела огнестойкости, приведенной толщины стального профиля и критической температуры стали также были определены другими стандартизированными методами, кроме графического (из отсутствия необходимого количества исходных экспериментальных данных для его реализации).

Таблиця 2 - Значения минимальной толщины ОЗП из вермикулито-цементной плиты «Эндотерм 210104» для пределов огнестойкости 45, 150 и 240 мин, которые определены методом, основанным на использовании уточненного уравнения теплопроводности и решении ОЗТ

Предел огнестойкости t_r , мин	45			150			240		
Критическая температура θ_{cr} , °C	350	500	750	350	500	750	350	500	750
Приведенная толщина V/A_p , мм	Минимальная толщина огнезащитного покрытия d_{Pmin} , мм								
4,0	16,85	13,97	8,14	50,31	46,10	36,12	68,79	63,72	51,22
5,0	15,86	12,61	6,56	49,05	44,34	33,18	67,46	61,82	47,82
6,67	14,33	10,67	4,68	47,06	41,56	29,02	65,35	58,78	43,08
10,0	11,75	7,81	2,53	43,45	36,62	22,82	61,43	53,24	35,90
20,0	6,92	3,64	0,34	34,60	25,92	13,24	51,26	40,19	22,77

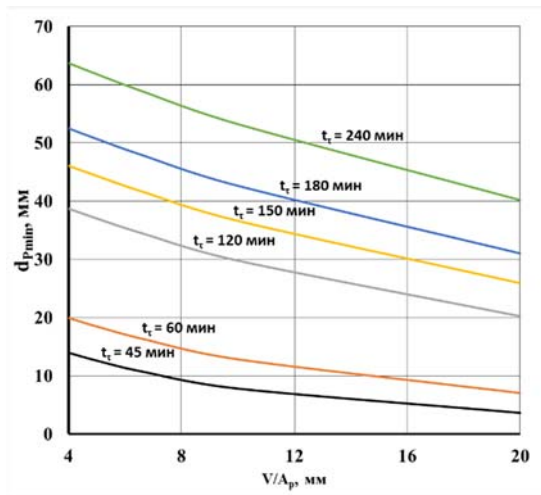


Рисунок 4 - Зависимости минимальной толщины ОЗП из вермикулито-цементной плиты «Эндотерм 210104» от приведенной толщины профиля и предела огнестойкости несущей стальной конструкции, полученные для критической температуры 500 °C.

Сравнение расчетных значений минимальной толщины d_{Pminp} огнезащитного материала, полученных используемыми стандартизованными методами, было проведено с использованием следующей формулы:

$$\delta_d = 100 (d_{Pminp} - d_{PminБ}) / d_{PminБ} \quad (3)$$

где δ_d – отклонение расчетных значений минимальной толщины d_{Pminp} огнезащитного покрытия, полученных рассматриваемым методом, от базовых значений $d_{PminБ}$ этой толщины, %.

За базовые значения $d_{PminБ}$ были приняты величины минимальной толщины ОЗП, полученные методом, в котором используется уточненное уравнение теплопроводности и решение ОЗТ.

В таблицах 3 – 5 приведены результаты определения значений отклонения δ_d ,

рассчитанные по формуле (3), для методов, в которых используется упрощенное уравнение теплопроводности, и метода числовой регрессии для пределов огнестойкости 45, 150 и 240 мин. Прочерки в этих таблицах вызваны тем, что расчетные значения толщины d_{Pminp} для рассматриваемых параметров не попадают в диапазон приемлемых расчетных значений толщины, который был определен согласно положений ДСТУ Б В.1.1-17 [2]. Этот диапазон для каждого метода был определен по данным о толщинах ОЗП на образцах, приведенным в таблице 1, и допустимым отклонениям расчетной толщины, указанным в ДСТУ Б В.1.1-17 [2]. Поэтому величины отклонения δ_d для рассматриваемых параметров не рассчитывали

Таблица 3 - Значения отклонения δ_d для пределов огнестойкости 45, 150 и 240 мин, которые определены по формуле (3) для метода числовой регрессии

Предел огнестойкости t_r , мин	45			150			240		
	350	500	750	350	500	750	350	500	750
Критическая температура θ_{cr} , °C	350	500	750	350	500	750	350	500	750
Приведенная толщина V/A_p , мм	Отклонение δ_d , %								
	4,0	77,98	107,09	238,45	2,37	5,03	22,92	-	-
5,0	62,30	88,50	222,56	-0,47	1,08	19,08	-	1,68	15,52
6,67	45,29	-	-	-2,85	-2,36	15,95	-	2,40	18,22
10,0	-	-	-	-3,13	-2,92	16,30	-	7,12	27,27
20,0	-	-	-	9,19	13,66	-	-	32,35	72,02

По полученным расчетным данным относительно отклонения δ_d для рассматриваемых методов определены диапазоны отклонения δ_d и количество значений этого отклонения в интервалах этих диапазонов, которые приведены в таблице 6. Из анализа этих расчетных данных следует, что большая часть (71,4 %) значений минимальной толщины огнезащиты, полученных методом числовой регрессии и методами, в которых используется упрощенное уравнение теплопроводности, превышает величины, полученные методом, в котором используется уточненное уравнение теплопроводности. Наибольшее отклонение толщины δ_d , составляющее 238 %, имеет место при использовании метода числовой регрессии. Для этого метода 80,6 % значений отклонения δ_d имеют положительную величину (расчетные толщины материала превышают базовые d_{pminB}) и 19,4 % – отрицательную величину (расчетные толщины меньше базовых на величину до 5 %). Для методов, в которых используется упрощенное уравнение теплопроводности, это отклонение значительно меньше, чем для метода числовой регрессии, и не превышает 45

%. При этом имеют положительную величину 54,4 % значений отклонения δ_d для метода при задании коэффициента теплопроводности постоянной величиной и 79,2 % – для метода с переменной теплопроводностью. Отрицательную величину имеют 45,6 % значений этого отклонения для метода с постоянной теплопроводностью и 20,8 % – для метода с переменной теплопроводностью. Величины среднеквадратичного отклонения F_d значений расчетной толщины ОЗП, определенных рассматриваемыми методами, от базовых величин d_{pminB} , рассчитанные по формуле (4), составляют 53,3 %, 14,1 % и 16,6 %, соответственно для метода числовой регрессии и методов, в которых используется упрощенное уравнение теплопроводности при задании коэффициента теплопроводности постоянной и переменной величиной

$$F_d = \left[\sum_{j=1}^m (\delta_{d_j})^2 \right]^{0,5} \cdot m^{-0,5}, \quad (4)$$

где m – количество значений отклонения δ_d .

Таблица 4 - Значения отклонения δ_d для пределов огнестойкости 45, 150 и 240 мин, которые определены по формуле (3) для метода, в котором используется упрощенное уравнение теплопроводности при задании коэффициента теплопроводности постоянной величиной

Предел огнестойкости t_r , мин	45			150			240		
	350	500	750	350	500	750	350	500	750
Критическая температура θ_{cr} , °C	350	500	750	350	500	750	350	500	750
Приведенная толщина V/A_p , мм	Отклонение δ_d , %								
	4,0	40,18	44,67	-	-4,39	1,32	3,54	-14,09	-6,37
5,0	38,02	-	-	-4,49	1,15	3,44	-13,65	-5,87	3,83
6,67	34,68	-	-	-5,52	0,22	2,93	-13,82	-5,84	4,13
10,0	-	-	-	-8,56	-2,05	2,23	-15,27	-6,74	3,09
20,0	-	-	-	-15,92	-6,06	-	-19,92	-8,96	2,64

Таблиця 5 - Значения отклонения δ_d для пределов огнестойкости 45, 120 и 240 мин, которые определены по формуле (3) для метода, в котором используется упрощенное уравнение теплопроводности при задании коэффициента теплопроводности переменной величиной

Предел огнестойкости t_{τ} , мин	45			150			240		
Критическая температура θ_{cr} , °C	350	500	750	350	500	750	350	500	750
Приведенная толщина V/A_p , мм	Отклонение δ_d , %								
4,0	43,15	35,08	-	0,46	1,24	10,66	-8,23	-5,52	9,10
5,0	42,50	33,86	-	1,75	2,41	13,59	-6,72	-3,53	13,86
6,67	39,99	-	-	2,74	3,06	17,06	-4,91	-1,26	19,99
10,0	35,66	-	-	2,88	3,44	20,90	-2,93	1,82	27,58
20,0	-	-	-	-0,35	1,31	24,70	-0,94	6,62	38,16

Таблиця 6 - Диапазоны отклонения δ_d , рассчитанного по формуле (3), и количество значений этого отклонения в интервалах этих диапазонов, определенные для стандартизированных методов

Стандартизированный метод	Диапазон отклонения δ_d , %	Количество значений отклонения δ_d в следующих интервалах, %			
		меньше 0	от 0 до 10 %	от 10 до 50 %	более 50 %
Числовая регрессия	от -5 до 238	19,4	23,9	40,3	16,4
Упрощенное уравнение $\lambda_p = \text{const}$	от -20 до 45	45,6	38,2	16,2	0
Упрощенное уравнение $\lambda_p = \text{var}$	от -8 до 43	20,8	37,5	41,7	0

Из анализа полученных результатов можно сделать следующие **выводы**.

1. Определена характеристика огнезащитной способности огнезащиты для несущих стальных конструкций из вермикулито-цементной плиты «Эндотерм 210104» производства НПП «Спецматериалы» (г. Донецк, Украина) стандартизированными методами, приведенными в ДСТУ Б В.1.1-17. Значения минимальной толщины огнезащиты установлены для диапазона изменения приведенной толщины стального профиля конструкции от 4 мм до 20 мм, критической температуры стали от 350 °C до 750 °C и нормируемого предела огнестойкости конструкции от 45 мин до 240 мин.

2. Установлено, что большая часть значений минимальной толщины огнезащиты из плиты «Эндотерм 210104», полученных методом числовой регрессии и методами, в которых используется упрощенное уравнение теплопроводности, превышает величины, полученные методом, в котором используется уточненное уравнение теплопроводности. Наибольшее отклонение толщины огнезащиты от значений, полученных методом, в котором используется уточненное уравнение теплопроводности, имеет место при использовании метода числовой регрессии. Величина среднеквадратичного отклонения значений минимальной толщины огнезащиты, определенных этим методом, от значений, полученных методом, в котором используется

уточненное уравнение теплопроводности, составляет 53,3 %. Для методов, в которых используется упрощенное уравнение теплопроводности, это отклонение значительно меньше, чем для метода числовой регрессии. Величина среднеквадратичного отклонения

составляет 14,1 % и 16,6 %, соответственно для методов, в которых используется упрощенное уравнение теплопроводности при задании коэффициента теплопроводности постоянной и переменной величиной.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Новак С.В. Анализ современных методов определения характеристики огнезащитной способности покрытий и облицовок/ С.В. Новак, Е.Ф. Якименко // Пожарная безопасность: теория и практика. – 2011. - № 8. – С. 56-61.
2. ДСТУ Б В.1.1-17:2007 Захист відпожежі. Вогнезахисні покриття для будівельних несучих металевих конструкцій. Метод визначення вогнезахисної здатності (ENV 13381-4:2002, NEQ) (Защита от пожара. Огнезащитные покрытия для строительных несущих металлических конструкций. Метод определения огнезащитной способности (ENV 13381-4:2002, NEQ)).
3. Григорьян Н.Б. Определение границ применимости и точности стандартизированных методов оценки огнезащитной способности покрытий несущих металлических конструкций / Н.Б. Григорьян, П.Г. Круковский, С.В. Новак // Науковий вісникУкрНДПБ. – 2014. – № 1(29). – С. 50 – 59.
4. Григорьян Н.Б. Алгоритм решения обратной задачи теплопроводности при оценке огнезащитной способности покрытий несущих стальных конструкций / Н.Б. Григорьян, П.Г. Круковский, С.В. Новак // Пожежна безпека: теорія і практика. – 2014. – № 16 – С. 140–147.

EVALUATION OF THE FIREPROOF ABILITY OF VERMICULITE-CEMENT BOARD "ENDOTHERMS 210104" OBTAINED BY STANDARDIZED METHODS

S. Novak¹, Candidate of Technical Sciences, Senior Research Fellow, P. Krukovskiy², Doctor of Technical Sciences, Professor, M. Hryhorian³, Candidate of Technical Sciences

¹The Ukrainian Civil Protection Research Institute, Ukraine

²Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

³Cherkassy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes of the National University of Civil Protection, Ukraine

KEYWORDS

heat conduction problem, critical temperature of steel, fire resistance limit, fireproof ability, steel construction, standardized methods.

ANNOTATION

The results of determining the characteristics of the fireproof ability for fire protection of steel structures of the vermiculite-cement board "Endotherm 210104" obtained by standardized methods given in National Standard DSTU B V.1.1-17 are presented. It has been shown that most of the values of the minimum thickness of the fire protection, obtained by numerical regression and methods that use a simplified equation of thermal conductivity is greater than the value obtained by the method, which uses a refined heat equation. The greatest deviation of the thickness of the fire protection of the values obtained by the method, which uses a refined heat equation, there is a method using a numerical regression. For methods that use a simplified heat conduction equation, a deviation significantly smaller than the numerical regression method.

ОЦІНКА ВОГНЕЗАХИСНОЇ ЗДАТНОСТІ ВЕРМИКУЛІТО-ЦЕМЕНТНОЇ ПЛИТИ «ЕНДОТЕРМ 210104» СТАНДАРТИЗОВАНИМИ МЕТОДАМИ

С.В. Новак¹, канд. техн. наук, ст. наук. співр. П.Г. Круковський², докт. техн. наук, проф., М.Б. Григор'ян³, канд. техн. наук

¹Український науково-дослідний інститут цивільного захисту, Україна

²Інститут технічної теплофізики НАН України

³Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту, Україна

КЛЮЧОВІ СЛОВА

задача теплопровідності, критична температура сталі, вогнезахисна здатність, межа вогнестійкості, сталева конструкція, стандартизовані методи.

АНОТАЦІЯ

Наведено результати визначення характеристики вогнезахисної здатності вогнезахисту для несучих сталевих конструкцій з вермикуліто-цементної плити «Ендотерм 210104» стандартизованими методами, наведеними в ДСТУ Б В.1.1-17. Показано, що велика частина значень мінімальної товщини цього вогнезахисту, отриманих методом числової регресії і методами, в яких використовується спрощене рівняння теплопровідності, перевищує величини, отримані методом, в якому використовується уточнене рівняння теплопровідності. При цьому найбільше відхилення товщини вогнезахисту від значень, отриманих методом, в якому використовується уточнене рівняння теплопровідності, має місце при використанні методу числової регресії. Для методів, в яких використовується спрощене рівняння теплопровідності, це відхилення значно менше, ніж для методу числової регресії.

УДК 614.841.332

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ВОГНЕЗАХИСНОГО ШТУКАТУРНОГО ПОКРИТТЯ ДЛЯ ЗАХИСТУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЕРЕКРИТТІВ

А.І. Ковальов*, канд.техн.наук, ст.наук.співроб.

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

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції: 17.03.2017
Пройшла рецензування: 24.05.2017

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

вогнестійкість, штукатурне покриття, теплофізичні характеристики, характеристика вогнезахисної здатності.

АНОТАЦІЯ

Наведено результати визначення теплофізичних характеристик та характеристики вогнезахисної здатності штукатурного покриття «Неоспрей» для захисту залізобетонних багатопустотних перекриттів розрахунково-експериментальним методом, заснованим на проведенні випробувань цих конструкцій на вогнестійкість. Визначено значення мінімальної товщини досліджуваного вогнезахисного покриття для забезпечення нормованої межі вогнестійкості залізобетонних багатопустотних перекриттів

Постановка проблеми. Одним з факторів, на якому ґрунтується пожежна безпека під час проектування та експлуатації будівель та споруд різного функціонального призначення є забезпечення вогнестійкості будівельних конструкцій. Нові технології будівництва передбачають широке застосування різноманітних будівельних конструкцій, використання яких, як правило, передбачає виконання обов'язкових нормативних вимог з вогнестійкості та поширення вогню. Зазначені вимоги можуть бути забезпечені комплексом або системами, що передбачаються як технологією виробництва, так і застосуванням пасивних вогнезахисних речовин. На ринку України вогнезахисні речовини представлені широким спектром як вітчизняного, так і закордонного виробництва, аналіз характеристик яких потребує детального вивчення і особливо в частині визначення мінімальних значень товщини вогнезахисного покриття, які забезпечують нормовані межі вогнестійкості залізобетонних перекриттів для обґрунтування параметрів таких вогнезахисних покриттів та уточнення результатів попередніх наукових досягнень у галузі будівництва. Тому дана робота є актуальною в плані забезпечення вимог пожежної безпеки під час проектування, будівництва та реконструкції об'єктів різного функціонального призначення, зокрема забезпечення вогнестійкості залізобетонних перекриттів шляхом застосування вогнезахисних покриттів із обґрунтованими параметрами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Результати досліджень вогнестійкості будівельних конструкцій, як з вогнезахисними покриттями, так і без них, та розрахунку

нестационарної теплопровідності відображено в працях таких вчених, як Ройтман М. Я., Фомін С. Л., Романенко П. Н., Демчина Б. Г., Круковський П. Г., Беліков А. С., Шмуклер В. С., Гивлюд М. М., Новак С. В., Довбиш А. В., Качкар Є. В., Поздєєв С. В., Поздєєв А. В., Нуянзін В. М., Якименко О. П. та ін. Проте, на сьогодні недостатньо уваги приділено питанню визначення мінімальних значень товщини вогнезахисних покриттів, за якими забезпечуються нормовані межі вогнестійкості залізобетонних перекриттів, що необхідно для їх подальшого використання при проектуванні будівель та споруд, виходячи з вимог пожежної безпеки.

Постановка задачі та її розв'язання. Метою роботи було виявлення взаємозв'язку між параметрами вогнезахисного штукатурного покриття «Неоспрей» (далі – вогнезахисного покриття) [1] та вогнестійкістю залізобетонного багатопустотного перекриття, як наукового підґрунтя для його застосування в будівництві, з урахуванням вимог пожежної безпеки, за допомогою розрахунково-експериментального методу.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів.

У даній роботі для обґрунтування параметрів вогнезахисного покриття для залізобетонних багатопустотних перекриттів застосовано методику визначення характеристики вогнезахисної здатності покриттів за допомогою розрахунково-експериментального методу [2], яка ґрунтується на випробуваннях зразків перекриттів на вогнестійкість.

*E-mail: naucovec@ukr.net

Оцінювання вогнестійкості залізобетонних багатопустотних перекриттів здійснювалося по [3, 4] і полягає у визначенні проміжку часу від початку випробування за стандартним температурним режимом, згідно [3], зразків перекриттів (далі – зразків) при вогневому впливі на зразок знизу до настання одного з нормованих для перекриття граничних станів з вогнестійкості за ознаками втрати цілісності, несучої здатності або теплоізоляційної здатності.

Випробуванням на вогнестійкість піддавали зразки плити перекриття залізобетонної багатопустотної ПК 48-12-8 розмірами 4780×1190 мм і товщиною 220 мм. Плита (з бетону В15) має несучий сталевий каркас, який складається з п'ятих нижніх повздовжніх несучих арматур діаметром 12 мм та арматурної проволочки Вр1 діаметром 4 мм. Середнє значення товщини захисного шару бетону до нижньої несучої арматури – 20 мм. Клас вогнестійкості плити, за даними виробника, становить REI 45. Випробували зразки без вогнезахисного покриття та з вогнезахисним покриттям. Шар вогнезахисної

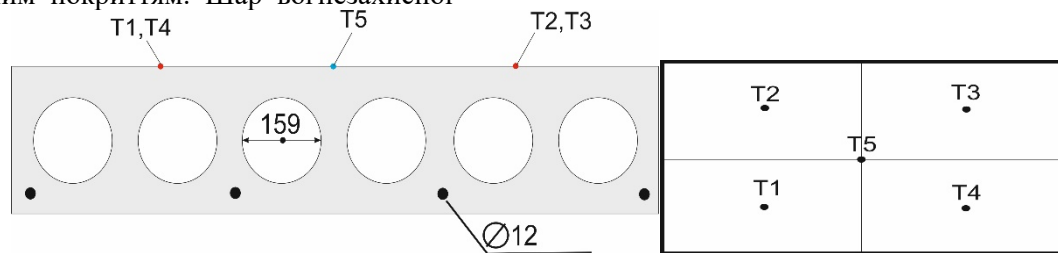


Рисунок 1 - Схема розташування термопар з необігрівної поверхні залізобетонного багатопустотного перекриття при випробуванні на вогнестійкість: а – поперечний переріз, що проходить через термопари T1-T2; б – вид зверху.

Результати вимірювань температур у вогневій печі наведені на рис. 2, а з необігрівної поверхні залізобетонної плити перекриття з вогнезахисним покриттям – на рис. 3

Експериментальні дані, отримані в результаті випробувань на вогнестійкість, згідно методики [2] використовували для знаходження теплофізичних характеристик (ТФХ) вогнезахисного покриття, що досліджувалось.

Для цього застосовували одномірну математичну модель теплового стану плити перекриття з розбивкою плити на 6 шарів (рис. 4), описану в [5], і яка являє собою одновимірне рівняння теплопровідності з урахуванням променистого теплообміну і граничними умовами 3-го роду на поверхні, що

речовини, середньою товщиною 25,5 мм наносили за допомогою штукатурного агрегату.

Зразки встановлювали на горизонтальній печі (статично невизначена схема обпирання) з обпиранням по краях через компенсуючі опори з базальтових плит товщиною 40 мм.

Навантаження здійснювали каліброваними вантажами у вигляді бетонних блоків. Фактичне навантаження на зразки встановлено, виходячи з створення у плитах напруг, що відповідають напругам від питомого розподільчого навантаження 570 кг/м².

Згідно з формулами [2] визначено граничне значення прогину зразків, яке складає 220 мм (прогін $b=4400$ мм, розрахункова товщина плити 220 мм), граничне значення швидкості наростання деформації – 9,8 мм/хв. Для вимірювання середньої та максимальної температури на необігрівній поверхні кожного зразка було встановлено по 5 термопар (T1-T5), одна термопара (T5) – у центрі зразка та чотири – в геометричних центрах чвертей зразка (рис. 1).

обігрівається, і граничними умовами 3-го роду на необігрівній поверхні. Зазначений багатопустотний поділ плити зроблено із врахуванням такої фізичної моделі нагріву залізобетонного багатопустотного перекриття при вогневому впливі. При нагріванні знизу теплота теплопровідністю через нижній шар бетону по всій площі перекриття досягає пустот, прогриваючи спочатку нижню їх частину. Далі тим же механізмом теплопровідності нагріваються від низу до верху бетонні перемички з боків пустот (із значно меншою змінною площею перемичок), і далі – верхній необігрівний шар бетону знову по всій площі перекриття. Одночасно з передачею теплоти теплопровідністю по перемичках через порожнини теплота

передається природною конвекцією і радіацією від нижніх, більш гарячих, до верхніх холодніших циліндричних стінок порожнин. При вогневому впливі нижня поверхня перекриття нагрівається конвективно-радіаційними механізмами теплообміну від гарячих газів з температурою t_{C1} , що відповідає стандартному температурному

режиму пожежі. Значення коефіцієнта тепловіддачі конвекцією на цій поверхні $\alpha_1 = 25 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$. Верхня поверхня перекриття охолоджується в навколишнє повітря з температурою t_{C2} , значення коефіцієнту тепловіддачі на необігрівній поверхні α_2 приймається таким, яке залежить від температури [6].

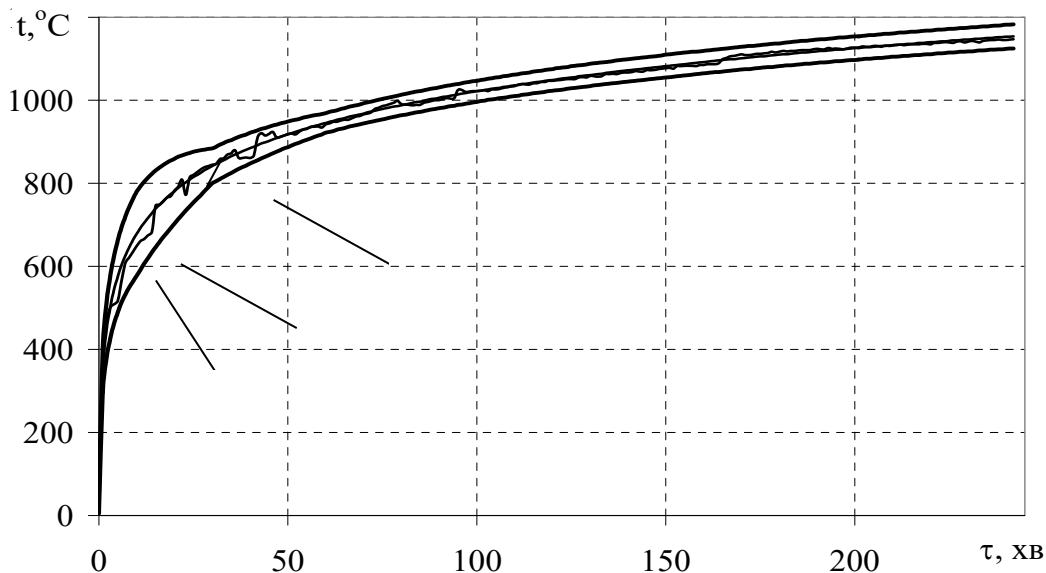


Рисунок 2 - Залежність температури в печі від часу вогневого впливу з обігрівної поверхні залізобетонної багатопустотної плити перекриття товщиною 220 мм, обробленої штукатурним складом: крива 1 – крива стандартного температурного режиму; крива 2 – реальна крива зміни температури в печі; 3 – допустимі при випробуваннях мінімальні значення температури в печі; 4 – допустимі при випробуваннях максимальні значення температури в печі.

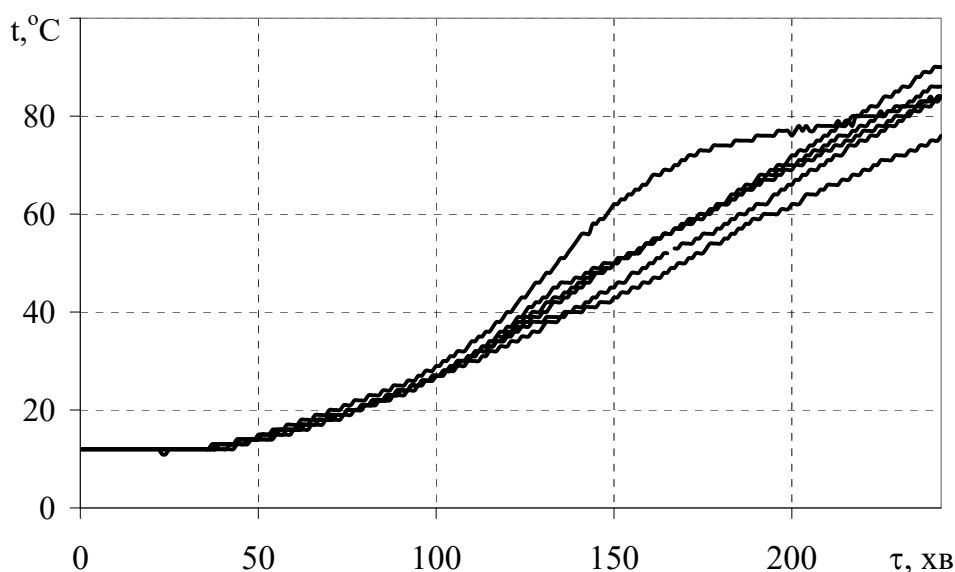


Рисунок 3 - Залежність температури від часу вогневого впливу на необігрівній поверхні залізобетонного багатопустотного перекриття з штукатурним покриттям в різних місцях вимірювання температури.

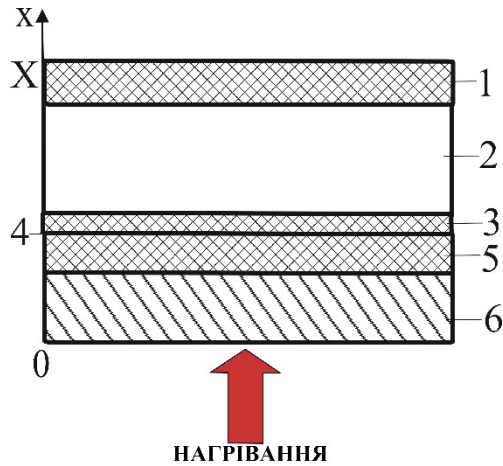


Рисунок 4 - Схема залізобетонного багатопустотного перекриття в одновимірній постановці: 1 – шар суцільного бетону між неогрівною поверхнею і шаром з пустотами перекриття; 2 – шар з пустотами; 3 – шар суцільного бетону між пустотами і арматурою; 4 – шар арматури; 5 – шар суцільного бетону від арматури до поверхні, що обігривається; 6 – штукатурне покриття.

Для визначення ТФХ та характеристики вогнезахисної здатності покриття в роботі використано пакет прикладних програм FRIEND-2 [7], в якому впроваджено алгоритми розв'язання прямих і обернених задач теплопровідності (ОЗТ), і який дозволяє визначати ТФХ будівельних матеріалів та вогнезахисних покриттів металевих, залізобетонних конструкцій та інші параметри теплообмінних процесів за результатами нестаціонарних вимірювань температур всередині або на поверхні зразків [7]. На

першому етапі із застосуванням цього пакету за експериментальними даними, отриманими при випробуваннях на вогнестійкість плити перекриття без вогнезахисного покриття, визначено ТФХ бетону, з якого виготовлено плити перекриття. Для цього використовували одновимірну математичну модель теплового стану плити перекриття з розбивкою плити на 5 шарів (шари 1-5, рис. 4). Отриману розв'язанням ОЗТ залежність коефіцієнта теплопровідності бетону наведено на рис. 5.

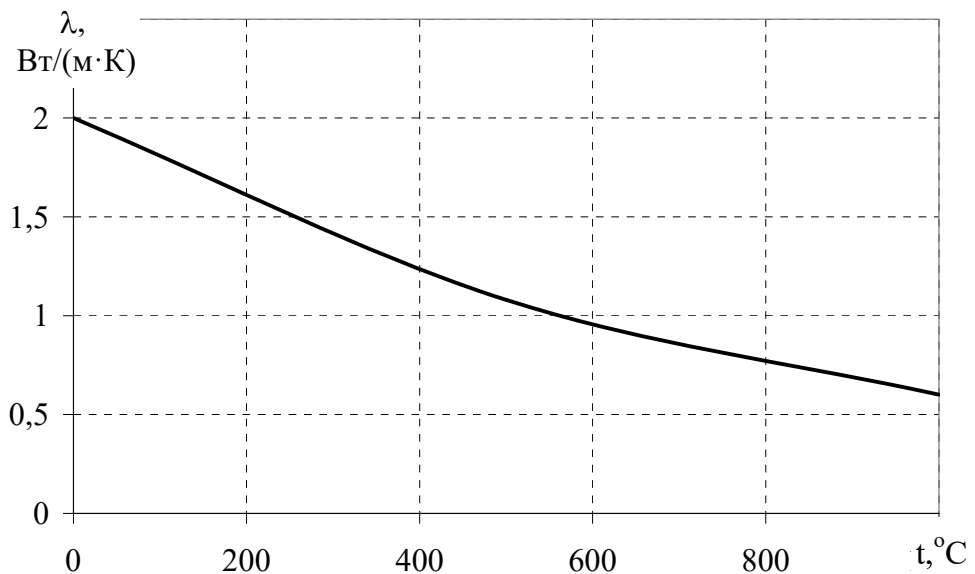


Рисунок 5 - Залежність коефіцієнту теплопровідності бетону від температури, отримана в результаті розв'язання ОЗТ за даними випробувань на вогнестійкість.

На другому етапі із застосуванням пакету прикладних програм FRIEND-2, результатів визначення ТФХ бетону, експериментальних даних, отриманих при випробуваннях на вогнестійкість плити перекриття з вогнезахисним покриттям, визначено ТФХ досліджуваного штукатурного покриття. При цьому при розв'язанні ОЗТ питому об'ємну теплоємність вогнезахисного покриття задавали постійною і рівною $v = 1 \cdot 10^6 \text{ Дж}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$, а коефіцієнт теплопровідності визначали як функцію від температури. Отриману розв'язанням ОЗТ залежність коефіцієнта теплопровідності вогнезахисного

покриття наведено на рис. 6. З цього рисунку випливає, що в діапазоні температур від 20 °С до 500 °С коефіцієнт теплопровідності вогнезахисного покриття «Неоспрей» знижується і досягає значення 0,05 Вт/(м·К), що можна пояснити зниженням густини і збільшенням пористості покриття за рахунок видалення природної і хімічно зв'язаної вологи. Зростання коефіцієнту теплопровідності в діапазоні температур від 500 °С до 1100 °С пояснюється значним збільшенням радіаційної складової в порах покриття в поєднанні з його високотемпературною усадкою.

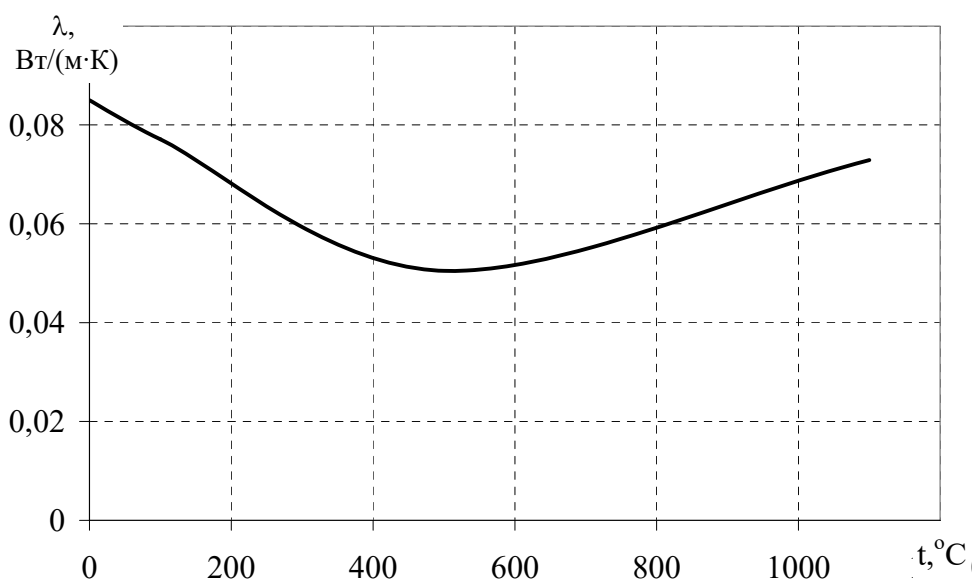


Рисунок 6 - Залежність коефіцієнту теплопровідності штукатурного покриття від температури, знайдена розв'язанням ОЗТ за даними випробувань на вогнестійкість.

Під час визначення ТФХ бетону та вогнезахисного покриття застосовано екстремальний метод розв'язання ОЗТ, який реалізовано в пакеті прикладних програм FRIEND-2. Згідно з цим методом проводять пошук таких значень параметрів (P) теплофізичних характеристик, за яких величина середньоквадратичного відхилення ϕ розрахункових $t_{M,i}$ і експериментальних $t_{E,i}$ значень середньої температури на необігрівній поверхні залізобетонного перекриття буде мінімальною.

$$\phi = \sqrt{\sum_{i=1}^n [t_{M,i}(P) - t_{E,i}]^2} \cdot n^{-0,5}, \quad (1)$$

де n – кількість експериментальних значень середньої температури на необігрівній поверхні

залізобетонного перекриття, прийнята при розв'язанні ОЗТ.

Величина середньоквадратичного відхилення ϕ визначає ступінь збіжності розрахункових даних щодо температури на необігрівній поверхні перекриття з експериментальними даними, отриманими під час випробувань на вогнестійкість. Чим менше значення цього відхилення тим більша точність визначення ТФХ. Зокрема, при визначенні ТФХ вогнезахисного покриття середньоквадратичне відхилення складає 0,827 °С, що свідчить про високу збіжність (рис. 7) розрахункових даних, отриманих при розв'язанні ОЗТ, з експериментальними даними.

Для визначення сфери практичного застосування залізобетонних багатопустотних перекриттів необхідно знати вогнезахисну здатність штукатурного покриття, тобто мати дані щодо товщини вогнезахисного покриття,

за якої забезпечується нормована межа вогнестійкості конструкції. У даній роботі визначено характеристику вогнезахисної здатності штукатурного покриття «Неоспрей», як залежність товщини вогнезахисного покриття від товщини захисного шару бетону (відстані між поверхнею нагрівання і прилеглою несучою арматурою), за якої забезпечується нормована межа вогнестійкості залізобетонного перекриття для граничних станів з вогнестійкості за ознакою втрати

теплоізолювальної здатності або досягнення арматурою критичної температури при заданому рівні навантаження [5, 8]. Таку залежність для нормованого значення межі вогнестійкості 240 хв і критичної температури арматури 500 °С отримано розв'язанням прямих задач теплопровідності із застосуванням пакету прикладних програм FRIEND-2, а також результатів визначення ТФХ бетону та вогнезахисного покриття і наведено на рис. 8.

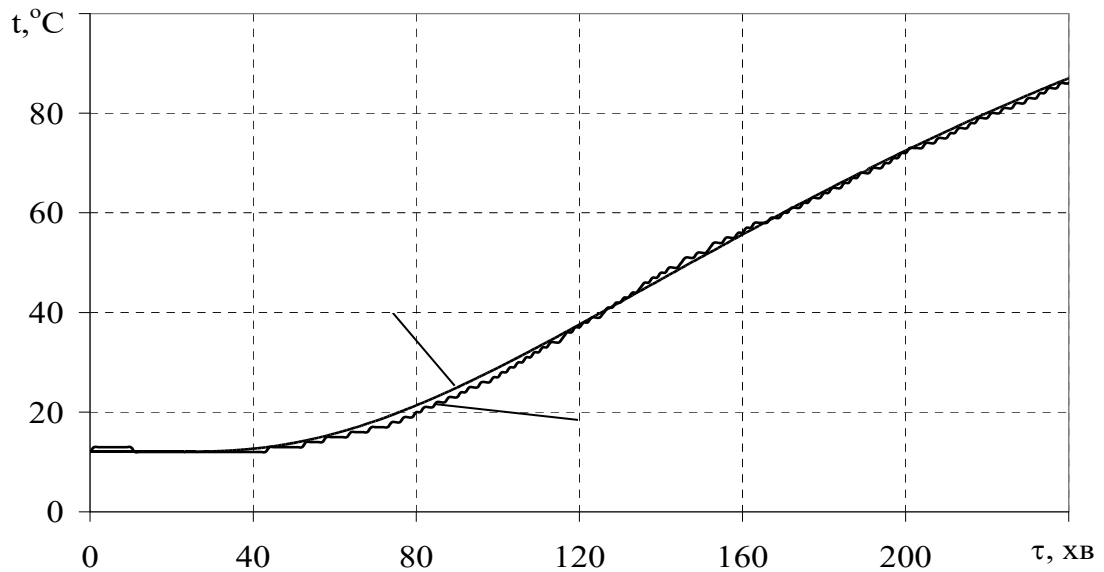


Рисунок 7 - Залежність від часу вогневого впливу температури на необігрівній поверхні перекриття з вогнезахисним покриттям: 1 – експериментальна залежність, 2 – розрахункова залежність.

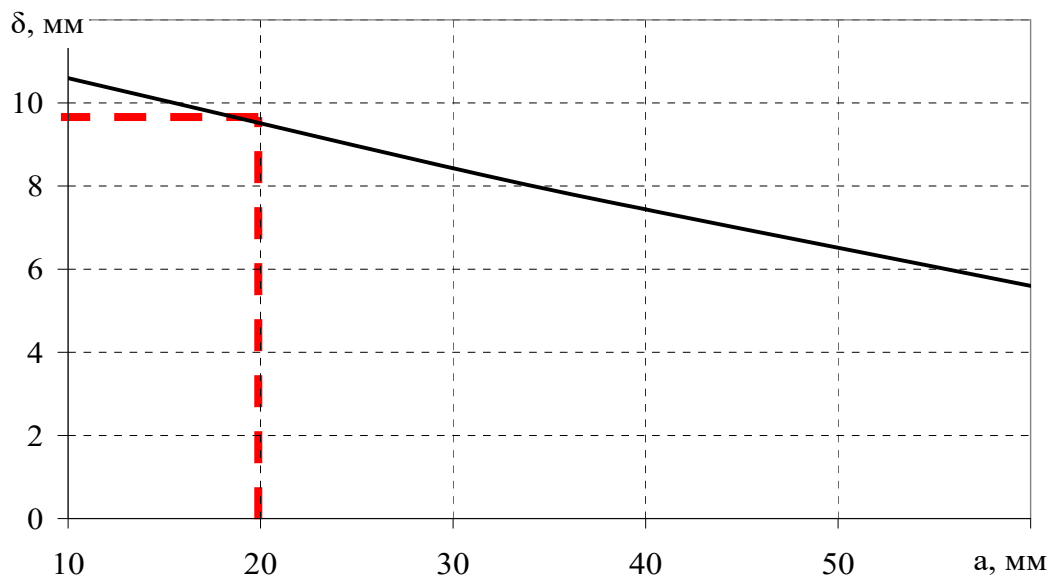


Рисунок 8 - Залежність товщини вогнезахисного покриття (δ) від товщини захисного шару бетону (a) залізобетонного багатопустотного перекриття для нормованої межі вогнестійкості 240 хв і критичної температури арматури 500 °С.

Висновки. Використовуючи фізичну і математичну одномірні моделі теплового стану залізобетонного багатопустотного перекриття, розв'язанням прямих та обернених задач теплопровідності встановлено залежність товщини вогнезахисного штукатурного покриття «Неоспрей» від товщини захисного шару бетону залізобетонного багатопустотного

перекриття для нормованої межі вогнестійкості перекриття 240 хв і критичної температури арматури 500 °С. При цьому визначено питому об'ємну теплоємність і залежність коефіцієнту теплопровідності цього покриття від температури в умовах вогневого впливу за стандартним температурним режимом пожежі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Мировая пожарная статистика: (Отчет № 20) [1. Технологический регламент по применению огнезащитной штукатурки «Неоспрей» / ТРП 14/06, 2008. – 9 с.
2. Ковалев А.И. Оценка огнестойкости многопустотных железобетонных перекрытий с огнезащитными покрытиями с помощью расчетно-экспериментального метода / А.И. Ковалев // Науковий вісник УкрНДПБ. – 2012. – № 2(26). – С. 28-34.
3. Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробування на вогнестійкість. Загальні вимоги (ISO 834:1975) : ДСТУ Б В.1.1-4-98. – [Чинний від 1998-10-28]. – К. : Укрархбудинформ, 1999. – 21с. – (Державний стандарт України).
4. Захист від пожежі. Перекриття та покриття. Метод випробування на вогнестійкість (EN 1365-2:1999, NEQ) : ДСТУ Б В.1.1-20:2007. – [Чинний від 2007-10-26]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2007. – 14 с. – (Національний стандарт України).
5. Ковалев А.И. Усовершенствование метода оценки огнезащитной способности покрытий железобетонных перекрытий: дисс. ... кандидата техн. наук : 21.06.02 / Ковалев Андрей Иванович. – К., 2012. – 163 с.
6. Качкар Е. В. Обоснование параметров трехслойных перегородок с минераловатными плитами для зданий и сооружений с учетом их огнестойкости : дисс. ... кандидата техн. наук : 21.06.02 / Качкар Евгений Владимирович. – К., 2009. – 157 с.
7. Круковский П. Г. Обратные задачи тепломассопереноса (общий инженерный подход) / Павел Григорьевич Круковский. – Киев : Институт технической теплофизики НАН Украины, 1998. – 218 с.
8. ДСТУ Б В.1.1-30:2012 «Покриття вогнезахисні для будівельних несучих залізобетонних конструкцій. Метод визначення вогнезахисної здатності (ENV 13381-3:2002, MOD)».

JUSTIFICATION OF PARAMETERS OF FIRE PROTECTIVE PLASTER OF COATING FOR PROTECTING CONCRETE STRUCTURES

*A. Kovalov, Candidate of Technical Sciences, Senior Research Fellow,
Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes of National University of Civil Protection of Ukraine*

KEYWORDS

fire resistance, plaster covering, heat and physical characteristics, characteristic of fire-protective capacity.

ANNOTATION

The determinations of thermal and physical characteristics and characteristics of fire-resisting capacity of plaster covering "Neospray" for protection of hollow-core reinforced concrete floors using calculation and experimental method based on testing of these constructions for fireproofness are set out. The value of minimum thickness of researched fire-resisting covering for providing the necessary limit of fireproofness of hollow-core reinforced concrete floors is defined.

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОГНЕЗАЩИТНОГО ШТУКАТУРНОГО ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ

*A.I. Ковальов, канд.техн.наук, ст.наук.спіроб.
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України*

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

огнестойкость, штукатурные покрытия, теплофизические характеристики, характеристика огнезащитной способности.

АННОТАЦИЯ

Приведены результаты определения теплофизических характеристик и характеристики огнезащитной способности штукатурного покрытия «Неоспрей» для защиты железобетонных многпустотных перекрытий расчетно-экспериментальным методом, основанным на проведении испытаний этих конструкций на огнестойкость. Определены значения минимальной толщины исследуемого огнезащитного покрытия для обеспечения нормированного предела огнестойкости железобетонных многпустотных перекрытий

УДК 351.814.2; 656.7.08

МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ І РОЗВИТКУ ІННОВАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ БЕЗПЕКИ ПОЛЬОТІВ ДЕРЖАВНОЇ АВІАЦІЇ

В.Л. Шевченко*, канд. військ. наук, доцент

Український науково-дослідний інститут цивільного захисту, Україна

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції: 10.04.2017

Пройшла рецензування: 19.06.2017

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

безпека польотів, інновація, новація, інноваційна система.

АНОТАЦІЯ

У статті розкриваються методологічне бачення щодо застосування прогресивних підходів у формуванні та розвитку системи управління безпекою польотів державної авіації на засадах взаємодії інноваційних процесів з урахуванням світових тенденцій в цій галузі, а також вітчизняного досвіду і національних традицій здійснення авіаційної діяльності.

Постановка проблеми. Складовою національної безпеки України є безпека авіаційної діяльності, прогресивний розвиток якої можливий лише за умов взаємодії інноваційних процесів з урахуванням світових тенденцій в цій галузі, нормативних напрацювань Міжнародної організації цивільної авіації (ІКАО) та вітчизняного досвіду і національних традицій. Такий підхід вимагає методологічного бачення формування і розвитку інноваційних систем, теоретичного обґрунтування принципів і методів їх створення, пошуку ефективних засобів та методик упровадження в практику.

Аналіз останніх публікацій стосовно безпеки авіаційної діяльності настановлює на висновок про необхідність реалізації поступальної державної інноваційної політики не лише в галузях економіки і соціального буття, де вона була започаткована і широко впроваджується, а й сфері безпеки польотів цивільної і державної авіації.

Широко вживане в авіаційній галузі поняття державна авіація нормативного визначення не має, тому в рамках дослідження за цим напрямом під державною авіацією будемо розуміти об'єднані за цільовим призначенням авіаційні підрозділи і частини, на озброєнні яких знаходяться бойові і спеціальні повітряні судна, що застосовуються у Збройних Силах України, Державній прикордонній службі України, Державній службі України з надзвичайних ситуацій, Міністерства внутрішніх справ України, головною метою яких є забезпечення національної безпеки і оборони держави, захисту та надання допомоги населенню у випадках стихійного лиха та надзвичайних ситуацій.

Для виконання покладених на державну авіацію завдань в Україні створена авіаційна

система, яка нормативно визначена як сукупність авіаційної техніки льотних екіпажів, сил і засобів управління та забезпечення польотів, структурно об'єднаних і функціонально взаємодіючих між собою в інтересах здійснення безпечної авіаційної діяльності. Структурно авіаційна система складається з підсистем відомчого підпорядкування, видів повітряних суден, а кожна видова підсистема має ще й свої внутрішні підсистеми. Основою авіаційної системи державної авіації є підсистема «екіпаж – бойове (спеціальне) повітряне судно». Ця підсистема безпосередньо виконує польоти, і в цьому розумінні є кінцевою ланкою, за ради нормального функціонування якої і створюється вся авіаційна система. Ця підсистема особливо чутливо реагує на збої у діяльності інших підсистем, і в цьому сенсі є потенційним носієм льотних подій.

Слід зазначити, що в рамках зазначеної авіаційної системи методологічні аспекти управління безпекою авіаційної діяльності на засадах інноваційних технологій залишається ще малодослідженим у зв'язку з недостатністю теоретичного опрацювання та забезпечення потрібного наукового обґрунтування, визначення стратегічної спрямованості на кінцевий результат, урахування зовнішніх і внутрішніх факторів ефективного функціонування. В даний час у світовій практиці складається новий підхід до забезпечення безпеки авіаційної діяльності. Замість звичного для нас терміну «система управління безпекою польотів», ІКАО вводить інше визначення – «система менеджменту безпеки авіаційної діяльності» [1].

Останнє обумовило виникнення протиріч між діючою системою управління безпекою польотів та практичним її застосуванням, але

*E-mail: ndc.avia@gmail.com

на засадах інноваційних технологій. На сьогодні недостатньо розроблені теорії, методики і технології застосування інноваційних підходів в управлінні авіаційною діяльністю, нагальними стають проблеми практичного застосування інноваційних технологій і необхідність досягнення високого рівня компетентності авіаційного персоналу та їх адаптації до сучасних умов управління безпекою польотів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Перші викладення теоретико-методологічних засад інноваційних систем припадають на 80-ті роки минулого століття в роботах провідних закордонних учених, таких як: Б. Лундвал [3], С. Меткалф [4], Р. Нельсон [5], Д. Норт [6], П. Ромер [7], К. Фрімен [8], Й. Шумпетер [9], Ю. Яковець [10] та ін. Їх підходи до вивчення даного поняття, виявився вкрай привабливими, оскільки: - поняття інноваційної системи втілює в собі найсучасніше розуміння інноваційного процесу. Це поняття відображає важливі зміни в умовах і змісті інноваційної діяльності, що відбуваються в останнє десятиліття, а дослідження, засновані на понятті інноваційної системи, можуть створити плідну основу для розробки технологічної та нормативно-правової політики в галузі управління безпекою польотів державної авіації.

Аналіз зарубіжного досвіду запровадження інноваційних моделей показав, що їх методологічна основа, в більшості своїй базується на інтенсивному продукуванні та використанні нових знань. Науковці зарубіжних країн відмічають, що позитивний вплив інновацій лежить у площині зростання питомої ваги високотехнологічних і наукоємних галузей.

Проаналізувавши розвиток інноваційної діяльності в розвинених країнах, основоположники теорії формування інноваційних систем К. Фрімен (Інститут дослідження наукової політики Сассекського університету Великобританії), Б. Лундвалл (університет м. Упсала, Швеція) та Р. Нельсон (Колумбійський університет США) дали визначення поняттю «інноваційна система». За їх визначенням інноваційна система – це процес і результат інтеграції різних за цілями і завданнями управлінських і виробничих структур, які займаються реалізацією наукових знань і технологій в межах визначених галузевих (відомчих) кордонів і забезпечуються комплексом правової, фінансової і матеріальної взаємодії, спираються на міцні галузеві

(відомчі) традиції і особливості [3,5,8].

У своїй теорії Й. Шумпетер охарактеризував інноваційну систему «...як встановлення нової продукуючої функції» [17]. Це може бути впровадження нових форм організації, відкриття нових науково обґрунтованих інноваційних рішень, тощо. Інновація відрізняється від винаходу (новації), яке передує інновації. Всі цикли генеруються інноваціями (нововведеннями) – кінцевими результатами впровадження нововведень з метою зміни об'єкта управління й отримання високого науково-технічного, або іншого ефекту. Великий вплив на становлення теорії інноваційних систем мають роботи Ф. фон Хайєка, який сформулював концепцію розсіяного знання. В її основі – розуміння будь-якого складного процесу як особливого роду інформаційного пристрою, який здійснює виявлення, використання і координацію знань великої кількості незалежних один від одного людей [18]. Й. Шумпетер і Ф. фон Хайєк заклали основи ставлення до інновацій як до джерела будь-якого продуктивного зростання.

Праці Д. Норта заклали основи теорії національних інноваційних систем [19]. Відмінна риса його досліджень – особлива увага до взаємодії інституційних структур і технологій, їх спільної ролі в соціальному розвитку. Д. Норт виходить з того, що інститути задають систему стимулів (позитивних і негативних), направляючи діяльність людей у певне русло. Інститути, таким чином, знижують невизначеність розвитку, роблять дії учасників передбачуваними і виконують свою головну функцію – економію ресурсних витрат.

В Україні вивченням зарубіжного досвіду формування та функціонування інноваційних систем займаються такі вітчизняні науковці як Л. Антонюк [11], Ю. Бажал [12], В. Геєць [13], Ю. Макогон [14], А. Поручник [15], Л. Федулова [16] та інші. Інноваційна система розглядається ними з позиції взаємодії новатора, організації, зовнішнього середовища і представляє собою сукупність суб'єктів, що взаємодіють в процесі того чи іншого виду діяльності, розповсюджують та використовують нові знання, визначають політику її нормативно-правової регламентації.

У цьому контексті, наука, технологія та інновації можуть відкрити нові шляхи вирішення важливих проблем, пов'язаних з переходом від традиційної системи управління безпекою польотів до системи менеджменту безпеки авіаційної діяльності, рекомендованої

ІСАО.

Головною метою статті є узагальнення методологічних аспектів формування і розвитку інноваційних систем та обґрунтування теоретико-методичних підходів вдосконалення системи управління безпекою польотів державної авіації на засадах впровадження інноваційних технологій.

Виклад основного матеріалу. Вітчизняні вчені розглядають інноваційні системи на національному та регіональному рівнях [5, 8, 20]. Аналіз наданих ними визначень показує, що всі вони істотно різняться, а в їх основних структурних елементах виокремлюються різні ознаки функціонування. Це свідчить про те, що питання методології формування даної системи знаходяться в стадії досліджень і обговорень. Проте, можна виділити два найбільш поширених і співпадаючих із зарубіжними підходи:

1) інституційний підхід (по К. Фрімену), де інноваційна система розглядається як сукупність інститутів (від лат. *Institutio* - образ дії, звичай), що відносяться як до приватної, так і до державного секторів, індивідуально і у взаємодії один з одним обумовлюють розробку і поширення інновацій в межах держави;

2) факторний підхід (з орієнтацією на М. Портера і Р. Нельсона), згідно з яким під інноваційною системою слід розуміти поєднання різних факторів (економічних, технологічних, соціальних, інституціональних та інших), які в цілому підтримують процеси придбання, продукування, дифузії та адаптації нового технологічного знання.

На сьогодні у вітчизняній теорії і практиці інноваційних систем найбільш поширений інституційний підхід. У його рамках під інноваційною системою розуміється функціонуюча в суспільстві система взаємопов'язаних інститутів створення, зберігання і поширення знань, інформації, технологій, чия діяльність, що базується на постійній взаємодії між державою, науково-технічною (інноваційною) сферою і практичною діяльністю сприяє постійному вдосконаленню і оновленню техніко-технологічного базису суспільного розвитку. З позицій інституційного підходу, інноваційна модель управління безпекою польотів, повинна розкривати, в першу чергу, взаємодію різних елементів інноваційної системи, визначити місце, специфіку і значущість кожного суб'єкта інноваційного менеджменту авіаційної діяльності. Так, наприклад, роль практичного сектора полягає в продукуванні нових

технологій як на основі власного досвіду, так і освоєнні «чужих» інновацій. Роль держави, в цьому випадку, полягає в замовленні науково-технічних розробок та сприянні їх практичному впровадженні. Дослідження зазначеного аспекту показало, що центральне місце аналізу інноваційної системи займають моделювання основних елементів системи та аналіз форм циркуляції знань всередині неї, з врахуванням того, що набір елементів, які входять до інноваційної системи, не є жорстко фіксованими [14]. Незважаючи на те, що всі інноваційні моделі в багатьох деталях досить сильно відрізняються одна від одної, тим не менш, можна виділити загальні компоненти, необхідні для функціонування такої системи:

– підсистема генерації знань, що включає професійну підготовку та дослідницьке середовище, як визначальну специфіку інноваційної системи;

– підсистема, що включає інноваційну інфраструктуру і середовище практичної реалізації, безпосередньо бере участь у процесі впровадження і використання нових знань;

– механізм взаємодії цих двох підсистем, що організує дифузії інновацій, а також орієнтацію дослідників на задоволення інноваційних потреб практики.

Центральною ланкою інноваційної системи є підсистема генерації знань, яка представляє собою сукупність організацій, що виконують фундаментальні та прикладні дослідження і розробки. В системі цивільної і державної авіації такою науковою діяльністю займаються авіаційні вищі навчальні заклади, в системі державної служби надзвичайних ситуацій ця функція покладена на Український науково-дослідний інститут цивільного захисту та його структурний підрозділ – науково-дослідний центр авіації.

Власний досвід НДЦ авіації та вивчення досвіду інших авіаційних установ і навчальних закладів виявив, що практично у всіх роботах, присвячених формуванню інноваційної системи, найскладнішою ланкою є механізми передачі знань з метою їх практичної реалізації, хоча, як відзначають більшість науковців, технологічні та інформаційні потоки між суб'єктами авіаційної діяльності та інститутами відіграють ключову роль в інноваційному процесі. При цьому виділяються чотири типи таких потоків [16]:

– взаємодія між науковими установами (спільна дослідницька діяльність, технічне співробітництво);

– взаємодія між державними органами і

виконавчими структурами, університетами та державними науковими установами (спільна дослідницька діяльність, практичні розробки);

- поширення технологій (дифузія інновацій);
- мобільність виконавчих ресурсів (неявні знання).

На сьогодні в системі вітчизняної авіаційної діяльності накопичено незначний досвід запровадження інноваційних систем. Але з цього досвіду очевидним є те, що для формування ефективної інноваційної системи величезне значення має інноваційний клімат: інноваційна вмотивованість суб'єктів авіаційної діяльності, наявність цільового програмного комплексу наукових досліджень та високопрофесійного кадрового і фінансово-економічного забезпечення. Отже, спираючись на вітчизняний та зарубіжний досвід можна сформулювати наступні основні організаційні та методологічні принципи становлення і розвитку інноваційної системи управління авіаційною діяльністю:

- основним ресурсом такої інноваційної системи є знання, а визначальним фактором її розвитку стає інноваційна діяльність;
- формування інноваційної системи має відбуватися поетапно, кожен з яких відрізняється рівнем впливу множини факторів на її розвиток;
- розвиток інноваційної системи відбувається на основі збалансованого застосування державних і відомчих механізмів регулювання її функціонуванням;
- стратегія розвитку інноваційної системи визначається станом науково-технічного і виробничого потенціалу, а також історичними і національними традиціями й особливостями;
- ефективність функціонування інноваційної системи залежить від чітко вираженої державної та відомчої політики, ефективності системи менеджменту і наявності чітких стимулів для розвитку науки, системи підготовки кадрів, наукомісткої інноваційно орієнтованої промисловості.

Слід зазначити, що системі державної авіації наукових робіт, присвячених питанням формування інноваційної системи менеджменту безпеки польотів, недостатньо, а щодо розроблення інноваційної моделі застосування авіації Державної служби України з надзвичайних ситуацій наукові роботи відсутні. В той же час, саме моделювання дозволить провести опосередковане дослідження характеристик об'єкта надзвичайної ситуації та розкрити

функціональні його зв'язки на основі певної подібності з моделлю. За такого розуміння модель управління безпекою польотів на засадах інноваційних технологій має відображати спрощену характеристику управлінських процесів, які виступають у нашому дослідженні як предмет пізнання.

У цьому контексті, виникають певні труднощі моделювання інноваційної системи менеджменту авіаційної діяльності. В першу чергу – це складність самого об'єкта дослідження і його специфіка. Адекватно описати його структуру в усій компонентній повноті та взаємозв'язків надзвичайно складно. Тому в даній роботі в рамках об'єкту дослідження пропонується брати не всю систему безпеки авіаційної діяльності, а виокремити лише ті підсистеми і обмеження предмета, що складають основу забезпечення безпеки польотів державної авіації в контексті застосування в надзвичайних ситуаціях. З огляду на зазначене, у першому наближенні, загальна схема інноваційної системи забезпечення безпеки польотів державної авіації, до складу якої входить і авіація ДСНС, може бути представлена як мережа суб'єктів, що взаємодіють в рамках певної інституційної інфраструктури з метою створення, поширення і використання технологій, а не з точки зору лише заходів запобігання виникненню передумов повітряних інцидентів (рис1). – зменшити витрати державних коштів на здійснення експлуатаційно-технічного обслуговування апаратури оповіщення.

З точки зору системного підходу дана інноваційна система, як складний і динамічний комплекс, включає дві взаємопов'язані і взаємообумовлені підсистеми: суб'єктну та інституційну. Суб'єктна підсистема включає два рівні: на першому рівні – суб'єкти, які набувають первинні професійні знання, оволодівають предметними технологіями та фаховими компетенціями; другий рівень – суб'єкти, які мають відповідні знання і досвід, оволодівають інноваційними технологіями та підвищують фахові компетенції. Інституційна підсистема включає інститути, які вивчають практичний і новаторський досвід, розробляють та науково обґрунтовують інноваційні підходи і рішення, займаються поширенням інноваційних знань і технологій, що забезпечують максимальний прояв інноваційної активності всіх суб'єктів системи забезпечення безпеки польотів державної авіації. Стратегічне управління здійснюється в межах макроінформаційної системи, шляхом

зміни зовнішніх параметрів, а механізми їх досягнення встановлюються законодавчо. Оперативне управління здійснюється на основі

підзаконних актів центральних і регіональних органів управління.



Рисунок 1 - Загальна схема інноваційної системи безпеки польотів державної авіації

Висновки

з

Пропонована конфігурація інноваційної системи є необхідною і достатньою для здійснення ефективного менеджменту безпеки польотів державної авіації. Виключення будь-якого елементу системи може призвести до розриву інноваційного процесу а, отже, унеможливить функціонування системи.

Реалізація розробленого методологічного підходу при формуванні інноваційної системи має включати кілька етапів:

- 1 етап: визначення проблемної ситуації інноваційної системи;
- 2 етап: формулювання мети інноваційної системи;
- 3 етап: опис завдань досягнення мети;
- 4 етап: розподіл функцій між об'єктами і суб'єктами інноваційної системи;
- 5 етап: встановлення меж системи (ідентифікація суб'єктів, мереж і інститутів);
- 6 етап: побудова структурної моделі інноваційної системи;
- 7 етап: формування методичних рекомендацій реалізації інноваційної політики щодо забезпечення безпеки польотів державної авіації;
- 8 етап: формування моніторингових заходів подальшого інноваційного розвитку, який включає статистику результатів, аналіз і оцінку інноваційних процесів, оцінку

даного

дослідження.

ефективності управління інноваційним розвитком.

Таким чином, базовим методологічним підходом, який створює умови переходу системи безпеки польотів державної авіації на шлях її стійкого і науково-обґрунтованого формування є розвиток системи управління безпекою польотів державної авіації на засадах інноваційних рішень. Вирішальну роль у формуванні інноваційної системи відіграє держава в особі Міністерства оборони України. Успішність її функціонування визначається реалізацією державної політики, яку здійснює Управління регулювання діяльності державної авіації Збройних Сил України та рівнем взаємодії і координації зусиль усіх суб'єктів, що забезпечують безпеку польотів з науково-дослідними установами за змістом цього важливого напрямку.

Однак, вище викладене не вичерпує наукову проблематику за обраним напрямом, а лише означає мету продовження теоретичного обґрунтування й практичного підтвердження переваг системи управління безпекою польотів державної авіації на засадах інноваційних технологій над традиційною, в умовах поліфункціональних процесів, в яких поєднуються комплекс відповідних інституційних структур, науково-технічних, виробничих, матеріальних і людських ресурсів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Safety Management Manual (SMM) / Doc. ICAO 9859-AN 474. – 3-ed. – Canada, Montreal: ICAO, 2013. – 251 p.
2. Федірко О. Національна інноваційна система як об'єкт державної інноваційної політики [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.iepjournal.com/journals/6/2007_03_Fedirko.pdf
3. Lundvall B-A. National Innovation Systems: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning / B-A. Lundvall. - London, Printer, 1992. – 317 p.
4. Metcalfe S. The Economic Foundations of Technology Policy: Equilibrium and Evolutionary Perspectives / S. Metcalfe // Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change. – Oxford (UK)/Cambridge (US): Blackwell Publishers, 1995. – P. 409-512.
5. Nelson R. National Innovation Systems. A Comparative Analysis / R. Nelson. – New York/Oxford, Oxford University Press, 1993. – 560 p.
6. Норт Д. Институты, институциональные изменения и функционирование экономики / Д. Норт; / Пер. с англ. А.Н. Нестеренко; предисл. и науч. ред. Б.З. Мильнера. – М.: Фонд экономической книги “Начала”, 1997. – 180 с.
7. Romer P.M. Endogenous technological change / P.M. Romer // Journal of Political Economy. 1990, October. – V. 98. – № 5. – P. 71–102.
8. Freeman C. The National System of Innovation in Historical Perspective // Cambridge Journal of Economics. – 1995. – № 19 (1), February. – P. 5–24.
9. Шумпетер Й.А. Теорія економічного розвитку. Дослідження прибутків, капіталу, відсотка та економічного циклу / Й.А. Шумпетер; пер. з англ. В. Старка. – К.: Києво-Могилянська академія, 2011. – 242 с.
10. Яковец, Ю.В. Эпохальные инновации XXI века / Ю.В. Яковец; Междунар. ин-т П. Сорокина – Н. Кондратьева. – М.: Экономика, 2004. — 444 с.
11. Антонюк Л. Л., Поручник А. М., Савчук В. С. Інновації: теорія, механізм розробки та комерціалізації: Монографія. – К.: КНЕУ, 2003. – 394 с.
12. Бажал Ю. Розвиток національної інноваційної системи як складової українського інформаційного суспільства [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://www.ekmair.ukma.kiev.ua/bitstream/123456789/412/1/Bazhal_Rozvytok_natsionalnoi.pdf
13. Гесць В.М. Інноваційні перспективи України / В.М. Гесць, В.П. Семиноженко. – Харків: Константа, 2006. – 272 с.
14. Макогон Ю.В. Перспективи регулювання інноваційної діяльності в Україні / Ю.В. Макогон // Проблеми і перспективи розвитку інноваційної діяльності в Україні: Матеріали V Міжнародного бізнес-форуму (Київ, 22 березня 2012 р.) / відп. Ред. А.А. Мазаракі. – К.: Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2012. – 297. – С. 170–172.
15. Антонюк Л. Л., Поручник А. М., Савчук В. С. Інновації: теорія, механізм розробки та комерціалізації: Монографія. – К.: КНЕУ, 2003. – 394 с.
16. Федулова Л. Розвиток національної інноваційної системи / Л. Федулова, М. Пашута // Економіка України. – 2005. – №4. – С. 35–47.
17. Шумпетер Й.А. Теорія економічного розвитку. Дослідження прибутків, капіталу, відсотка та економічного циклу / Й.А. Шумпетер; пер. з англ. В. Старка. – К.: Києво-Могилянська академія, 2011. – 242 с.
18. Hayek F.A. The Use Knowledge in Society [Электронный ресурс] / F.A. Hayek // American Economic Review. – 1945. – V. 35, no 4. – Режим доступу: <http://www.econlib.org/library/Essays/hykKnw1.html>.
19. Romer P.M. Endogenous technological change / P.M. Romer // Journal of Political Economy. 1990, October. – V. 98. – № 5. P. 71-102.
20. Портер М. Конкурентная стратегия. Методика анализа отрасли и конкурентов. / М. Портер. – М. – 2007. – 356 с.

METHODOLOGICAL FRAMEWORK FOR ESTABLISHMENT AND DEVELOPMENT OF THE INNOVATIVE SAFETY SYSTEM OF THE CIVIL AVIATION.

*V. Shevchenko, Candidate of Military Sciences, Docent
The Ukrainian Civil Protection Research Institute, Ukraine*

KEYWORDS

flight safety, innovation, innovative system.

ANNOTATION

The article covers the methodological vision on application of modern approaches to establish and develop the flight operations safety management system for the civilian aviation based on the interaction of innovation processes and taking into account the world trends in this field, as well as local experience and national traditions of aviation activity.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ АВИАЦИИ.

*В.Л. Шевченко, канд. военных наук, доцент
Украинский научно-исследовательский институт гражданской защиты, Украина*

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

безопасность полетов, инновация, новшество, инновационная система.

АННОТАЦИЯ

В статье раскрываются методологическое видение применения прогрессивных подходов в формировании и развитии системы управления безопасностью полетов государственной авиации на основе взаимодействия инновационных процессов с учетом мировых тенденций в этой области, а также отечественного опыта и национальных традиций осуществления авиационной деятельности.

УДК 621.396.91

ОЦІНКА СУМАРНОЇ ПОХИБКИ ВИМІРЮВАНЬ НА ОСНОВІ КОМПЛЕКТНОЇ АТЕСТАЦІЇ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ВИПРОБУВАНЬ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ

*В.В. Хижняк**, канд.техн.наук, ст.наук. співр., *А.О. Литовченко*

Український науково-дослідний інститут цивільного захисту, Україна

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції: 13.04.2017
Пройшла рецензування: 27.06.2017

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

оцінка похибки вимірювань,
комплектна атестація вимірювальних
процесів, метрологічне забезпечення
випробувань

АНОТАЦІЯ

Запропоновано метод кількісної оцінки вимірювань на основі комплектної атестації вимірювальних процесів з використанням мобільних еталонів передавання розміру одиниці фізичної величини

Вступ. З 1 січня 2016 року набрав чинності Закон України "Про метрологію та метрологічну діяльність" від 05.06.2014 р. № 1314-VII (далі за текстом – Закон). Прийняття Закону у новій редакції спрямоване на імплементацію українського законодавства до європейських стандартів та гармонізацію основних понять у сфері метрології з міжнародним словником. Положення Закону викладено згідно з вимогами Директиви Міжнародної організації законодавчої метрології OIML D1 "Розгляд закону про метрологію".

Відповідно до ст. 22 Закону під час метрологічного нагляду за законодавчо регульованими засобами вимірювальної техніки (ЗВТ), що перебувають в експлуатації, у суб'єктів господарювання проводиться перевірка щодо:

- стану дотримання правил застосування ЗВТ;
- додержання вимог до періодичної перевірки ЗВТ;
- застосування дозволених одиниць вимірювання під час експлуатації ЗВТ.

Під дотриманням правил застосування ЗВТ [1] необхідно розуміти їх відповідність вимогам введених в дію технічних регламентів, що розкривають норми надання на ринку та/або введення в експлуатацію на території України будь-якого ЗВТ.

ЗВТ, які застосовуються у сфері законодавчо регульованої метрології, мають пройти оцінку відповідності (головне правило застосування ЗВТ). Оцінка відповідності законодавчо регульованих ЗВТ вимогам технічних регламентів, у тому числі первинна

перевірка та затвердження типу ЗВТ, проводиться у разі, коли це передбачено відповідними технічними регламентами, а якщо ЗВТ не є таким, що входить до сфери метрології, оцінка відповідності проводиться на добровільних засадах.

Водночас при випробуваннях у випробувальних установах для контролю режимів технологічного процесу, проведення експериментальних і науково-дослідних робіт використовуються, у тому числі, засоби вимірювання спеціального призначення. Як правило, такі засоби вимірювання виготовляють самі підприємства й організації або по їхній заявці сторонні організації одиничними екземплярами або окремою партією без наступного відтворення. Така група засобів вимірювання має назву – нестандартизовані засоби вимірювання.

Такі засоби вимірювання допускаються до використання тільки після їхньої метрологічної атестації, що проводять з метою встановлення метрологічних характеристик, перевірки їхньої відповідності вимогам технічного завдання, технічних умов і стандартів державної системи вимірювання, визначенню метрологічних характеристик, що підлягають контролю при експлуатації, а також їхньої придатності для використання відповідно до призначення.

У процесі експлуатації нестандартизованих засобів вимірювання, що пройшли метрологічну атестацію, підлягають перевірці і на них поширюються вимоги державних стандартів і нормативної документації, що регламентують проведення метрологічного нагляду за станом і використанням засобів вимірювання.

*E-mail: ndc.avia@gmail.com

З урахуванням зазначеного *метою статті* є розроблення методу оцінювання точності вимірювань на основі комплектної атестації вимірювальних процесів із застосуванням нестандартизованих засобів вимірювання під час випробувань нової чи модернізованої АТ, у тому числі і безпілотної.

Аналіз стану досліджень та публікацій. Відповідно до вимог стандартів комплексу нормативних документів системи розробки та постановки на виробництво техніки, зокрема і авіаційної (АТ) одним з етапів життєвого циклу будь-якого її зразка є етап випробувань перед прийняттям в експлуатацію [2]. Метою випробувань, в результатах яких зацікавлені як замовник, так і розробник, а також і майбутній виробник, є оцінка ефективності розробленого (модернізованого) зразка АТ відповідно до вимог технічного завдання [3].

В свою чергу, складовою частиною загального комплексу заходів з випробувань АТ, як сукупності технічних систем та об'єктів, є метрологічне забезпечення цих випробувань. Враховуючи, що результати вимірювань та контролю складають інформаційну основу для прийняття рішень стосовно ефективності випробувань, до достовірності цих результатів завжди висуваються дуже високі вимоги, які визначаються вибором вимірювальних характеристик і параметрів, засобів вимірювань та контролю.

При цьому відхилення результатів вимірювань прогнозуються із заданою вірогідністю, не виходячи за встановлені межі [4]. Саме "прив'язка" вимірювань до державних еталонів є найбільш важливою умовою забезпечення єдності вимірювань. Вона, за стандартом ISO серії 9000, – необхідна і обов'язкова у забезпеченні якості оцінювання параметрів і характеристик безпосередньо зразка АТ, що підлягає випробуванням. Таким чином, можна перелічити основні принципи дотримання єдності та точності вимірювань при випробуваннях:

- результати вимірювань виражаються в загальноприйнятих, узаконених одиницях;
- відхилення результатів вимірювань відомі й прогнозовані;
- відхилення вимірювань знаходяться у встановлених межах.

У наявних літературних джерелах достатньо обґрунтовано розглядаються окремо теоретичні підходи щодо оцінювання параметрів і характеристик безпосередньо

зразка АТ, що підлягає випробуванням, умов проведення випробувань, метрологічних характеристик засобів вимірювань і контролю, випробувального обладнання та устаткування. Для достовірної оцінки усіх цих параметрів і характеристик використовується до десятків тисяч прецизійних засобів вимірювань та контролю, які також, безумовно, призначені і для технічного забезпечення спеціально обладнаних випробувальних полігонів та центрів [5,6].

Викладення основного матеріалу. Сьогодні в системі державної авіації України експлуатується значний парк засобів ЗВТ, що дає змогу, в основному, забезпечити вимірювання і зберігання розмірів одиниць фізичних величин та доведення їх до споживачів. Проте метрологічний і технічний рівень більшості засобів вимірювальної техніки не відповідає перспективним вимогам споживачів суб'єктів державної авіації України, а вартість метрологічних послуг для робочих еталонів, особливо на верхньому рівні, надто велика і має тенденцію до зростання. До того ж різко зростає вартість транспортування засобів вимірювальної техніки до місця дислокації вихідних еталонів, досягаючи у більшості випадків вартості метрологічної послуги.

Реалізація існуючого методу атестації робочих еталонів здійснюється за схемою, наведеною на рис.1 [5].

Робочі еталони, що мають повірятися та атестуватися, вилучаються з вимірювальної системи метрологічної лабораторії, транспортуються до місця дислокації вихідного еталону і повертаються назад. Далі під терміном "вимірювальна система" слід розуміти сукупність:

- робочих еталонів (РЕ) або еталонних мір (ЕМ);
- компараторів (К);
- допоміжних приладів та обладнання (ДПО), до яких треба віднести термостати, джерела живлення, генератори сигналів тощо;
- засобів управління вимірювальним процесом (ЗУ) – інтерфейси, електронно-обчислювальні машини.

За такого способу рішення про якість вимірювального процесу приймається за принципом "придатний" або "непридатний" згідно зі схемою:

$$(P_1 \wedge P_2 \wedge P_3 \wedge P_i) \rightarrow P_{ВС} \rightarrow P_{ВП},$$

де предикати P мають такі логічні значення:

P_1 – робочий еталон – придатний до використання;

P_2 – метрологічна лабораторія має реєстраційне посвідчення, що підтверджує наявність необхідних робочих еталонів, обладнання, приміщень тощо;

P_3 – повіряючий має посвідчення на проведення атестації;

P_i – результат періодичної інспекції

метрологічної лабораторії – позитивний;

P_{BC} – вимірювальна система метрологічної лабораторії – придатна;

$P_{ВП}$ – вимірювальний процес у метрологічній лабораторії – придатний.

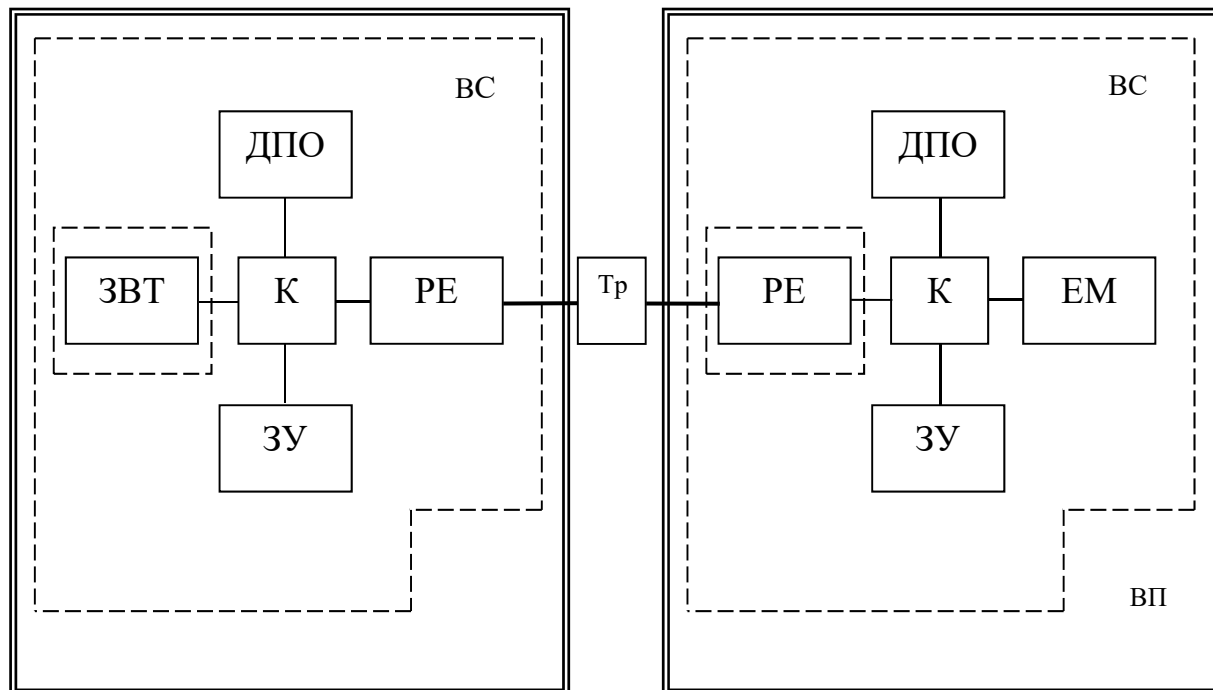


Рисунок 1- Схема поелементної атестації

$$(P_1 \wedge P_2 \wedge P_3 \wedge P_i) \rightarrow P_{BC} \rightarrow P_{ВП}$$

При цьому атестовані робочі еталони використовуються з допущенням, що похибки, які виникають при їх транспортуванні і повірці з вихідним еталоном, несуттєво впливають на сумарну похибку вимірювання і тому з певною ймовірністю можуть забезпечити процес передачі розміру одиниці фізичної величини з необхідним рівнем точності.

Однак у загальному випадку сумарна похибка Δ_{Σ} залежить не тільки від P_2, P_3, P_i , а також і від низки неврахованих помилок, які обумовлені відмінністю вимірювання у метрологічних лабораторіях та на вихідному еталоні призначення [7]:

$$\Delta_{\Sigma} = f(\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3, \Delta_4, \Delta_5, \Delta_6, \Delta_7, \Delta_8, \Delta_9),$$

де Δ_1 – похибка робочого еталону;

Δ_2 – похибка допоміжних приладів та обладнання;

Δ_3 – похибка від впливу факторів зовнішнього середовища;

Δ_4 – похибка системи управління;

Δ_5 – методична похибка застосування робочих еталонів;

Δ_6 – похибки (у тому числі і від “прихованих” відмов), що виникають під час транспортування приладів до місця атестації;

Δ_7 – похибка від нестабільності зберігання одиниці фізичної величини робочого еталону;

Δ_8 – похибка еталонного комплексу;

Δ_9 – похибка зовнішніх умов при атестуванні робочих еталонів.

Із аналізу цієї залежності та схеми (рис.1) видно, що об'єктивним інструментальним методом оцінюється тільки похибка робочих еталонів (Δ_1), яка є мірою якісного його зв'язу з вихідним еталоном і не може служити характеристикою усього вимірювального процесу, який здійснюється у метрологічних лабораторіях випробувального полігону. Тому вимірювання можуть виявитись неточними і відрізнятись від очікуваного результату за похибкою атестованого робочого еталону. Виявити та оцінити всі складові сумарної похибки Δ_{Σ} у більшості випадків неможливо.

Для вирішення цього завдання необхідні порівняльні оцінки якості вимірювань, що виконуються у метрологічних лабораторіях і на вихідних еталонах. Довірчі оцінки для звірення можуть бути отриманні при одночасному визначенні значення одиниці фізичної величини в метрологічних лабораторіях і на вихідних еталонах, що можливо у тому випадку, коли передача розміру одиниці фізичної величини здійснюється по неспотвореним каналам зв'язку, або при послідовному визначенні цієї фізичної величини. Існуючі до останнього часу технічні засоби не дозволяли якісно вирішити це інструментальне завдання.

Поява мобільних еталонів передавання створила об'єктивні передумови для переходу від повірки (атестації) окремих робочих еталонів на вихідних еталонах до комплектної атестації вимірювальних процесів у метрологічних лабораторіях [7,8].

Схема використання мобільних еталонів передавання (МЕП) при комплектній атестації показана на рис. 2.

Як видно зі схеми, робочі еталони не вилучаються з вимірювальної системи метрологічної лабораторії. Розмір одиниці фізичної величини передається мобільним еталоном передавання, який попередньо атестується на вихідному еталоні і потім транспортується до метрологічної лабораторії випробувального полігону. Спеціалісти, що експлуатують мобільні еталони передавання, атестують у метрологічних лабораторіях робочі еталони з оцінкою похибки передавання розміру одиниці фізичної величини.

Після чого мобільний еталон передавання повертається до вихідного еталону, де проводиться контрольне визначення характеристик мобільного еталону передавання для виключення невизначеності в оцінці сумарної похибки Δ_{Σ} , що вноситься його нестабільністю та впливом умов транспортування.

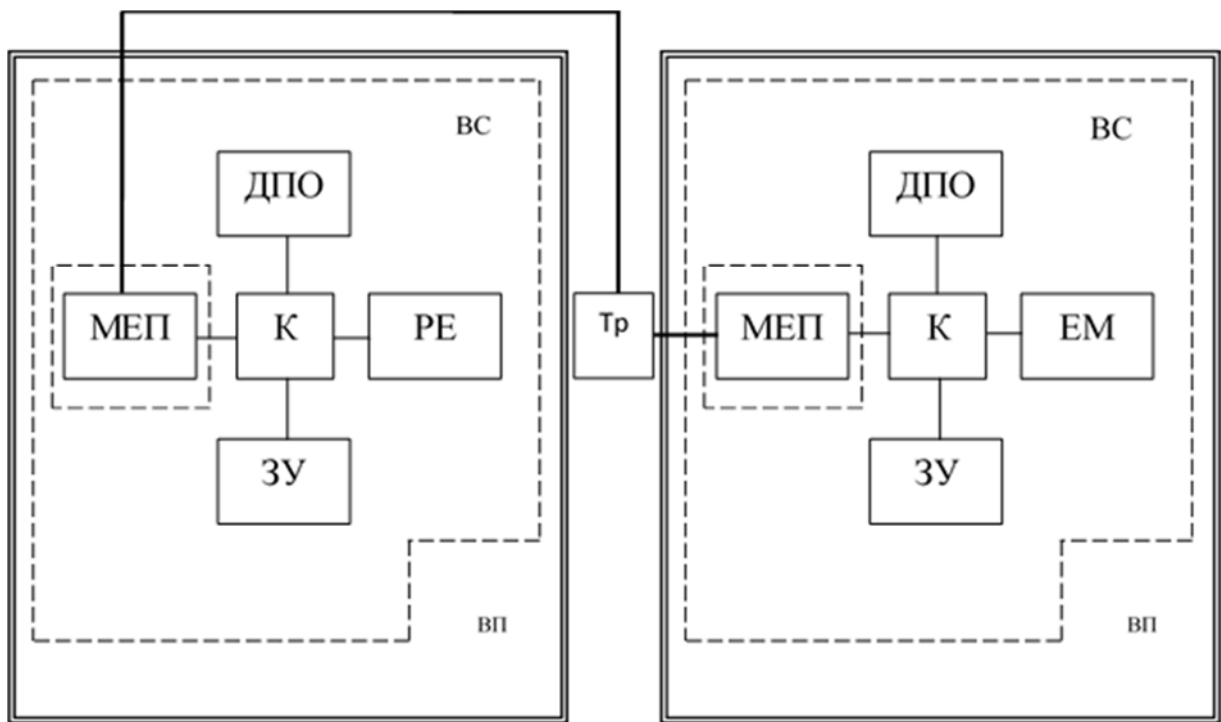


Рисунок 2 -Схема комплектної атестації - $P_{BC} \wedge P_{EP} \rightarrow P_{VP}$,

У цьому випадку визначення якості вимірювального процесу проводиться за схемою:

$$P_{BC} \wedge P_{EP} \rightarrow P_{VP},$$

де P_{EP} – предикат “мобільний еталон передавання придатний”.

Реалізуючи цю схему, оцінюються похибки $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3, \Delta_4, \Delta_5, \Delta_8, \Delta_9$, а похибки Δ_6 і Δ_7 – виключаються. Поелементна ж атестація оцінює лише похибки Δ_1, Δ_8 і Δ_9 .

Визначення величини сумарної похибки Δ_{Σ} в загальному вигляді виконується за формулою

$$\Delta_{\Sigma} = X_{B3} - X_{C3},$$

де
 X_{B3} – значення одиниці фізичної величини, яке зберігається еталоном передавання і визначене при атестації вимірювальної системи;

X_{C3} – середнє значення одиниці фізичної величини, яке визначене за результатами атестації до та після транспортування і зберігається мобільним еталоном передавання.

Відповідно, результат атестації робочих еталонів остаточно проводиться метрологічною лабораторією після розрахунку сумарної похибки Δ_{Σ} усього вимірювального процесу у метрологічній лабораторії.

Запропонований метод комплектної атестації покладено в основу математичної моделі кількісної оцінки єдності та точності вимірювання при проведенні випробувань зразків АТ. Попередні результати моделювання показують, що точність відтворення розміру одиниці фізичної величини робочими еталоном задовольняють вимогам і забезпечують необхідну точність вимірювального процесу, а похибка вимірювання знаходиться у заздалегідь визначеному інтервалі.

Так, для робочих мір послаблення електромагнітних коливань 2-го розряду (частота 5 МГц, діапазон 20-30 Дб) при довірчій ймовірності $P=0.95$ інтервали похибки з використанням методу комплектної атестації становлять $+(-) 0.31$ Дб і $+0.41$ при поелементному методі. Вірогідність зростає у

1.1-1.5 разів. Показник оперативності метрологічних робіт збільшується на $5=7\%$ при зниженні витрат на їх проведення.

В результаті впровадження методу комплектної атестації очікується підвищення точності вимірювань метрологічних лабораторій випробувальних полігонів при їх атестації шляхом врахування похибок, які не бралися до уваги при обчисленнях за методом поелементної оцінки. Також реалізація цього методу дасть економічний ефект через відсутність витрат на транспортування робочих еталонів до місць дислокації вихідних еталонів.

Висновок. Необхідність упровадження методу комплектної атестації підтверджується ще тим, що іноземні метрологічні служби в рамках національних програм якості вимірювань проводять заходи щодо переходу на цей метод передачі розміру одиниці фізичної величини.

Подальший розвиток методу комплектної атестації може розвиватися шляхом комплектної атестації метрологічних лабораторій випробувальних полігонів без участі спеціалістів, які експлуатують вихідні еталони, а тільки силами особового складу цих метрологічних частин за допомогою мобільних еталонів передавання, що доставляються каналами зв'язку [7, 9], наприклад поштою. В цьому випадку порядок використання мобільних еталонів передавання залишається таким самим.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Зоргач Д. Упровадження ДСТУ ISO/IEC 17025. Узагальнений аналіз. / Д. Зоргач, В. Новіков, А. Пазюк // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2010. – № 1. – С. 14 -16.
2. Комплекс стандартів системи розробки і постановки на виробництво озброєння та військової техніки (ГОСТ В 15. ...).
3. Андреев Е.В., Лукашов Б.П. Метрологические испытательные базы – гарантии качества и надежности разрабатываемых систем. Приборы и системы управления, 1993, .У8.-с.41.
4. Хижняк В.В., Камінський В.Ю. Проблемы метрологического обеспечения испытаний сложных образцов вооружения и военной техники // Системы обработки информации: 36. наук. пр. -Харків: Харківський військовий університет, вип. 8,(36), - 2004, -С.229-237.
5. Каминский В.Ю., Щеглов В.А. Экспериментальное моделирование аттестации поверочных лабораторий // Измерит.техника.1988.-№11.-С.14-16.
6. Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій (ISO/IEC 17025:2005, IDT) : ДСТУ ISO/IEC 17025:2006 – [Чинний з 2007 - 07 -01]. – К.: Держспоживстандарт, 2007. – 32 с. – (Національний стандарт України).
7. Хижняк В.В. Дмитрієв А.Г. Литовченко А.О. Аналіз методів прогнозування технічного стану складних систем та особливості їх застосування при формуванні програм експлуатації державних еталонів // Харків, Науковий журнал Харківського національного університету Повітряних Сил «Системи озброєння і військова техніка», № 4 (48), 2016, с.57-60.
8. Хижняк В.В. Модель процесу метрологічного забезпечення випробувань складних технічних об'єктів // Період. наук. видання НАОУ “Труди академії”, № 56, 2004, с. 248-257, інв.№ 40925.
9. Хижняк В.В. Метод підвищення автономності метрологічного забезпечення вимірювальних комплексів та систем при полігонних випробуваннях об'єктів на основі адаптивної моделі комплексування засобів вимірювальної техніки // 36. наук. пр. Центрального науково-дослідного інституту Збройних Сил України, № 4 (29), 2004, інв.№38701, -С.34-47.

ESTIMATION OF THE TOTAL MEASUREMENT ERROR BASED ON THE INTEGRATED CERTIFICATION OF MEASURING PROCESSES DURING TESTING OF AVIATION TECHNOLOGY

*V. Khyzhniak, Candidate of Technical Sciences, Senior Research Fellow, A. Lytovchenko
The Ukrainian Civil Protection Research Institute, Ukraine*

KEYWORDS

estimation of measurement error,
comprehensive certification,
metrological support of testings.

ANNOTATION

It is offered the method of quantitative measurement estimation based on complex certification of measurement processes using the transfer standards of the unit size of a physical quantity.

ОЦЕНКА СУММАРНОЙ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКТНОЙ АТТЕСТАЦИИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИСПЫТАНИЙ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

*В.В. Хижняк, канд. техн. наук, ст.научн.сотр., А.А. Литовченко
Украинский научно-исследовательский институт гражданской защиты, Украина*

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

оценка погрешности измерений,
комплектная аттестация,
метрологическое обеспечение
испытаний.

АННОТАЦИЯ

Предложено метод количественной оценки измерений на основе комплектной аттестации измерительных процессов с использованием эталонов передачи размера единицы физической величины.

УДК 621.31:519.872

ОЦІНЮВАННЯ ЗАГРОЗ ОБ'ЄКТАМ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

С.М.Чумаченко*, д-р.техн. наук, ст.наук.спіер.,В.В. Троцько, канд. військ. наук, ст.наук.спіер.
Український науково-дослідний інститут цивільного захисту, Україна

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції: 28.04.2017
Пройшла рецензування: 15.06.2017

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

ризик, оцінювання загроз, критична інфраструктура, метод аналізу мереж.

АНОТАЦІЯ

Запропонований метод оцінювання загроз об'єктам критичної інфраструктури, на основі методу аналізу мереж (ANP-process). Крім вирішення питання віднесення ряду об'єктів до списку критичної інфраструктури в статті визначено яким чином можна здійснювати об'єднання цих об'єктів у кластери, встановлювати системні зв'язки між ними та проводити оцінювання.

Постановка проблеми в загальному вигляді. Необхідність захисту важливої інфраструктури є одним із найважливіших пріоритетів держави. Важливість безпечного функціонування критичної інфраструктури, а саме її ключових об'єктів, є головним чинником забезпечення національної безпеки, сталого функціонування економіки, добробуту та захисту населення країни. У той же час, виникає проблема аналізу та виокремлення об'єктів критичної інфраструктури України із множини існуючих, та оцінки загроз цим об'єктам за допомогою наукових методів підтримки та прийняття рішень. В зазначеному контексті актуальними залишається питання розробки методів оцінювання загроз об'єктам критичної інфраструктури.

Аналіз публікацій. Питання критичної інфраструктури актуальне для всіх, без виключення, країн світу. За останні 25 років накопичено великий фактографічний і методичний матеріал, який недостатньо використовується для вирішення технічних і технологічних проблем при пошуках підходів до забезпечення природно-техногенної безпеки різних видів антропогенної діяльності [1-5].

У спеціальній екологічній літературі, поки що, переважають підходи до оцінки розмірів порушення природного середовища та концентрацій шкідливих речовин у тих чи інших абіотичних складових екосистеми, справедливо ставиться проблема деградації тих чи інших компонентів ландшафтів[6-8].

З другої половини ХХ століття науковцями-екологами затрачувалися значні зусилля на створення методів об'єктивної оцінки техногенного впливу антропогенної діяльності на навколишнє середовище. В науковій літературі [4-13] описано цілий ряд таких методів екологічної оцінки, серед яких найбільше поширення отримали [9-14]:

*E-mail:s_chum@ukr.net

- картографічні методи (метод нашарування та сполученого аналізу карт, метод контрольних списків);
- матричні методи (матриця Леопольда, матриця Петерсона, матриця взаємодіючих компонентів, східчаста матриця Соренсена);
- методи на основі мережних діаграм;
- статистичні методи;
- адаптивні методи (метод Сондхейма, аналіз рішень, метод Холлінга);
- методи моделювання (імітаційно-оптимізаційні моделі, моделі на основі концепції бази знань, логіко-інформаційні моделі).

Проте, до цього часу ще не розроблено загальноприйнятого універсального методу оцінки впливу на навколишнє середовище. В США і Європі, наприклад, крім зазначених вище, застосовуються в різних випадках і регіонах ще біля 50 різних методів [9-11].

Виділення невирішеної проблеми. Що ж до публікацій та наукових праць, які стосуються проблеми оцінки ризиків та загроз на об'єктах критичної інфраструктури, то на жаль, на даний момент, вони відсутні.

Метою статті є дослідження методологічних підходів до оцінювання ризиків та загроз та їх ранжування на об'єктах критичної інфраструктури на основі методів експертних оцінок систем підтримки прийняття рішень.

Виклад основного матеріалу. На сьогоднішній день відомі такі визначення "критичної інфраструктури" в провідних країнах світу:

системи та об'єкти, фізичні чи віртуальні, настільки життєво важливі для держави, що недієздатність або знищення таких систем або об'єктів підриває національну безпеку, економіку, здоров'я або безпеку населення, або має своїм результатом будь-яку комбінацію з

переліченого вище (законодавство США (USAPatriotAct26.10.2001р.));

об'єкти, порушення (або припинення) функціонування яких призводить до втрати управління, руйнування інфраструктури, незворотних негативних змін (або руйнування) економіки країни, суб'єкту або адміністративно-територіальної одиниці, або суттєвому погіршенню безпеки життєдіяльності населення, що мешкає на цих територіях, на тривалій період часу (законодавство Російської Федерації);

система, спадкоємність якої важлива для функціонування держави, втрата або порушення якої мало б або могло б піддавати загрози життя громадян, могло б нанести серйозні негативні економічні або соціальні наслідки для суспільства чи її великої частини (законодавство Великобританії);

діяльність, мережі, послуги, матеріальні блага та інформаційні технології, вихід з ладу або знищення яких значно вплинуло би на здоров'я та безпеку громадян, або на діяльність державної влади (законодавство Хорватії).

За відсутності дефініції терміну “критична інфраструктура” у національному законодавстві у подальшому розгляді будемо спиратися на його наступне визначення: на наш погляд, під “*критичною інфраструктурою*” розуміється – системоутворююча інфраструктура держави, що включає до свого складу об'єкти, які відіграють ключову роль для забезпечення національної безпеки, функціонування економіки держави та безпеки життєдіяльності її громадян.

При оцінці ризиків, пов'язаних із загрозами природного, техногенного та соціально-політичного (в т.ч. терористичного) характеру виявляється, що найбільш складним завданням є оцінка саме кількісного ступеня ризиків, що обумовлено самою природою інформації та даних, які використовуються при цьому.

Основною особливістю оцінки ризиків небезпек, існуючих для об'єктів критичної інфраструктури (ОКІ), є неможливість, у більшості випадків, використовувати апарат теорії ймовірностей через нестачу статистичних даних. В таких умовах оцінювати ризики і управляти ними, можна тільки аналізуючи можливі причинно-наслідкові зв'язки їх виникнення.

У більшості випадків неможливо визначити точне значення збитку ОКІ, який може бути нанесений в результаті тієї чи іншої події. Це складно зробити й тому, що число потенційних загроз та ризиків надзвичайно велике, і тому, що в багатьох випадках збиток не зводиться лише до матеріального, який може бути виражений в грошовому еквіваленті, але вимагає врахування нематеріальної складової збитку. Не менш складно визначити точне значення ймовірності події ризику. Тому можна говорити тільки про оцінки цих величин. Для фіксації оцінки цих величин по окремим можливим подіям пропонується використовувати шкалу ранжування через матрицю оцінки ризику (табл. 1).

Таблиця 1 -Матриця оцінки ризику

Очікувана частота ризиків	Категорія ризиків			
	I Катастрофічний	II Критичний	III Граничний	IV Незначний
Частий (A)				4A
Можливий (B)			3B	4B
Випадковий (C)		2C	3C	4C
Віддалений (D)	1D	2D	3D	4D
Неймовірний (E)	1E	2E	3E	4E

Що ж до методології оцінки ризиків та загроз, на нашу думку, влучним вирішенням даної проблеми буде саме використання методу експертних оцінок (метод Делфі) та/або методу аналізу мереж (ANP-process) Т. Сааті. Вони ґрунтуються на припущенні, що на основі думок експертів можна збудувати адекватну модель майбутньої оцінки розвитку об'єкта прогнозування.

Постійний брак коштів на проведення повномасштабних регулярних хіміко-аналітичних досліджень, складність проблеми формалізації повного переліку чинників впливу загроз, необхідність проведення термінових і оперативних оцінок загроз і впливів приводять до необхідності розвитку методів оперативного експертного екологічного оцінювання [14-18].

Припустимо, що нам відомі усі параметри чинників загроз, тобто вектор:

$$F^T (F_1^T, \dots, F_n^T), \quad (1)$$

де $F_i^T(f_{1i}, \dots, f_{li}, \dots, f_{ki})$ - спектри, що є компонентами вектора потоку загроз, а f_{ij} - чинники впливу загроз, що є компонентами спектрів загроз.

Якщо природно-техногенні явища чи процеси не можуть бути формалізовані й приведені до математичного моделювання, то застосовують евристичне моделювання, яке базується на узагальненні висновків групи незалежних експертів. Ці методи використовують математичну обробку оцінок експертів з метою узагальнення та об'єктивізації думки висококваліфікованих спеціалістів.

Для проведення оцінки і ранжування природно-техногенних загроз застосовують декілька підходів [12], найчастіше - порівняння загроз з універсальними стандартами. Стандарти можуть бути кількісними чи носити характер якісних норм (наприклад, обмеження на визначені види діяльності в межах певної території, що має природоохоронний статус).

Порівняння величини впливу зі стандартами може бути застосоване для оцінки екологічних загроз за умови, якщо такі стандарти вже розроблені. На основі такої оцінки може прийматися рішення про включення загроз в наступний детальний розгляд або про необхідність вжиття визначених заходів для пом'якшення впливу загроз.

Огляд сучасних підходів до системного аналізу складних систем і процесів та аналіз математичного апарату, що застосовується при цьому, дозволяють зробити висновок: аналіз і оцінка природно-техногенних загроз повинні бути багатофакторними [12,15-19], а системний аналіз сукупності джерел природно-техногенних загроз доцільно проводити з урахуванням ряду факторів оцінки, що є визначальними при формуванні цільових функцій для критеріїв оцінки загроз.

На сьогоднішній день серед відомих прикладів застосування експертних методів оцінки і ранжування загроз можна назвати:

авторську методику канадських вчених Thorpe J. та Godwin R. для оцінки загроз біорізноманіттю в канадській провінції Saskatchewan [18];

методику оцінки і ранжування загроз для територій збереження глобально-вразливих видів вчених із США Richard Margoluis та Nick Salafsky, опубліковану в роботі «Керівництво з оцінки і зменшення загроз для збереження біорізноманіття» [19];

методика ранжування загроз біорізноманіттю за їх пріоритетністю [19].

Узагальнений аналіз підходів, що були реалізовані в цих методиках, дозволяє сформулювати послідовність процедур виконання певних дій при проведенні оцінки різнотипних загроз [20]:

1. Ідентифікація загроз для об'єктів критичної інфраструктури та їх класифікація.

2. Вибір і обґрунтування критеріїв для оцінки загроз.

3. Поділ території для виділення типових об'єктів критичної інфраструктури з відносно однорідним складом природних та техногенних чинників впливу.

4. Системний аналіз природно-техногенних геосистем із застосуванням ГІС - технологій.

5. Визначення й формування комплексних критеріїв оцінки загроз.

6. Проведення аналізу загроз за вибраними критеріями щодо природно-техногенних геосистем.

7. Проведення ранжування загроз.

8. Визначення кількості високорівневих загроз щодо природно-техногенних геосистем.

9. Аналіз високорівневих загроз за типами загроз.

10. Розробка плану дій щодо зменшення загроз.

Для побудови логіко-інформаційної моделі оцінки техногенної загрози використовуємо три групи критеріїв, що визначаються згідно із методологією побудови концептуальної моделі оцінки ризиків:

- джерело загрози;
- шлях проходження загрози;
- об'єкт впливу (реципієнта) загрози.

Система критеріїв (див. рис.1) сформована таким чином, щоб врахувати різноаспектні оцінки впливу природно-техногенних загроз на ОКІ через відповідні фактори, що входять до складу часткових критеріїв.

Інтегральний критерій (узагальнена цільова функція) є інструментом для уникнення невизначеності шляхом зведення багатокритеріальної задачі до однокритеріальної. Цей критерій представляє собою скалярну функцію векторного аргументу [15, 16]:

$$J_{\Sigma}(\mathbf{e}) = f(J_1(\mathbf{e}_1), J_2(\mathbf{e}_2), \dots, J_n(\mathbf{e}_n)), \quad (2)$$

де $J_{\Sigma}(\mathbf{e})$ - цільова інтегральна функція критерію оцінки загроз, $J_i(\mathbf{e}_i), i = \overline{1, n}$ - цільові функції складових критеріїв оцінки і ранжування загроз

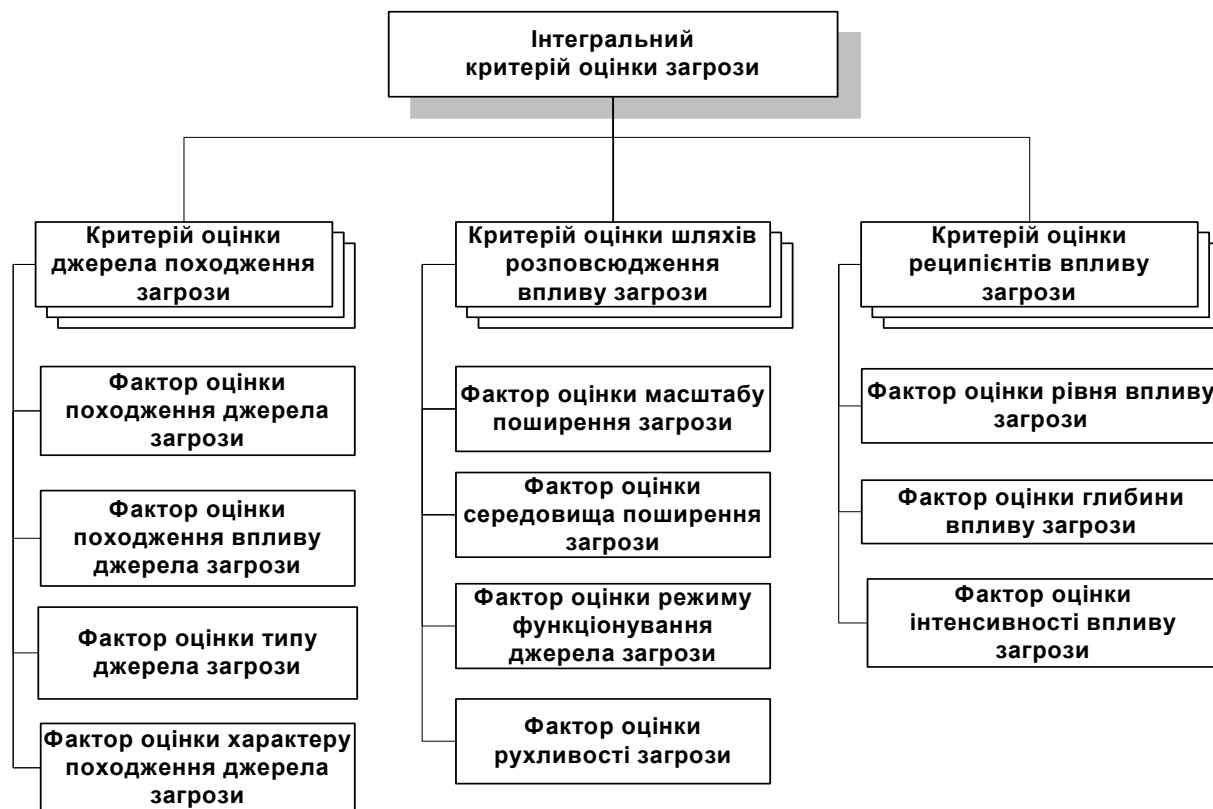


Рисунок 1- Система критеріїв оцінки природно-техногенних загроз

Вид функції (2) визначається внеском кожної складової критерію в інтегральний критерій. При оперативному розв'язанні багатокритеріальної задачі щодо інтегральної оцінки техногенних загроз природному середовищу доцільно перейти до скалярної задачі, використовуючи адитивну

$$J_{\Sigma}(\mathbf{e}) = \sum_{i=1}^n \frac{\alpha_i J_i(\mathbf{e}_i)}{S_i}, \quad (3)$$

або мультиплікативну

$$J_{\Sigma}(\mathbf{e}) = 1 - \prod_{i=1}^p \left(1 - \frac{\beta_i}{S_i} \cdot J_i(\mathbf{e}_i) \right) \quad (4)$$

узагальнену цільову функцію [15, 16].

У цих формулах коефіцієнти α_i, β_i відображають відносний внесок складових критеріїв в інтегральний, а коефіцієнти S_i забезпечують оцінку інформативності складових критеріїв. Вагові коефіцієнти α_i, β_i ,

S_i , аргументи цільової функції \mathbf{e}_i , (фактори в оцінках загроз за відповідними критеріями) визначаються експертними оцінками за шкалою Сааті [21] в безрозмірному вигляді.

Оцінювання загроз об'єктам критичної інфраструктури розглянуто на прикладі газотранспортної системи України. Побудова мережі та оцінювання здійснювалося на основі розробленого програмного продукту. В якості альтернати були обрані та описані три рівня загроз – загроза виникнення аварії з незначними наслідками, загроза виникнення аварії з відчутними наслідками, загроза виникнення аварії з непередбачуваними наслідками (катастрофи).

Зовнішній вигляд мережі для оцінювання показаний на рис. 2. Оцінка загроз показана на рис. 3. Використання готової програми значним чином спростило процедури побудови мережі та здійснення оцінювань в матрицях парних порівнянь та розрахунку суперматриці.

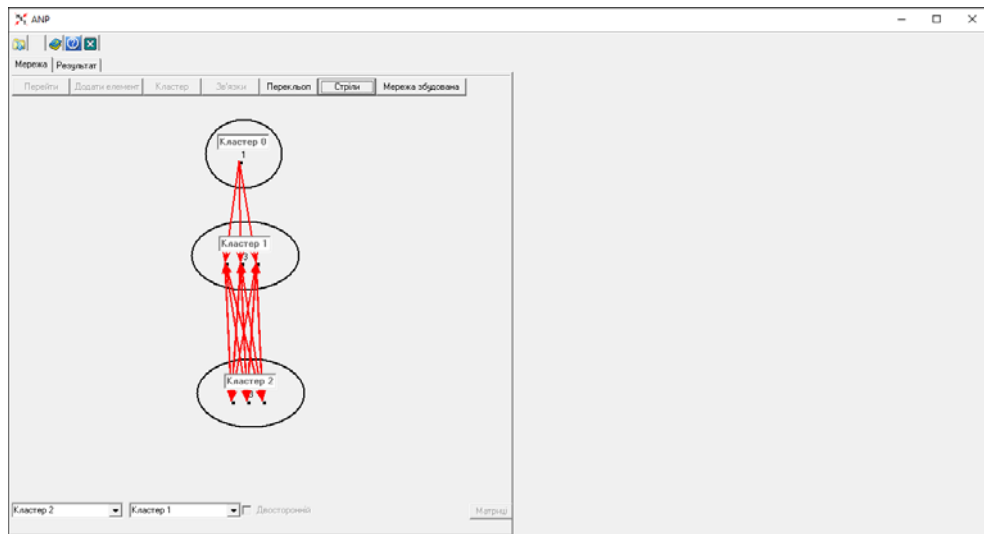


Рисунок 2 - Мережа для оцінки загроз виникнення аварії в газотранспортній системі України

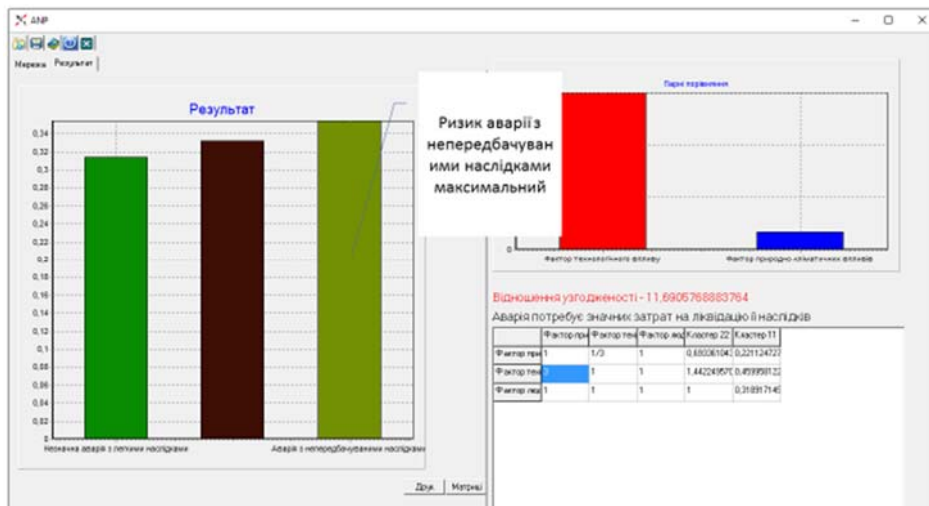


Рисунок 3 -Результат оцінювання загроз виникнення аварії в газотранспортній системі України

Висновки

Запропонований метод оцінювання можна застосовувати для оперативного експертного оцінювання техногенних загроз навколишньому природному середовищу на об'єктах критичної інфраструктури України. Гнучкість методу аналізу мереж дозволяють

адаптувати його для вирішення завдань не тільки оцінювання загроз, але і пошуку шляхів їх нейтралізації. В подальших дослідженнях ці переваги можуть бути використані для створення експертно-аналітичних систем з питань забезпечення природно-техногенної безпеки в Україні.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Романченко І.С., Сбітнева А.І., Бутенко С.Г. Екологічна безпека: екологічний стан та методи його моніторингу.-К.: МО України, ЦНДІЗС України, 2006. – 560 с.
2. Романченко І.С., Лисенко О.І. Чумаченко С.М., Бутенко С.Г., Турейчук А.М. Математичні моделі та інформаційні технології оцінки і прогнозування стану природного середовища випробувальних полігонів.

3. Напрямки вдосконалення природоохоронної діяльності в Збройних Силах України/ За редакцією О.І. Лисенка, С.М. Чумаченка, Ю.І. Ситника,- К.: ННЦ От І ВБ України, 2006.-424 с.
4. Агробіорізноманіття України: теорія, методологія, Індикатори, приклади. Книга 1.- К.: ЗАТ «Нічлава».- 2005. – 384 с. Чумаченко С.М. Результати цільового дослідження індексу живої планети(LPI) і стану

- популяцій видів, притаманних відкритим ландшафтам, на прикладі Яворівського військового полігону Сил України. С. 141-165.
5. Агробіорізноманіття України: теорія, методологія, Індикатори, приклади. Книга 2/за редакцією академіка НАН України та УААНО.О. Созінова, В.І. Придатка, О.І. Лисенка.- К.: ЗАТ «Нічлава».- 2005. – 592с.
 6. Лисиченко Г.В., Забулонов Ю.Л., Хміль Г.А. Природний, техногенний та екологічний ризики:аналіз, оцінка, управління. – К.: Наукова думка, 2008. – 542 с.
 7. Лисиченко Г.В., Хміль Г.А., Барбашев С.В. Методологія оцінювання екологічних ризиків. -Одеса.: «Астропринт», 2011. – 368 с.
 8. Вторжение в природную среду. Оценка воздействия / Пер. с англ. А.Ю. Ретеюма. - М.: Прогресс, 1983. – 193с.
 9. Семенова Л.А. Зарубежный опыт оценок воздействия на природную среду // В кн.: Географическое обоснование экологических экспертиз. - М., Изд-во МГУ, 1985. - С. 17-32.
 10. О.М. Черп, В.Н. Виниченко, М.В. Хотулєва, Я.П. Молчанова, С.Ю. Дайман. Экологическая оценка и экспертиза. - М: Эколайн, 2000, URL: <http://www.ecoline.ru/mc/books/>. – 202 с.
 11. Экологические системы. Адаптивная оценка и управление / Под ред. К-С.Холлинга. - М.: Мир. 1981. – 397 с.
 12. О.І. Лисенко, І.В. Чеканова, С.М. Чумаченко, А.М. Турейчук. Про розвиток поняття воєнна екологія.// Наука і оборона. - 2004.- №3.-С. 45-49.
 13. Качинський А.Б. Екологічна безпека України: системний аналіз перспектив покращення. –К.: НІСД, 2001. – 312 с.
 14. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Введение в системный анализ. - М.: Высшая школа, 1989. – 367 с.
 15. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. -М.: Наука, 1981. – 487 с.
 16. Thorpe J., Godwin R. Threatsto Biodiversity in Saskatchewan. - Saskatoon: SaskatchewanResearchCouncil, SRCPublicationNo. 11158-1C99, 1999. – 75 с.
 17. Margoluis R., Salafsky N. A GuidetoThreatReductionAssessmentforConservation. - Washington, D.C.: BiodiversitySupportProgram, www.BSPonline.org, 2001. – 43 с.
 18. Чумаченко С.М., Дудкін О.В. Методика ранжування загроз біорізноманіттю за їх пріоритетністю//Оцінка і напрямки зменшення загроз біорізноманіттю України. Під ред. Дудкіна О.В. К.: Хімджест, 2003. – 400 с.
 19. Чумаченко С.М., Дудкін О.В., Коржнев М.Н., Яковлев Є.О. Методичні аспекти оцінки і ранжування загроз для біорізноманіття в Україні. / К.: УІДНСРПНБОУ, Екологія і ресурси, Випуск 7, 2003, С. 77-86.
 20. Соціальні ризики та соціальна безпека в умовах природних і техногенних надзвичайних ситуацій та катастроф/ Відп. Редактор В.В. Дурдинець, Ю.І. Саснко, Ю.О. Привалов. – К.: Стилос, 2001. – 497 с.
 21. Саати Томас Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети. Пер. с англ. / Науч. ред. А.В.Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. – М.: Издательство ЛКИ, 2008. – 360 с.

NATURAL-TECHNOGENIC THREAT ASSESSMENT FOR CRITICAL INFRASTRUCTURES OBJECTS

S:Chumachenko, Doctor of Technical Sciences, Senior Research Fellow, V:Trotsko, Candidate of Military Sciences, Senior Research Fellow

The Ukrainian Civil Protection Research Institute, Ukraine

KEYWORDS

risk, threat assessment, critical infrastructure, network analysis method.

ANNOTATION

A method for threats assessment to critical infrastructure objects is proposed. It based on the ANP-process. In addition to resolving the issue of assigning a number of objects to the list of critical infrastructures, the article defines how it is possible to combine these objects into clusters, establish systemic links between them and conduct an assessment.

ОЦЕНКА ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ УГРОЗ ОБЪЕКТАМ КРИТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

С.М. Чумаченко, д-р. техн. наук, ст.научн.сотр., В.В. Троцько, канд.воен.наук, ст.научн.сотр.

Украинский научно-исследовательский институт гражданской защиты, Украина

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

риск, оценка угроз, критическая инфраструктура, метод анализа сетей.

АННОТАЦИЯ

Предложен метод оценки угроз объектам критической инфраструктуры, на основе метода анализа сетей (ANP-process). Кроме решения вопроса отнесения ряда объектов в список критической инфраструктуры в статье определено каким образом можно осуществлять объединение этих объектов в кластеры, устанавливать системные связи между ними и проводить оценку.

УДК 614.895.5:621.5

МОДЕЛЮВАННЯ ЗОВНІШНЬОГО ТЕПЛОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ПОЖЕЖНИКА-РЯТУВАЛЬНИКА ПРИ ПОЖЕЖІ У РЕЗЕРВУАРІ З НАФТОПРОДУКТАМИ

С.В. Поздєєв¹, д-р.техн.наук, проф., Т.В. Костенко^{1*}, канд.техн.наук, В.К. Костенко², д-р.техн.наук, проф., О.Л. Зав'ялова², канд.техн.наук, доц.

¹Черкаський інститут пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля, НУЦЗ України

²Донецький національний технічний університет

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції: 18.04.2017

Пройшла рецензування: 15.06.2017

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

математичне моделювання, температурні розподіли, пожежа у резервуарі з нафтопродуктами

АНОТАЦІЯ

Розглянуто температурні розподіли по поверхнях захисного спорядження та тіла рятувальника під час горіння резервуару з нафтопродуктами на підставі математичної моделі. Виявлено орієнтовні положення зони найбільшої температури нагрівання що знаходяться на відстані від 11 до 17 м від резервуару із пожежею. Встановлено, що поверхня тіла пожежника-рятувальника за 20 хв впливу пожежі при умові її найбільшого розвитку нагрівається до найбільшої температури 56.38 °С. Найбільш нагрітою частиною тіла рятувальника є область ключиці, саме там знаходиться щитоподібна залоза, яка відповідає за терморегуляцію організму, зона передньої частини голови під пожежним шоломом та передні частини стоп.

Актуальність. Пожежі в сховищах нафтопродуктів є одними з масштабніших, складних та небезпечних видів надзвичайних ситуацій. В резервуарних парках сконцентрована значна кількість рідкого пального, яка нараховує десятки тисяч тон речовини, тому при пожежі вилучаються сотні тисяч кубічних метрів токсичних газів, а також величезна теплова енергія. Ліквідація горіння в таких умовах потребує суттєвого об'єму вогнегасних засобів та людських ресурсів для їх подавання. Це визначає значні ризики травмування особового складу рятувальних підрозділів. Статистика свідчить про наявність значного числа теплових травм, таких як опіки, теплові удари, перегрів організму, втрати свідомості, а іноді летальні випадки [1]. Виходячи з цього, актуальними є дослідження, спрямовані на забезпечення безпеки рятувальників під час гасіння пожеж в сховищах нафтопродуктів. Провести повномасштабні експериментальні роботи з дослідження теплової обстановки в подібних умовах є занадто коштовним, тому симуляція з використанням сучасних математичних методів залишається майже єдиним шляхом відображення аварійної обстановки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Існує значна кількість досліджень присвячених теоретичному вивченню теплових процесів, що відбуваються в системі «джерело теплової енергії - простір навколо пожежника - захисний одяг - людський організм» (ДПЗЛ) при гасінні пожежі.

Але найчастіше розглядають підсистемі, які включають частину елементів системи, наприклад, «резервуар – факел пожежі – ґрунт» або «факел пожежі – захисне спорядження» [2-4].

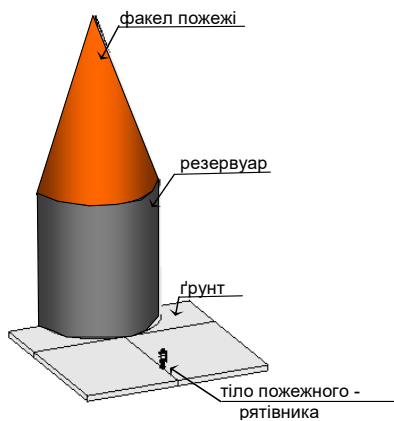
Мета роботи - розробка методичних підходів до математичного моделювання екстремального зовнішнього теплового навантаження на рятувальника в системі «джерело теплової енергії - простір навколо пожежника - захисний одяг - людський організм» (ДПЗЛ) та встановлення якісно-кількісних закономірностей динаміки температур в елементах цієї системи при гасінні палаючих резервуарів з нафтопродуктами.

Виклад основного матеріалу досліджень. Одним із сучасних способів дослідження складних систем є математичне моделювання за допомогою прикладних програм, що дозволяють вирішувати громіздкі системи рівнянь, зокрема метод кінцевих елементів в механіці твердих тіл, а саме його версія ANSYS 9.0 [5]. У даній роботі зроблена спроба використовувати цей метод для дослідження в статичі і динаміці процесів перенесення тепла в системі «джерело теплової енергії - простір навколо пожежника - захисний одяг - людський організм» (ДПЗЛ). Слід відмітити, що генерація фізіологічного тепла в даній роботі не враховується, тому одержані результати є ідеалізованими, однак вони чітко відображують рівні зовнішнього теплового навантаження та динаміку їх зміни.

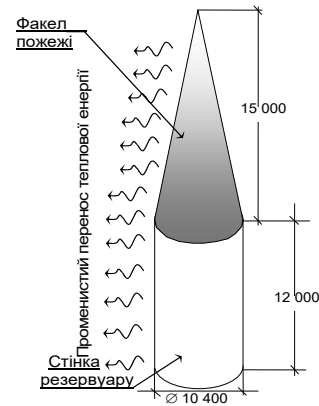
*E-mail: tatiana.kostenko@gmail.com

Сценарії пожежі передбачають варіант, коли нафтопродукт, що горить у факелі пожежі, є бензином, при цьому температура полум'я рівна 1127К.

Джерелом теплового впливу при моделюванні є факел пожежі над резервуаром, що має геометричні параметри, відповідні до схеми,



а)



б)

Рисунок 1 - Схема області моделювання теплового впливу пожежі на пожежника-рятувальника (а), геометрія розташування факелу над резервуаром із пожежею (б)

На рис.2 показана геометрична конфігурація розрахункової схеми тіла пожежника-рятувальника. Основні елементи тіла є роз'єднаними, для зменшення обсягів розрахунку та видалення деталей, наявність яких не впливає на точність розрахунків. Також важливою особливістю є наявність, крім захисного костюму, пожежних чобіт та пожежного шолому, які також наведені на рис. 2. Така постановка розрахункової схеми є принципово новою, вона суттєво розширює можливості дослідження термодинамічних процесів в кожному окремому з елементів системи ДПЗЛ при різних її станах.

При моделюванні розрахункових областей тіла пожежника-рятувальника були прийняті усереднені розміри спорядження щодо бойового одягу пожежного згідно із стандартом [6]. Усереднені розміри наступні - товщина спорядження пожежника-рятувальника для моделювання розрахункових областей (мм): захисного костюма - 8; шолома -5; чобіт пожежника -3. Прийнята товщина спорядження подібна до сучасних багатошарових протитеплових костюмів, наприклад типу ТК-800 або USP 2-2 (Польща).

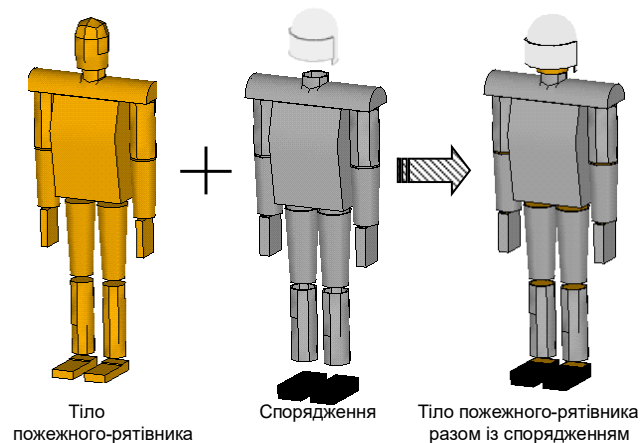
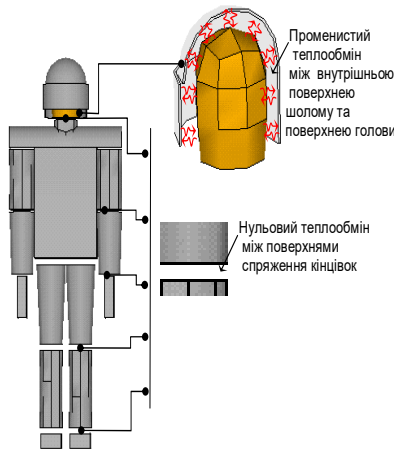


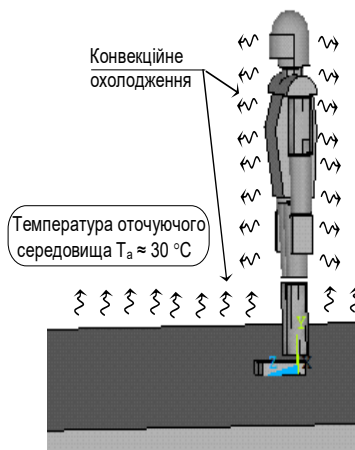
Рисунок 2 - Топологія розрахункових областей тіла пожежника-рятувальника, що використані для моделювання теплового впливу пожежі на нього

На тіло пожежника-рятувальника діє зовнішнє теплове випромінювання факела пожежі, а також відбите від поверхні ґрунту та випромінювання нагрітої поверхні ґрунту. Фізіологічне теплове навантаження пожежника-рятувальника при моделюванні не враховується що обумовлює одержання занижених результатів розрахунку температури в під костюмному просторі, але якісні показники та динаміка їх змін відображаються вірно.

При розгляді теплової дії випромінювання враховується що між внутрішньою поверхнею шолому та поверхнею голови відбувається також теплове випромінювання, як показано на рис.3а. Згідно із цією схемою поверхні сполучення кінцівок пожежника-рятувальника мають нульовий теплообмін, що дозволяє не враховувати це у розрахунковій області.



а)



б)

Рисунок 3 - Схеми моделей теплообміну між поверхнями захисного спорядження та тіла пожежника-рятувальника (а) та конвекційного охолодження поверхонь захисного спорядження пожежника-рятувальника та ґрунту (б)

Таблиця 1-Початкові дані до розрахунку температурного розподілу у підсистемі «факел пожежі – ґрунт»

Температура, °C				Ступінь чорноти		
ґрунту (початкова)	стілки резервуару із пожежею	оточуючого повітря,	факелу пожежі над резервуаром	поверхні стінки резервуару	поверхні ґрунту	факелу
30	225	30	Бензин	0,9	0,8	1
			1127			

Початкові дані, що використовуються згідно з [9] для встановлення граничних умов у підсистемі «факел пожежі – тіло пожежника-рятувальника» при проведенні розрахунків зведені до табл.2.

Теплофізичні властивості матеріалів ґрунту та резервуару із пожежею, можна прийняти згідно з рекомендаціями [11-12]. Згідно із цими

Крім врахування променистого теплообміну також враховано конвекційне охолодження поверхонь захисного спорядження пожежника-рятувальника та поверхні ґрунту, при їх обтіканні більш холодним оточуючим повітрям. На рис.3б схематично показано поверхні, що охолоджуються більш холодним оточуючим повітрям.

В тому випадку, коли температура повітря перевищує температуру поверхні спорядження відбувається не охолодження, а конвекційний нагрів підсистеми «оточуюче середовище - захисний одяг – тіло пожежника-рятувальника».

Початкові дані, що використовуються згідно з [7-10] для встановлення граничних умов у підсистемі «факел пожежі – ґрунт» при проведенні розрахунків зведені до табл.1.

рекомендаціями прийняті теплофізичні характеристики подані у табл. 3.

Теплофізичні властивості тканин людини та матеріалів захисного спорядження пожежника-рятувальника, можна прийняти згідно з рекомендаціями [8]. Згідно із ними прийняті теплофізичні характеристики подані у табл.4.

Таблиця 2- Початкові дані до розрахунку температурного розподілу підсистемі «факел пожежі – тіло пожежника-рятувальника»

Поверхня	Початкова температура °C	Ступінь чорноти
Тіло пожежника -рятувальника	37	-
Стінка шолому ,	25	0,8
Пожежні чоботи		
Захисний костюм		

Примітка: Коефіцієнт тепловіддачі при конвекційному тепло-обміні приймався $9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$

Таблиця 3- Теплофізичні характеристики матеріалу резервуару та ґрунту

Коефіцієнт теплопровідності, $\lambda(T), \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$	Питома теплоємність, $c_p(T), \text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{°C})$	Густина, $\text{кг}/\text{м}^3$
Теплофізичні характеристики сталі		
$\lambda = 54 - 3,33 \cdot 10^{-2}T$ при $20^\circ\text{C} \leq T \leq 800^\circ\text{C}$	$c_p = 425 + 0,773T - 1,69 \cdot 10^{-3}T^2 + 2,22 \cdot 10^{-6}T^3$ при $20^\circ\text{C} \leq T \leq 600^\circ\text{C}$ $c_p = 666 - 13002(T - 738)^{-1}$ при $600^\circ\text{C} < T \leq 735^\circ\text{C}$ $c_p = 545 - 17820(T - 731)^{-1}$ при $735^\circ\text{C} < T \leq 900^\circ\text{C}$ $c_p = 650$ при $900^\circ\text{C} < T \leq 1200^\circ\text{C}$	7850
$\lambda = 27,3$ при $800^\circ\text{C} < T \leq 1200^\circ\text{C}$		
Теплофізичні характеристики ґрунту		
1,2	900	2300

Таблиця 4- Теплофізичні характеристики матеріалу резервуару та ґрунту

Коефіцієнт теплопровідності, $\lambda(T), \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$	Питома теплоємність, $c_p(T), \text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{°C})$	Густина, $\text{кг}/\text{м}^3$
Усереднені теплофізичні характеристики тканин людини		
0.48	3350	1036
Теплофізичні характеристики матеріалу захисного костюму пожежника-рятувальника (брзент)		
0.06	1200	750
Теплофізичні характеристики матеріалу шолома пожежника-рятувальника (полікарбонат)		
0.161	1100	1200
Теплофізичні характеристики ґрунту матеріалу чобіт пожежника-рятувальника (шкіра)		
0.16	1000	1000

Використовуючи описаний вище математичний апарат, для проведення обчислювань була розроблена розрахункова методика з використанням описаних вище сценаріїв пожежі. Згідно із розрахунковою методикою обчислення проводяться за умов виконання наступних процедур.

1. Будується геометрична модель з прикладанням граничних умов відповідно до рисунків 1-3.

2. Організовується цикл в ході якого змінюється час впливу пожежі.

3. Час теплового впливу пожежі складає 60 хв, оскільки попередній розрахунок показав, що тепловий процес за даний час встановлюється сталим.

4. Розрахунок повторюється для резервуару з іншим сценарієм теплового впливу від пожежі.

5. При розгляді різних сценаріїв пожежі змінюють дистанція від пожежника-рятувальника та резервуару із пожежею, а також ступінь чорноти ґрунту.

Для реалізації такого алгоритму були створені кінцево-елементні схеми, які наведені на рис.4.

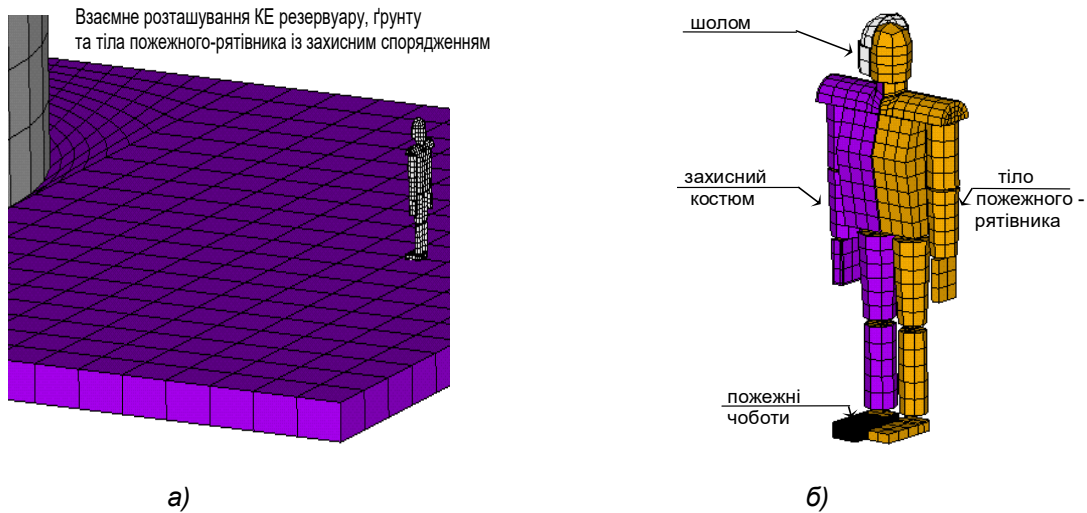


Рисунок 4 - Кінцево-елементні схеми теплової взаємодії між факелами пожежі над резервуаром, ґрунтом та тілом пожежника-рятувальника у захисному спорядженні:
 а - взаємне розташування кінцевих елементів основних розрахункових областей та положення пожежника-рятувальника;
 б – кінцево-елементна схема тіла пожежника-рятувальника

Дані розрахунків показують що поверхня ґрунту навколо резервуару прогрівається несуттєво, максимально на 7°C поблизу резервуару та 5°C у максимальній зоні нагріву на певній відстані резервуару. На рис.5 наведено графік розподілення температури у радіальному напрямку від резервуару.

Графік температури на рис.5 є ломаним унаслідок нерівномірного рішення рівняння променистого теплообміну для поверхонь кінцевих елементів, розподіл яких також є нерівномірним.

Для більш детального аналізу були побудовані температурні розподілення на поверхні захисного спорядження пожежника-рятувальника для того ж часового інтервалу. Отримані температурні розподілення, що наведені на рис.6. Представлені результати розрахунку з інтервалом п'ять хвилин на протязі 20 хв та відстані 10 м від резервуару. Розрахунки температур в подальшому часі не представлено через те що, як показали подальші розрахунки, в середині захисного костюму настає критична температура 50°C і роботу рятувальника слід негайно припинити.



Рисунок 5 - Розподілення температури поверхні ґрунту у радіальному напрямку від резервуару на 20 хв продовження розвинутої пожежі над ним.

На даних розподілах можна помітити, що найбільш нагріта зона на поверхні захисного спорядження знаходиться у області грудей у місці

ключиці. Інтенсивне розігрівання цієї ділянки тіла є особливо небезпечним внаслідок того що там знаходиться щитоподібна заліза, яка

відповідає за терморегуляцію організму. Тому ця частина тіла потребує особливих мір захисту від теплового впливу.

Також більш нагрітою зоною, порівняно із іншими, є зона передньої частини пожежного шолома. Вона безпосередньо наближена до

головного мозку – основі центральної нервової системи, нагрівання його підвищує ризик теплового враження рятувальника. В такому місці також потрібний підвищений захист від зовнішнього теплового навантаження

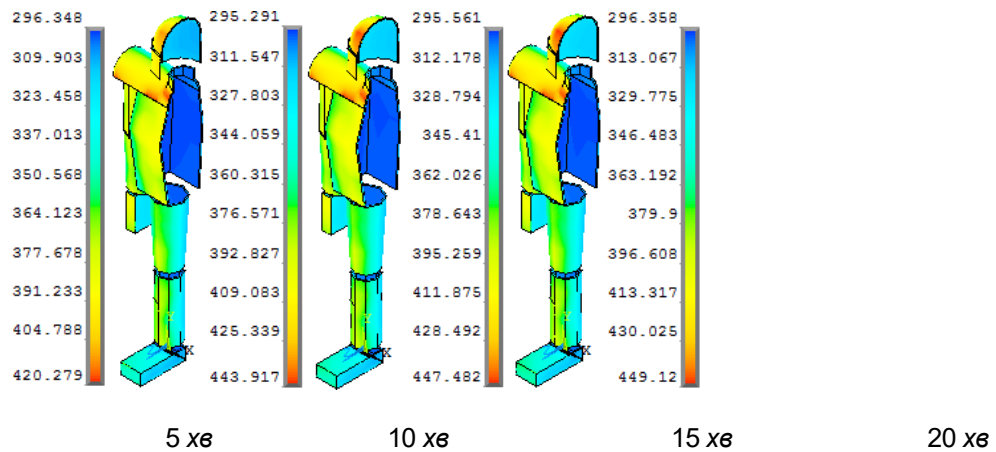


Рисунок 6 - Динаміка розподілення температури (К) на зовнішній та внутрішній поверхнях захисного спорядження на відстані 10 м від резервуару

Обраний методичний підхід до моделювання системи ДПЗЛ дозволяє розглянути температурну динаміку її окремих елементів, наприклад тіла рятувальника, що одягнений в теплозахисний

костюм. На рис.7 представлені результати розрахунку на поверхні тіла пожежника-рятувальника під захисним спорядженням у різні моменти часу на відстані 10 м від резервуару.

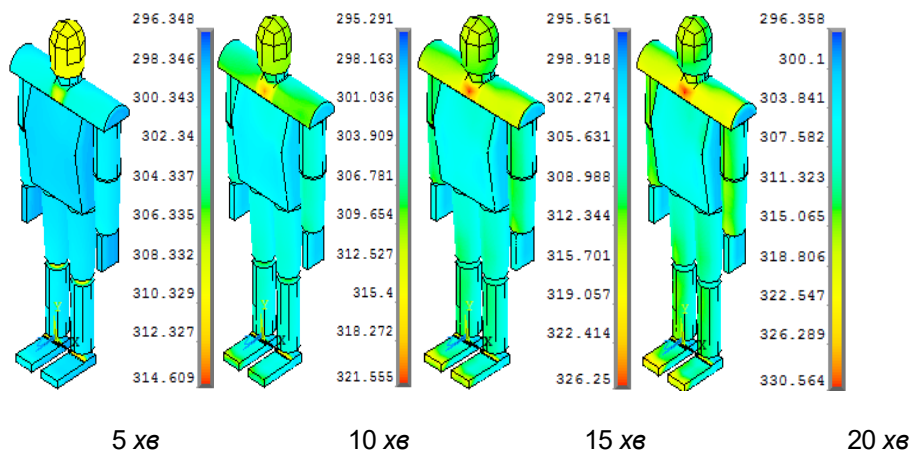


Рисунок 7- Динаміка розподілення температури (К) по поверхні тіла пожежника-рятувальника на відстані 10 м від резервуару.

На даних розподілах можна помітити, що найбільш нагріта зона на поверхні тіла пожежника-рятувальника а знаходиться у області грудей у місці ключиці. Також більш нагрітою зоною порівняно із іншими є зона передньої частини голови під пожежним шоломом та передньої частини стоп.

Аналіз температурних розподілів у тілі пожежника-рятувальника показав, що процес

його нагріву протікає у декілька етапів. На першому етапі до 7 хв температура поверхні тіла пожежника-рятувальника під захисним спорядженням є нижчою за температуру його внутрішніх шарів, що можна побачити на рис. 6-7 у час теплового впливу пожежі 5 хв. На наступному етапі поверхня тіла має температуру, більшу за температуру внутрішніх шарів але вона не перевищує небезпечний показник 50°C, що

дозволяє пожежнику-рятувальнику знаходитися у порівняно безпечному стані.

Аналіз найбільш нагрітих зон поверхні тіла пожежника на останньому етапі показав що найбільш нагрітою областю є область ключиці. На відстані 10 м від резервуара максимальна температура нагріву поверхні тіла пожежника-рятувальника а складає 57 °С у області ключиці, а максимальна температура поверхні пожежника-рятувальника складає 64 °С у області передньої частини стоп.

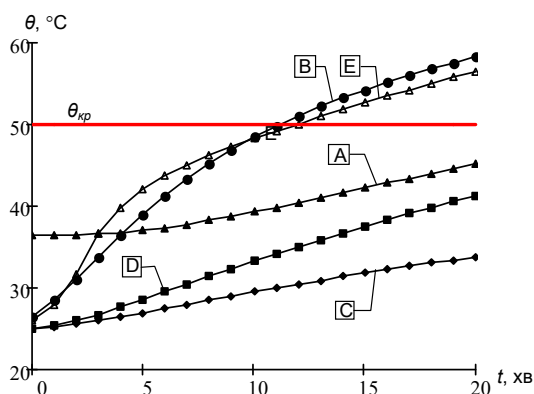
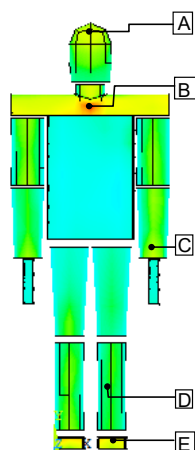


Рисунок 8 - Динаміка нагрівання точок поверхні тіла пожежника-рятувальника у його найбільш нагрітих зонах на відстані від резервуару із пожежею 10 м.

Висновки. 1. На основі аналізу відомих досліджень обставин пожеж у резервуарних парках із нафтопродуктами та небезпечного впливу теплових проявів на особовий склад оперативно-рятувальних підрозділів створено комплексну розрахункову модель перерозподілу тепла у складній системі «джерело теплової енергії - простір навколо пожежника - захисний одяг - людський організм». Відмінною особливістю моделі від інших відомих є можливість аналізувати перенос тепла у окремих підсистемах з урахуванням геометричних, фізико-механічних та термодинамічних властивостей елементів цієї підсистеми. Такий методичний підхід до математичного моделювання екстремального теплового впливу на рятувальників реалізовано вперше.

2. Для реалізації розрахунку із використанням створеної моделі був використаний метод кінцевих елементів, що дало можливість вивчати температурні розподіли по поверхні захисного спорядження та поверхні тіла пожежника-рятувальника для досягнення мети роботи.

Для більшого уявлення про процес нагрівання були побудовані графіки режимів нагрівання точок поверхні тіла пожежника-рятувальника у його найбільш нагрітих зонах (рис.8).

Аналізуючи дані, що наведені на рис.8, можна зробити висновок що критична температура для нормального функціонування 50°С пожежника-рятувальника досягається у двох зонах – у області ключиці та передній частині стоп. Критична температура досягається у даних зонах майже одночасно за 12 хв.

3. В умовах факельного горіння нафтопродуктів в резервуарі найбільш нагрітими зонами поверхні тіла пожежника є область ключиці, саме там знаходиться щитоподібна залоза, яка відповідає за терморегуляцію організму. Також інтенсивно нагрітою зоною, порівняно із іншими, є зона передньої частини голови під пожежним шоломом та передні частини стоп.

4. Для конкретного випадку горіння бензину в резервуарі діаметром 10,4 м та висотою 12м виявлено орієнтовні положення зони найбільшої температури нагрівання поверхні ґрунту що знаходяться на відстані від 3 до 17 м від резервуару із пожежею при цьому ґрунт нагрівається за 20 хв якнайбільше на 5...7°С. На відстані 10 м від резервуара максимальну температуру нагріву поверхні тіла пожежника-рятувальника зареєстровано через 12...15 хв, вона сягає 57 °С у області ключиці, а максимальна температура поверхні пожежника-рятувальника складає 64 °С у області передньої частини стоп. Слід додати що ці температурні показники є заниженим внаслідок не врахування фізіологічної теплоті що генерується в організмі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Показники виробничого травматизму на підприємствах та в підрозділах ДСНС (МНС) України за 2005 - 2016 рр.
2. Болібрух Б. В. Моделювання теплових процесів в елементах одягу пожежника / Б. В. Болібрух, А. А. Мичко // Пожежна безпека: збірник наукових праць – Львів: ЛШПБ, 2004. С.12-20.
3. Лин А.С. Экспериментальні дослідження за методикою полігонних випробувань оцінювання термозахисних властивостей захисного одягу пожежників / А.С. Лин, А.А. Мичко, А.В. Івахов // Пожежна безпека: збірник наукових праць.– Львів: ЛДУБЖД, - №21. С.205-110.
4. Болібрух Б. В. Особливості проведення випробувань термозахисних властивостей спеціальних матеріалів захисного одягу пожежників / Б. В. Болібрух, Б. В. Штайн, В. В. Присяжнюк // Збірник наукових праць. VI Всеукраїнської наукової конференції – Київ: 2006.- С. 268-270.
5. ANSYS, ANSYS 9.0 Manual Set, ANSYSInc., Southpoint, 275 Technology Drive, Canonsburg, PA 15317, USA.
6. ГОСТ Р 53264-2009 Техника пожарная. Специальная защита пожарного. Общие технические требования. Методы испытаний.
7. ДСТУ Б В.2.6 – 183:2011. Резервуари вертикальні циліндричні сталеві для нафти та нафтопродуктів.
8. Термодинамические свойства индивидуальных веществ: Справ. в 4;х т. – Т.1. Кн.1. – М.: Наука, 1978. – 496 с
9. EN 1991-1- 2:2002 Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-2: Generalactions –Actions on structures exposed to firePart 1-2: Generalrules – Structural fire design, Brussels, 2002.
10. Чернецький В. В. Вплив теплових факторів пожежі на цілісність вертикальних сталевих резервуарів з нафтопродуктами [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 21.06.02 – пожежна безпека / Чернецький Володимир Володимирович. — Лівів, 2016. —121 с.
11. Тимофеев А.М., Кравцова О.Н., Малышева А.В., Протодяконова Н.А. Теплофизические свойства талых и мерзлых грунтов, загрязненных дизельным топливом. Вестник Самарского федерального университета им. М.К. Амосова. №2, т.8, 2011. – С. 15 – 19.
12. EN 1994-1- 2:2005 Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structures – Part 1-2: General rules – Structural fire design.

MODELING OF EXTERNAL THERMAL LOAD ON FIRE RESCUERS DURING A FIRE IN A TANK WITH OIL PRODUCTS

S.Pozdieiev¹, Doctor of Technical Sciences, Professor, T. Kostenko¹, Candidate of Technical Sciences, V.Kostenko², Doctor of Technical Sciences, Professor, O. Zavialova², Candidate of Technical Sciences, Docent.

¹Cherkassy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes of National University of Civil protection of Ukraine

²Donetsk National Technical University

KEYWORDS

mathematical modeling, temperature distributions, fire in a tank with oil products

ANNOTATION

Temperature distributions on the surfaces of protective equipment and the rescuer's body during the tank fire with oil based on a mathematical model are considered. It is revealed approximate position of the zone of maximum heating temperature at a distance from 11 to 17 m from the tank with fire. It is established that a rescuer's body surface in 20 minutes under fire exposure in the condition of its greatest development is heated to the highest temperature of 56.38 °C. The most heated part of the rescuer's body is collarbone area because there is thyroid gland that is responsible for the organism's thermoregulation, the area of front part of head in a fire helmet and front parts of feet.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВНЕШНЕЙ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ НА ПОЖАРНЫХ-СПАСАТЕЛЕЙ ПРИ ПОЖАРЕ В РЕЗЕРВУАРЕ С НЕФТЕПРОДУКТАМИ

С.В. Поздеев¹, д-р.техн.наук, проф., Т.В. Костенко¹, канд.техн.наук, В.К. Костенко², д-р.техн.наук, проф., О.Л. Завьялова², канд.техн.наук, доц.

¹Черкасский институт пожарной безопасности им. Героев Чернобыля, НУГЗ Украины

²Донецкий национальный технический университет

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

математическое моделирование, температурные распределения, пожар в резервуаре с нефтепродуктами

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены температурные распределения по поверхностям защитного снаряжения и тела спасателя во время горения резервуара с нефтепродуктами на основании математической модели. Выявлены ориентировочные положения зоны наибольших температур нагрева, находящиеся на расстоянии от 11 до 17 м от резервуара с пожаром. Установлено, что поверхность тела пожарного-спасателя за 20 мин воздействия пожара при условии ее наибольшего развития нагревается до самой температуры 56.38 °C. Наиболее нагретой частью тела спасателя является область ключицы, именно там находится щитовидная железа, которая отвечает за терморегуляцию организма, зона передней части головы под пожарным шлемом и передние части стоп.

УДК (354.404+614.84):528.835.042.6

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИМОГ ДО ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАСОБІВ ВЕДЕННЯ РОЗВІДКИ ПОЖЕЖ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

С.П. Мосов¹, д-р. військ. наук, проф., С.А. Станкевич², д-р. техн. наук, доц., С.М. Чумаченко³,

д-р. техн. наук, ст. наук. співр.

¹Черкаський інститут пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗУ

²Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГННАН України

³Український науково-дослідний інститут цивільного захисту, Україна

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції: 18.04.2017
Пройшла рецензування: 15.05.2017

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

пожежа, засіб ведення розвідки, безпілотні літальні апарати, аерознімальна апаратура

АНОТАЦІЯ

У статті описано порядок обґрунтування вимог до технічних характеристик засобів ведення повітряної розвідки пожеж, що встановлюються на безпілотних літальних апаратах, у видимому та інфрачервоному діапазонах спектра в інтересах оперативного виконання завдань розвідки пожеж і місць їх імовірного виникнення

Постановка проблеми. Існуючі системи аерознімання з борту безпілотних літальних апаратів (далі – БПЛА) як правило створювалися без урахування специфічних вимог, що пред'являються до дистанційного виявлення осередків займання та пожеж, і тому вони не завжди є ефективними для вирішення цього завдання. Задоволення науково обґрунтованим вимогам до бортової аерознімальної апаратури БПЛА потенційно спроможне підвищити повноту і достовірність виявлення пожеж, особливо прихованих типу торф'яних, та забезпечити більш глибоку автоматизацію обробки матеріалів аерознімання в інтересах розвідки пожеж.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Ведення розвідки пожеж за допомогою БПЛА має певні переваги над традиційними засобами – наземними та повітряними, з борта літаків і вертольотів, що підтверджує існуючий світовий досвід. Окрім високої економічної ефективності (здешевлення у десятки разів), БПЛА забезпечують додаткові переваги при веденні розвідки пожеж [1, 2]:

- маловисотність – можливість виконувати знімання з висот від 10 до 200 метрів для одержання зображень надвисокої розрізненості;
- точковість – можливість детального знімання невеликих об'єктів і ділянок там, де отримати зображення іншими способами не рентабельно або технічно неможливо, наприклад, в умовах міської забудови;
- мобільність – спроможність обходитися без аеродромів або спеціально підготовлених злітних майданчиків; БПЛА легко

транспортуються легковими автомобілями (а деякі переносяться вручну);

- відсутність складної процедури дозволів і узгодження польотів для БПЛА вагою до 20 кг;
- висока оперативність – повний цикл застосування, від виїзду в район події до отримання документальних результатів, займає одиниці годин.

Різні об'єкти аерознімання мають неоднакові енергетичні та спектральні відбивні й випромінювальні характеристики, відрізняються своїми геометричними розмірами і формою, характером змін у часі та просторі. Безумовно, ці особливості об'єктів мають враховуватися при виборі аерознімальної системи. При цьому, у першу чергу, розглядаються такі характеристики [2, 5]:

- спектральний діапазон, в якому виявляються об'єкти спостереження;
- потрібна детальність реєстрації зображень об'єктів;
- необхідні радіометрична розрізненість і динамічний діапазон яскравостей об'єктів;
- площа (геометричні розміри) сцени – ділянки земної поверхні, яка буде зніматися;
- задана оперативність – максимально припустимий час з моменту надходження завдання на аерознімання до надання інформації про об'єкти.

Ще одним чинником, який треба враховувати при аналізі системи розвідки та спостереження, є тип аерознімальної апаратури. Внаслідок складності формування аерозображення, перш за все в різних робочих

*E-mail: s_chum@ukr.net

діапазонах електромагнітного спектру, дотепер не вдається сконструювати універсальну аерознімальну апаратуру. Тому для одержання інформації про земну поверхню та поточний стан об'єктів сцени на безпілотних носіях на сьогоднішній день встановлюють оптико-електронні, інфрачервоні, лазерні і радіолокаційні системи моніторингу земної поверхні [6, 7].

Для об'єктивного оцінювання можливостей виявлення та розпізнавання об'єктів за матеріалами аерознімання при застосуванні безпілотної розвідувальної системи використовуються різні розрахункові моделі та методи: енергетичні, різкісні, просторово-частотні, інформаційні [8].

Постановка завдання та його розв'язання. Метою статті є розробка підходів до визначення вимог до складу та орієнтовних технічних характеристик безпілотних авіаційних систем, які можуть застосовуватися для оперативного виконання завдань розвідки пожеж і місць їх імовірного виникнення.

Виклад основного матеріалу. Останнім часом малогабаритні БПЛА знаходять все більш широке застосування для повітряного моніторингу різноманітних об'єктів, в тому числі в сфері пожежної безпеки. Застосування БПЛА для дистанційного зондування пожеж і місць їх ймовірного виникнення є новим і перспективним напрямком як для нашої країни, так і для провідних країн світу. Мають місце чисельні приклади застосування БПЛА для вирішення локальних завдань, пов'язаних з дистанційним зондуванням пожеж чи можливих місць їх виникнення, а також приклади моніторингу ситуації під час гасіння пожеж.

Одним із перспективних підходів до вирішення завдання щодо формування вимог до ТТХ безпілотних авіаційних комплексів (БПАК) є підхід, який активно розвивається при розв'язанні завдань системного передбачення і який отримав назву сценарного підходу [22-25].

Метод сценаріїв знайшов широке розповсюдження у світі при розробці управлінських рішень завдяки тому, що надає можливість оцінити найбільш ймовірний хід розвитку подій і можливі наслідки ухвалюваних рішень.

Термін сценарій розглядається нами як відносна картина можливого розвитку подій при пожежі на ПС та відповідно до нього вибір типів БПАК і способів їх застосування. Сценарії розвитку типових пожеж, що розробляються фахівцями, дозволяють з тим або іншим рівнем достовірності визначити

можливі тенденції та напрямки розвитку БПАК для цієї сфери, взаємозв'язки між зовнішніми та внутрішніми чинниками їх розвитку, сформувані картину можливих станів пожежі та особливості застосування в них БПАК під впливом тих або інших чинників.

Сценарій повинен давати послідовні відповіді на такі питання:

як саме, крок за кроком, може виникати й розвиватись та чи інша гіпотетична пожежа;

які альтернативні типи БПАК з конкретними ТТХ потрібно застосовувати на кожному етапі розвитку подій для того, щоб ефективно вплинути на даний процес;

які ефективні методи повітряного спостереження та моніторингу потрібно реалізувати тим чи іншим типом БПЛА при пожежі на ПС.

Технології сценарного підходу, в нашому випадку, спрямовані на розв'язання п'яти основних проблем:

виділення ключових моментів розвитку пожежі і розробки на цій основі варіантів її динаміки;

комплексний аналіз і оцінка кожного із отриманих варіантів, вивчення їх особливостей і можливих наслідків реалізації;

вибір відповідного типу БПАК для реалізації поставлених завдань;

вибір відповідного типу БПЛА з відповідними ТТХ;

вибір із множини варіантів їх застосування оптимального за ресурсно-часовими критеріями.

В результаті застосування запропонованих схем та їх аналізу можна отримати різні варіанти конкретних сценаріїв поточного стану і перспектив розвитку обраної моделі складної системи БПАК.

Основні методи генерації сценаріїв прийнято поділяти на неформальні, формалізовані і частково-формалізовані. До неформальних відносяться методи побудови сценаріїв з пріоритетним використанням думки експертів. До формалізованих відносяться методи генерації сценаріїв, що базуються на автоматичній або автоматизованій процедурі. До частково-формалізованих відносяться схеми формалізованої побудови дерева подій пожежі, що корегуються за допомогою експертних оцінок.

В нашому випадку у типовий сценарій включаються:

техногенна складова – джерела небезпеки виникнення пожежі;

природно-техногенна підсистема – повітря, поверхневі води, ґрунти, інженерна інфраструктура, які розглядаються як

середовища розгортання механізмів ліквідації пожежі;

БПАК – технічна складова з відповідним корисним цільовим навантаженням, що реалізовує завдання моніторингу і ліквідації пожежі на ПС;

способи застосування БПАК – технології реалізації типових завдань у сфері цивільного захисту для гасіння пожеж;

Існує декілька підходів до розробки сценаріїв, але всі вони засновані на трьох загальних положеннях:

початковим пунктом завжди повинна бути точна оцінка реальної пожежі, що веде до розуміння динаміки впливаючих чинників;

для впливаючих чинників пожежі з невизначеними тенденціями розвитку повинні бути виконані спеціальні прогнози і зроблені раціональні пропозиції експертів;

повинна бути розроблена множина альтернативних сценаріїв розвитку пожежі та відповідних способів застосування БПАК (як мінімум три - песимістичний, оптимістичний і найбільш ймовірний (реалістичний або середній)), що є певною логічною картиною.

Існує два типи сценаріїв розвитку пожежі. Перший тип містить опис послідовності кроків, що ведуть до прогнозованого стану процесу розвитку пожежі, чинників і подій, що роблять вирішальний вплив на цей процес. Другий тип сценаріїв містить опис можливих наслідків для навколишнього середовища і людей, якщо пожежа досягне прогнозованого образу.

На рис. 1 представлена структурно-функціональна схема застосування сценарного підходу першого типу сценаріїв в методиці обґрунтування вимог до ТТХБПАК для вирішення поставлених завдань.

Оскільки в реальних ситуаціях разом з кількісними змінними використовуються й якісні, передбачається розробка для кожної змінної вербально-числової шкали, що містить як чисельні значення градацій, так і їх змістовний опис.

Змістовний опис дозволяє розширити склад змінних, включаючи в нього змінні, що дійсно відображають характер ситуації застосування БПАК, хоча і не мають кількісної природи. Кількісні значення змінних дозволяють надійніше визначати можливі небезпеки, вимоги до цільового корисного навантаження та ТТХ.

Якщо змінні безперервні, то доцільне виділення характерних діапазонів їх значень для використання при аналізі ситуації застосування БПАК.

Залежно від типу об'єктів аерознімання виділяють два роди завдань дешифрування аерознімків. Завдання першого роду припускають виявлення і розпізнавання компактних об'єктів складної форми. До таких об'єктів відноситься передусім об'єкти штучного походження. Як правило, основна інформація для вирішення задач першого роду виконується з аерознімків високої просторової розрізненості [3]. До завдань другого роду відносяться виявлення та класифікація площадкових об'єктів з приблизно незмінними статистичними властивостями.

Якщо для об'єктів першого роду основними розпізнавальними ознаками є форма і деталі, то для об'єктів другого роду – зареєстровані спектральні сигнали [4]. Слід зауважити, що для розвідки пожеж являють інтерес об'єкти як першого (будівлі, споруди, інженерна інфраструктура тощо) так і другого (лісові та інші природні пожежі, розливи палильних рідин, відкрите полум'я тощо) родів.

Основними вимогами, що пред'являються до авіаційного носія апаратури спостереження в таких випадках, є забезпечення оперативності та інформативності аерознімання. БПЛА вертикального зльоту та посадки мають певні переваги при виявленні пожеж і моніторингу місць їх імовірного виникнення: простота управління, маневреність, надійність на режимах польоту навколо земної поверхні та місцевих предметів і споруд, можливості діяти в режимі зависання над об'єктом у разі необхідності. Перспективною авіаційною платформою для систем розвідки пожеж виступає такий тип БПЛА, як мультикоптер [9]. Це універсальні, конструктивно надійні, компактні та економічні БПЛА у порівнянні з БПЛА традиційної гелікоптерної схеми.

Сучасні мультикоптери, що обладнані безколекторними електродвигунами та літій-полімерними акумуляторами, забезпечують повітряне спостереження на відстанях від сотень метрів до декількох десятків кілометрів при швидкостях польоту до (30-60) км/год протягом (10-45) хв. за допомогою бортової аерознімальної апаратури масою від 0,3 до 5 кг [10], що є достатнім для ведення повітряної оптико-електронної розвідки пожеж.

Основними показниками, що визначають ТТХ і можливості аерознімальної системи, є робочий спектральний діапазон (діапазони), геометрія побудови зображень і забезпечувана розрізненість – просторова, радіометрична та спектральна [11].

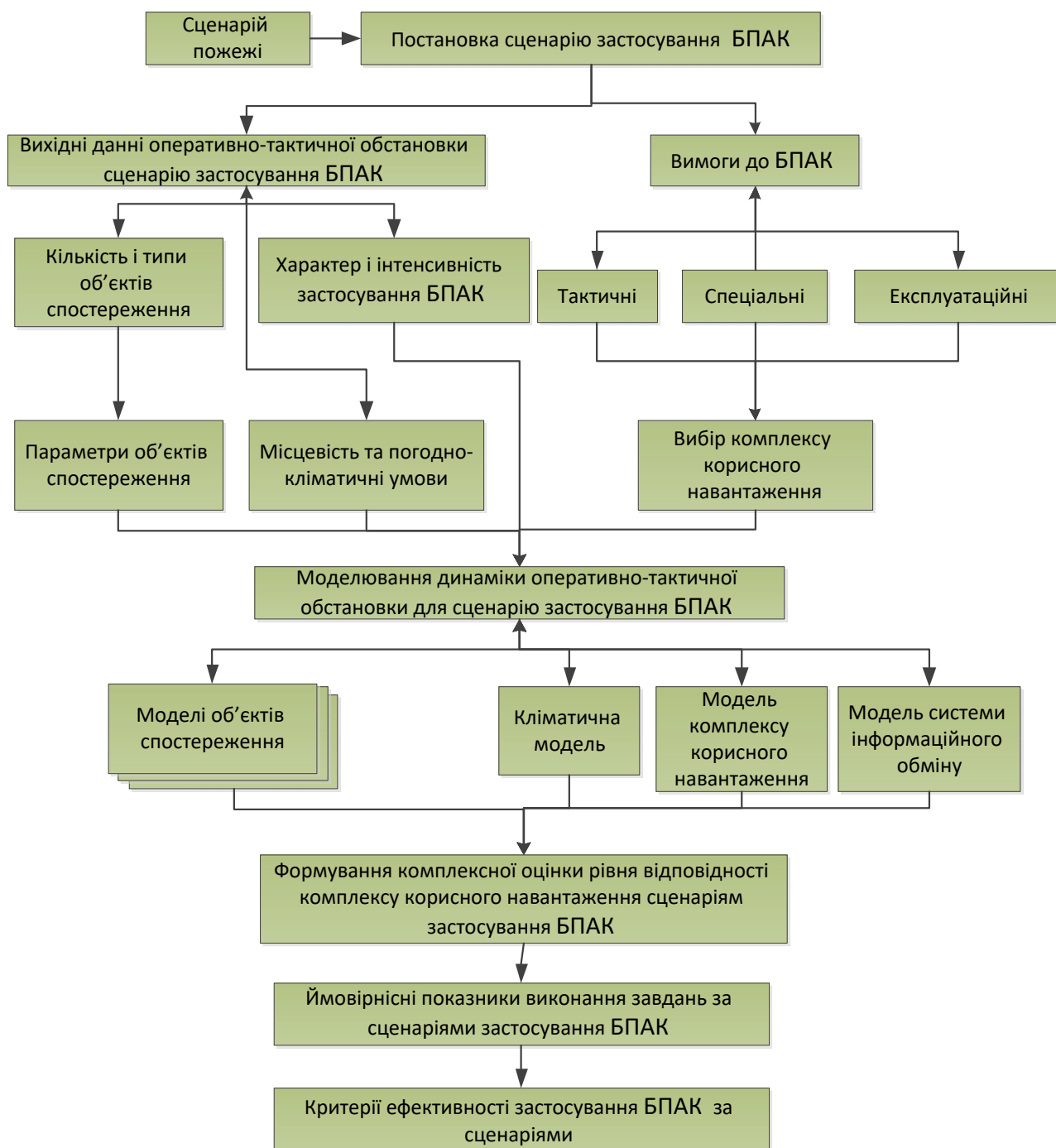


Рисунок 1 - Узагальнена структурно-функціональна модель застосування сценарного підходу до обґрунтування вимог до ТТХБПАК та способів їх застосування

Ефективність застосування бортової аерознімальної апаратури залежить від її власних технічних характеристик та обраних параметрів польоту носія при виконанні аерознімання. Якнайповніше ефективність аерознімальних систем описується імовірністю P_0 виявлення об'єктів на отримуваних зображеннях. У праці [12] показано, що цю

імовірність можна приблизно оцінити за формулою:

$$P_0 = \exp \left[\frac{\ln \alpha}{\lg \frac{1+K}{1-K}} \left(\frac{d}{d_0} \right)^2 \right], \quad (1)$$

де d – забезпечувана аерознімальною системою детальність на місцевості, d_0 – характерна детальність об'єкта знімання, α – імовірність правильного виявлення об'єкта на зображенні просторової розрізненості, що дорівнює характерній детальності, K – радіометричний контраст об'єкта на зображенні.

Враховуючи геометрію побудови зображень в сучасній цифровій аерознімальній апаратурі [13], можна отримати узагальнене аналітичне співвідношення взаємозв'язку технічних характеристик аерознімальної системи та параметрів польоту носія, яке забезпечує максимум середньої імовірності виявлення об'єкта при зніманні [14]:

$$\frac{\gamma H}{d_0} \sqrt{\frac{-\ln \alpha_0}{\lg \frac{1+K}{1-K}}} = \frac{1}{\operatorname{tg} \beta} \operatorname{erf}^{-1}\left(\frac{2\beta}{\pi}\right), \quad (2)$$

де γ – кутова розрізненість аерознімальної апаратури, β – кут огляду апаратури, H – висота аерознімання.

Співвідношення (2) може використовуватися при обґрунтуванні вимог до ключових технічних характеристик оптико-електронної аерознімальної апаратури БПЛА з урахуванням завдань розвідки пожеж і місць їх імовірного виникнення, до яких слід віднести: виявлення місць (незаконні звалища та накопичення пожежонебезпечного сміття, наявність великих площ сухої трави, торфовищ чи сухого лісу тощо) імовірного виникнення пожежі; виявлення джерел загоряння на місцевості та появи диму; встановлення місцезнаходження людей і тварин, визначення існуючої їм загрози від пожежі, а також шляхів і способів евакуації; визначення місця та розмірів пожежі, об'єктів горіння, а також напрямів та динаміки розповсюдження вогню; спостереження за процесом гасіння пожежі; виявлення місць імовірних руйнувань та обвалів; визначення можливих шляхів і напрямів введення та переміщення сил і засобів для ліквідації пожежі; визначення необхідності евакуації матеріальних цінностей, крупного домашнього скота, шляхів і способів їх евакуації; оцінка результатів гасіння пожежі; оцінка збитків від пожеж тощо.

Аналіз завдань розвідки пожеж і місць їх імовірного виникнення дозволяє визначити можливі геометричні розміри та температурні контрасти, що підлягають дистанційному виявленню з повітря (табл. 1). Виходячи з цього

формулюються кількісні вимоги до бортової аерознімальної апаратури видимого діапазону (цифрових камер) і теплового діапазону з можливостями калібрування та дистанційного вимірювання температури об'єктів спостереження (інфрачервоних радіометрів).

Таблиця 1 - Температурні показники пожеж (приклади) [15-17]

№	Назваоб'єкту	Температура запалення, °С	Температура горіння, °С
1.	Торф	225	530-650
2.	Кам'яне вугілля	325-535	900-1400
3.	Нафтопродукти	220-375	1100-1300
4.	Терміт	1300	2000-3000
5.	Ліс	300	750-900
6.	Суха трава		700-800

Аерознімання в інфрачервоному діапазоні дозволяє отримувати додаткову інформацію про пожежонебезпечні об'єкти та процеси виникнення й розповсюдження пожеж на земній поверхні, починаючи з виявлення перших ознак пожежі – збільшення температури об'єкту чи появи диму. Інфрачервоні аерознімальні системи забезпечують отримання зображень об'єктів за їх власним тепловим випромінюванням, тому за їх допомогою аерознімання може проводитися як вдень, так і вночі.

Зараз багато компаній пропонують малогабаритні тепловізійні камери дальнього інфрачервоного діапазону. Деякі з таких камер спеціально призначені для встановлення на безпілотні носії, інші передбачають таку можливість [18]. Більшість наявних на ринку зразків авіаційних інфрачервоних радіометрів побудовано на основі неохолоджуваних мікроболометричних матриць розміром не більш ніж (640×512) фотодетекторів 25- або 17-мікронного технологічного процесу, що суттєво обмежує просторові характеристики аерознімання – кутову розрізненість та кут огляду – у порівнянні з цифровими камерами видимого діапазону [19]. Вагові показники сучасних інфрачервоних радіометрів (маса не більше 1 кг) допускають їх встановлення на легкі мультикоптерні платформи.

Радіометричний контраст в інфрачервоній знімальній апаратурі при зніманні вночі визначається в основному спектральною щільністю енергетичної світності $M(\lambda, T)$ власного теплового випромінювання об'єкта і фона відповідно до закону Планка [20]:

$$M(\lambda, T) = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5 \left[\exp\left(\frac{hc}{k\lambda T}\right) - 1 \right]}, \quad (3)$$

де λ – довжина хвилі електромагнітного випромінювання, T – температура об'єкта, $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ Дж·с – стала Планка, $c = 2,998 \cdot 10^8$ м/с – швидкість світла у вакуумі, $k = 1,381 \cdot 10^{-23}$ Дж/К – стала Больцмана.

На рис. 1 наведено розрахункові залежності імовірності виявлення осередку

займання розміром 3 м з температурою T_0 на фоні місцевості з температурою $T = 25^\circ\text{C}$ за допомогою типового мікроболометричного матричного інфрачервоного радіометра з розміром фотоприймального елемента 17 мкм і фокусною відстанню 35 мм від дальності знімання D [21].

Із залежності рис. 2 можна знайти максимальну граничну дальність до пожежонебезпечного об'єкта, з якої він виявляється з певною наперед заданою імовірністю.

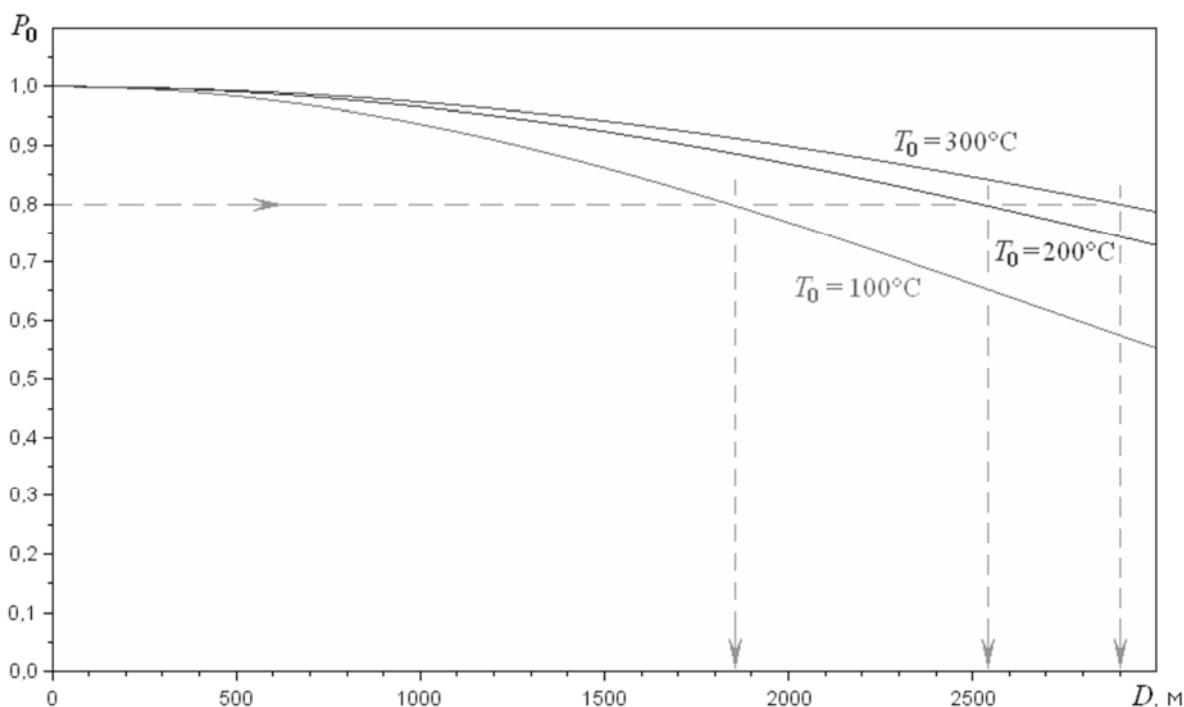


Рисунок 2 - Залежність імовірності дистанційного виявлення осередку займання на інфрачервоних зображеннях за температурним контрастом від відстані

Ще однією важливою характеристикою інфрачервоної знімальної апаратури, яка має враховуватися, є допустимий діапазон температур, що вимірюється. На рис. 3 показано температурні поля ділянки торфовища із загашеною підземною пожежею, одержані за інфрачервоними зображеннями з борта БПЛА (а) і з наземного вимірювального тепловізора (б).

Виявлений підземний осередок займання з фактичною поверхневою температурою 270°C на інфрачервоному аерозображенні промаркований як 55°C внаслідок некоректно обраної бортової камери з динамічним діапазоном вимірюваних температур $-40^\circ\text{C} \dots +60^\circ\text{C}$, що неприпустимо.

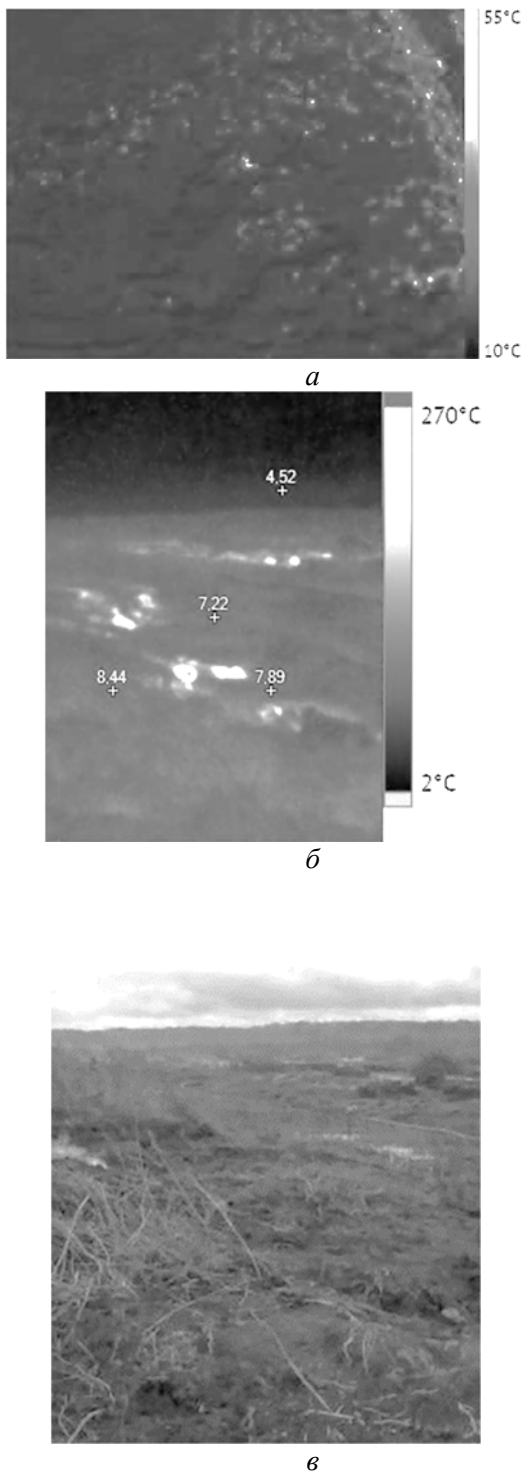


Рисунок 3 - Прихований осередок підземного горіння торфу: *a* – інфрачервоне зображення з борта БПЛА, *б* – наземне інфрачервоне зображення, *в* – наземне зображення видимого діапазону

Висновки. Таким чином, загальний порядок обґрунтування вимог до технічних характеристик засобів ведення розвідки пожеж, що встановлюються на БПЛА, має включати такі основні етапи: 1) визначення та аналіз основних характеристик об'єктів спостереження; 2) вибір платформи-носія,

виходячи з геометричних розмірів об'єктів аерознімання і вимог до оперативності; у теперішніх умовах найбільш доцільним здається вибір мультикоптерної платформи БПЛА; 3) вибір складу бортової аерознімальної апаратури БПЛА; як правило, до її складу включаються дві матричні цифрові камери – видимого й дальнього інфрачервоного діапазонів, інколи – лазерний далекомір-вказувач; 4) розрахунок орієнтовних технічних характеристик аерознімальної апаратури: кутової розрізненості та кутів огляду – за співвідношенням (2), температурної чутливості – за співвідношенням (3), за ними – типу фотоприймальних матриць та фокусних відстаней оптичних систем, за ними – параметрів радіоканалу передачі зображень з борта на наземний приймальний пункт; 5) виходячи з характеристик аерознімальної апаратури – розрахунок потрібних параметрів польоту (висоти, кутів візування тощо) і схеми аерознімання (площ захоплення місцевості, кількості заходів); 6) попередня оцінка очікуваної ефективності – імовірності виявлення об'єктів за співвідношенням (1) та коректування плану ведення розвідки в разі незадовільної величини цієї імовірності.

Застосування викладеного порядку обґрунтування вимог дозволить об'єктивно визначати кількісні технічні характеристики БПЛА-носія та його бортової аерознімальної апаратури, що має привести до підвищення загальної ефективності ведення повітряної розвідки пожеж.

Перспективи подальших досліджень. Не вирішеними залишаються питання оптимального комплексування даних від різних типів апаратури при веденні розвідки пожеж, зокрема інфрачервоних і видимих зображень; застосування інших, більш складних типів аерознімальної апаратури, наприклад багатоспектральної та радіолокаційної; технічних проблем організації безперервного моніторингу значних площ місцевості та ділянок на великій віддалі від місця базування БПЛА пожежної розвідки; повної автоматизації виявлення пожеж і місць їх виникнення за результатами аерознімання та створення відповідних автоматизованих робочих місць (АРМ) операторів БПЛА; розробки нових моделей загорання та розповсюдження пожеж, що забезпечить не тільки своєчасне їх виявлення, але і прогнозування для вжиття профілактичних заходів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Аерокосмічні знімальні системи / Х.В. Бурштинська, С.А. Станкевич. – Львів: Вид-во Національного університету “Львівська політехніка”, 2010. – 292 с.
2. Застосування безпілотних літальних апаратів у воєнних конфліктах сучасності / [Ю.К. Зіатдінов, М.В. Куклінський, С.П. Мосов, А.Л. Фещенко та ін.]; під ред. С.П. Мосова. – К.: Вид. дім “Києво-Могилянська академія”, 2013. – 248 с.
3. Станкевич С.А. Сравнительная оценка информативности цифровых аэрокосмических изображений высокого и низкого разрешения / В.И. Кононов, С.А. Станкевич. // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского, 2004. – Т.17. – № 2. – С.88-95.
4. Станкевич С.А. Кількісне оцінювання інформативності гіперспектральних аерокосмічних знімків при вирішенні тематичних задач дистанційного зондування Землі // Доповіді НАН України, 2006.– № 10. – С.136-139.
5. Arnold R.H. Interpretation of Airphotos and Remotely Sensed Imagery. – N.Y.: Prentice Hall, 1996.– 262 p.
6. Беспилотные авиационные комплексы: методика сравнительной оценки боевых возможностей / [Митрахович М.М., Силков В.И., Станкевич С.А. и др.]; под ред. В.И. Силкова.– Киев: ЦНИИВВТВСУ Украины, 2012.– 288 с.
7. Мосов С. Беспилотная разведывательная авиация стран мира: история создания, опыт боевого применения, современное состояние, перспективы развития: [монография] / С. Мосов. – К.: Изд. дом “РУМБ”, 2008. – 160 с.
8. Методы количественной оценки эффективности средств аэрокосмической разведки / Ю.К. Ребрин, С.А. Станкевич, С.П. Мосов. – Киев: КИВВС, 1997.– 262 с.
9. Метод размещения сенсоров в зоне чрезвычайной ситуации на базе технологии составных динамических систем / [Лысенко А.И., Тачина Е.Н., Панченко А.В., Бурачинская С.Э., Олейник А.А.] // Проблемы информатизации та управління.– 2014. – № 3(47).– С.41-45.
10. Multicopter design optimization and validation / O. Magnussen, M. Ottestad, G. Hovland // Modeling, Identification and Control, 2015. – Vol.36.– No.2.– P.67-79.
11. Ребрин Ю.К. Оптико-электронное разведывательное оборудование летательных аппаратов.– Киев: КВВАИУ, 1988.– 452 с.
12. Станкевич С.А. Уточнення відомої емпіричної формули оцінки імовірності правильного дешифрування об’єктів на аерокосмічному зображенні / С.А. Станкевич // Збірник наукових праць Наукового центру ВПСЗС України.– Вип.7.– Київ: НЦВПС, 2004.– С.242-246.
13. Станкевич С.А. Аналіз принципів технічної реалізації та застосування зарубіжних авіаційних цифрових систем одержання зображень / С.А. Станкевич // Збірник наукових праць Наукового центру ВПС України.– Вип.7.– Київ: НЦВПС, 2004.– С.232-241.
14. Станкевич С.А. Оптимізація параметрів видової аерознімальної апаратури за умовою максимуму середньої імовірності виявлення об’єктів на зображенні / С.А. Станкевич, С.В. Шкляр // Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту авіації.– Вип.8.– Київ: ДНДІА, 2005.– С.133-136.
15. Пожарная тактика / [М.П. Бьяжев, М.В. Данилов, В.Я.Мялло, П.М. Платунов].– М.: Изд-во Минкомхоз РСФСР, 1963.– 264 с.
16. Драйздейл Д. Введение в динамику пожаров / Д. Драйздейл; перевод с англ. под ред. д.т.н. Ю.А. Кошмарова, к.т.н. В.Е. Макарова. – М.: Стройиздат, 1990.– 424 с.
17. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: [справочн. изд.] / [А.Н. Баратов, А.Я. Корольченко, Г.Н. Кравчук и др.]. В 2-х кн. Кн1.– М.: Химия, 1990 – 496 с.
18. Introducing a low-cost mini-UAV for thermal- and multispectral-imaging / J. Bendig, A. Bolten, G. Bareth // International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences.– 2012.– Vol. XXXIX.– No. B1.– P.345-349.
19. Low-cost UAV-based thermal infrared remote sensing: Platform, calibration and applications / H. Sheng, H. Chao, C. Coopmans, J. Han, M. McKee, Y.Q. Chen // Proceedings of IEEE/ASME International Conference on Mechatronics and Embedded Systems and Applications (MESA 2010).– Qingdao: IEEE, 2010.– P.38-43.
20. Криксунов Л.З. Справочник по основам инфракрасной техники / Л.З. Криксунов. – М.: Советское радио, 1978.– 400 с.
21. Станкевич С.А. Технологія підвищення розрізненості інфрачервоних мікроболометричних спектрорадіометрів для задач цивільного захисту / С.А. Станкевич, М.С. Лубський, К.В. Добровольська // Праці Міжнародної науково-практичної конференції “Актуальні проблеми моделювання ризиків і загроз виникнення надзвичайних ситуацій на об’єктах критичної інфраструктури”.– Київ: УкрНДІЦЗ, 2015.– С.241-246.
22. Згуровський М.З., Павлов А.А. Принятие решений в сетевых системах с ограниченными ресурсами. – К.: «Наукова думка», 2010.- 574 с
23. Катренко А.В., Пасічник В.В., Пасько В.П. Теорія прийняття рішень. Підручник. - К.: Видавнича група ВНУ, 2009.- 448 с.
24. Ільченко М.Ю., Кравчук С.О. Сучасні телекомунікаційні системи. – К.: НВП “Наукова думка”, 2008. – 328 с.
25. Згуровський М. З., Панкратова Н. Д. Основи системного аналізу. Підручник. – К.: Видавнича група ВНУ, 2007.- 544 с.

JUSTIFICATION OF THE REQUIREMENTS TO TECHNICAL CHARACTERISTICS OF FIRE EXPLORATION MEANS USING UNMANNED AERIAL VEHICLES

S. Mosov¹, Doctor of Military Sciences, Professor, S. Stankevych², Doctor of Technical Sciences, Docent, S. Chumachenko³, Doctor of Technical Sciences, Senior Research Fellow

¹Cherkassy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes of National University of Civil Protection of Ukraine

²Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth, Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine

³The Ukrainian Civil Protection Research Institute, Ukraine

KEYWORDS

fire accident, reconnaissance system, unmanned aerial vehicles, airborne imaging equipment

ANNOTATION

The paper describes the procedure for requirements justification to technical specifications of means of conducting reconnaissance of fires, which mounted on unmanned aerial vehicles, in the visible and infrared spectral ranges for quick reconnaissance of fire events and fire possible occurrence locations

ОБОСНОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ТЕХНИЧЕСКИМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ СРЕДСТВ ВЕДЕНИЯ РАЗВЕДКИ ПОЖАРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

С.П. Мосов¹, д-р. воен. наук, проф., С.А. Станкевич², д-р. техн. наук, доц., С.Н. Чумаченко³, д-р. техн. наук, ст. научн. сотр.

¹Черкасский институт пожарной безопасности им. Героев Чернобыля НУГЗУ

²Научный Центр аэрокосмических исследований Земли Института геологических наук НАН Украины

³Украинский научно-исследовательский институт гражданской защиты, Украина

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

пожар, средство ведения разведки, беспилотные летательные аппараты, аэросъемочная аппаратура

АННОТАЦИЯ

В статье описан порядок обоснования требований к техническим характеристикам средств ведения разведки пожаров, которые устанавливаются на беспилотных летательных аппаратах, в видимом и инфракрасном диапазонах спектра в интересах оперативного выполнения задач разведки пожаров и мест их возможного возникновения

УДК 614.83:614.841

ПРО УДОСКОНАЛЕННЯ НОРМАТИВНОЇ БАЗИ З ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ПОЖЕЖОВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНОСТІ РЕЧОВИН ТА МАТЕРІАЛІВ

*Р.І. Кравченко**, канд. техн. наук, ст. наук. співр., *Н.М. Ільченко*
Український науково-дослідний інститут цивільного захисту, Україна

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції: 20.04.2017
Пройшла рецензування: 13.06.2017

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

вибухонебезпечність, матеріали,
пожежонебезпечність, речовини

АНОТАЦІЯ

За результатами перевірки ГОСТ 12.1.044-89 встановлено, що для його скасування необхідно розроблення і прийняття в Україні 16 національних стандартів, відповідних міжнародним і європейським стандартам, та переглянути стандарти серії ДСТУ 4500 для приведення їх у відповідність з останньою редакцією Настанови щодо випробувань та критеріїв Рекомендацій (ООН) щодо перевезення небезпечних вантажів.

Згідно з пунктом 8 статі 56 Угоди про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони (далі – Угода) «Україна поступово впроваджує звід Європейських стандартів (EN) як національні стандарти, зокрема гармонізовані європейські стандарти, добровільне застосування яких вважається таким, що відповідає вимогам законодавства, зазначеного у Додатку III до цієї Угоди. Одночасно з таким впровадженням Україна скасовує конфліктні національні стандарти, зокрема застосування міждержавних стандартів (GOST/ГОСТ), розроблених до 1992 року».

Відповідно до пункту 2 Прикінцевих та перехідних положень Закону України «Про стандартизацію» (далі – Закон) «Міждержавні стандарти (ГОСТ), що діяли на момент набрання чинності Угодою про проведення узгодженої політики в галузі стандартизації, метрології і сертифікації від 13 березня 1992 року, та республіканські стандарти Української Радянської Соціалістичної Республіки (РСТ УРСР) застосовуються як національні стандарти до їх заміни на національні стандарти чи скасування в Україні».

На реалізацію Угоди та виконання Закону наказом Державного підприємства «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості», яке виконує функції національного органу стандартизації, від 10 серпня 2016 р. № 223 з 1 січня 2019 року скасовується чинність ГОСТ 12.1.044 [1].

Цей міждержавний (регіональний) стандарт є основоположним стандартом у сфері пожежної безпеки та визначає показники

пожежовибухонебезпечності простих речовин, хімічних з'єднань та їх сумішей за різних агрегатних станів і комбінацій, у тому числі полімерних і композитних матеріалів (далі – речовини та/або речовини та матеріали), крім вибухових та радіоактивних, з метою отримання вихідних даних для оцінки пожежної небезпеки електричного, вибухозахищеного та іншого обладнання і продукції, технологічних процесів, розроблення систем щодо забезпечення пожежної та вибухової безпеки у відповідності з вимогами основоположних стандартів з пожежної та вибухової безпеки, будівельних норм і правил, Правил улаштування електроустановок, при класифікації небезпечних вантажів, виборі категорій приміщень і будівель, технічному нагляді за виготовленням матеріалів і виробів під час будівництва та ремонтування суден й інших транспортних засобів. Також у ньому встановлено класифікацію речовин та матеріалів за горючістю, твердих речовин і матеріалів за індексом поширення полум'я, димоутворювальною здатністю і токсичністю летких продуктів згоряння, умови пожежовибухонебезпечності під час використання речовин і матеріалів та методи випробування.

Отже, із скасуванням ГОСТ 12.1.044 [1] проблемою стає виконання вимог пожежної та вибухової безпеки нормативно-правових актів та національних стандартів, у яких є посилання на цей стандарт.

На міжнародному рівні пожежовибухонебезпечність речовин є об'єктом Глобально гармонізованої системи класифікації та маркування хімічної продукції [2]. Європейським Союзом (далі – ЄС) цю

*E-mail: civil_protection@ukr.net

систему класифікацію та маркування хімічної продукції прийнято Регламентом (ЄС) № 1272/2008 [3]. На основі цього регламенту розробляється національний Технічний регламент щодо класифікації, маркування та пакування речовин і сумішей.

Згідно з нормативними документами [2], [3] для класифікації хімічних речовин застосовують методи випробування, установлені в Регламенті Ради (ЄС) № 440/2008 [4] та Настанові щодо випробувань та критеріїв Рекомендацій ООН щодо перевезення небезпечних вантажів (далі – UNRTDGMTC)

[5]. Класифікацію та методи випробування небезпечних вантажів згідно з цими настановами впроваджено в національні стандарти ДСТУ 4500 [6], [7]. Але в ДСТУ 4500-4 [7] не встановлено усі методи випробування за UNRTDGMTC) [5].

Показники пожежовибухонебезпечності хімічних речовин, які визначають згідно з ГОСТ 12.1.044 [1] та нормативними документами [2]-[5] (далі – НД), і стандарти, що встановлюють методи визначення цих показників, подано в таблиці 1.

Таблиця 1 - Показники пожежовибухонебезпечності хімічних речовин та стандарти, що встановлюють методи визначення цих показників

№ з/п	Найменування показника	Позначення НД (номера пункту, додатку), що встановлює метод випробування	
		ГОСТ 12.1.044 [1]	міжнародний або європейський НД
1	2	3	4
1	Температура спалаху рідин у закритому тиглі	4.4; 1, 2 додатку 2	32.4 UNRTDGMTC [5]; A.9Регламенту (ЄС) № 440/2008 [4]; ISO 1516 [11]; ENISO 1516:2002; ISO 1523 [12]; ENISO 1523:2002; ISO 2719 [13]; ENISO 2719:2016; ISO 13736 [14], ENISO 13736:2013, ISO 3679 [15]; ENISO 3679:2015
2	Нижня та верхня концентраційні межі поширення полум'я по газо- та пароповітряним сумішам або нижня та верхня межі полуменевого горіння	4.10; додаток 4	A.2Регламенту (ЄС) № 440/2010 [4]; 3 ISO 10156 [8]; 3 ENISO 10156:2010; EN 1839 [9]
3	Температурні межі поширення полум'я по пароповітряним сумішам	4.12; додаток 6	EN 1839 [9]
4	Температура самозаймання газів	4.8	A.15Регламенту (ЄС) № 440/2010 [4]; 7 IEC 60079-20-1 [10]; 7 EN 60079-20-1:2010
5	Показники щодо здатності речовин до вибуху та горіння при взаємодії з водою, киснем повітря та іншими речовинами	4.15	20-28, 33.3, 33.4, 35.4 UNRTDGMTC [5]; A.12, A.13Регламенту (ЄС) № 440/2008 [4]
6	Швидкість вигорання рідин	4.16; 4.17	51 UNRTDGMTC [5]
7	Показники теплового самозаймання твердих речовин і матеріалів	додаток 13	33.3.1.6 UNRTDGMTC [5]

Міжнародні стандарти [13], [15] прийнято як національні стандарти ДСТУ ISO 2719:2006, ДСТУ ISO 3679:2015. Методи визначення показників, що зазначені у пунктах 5, 7 таблиці 2, встановлено в розділах 6-8 ДСТУ 4500-4 [7].

Європейські стандарти EN 1839 та EN 60079-20-1, що зазначені у таблиці 1, включено

до Переліку гармонізованих європейських стандартів під Директиву 2014/34/ЄС [16]. На основі цієї директиви розроблено національний Технічний регламент обладнання та захисних систем, призначених для використання в потенційно вибухонебезпечних середовищах [17].

До переліку [16] включено також інші європейські стандарти, що встановлюють методи визначення показників пожежовибухонебезпечності газо-, паро- і пилоповітряних сумішей та відкладень пилу. Дані про ці показники використовують для класифікації газів і рідин згідно зі стандартом ІЕС 60079-20-1 [10] та вибухозахищеного

обладнання і вибухозахисних систем згідно з технічним регламентом [17].

Показники пожежовибухонебезпечності газо-, паро- і пилоповітряних сумішей, які визначають згідно з ГОСТ 12.1.044 [1] та технічним регламентом [17], і стандарти, що встановлюють методи визначення цих показників, подано в таблиці 2.

Таблиця 2 - Показники пожежовибухонебезпечності газо-, паро- і пилоповітряних сумішей та стандарти, що встановлюють методи визначення цих показників

№ з/п	Найменування показника	Позначення НД (номера пункту, додатку), що встановлює метод випробування	
		ГОСТ 12.1.044 [1]	міжнародний або європейський НД
1	2	3	4
1	Нижня та верхня концентраційні межі поширення полум'я по газо- та пароповітряним сумішам або нижня та верхня межі вибуховості	4.10; додаток 4	EN 1839 [9]
2	Температурні межі поширення полум'я по пароповітряним сумішам	4.12; додаток 6	EN 1839 [9]
3	Мінімальна вибухонебезпечна концентрація (вміст) кисню та мінімальна флегматизуюча концентрація флегматизатора в газо- та пароповітряних сумішах	4.21	EN 1839 [9]
4	Температура самозаймання газів та парів	4.8	7 ІЕС 60079-20-1 [10]; 7 EN 60079-20-1:2010; EN 14522 [18]
5	Нормальна швидкість поширення полум'я, максимальний тиск вибуху, максимальна швидкість зростання вибухового тиску в газо- та пароповітряних сумішах	додатки 7, 8, 11, 12	EN 15967 [19]
6	Мінімальна енергія запалювання пилоповітряних сумішей	додаток 14	ISO/ІЕС 80079-20-2 [20]; EN 13821:2002
7	Максимальний тиск вибуху пилоповітряних сумішей	4.11; додаток 5	EN 14034-1 [21]
8	Максимальна швидкість зростання вибухового тиску в пилоповітряних сумішах	додаток 15	EN 14034-2 [22]
9	Нижня концентраційна межа поширення полум'я по пилоповітряним сумішам	4.11; додаток 5	EN 14034-3 [23]
10	Мінімальна вибухонебезпечна концентрація (вміст) кисню та мінімальна флегматизуюча концентрація флегматизатора в пилоповітряних сумішах	4.11; додаток 5	EN 14034-4 [24]

Європейський стандарт [19] прийнятий як ДСТУ EN 15967:2014.

Інші показники пожежонебезпечності речовин та матеріалів за ГОСТ 12.1.044 [1] відповідно до міжнародних та європейських стандартів [25]-[29] використовують для оцінки пожежонебезпечності і пожежної класифікації будівельних, вагоно- і суднобудівних матеріалів, електроізоляційних рідин та матеріалів, пластмас (полімерних матеріалів) і виробів згідно з такими національними технічними регламентами, як Технічний регламент будівельних виробів, будівель і

споруд, Технічний регламент морського обладнання та Технічний регламент безпеки рухомого складу залізничного транспорту.

Показники пожежонебезпечності речовин та матеріалів, які визначають згідно з ГОСТ 12.1.044 [1] та стандартами [25]-[29], і стандарти, що встановлюють методи визначення цих показників, подано в таблиці 3.

Європейські стандарти ENISO 1182:2010 та серії ENISO 4589 прийнято як національні стандарти відповідно ДСТУ ENISO 1182:2016 та ДСТУ ENISO 4589:2015 (частини 1, 2, 3).

У пунктах 4.3, 4.19, 4.22 ГОСТ 12.1.044 [1] встановлено методи експериментального визначення відповідно групи важкогорючих і горючих твердих речовин і матеріалів, індексу

поширення полум'я по поверхні твердих матеріалів та концентраційної межі дифузійного горіння газових сумішей у повітрі.

Таблиця 3 - Показники для оцінки пожежонебезпечності і пожежної класифікації будівельних, вагоно- і суднобудівних матеріалів, електроізоляційних рідин та матеріалів, пластмас (полімерних матеріалів) і виробів з них та стандарти, що встановлюють методи їх визначення

№ з/п	Найменування показника	Позначення НД (номера пункту, додатку), що встановлює метод випробування	
		ГОСТ 12.1.044 [1]	міжнародний або європейський НД
1	Показники негорючості твердих речовин і матеріалів	4.1	ISO 1182 [30]; ENISO 1182:2010
2	Температура спалаху у відкритому тиглі, температура займання рідин	4.5, 4.6 3 додатку 2; додаток 3	ISO 2592 [31]; ISO/FDIS 2592; ENISO 2592:2001
3	Температура займання, температура самозаймання, температура тління твердих речовин та матеріалів	4.7, 4.9, 4.13	ISO 871 [32]
4	Кисневий індекс пластмас	4.14	ISO 4589-2 [33]; ENISO 4589-2:2017; ISO 4589-3 [34]; ENISO 4589-3:2017
5	Показники димоутворювальної здатності твердих речовин і матеріалів	4.18; додаток 9	ISO 5659-2 [35]; ENISO 5659-2:2012; FprENISO 5659-2
6	Показники токсичності летких продуктів згоряння твердих речовин і матеріалів	4.20	ENISO 5659-2:2012 + + ISO 19702 [36]

Метод визначення групи важкогорючих і горючих твердих речовин та матеріалів є непрямим методом оцінки тепловиділення під час їх горіння і відноситься до дрібномасштабних. За цим методом також визначають втрату маси випробованих зразків. Міжнародною організацією стандартизації дрібномасштабний метод визначення показників тепловиділення та втрати маси встановлений в ISO 5660-1 [37].

На цей час згідно з ЦУО-0039 [38] метод визначення індексу поширення полум'я по поверхні твердих матеріалів застосовують для оцінки пожежної небезпеки неметалевих матеріалів внутрішнього обладнання пасажирських вагонів. Згідно з EN 45545-2 [26], який прийнято як ДСТУ EN 45545-2:2015, застосування якого надає презумпцію відповідності Технічному регламенту безпеки рухомого складу залізничного транспорту, для оцінки поширення полум'я по поверхні вагонобудівних матеріалів використовують методи, що встановлені в міжнародних стандартах ISO 5658-2 [39] та ISO 9239-1 [40]. Останній прийнятий як ENISO 9239-1:2010, який прийнятий в Україні як ДСТУ ENISO 9239-1:2015.

Стосовно методу визначення концентраційної межі дифузійного горіння

газових сумішей у повітрі, встановленого в 4.22 ГОСТ 12.1.044 [1], то в національних стандартах України, міжнародних та європейських стандартах застосування такого методу для оцінки пожежної небезпеки газових сумішей не виявлено.

На підставі вищезазначеного для скасування у 2019 році ГОСТ 12.1.044 [1] необхідно на основі 16 міжнародних та європейських нормативних документів [8]-[11], [18], [20]-[24], [31], [32], [35]-[37], [39] розробити і прийняти протягом 2018 року відповідні національні стандарти та здійснити перегляд ДСТУ 4500 [6], [7] для приведення їх у відповідність з останньою редакцією RTDGMTC [5]. У разі невиконання цього завдання дата скасування міждержавного стандарту відповідно до Угоди має бути перенесена максимум на 1 січня 2021 року.

Виконання такого заходу сприятиме реалізації вимог пожежної і вибухової безпеки технічних регламентів України і в майбутньому – технічного регламенту аерозольних розпилювачів, який розробляється Українським науково-дослідним інститутом цивільного захисту на основі Директиви 75/324/ЄЕС [48].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ГОСТ 12.1.044-89 (СТ СЭВ 4831-84, СТ СЭВ 6219-88, МС ИСО 4589, СТ СЭВ 6527-88) ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. – Введ. 01.01.90. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 143 с.
2. Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemical (GHS): ST/SG/AC.10/30/Rev.6. – United Nations. – Sixth revised edition. – New York and Geneva, 2015. – 521 p. – eISBN 978-92-1-057320-7.
3. Regulation (EC) № 1272/2008 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on classification, labelling and packaging of substances and mixtures, amending and repealing Directives 67/548/EEC and 1999/45/EC, and amending Regulation (EC) № 1907/2006. – OJ L 353, 31.12.2008, p. 1–1355.
4. Council Regulation (EC) № 440/2008 of 30 May 2008 laying down test methods pursuant to Regulation (EC) № 1907/2006 of the European Parliament and of the Council on the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH). – OJ L 142, 31.5.2008, p. 1–739.
5. Recommendations on the Transport of Dangerous Goods, Manual of Tests and Criteria: ST/SG/AC.10/11/Rev.6. – United Nations. – Sixth revised edition. – New York and Geneva, 2015. – 504 p. – eISBN 978-92-1-057567-6.
6. ДСТУ 4500-3:2008 Вантажі небезпечні. Класифікація. – Уведено вперше (зі скасуванням в Україні ГОСТ 19433-88 у частині класифікації). Чинний від 2010-04-01. – К.: Держспоживстандарт, 2010. – 37 с.
7. ДСТУ 4500-4:2006 Вантажі небезпечні. Методи випробувань. – Уведено вперше (зі скасуванням в Україні ГОСТ 19433-88 у частині методів випробувань). Чинний від 2007-07-01. – К.: Держспоживстандарт, 2007. – 38 с.
8. ISO 10156:2010 Gases and gas mixtures – Determination of fire potential and oxidizing ability for the selection of cylinder valve outlets. – Geneva: International Organization for Standardization, 2010. – 25 p.
9. EN 1839:2017 Determination of the explosion limits and the limiting oxygen concentration (LOC) for flammable gases and vapours. – Brussels: European committee for Standardization, 2017. – 44 p.
10. IEC 60079-20-1:2010 Explosive atmospheres – Part 20-1: Material characteristics for gas and vapour classification – Test methods and data. – Geneva: International Electrotechnical Commission, 2010. – 152 p.
11. ISO 1516:2002 Determination of flash/no flash – Closed cup equilibrium method. – Geneva: International Organization for Standardization, 2002. – 9 p.
12. ISO 1523:2002 Determination of flash point – Closed cup equilibrium method. – Geneva: International Organization for Standardization, 2002. – 11 p.
13. ISO 2719:2016 Determination of flash point – Pensky-Martens closed cup method. – Geneva: International Organization for Standardization, 2016. – 22 p.
14. ISO 13736:2013 Determination of flash point – Abel closed-cup method. – Geneva: International Organization for Standardization, 2013. – 23 p.
15. ISO 3679:2015 Determination of flash no-flash and flash point – Rapid equilibrium closed cup method. – Geneva: International Organization for Standardization, 2015. – 22 p.
16. Commission communication in the framework of the implementation of Directive 2014/34/EU of the European Parliament and of the Council on the harmonisation of the laws of the Member States relating to equipment and protective systems intended for use in potentially explosive atmospheres (Publication of titles and references of harmonised standards under Union harmonisation legislation). – OJ C 293, 12.8.2016, p. 52–63.
17. Технічний регламент обладнання та захисних систем, призначених для використання в потенційно вибухонебезпечних середовищах. – Затв. постановою Кабінету Міністрів України від 28 грудня 2016 р. № 1055. – Офіційний вісник України від 27.01.2017 – 2017 р., № 8, стор. 16, стаття 236, код акту 84676/2017.
18. EN 14522:2005 Determination of the auto ignition temperature of gases and vapours. – Brussels: European Committee for Standardization, 2005. – 21 p.
19. EN 15967:2011 Determination of maximum explosion pressure and the maximum rate of pressure rise of gases and vapours. – Brussels: European Committee for Standardization, 2011. – 39 p.
20. ISO/IEC 80079-20-2:2016 Explosive atmospheres – Part 20-2: Material characteristics - Combustible dusts test methods". – Geneva: International Electrotechnical Commission, 2016. – 82 p.
21. EN 14034-1:2004+A1:2011 Determination of explosion characteristics of dust clouds – Part 1: Determination of the maximum explosion pressure p_{max} of dust clouds. – Brussels: European committee for Standardization, 2011. – 27 p.
22. EN 14034-2:2006+A1:2011 Determination of explosion characteristics of dust clouds – Part 2: Determination of the maximum rate of explosion pressure rise (dp/dt)_{max} of dust clouds. – Brussels: European Committee for Standardization, 2011. – 26 p.
23. EN 14034-3:2006+A1:2011 Determination of explosion characteristics of dust clouds – Part 3: Determination of the lower explosion limit LEL of dust clouds. – Brussels: European committee for Standardization, 2011. – 26 p.
24. EN 14034-4:2004+A1:2011 Determination of explosion characteristics of dust clouds – Part 4: Determination of the limiting oxygen concentration LOC of dust clouds. – Brussels: European committee for Standardization, 2011. – 28 p.
25. EN 13501-1:2007+A1:2009 Fire classification of construction products and building elements – Part 1: Classification using data from reaction to fire tests. – Brussels: European Committee for Standardization, 2009. – 53 p.
26. EN 45545-2:2013 Railway applications – Fire protection on railway vehicles – Part 2: Requirements for fire behavior of materials and components. – Brussels: European Committee for Standardization, 2013. – 75 p.
27. Resolution MSC.307(88) (2010 FTP CODE) Adoption of the international code for application of

- fire test procedures. – London: International Maritime Organization, 2010. – p. 22-36.
28. IEC 60695-1-20:2016 Part 1-20: Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products – Ignitability – General guidance. – Geneva: International Electrotechnical Commission, 2016. – 46 p.
 29. ISO 10840:2008 Plastics – Guidance for the use of standard fire tests. – Geneva: International Organization for Standardization, 2008. – 29 p.
 30. ISO 1182:2010 Reaction to fire tests for products – Non-combustibility test. – Geneva: International Organization for Standardization, 2010. – 32 p.
 31. ISO 2592:2000 Determination of flash and fire points – Cleveland open cup method. – Geneva: International Organization for Standardization, 2000. – 14 p.
 32. ISO 871:2006 Plastics – Determination of ignition temperature using a hot-air furnace. – Geneva: International Organization for Standardization, 2006. – 7 p.
 33. ISO 4589-2:2017 Plastics – Determination of burning behavior by oxygen index – Part 2: Ambient-temperature test. – Geneva: International Organization for Standardization, 2017. – 27 p.
 34. ISO 4589-3:2017 Plastics – Determination of burning behavior by oxygen index – Part 3: Elevated-temperature test. – Geneva: International Organization for Standardization, 2017. – 19 p.
 35. ISO 5659-2:2017 Plastics – Smoke generation – Part 2: Determination of optical density by a single-chamber test. – Geneva: International Organization for Standardization, 2017. – 49 p.
 36. ISO 19702:2015 Guidance for sampling and analysis of toxic gases and vapours in fire effluents using Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy. – Geneva: International Organization for Standardization, 2015. – 67 p.
 37. ISO 5660-1:2015 Reaction-to-fire tests – Heat release, smoke production and mass loss rate – Part 1: Heat release rate (cone calorimeter method) and smoke production rate (dynamic measurement). – Geneva: International Organization for Standardization, 2015. – 55 p.
 38. ЦУО-0039:2010 Технічні вимоги щодо забезпечення пожежної безпеки пасажирських вагонів. – Затв. наказом Державної адміністрації залізничного транспорту України Міністерства транспорту та зв'язку України від 29.10.2010 № 701-Ц. – Київ, 2010. – 48 с.
 39. ISO 5658-2:2006 Reaction to fire tests – Spread of flame – Part 2: Lateral spread on building and transport products in vertical configuration. – Geneva: International Organization for Standardization, 2006. – 33 p.
 40. ISO 9239-1:2010 Reaction to fire tests for floorings – Part 1: Determination of the burning behavior using a radiant heat source. – Brussels: European committee for Standardization, 2010. – 25 p.
 41. Council Directive 75/324/EEC of 20 May 1975 on the approximation of the laws of the Member States relating to aerosol dispensers. – OJ L 147, 9.6.1975, p. 40–47..

ON IMPROVEMENT OF THE NORMATIVE BASE ON DEFINITION FIRE EXPLOSIVE HAZARD INDICATORS OF SUBSTANCES AND MATERIALS

*R. Kravchenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Research Fellow, N. Ilchenko
The Ukrainian Civil Protection Research Institute, Ukraine*

KEYWORDS

substances, explosive hazard, materials,
fire hazard

ANNOTATION

The audit GOST 12.1.044-89 established that for its cancellation it is necessary development and adoption in Ukraine 16 national standards, relevant to international and European standards and standards revision of DSTU 4500 series to bring them into the line with the latest version of Manual of Tests and Criteria. Recommendations (UN) on the Transport of Dangerous Goods

ОБ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИИ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНОСТИ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ

*Р.И. Кравченко, канд. техн. наук, ст. науч. сотр. Н.Н. Ильченко
Украинский научно-исследовательский институт гражданской защиты, Украина*

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

вещества, взрывоопасность,
материалы, пожароопасность

АННОТАЦИЯ

По результатам проверки ГОСТ 12.1.044-89 установлено, что для его отмены необходимы разработка и принятие в Украине 16 национальных стандартов, соответствующих международным и европейским стандартам, и пересмотр стандартов серии DSTU 4500 для приведения их в соответствие с последней редакцией Руководства по испытаниям и критериям Рекомендаций (ООН) по перевозке опасных грузов.

УДК 614.842

ЕФЕКТИВНІСТЬ ГАСІННЯ ДЕЯКИМИ ГАЗОВИМИ ВОГНЕГАСНИМИ РЕЧОВИНАМИ БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА ТА ЙОГО СУМІШЕЙ З ДИЗЕЛЬНИМ ПАЛИВОМ

*Т.М. Скоробагатько**, *М.І. Копильний*, *В.О.Боровиков*, канд. тех. наук, ст. наук. співр.
Український науково-дослідний інститут цивільного захисту, Україна

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції: 20.04.2017
Пройшла рецензування: 15.05.2017

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

газова вогнегасна речовина,
ефективність гасіння, мінімальна
вогнегасна концентрація,
розрахункова витрата.

АНОТАЦІЯ

Оцінено придатність ряду газових вогнегасних речовин класу інгібіторів горіння та інертних розріджувачів для гасіння біодизельного палива та його сумішей з дизельним паливом. Експериментально визначено мінімальні вогнегасні концентрації та розрахункові витрати досліджених газових вогнегасних речовин, за яких досягається гасіння біодизельного палива та його сумішей з дизельним паливом. Встановлено придатність газових вогнегасних речовин обох класів для гасіння біодизельного палива та його сумішей з дизельним паливом.

Аналіз вітчизняної та європейської нормативної бази, а також практики протипожежного захисту пожежонебезпечних об'єктів в Україні свідчить, що поряд з водними, порошковими, водопінними та аерозольними вогнегасними речовинами в системах протипожежного захисту підприємств досить широко застосовуються й газові вогнегасні речовини (далі – ГВР). Застосування автоматичних систем пожежогасіння (далі – АСПГ), в яких використовується та чи інша газова вогнегасна речовина, має певні обмеження, пов'язані з характеристиками захищуваного об'єкта, зокрема, щодо здатності протягом тривалого часу підтримувати задану концентрацію ГВР та мінімізувати ушкодження матеріальних цінностей, обладнання тощо.

Як ГВР використовують ряд інгібіторів горіння та інертних розріджувачів, перелік і вимоги щодо яких встановлено комплексом стандартів ДСТУ EN 15004 [1], а також діоксид вуглецю. В раніше змонтованих системах пожежогасіння використовуються також ряд інших, зокрема, озононебезпечних, ГВР класу інгібіторів горіння, до яких належать хладон 13В1 (газон 1301), хладон 114В2 (галон 2402), брометил та різноманітні суміші хімічних речовин.

Для ефективного гасіння пожеж із застосуванням ГВР, зокрема, таких, що супроводжуються горінням неполярних рідин (в т.ч. нафтопродуктів) та полярних рідин (спирти, ацетон, ефіри тощо), слід забезпечувати відповідні параметри їх подавання.

Довідкові дані згідно [2, 3] щодо вогнегасної концентрації деяких видів ГВР для гасіння н-гептану, як еталонної горючої речовини, наведено в таблиці 1.

*E-mail: tarasskorobagatko@gmail.com

Таблиця 1 - Довідкові дані щодо вогнегасної концентрації деяких видів ГВР для гасіння н-гептану

ГВР	Мінімальна вогнегасна концентрація	Витрата
Діоксид вуглецю (CO ₂)	21 %	0,413 кг/м ³
IG-100 (азот, N ₂)	34 %	0,42 кг/м ³
Галон 2402 (хладон 114В2)	3 %	0,22 кг/м ³
Галон 1301 (хладон 13В1)	5 %	0,22 кг/м ³

Метою досліджень, описаних у цій роботі, є оцінювання придатності деяких ГВР для гасіння біодизельного палива та його сумішей з дизельним паливом, а також визначення вогнегасної ефективності і параметрів подавання деяких ГВР для гасіння пожеж біодизельного палива та його сумішей з дизельним паливом заданого компонентного складу.

Об'єкт досліджень – вогнегасна ефективність деяких ГВР під час гасіння біодизельного палива та його суміші з дизельним паливом.

Предмет досліджень – вплив параметрів подавання деяких ГВР під час гасіння біодизельного палива та його сумішей з дизельним паливом на їх вогнегасну ефективність.

Для досягнення поставленої мети проведено низку експериментальних досліджень, сутність яких полягала в такому.

Визначення мінімальних вогнегасних концентрацій досліджуваних ГВР проводили за допомогою установки МВК-П згідно з вимогами ДСТУ 3958 [4], схему якої подано на рисунку 1.

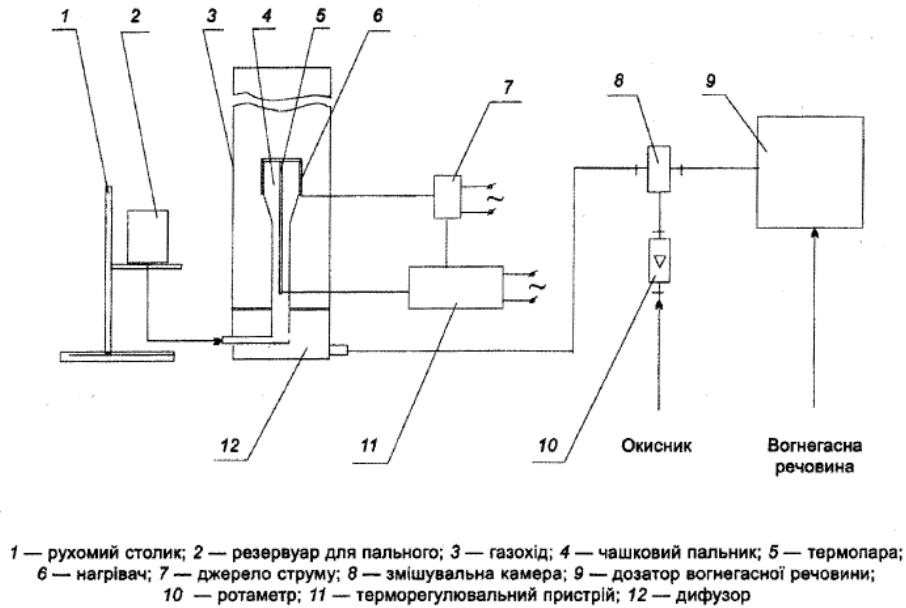


Рисунок 1 - Схема установки з визначення мінімальних вогнегасних концентрацій ГВР

Метод “чашечного пальника”, що реалізується на цій установці, ґрунтується на визначенні мінімального співвідношення ГВР і повітря в суміші, що рухається вгору навколо модельного осередку дифузійного горіння, за якого досягається гасіння цього осередку. Як пальне для “чашечного пальника” замість н-гептану у цій роботі використовували дизельне паливо за ДСТУ 4840 [5], біодизельне паливо за ДСТУ 6081 [6], а також суміші дизельного палива з біодизельним у пропорціях за об’ємом 70:30, 85:15 і 90:10.

Значення мінімальної вогнегасної концентрації ГВР ($C_{м.в.}$, % об.) визначали за формулою:

$$C_{м.в.} = \frac{V_G \cdot 100}{(V_G + V_O)}, \quad (1)$$

де, V_G – витрата ГВР, при якій досягається гасіння полум’я в модельному осередку, $дм^3/хв.$;

V_O – витрата окисника, $дм^3/хв.$

Розрахункову витрату ГВР (V_p , $кг/м^3$) визначали, застосовуючи рівняння газового стану. У таблиці 2 подано узагальнені результати експериментальних досліджень. Розрахункові межі довірчої похибки результатів вимірювання мінімальної вогнегасної концентрації під час досліджень не перевищували 1,3 % відносних.

На рисунках 2 – 4 представлено залежності мінімальної вогнегасної концентрації досліджуваних ГВР від складу суміші (відсоткових об’ємних часток) біодизельного (БД) і дизельного (ДП) палива.

За результатами проведених досліджень встановлено, що досліджувані ГВР придатні для гасіння біодизельного палива за ДСТУ 6081 [6], а також його суміші з дизельним паливом за ДСТУ 4840 [5]. Також визначено мінімальні вогнегасні концентрації та розрахункові витрати досліджуваних ГВР, за яких досягається гасіння зазначених речовин. Встановлено, що зі збільшенням частки біодизельного палива в суміші мінімальні вогнегасні концентрації як інертних розріджувачів (діоксиду вуглецю, азоту), так і інгібітору горіння (галон 2402) дещо знижуються.

Таблиця 2 - Експериментальні дані щодо мінімальних вогнегасних концентрацій і розрахункової витрати досліджуваних ГВР під час гасіння біодизельного палива та його сумішей з дизельним паливом

№ з/п	Витрата окисника, $\text{дм}^3/\text{хв}$	Витрата ГВР, за якої досягається гасіння полум'я в модельному осередку, $\text{дм}^3/\text{хв}$			Мінімальна вогнегасна концентрація ГВР, % (об)			Розрахункова витрата ГВР, за якої досягається гасіння полум'я, $\text{кг}/\text{м}^3$		
		CO_2	N_2	Галон 2402	CO_2	N_2	Галон 2402	CO_2	N_2	Галон 2402
Біодизельне паливо за ДСТУ 6081										
1	9,5 (30,0 для галону 2402)	2,70	5,35	0,41	22,1	36,02	1,35	0,40	0,42	0,15
Дизельне паливо за ДСТУ 4840										
2	9,5 (30,0 для галону 2402)	3,10	6,43	0,51	24,6	40,3	1,67	0,44	0,47	0,18
Суміш дизельного палива з біодизельним паливом у пропорції 70:30										
3	9,5 (30,0 для галону 2402)	2,95	6,05	0,48	23,7	38,90	1,57	0,43	0,46	0,17
Суміш дизельного палива з біодизельним паливом у пропорції 85:15										
4	9,5 (30,0 для галону 2402)	3,05	6,20	0,49	24,3	39,50	1,61	0,44	0,46	0,17
Суміш дизельного палива з біодизельним паливом у пропорції 90:10										
5	9,5 (30,0 для галону 2402)	3,05	6,30	0,50	24,3	39,80	1,64	0,44	0,47	0,18

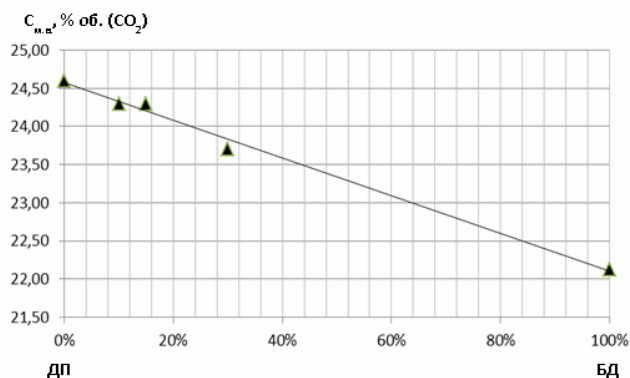


Рисунок 2 - Залежність мінімальної вогнегасної концентрації діоксиду вуглецю від складу суміші БД і ДП

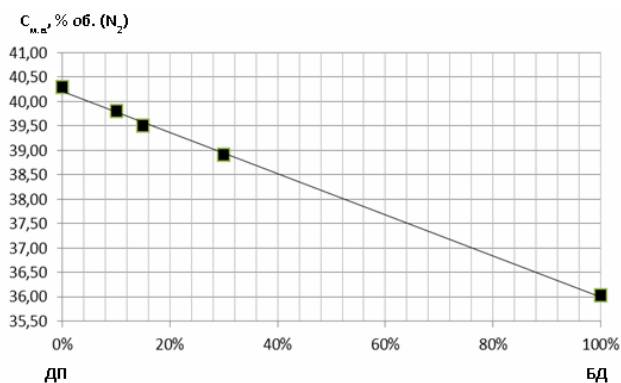


Рисунок 3 - Залежність мінімальної вогнегасної концентрації азоту від складу суміші БД і ДП

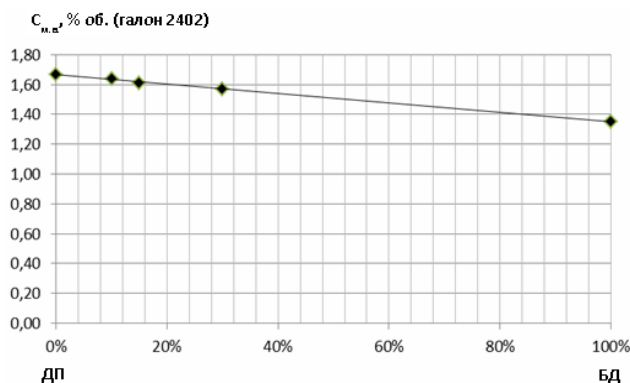


Рисунок 4 - Залежність мінімальної вогнегасної концентрації галону 2402 від складу суміші БД і ДП

За результатами проведених досліджень встановлено, що досліджувані ГВР придатні для гасіння біодизельного палива за ДСТУ 6081 [6], а також його суміші з дизельним паливом за ДСТУ 4840 [5]. Також визначено мінімальні вогнегасні концентрації та розрахункові витрати досліджуваних ГВР, за яких досягається гасіння зазначених речовин. Встановлено, що зі збільшенням частки біодизельного палива в суміші мінімальні вогнегасні концентрації як інертних розріджувачів (діоксиду вуглецю, азоту), так і інгібітору горіння (галон 2402) дещо знижуються.

Враховуючи однаковість механізму дії всіх ГВР-інертних розріджувачів, а також ГВР-інгібіторів горіння, можна спрогнозувати, що

всі сучасні озонобезпечні ГВР цих класів також придатні для гасіння як біодизельного палива, так і його сумішей з дизельним паливом. Мінімальні та проектні вогнегасні концентрації, розрахункові витрати конкретної ГВР тощо потрібно визначати окремо шляхом проведення експериментальних досліджень з використанням відповідних речовин (сумішей) і конкретних ГВР. Такі роботи передбачається провести в майбутньому, а їх результати використати у розробленні нормативних документів щодо протипожежного захисту підприємств, що займаються виробництвом біодизельного палива, палива для дизельних двигунів, яке містить його добавки, а також об'єктів складування цих видів палива.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ EN 15004 (усі частини) Стационарні системи пожежогасіння. Системи газового пожежогасіння.
2. Баратов А.Н. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справ. изд.: в 2 книгах; кн. 1 / Баратов А.Н., Корольченко А.Я., Кравчук Г.Н. – М.: Химия, 1990. – 496 с.
3. Довідник керівника гасіння пожежі. – Київ, ТОВ "Літера-Друк", 2016. – 320 с.
4. ДСТУ 3958:2015 Пожежна безпека. Газові вогнегасні речовини. Номенклатура показників якості. Загальні технічні вимоги і методи випробування.
5. ДСТУ 4840:2007 Паливо дизельне підвищеної якості. Технічні умови.
6. ДСТУ 6081:2009 Паливо моторне. Ефіри метилові жирних кислот олій і жирів для дизельних двигунів. Технічні вимоги.

EXTINGUISHING EFFICIENCY BY SOME GAS EXTINGUISHING SUBSTANCES OF BIODIESEL FUEL AND ITS MIXTURES WITH DIESEL FUEL

T.Skorobahatko, M.Kopylnii, V.Borovykov, Candidate of Sciences, Senior Research Fellow
The Ukrainian Civil Protection Research Institute, Ukraine

KEYWORDS

gas fire extinguishing substances, extinguishing efficiency, minimum extinguishing concentration, estimated flow.

ANNOTATION

Applicability of a number of gas fire extinguishing substances of burning inhibitor classes and inert diluent for the extinguishing of diesel fuel and its mixtures with diesel fuel is estimated. Minimum extinguishing concentrations and estimated flow of researched gas fire extinguishing substances at which extinguishment of bio diesel fuel and its mixtures with diesel fuel reached are determined experimentally. Applicability of gas fire extinguishing substances of both classes for extinguishing of bio diesel fuel and as well as its mixtures with diesel fuel is established.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТУШЕНИЯ НЕКОТОРЫМИ ГАЗОВЫМИ ОГNETУШАЩИМИ ВЕЩЕСТВА БИОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА И ЕГО СМЕСЕЙ С ДИЗЕЛЬНЫМ ТОПЛИВОМ

Т.Н. Скоробагатько, Н.И. Копыльный, В.А.Боровиков, канд. тех. наук, ст. наук. сотр.
Украинский научно-исследовательский институт гражданской защиты, Украина

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

газовые огнетушащие вещества, эффективность тушения, минимальная огнетушащая концентрация, расчетный расход.

АННОТАЦИЯ

Произведена оценка пригодности ряда газовых огнетушащих веществ класса ингибиторов горения и инертных разбавителей для тушения биодизельного топлива и его смесей с дизельным топливом. Экспериментально определены минимальные огнетушащие концентрации и расчетные расходы исследованных газовых огнетушащих веществ, при которых достигается тушение биодизельного топлива и его смесей с дизельным топливом. Установлена пригодность газовых огнетушащих веществ обоих классов для тушения биодизельного топлива и его смесей с дизельным топливом.

УДК 614.842.615

ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПІНОУТВОРЮВАЧІВ У РАЗІ ГАСІННЯ МОТОРНОГО ПАЛЬНОГО З ПОЛЯРНИМИ ДОБАВКАМИ

*В.О. Боровиков, канд.техн.наук, ст.наук.співр., О.М. Слуцька
Український науково-дослідний інститут цивільного захисту, Україна*

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

*Надійшла до редакції: 20.04.2017
Пройшла рецензування: 15.05.2017*

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

добавка, пальне, піна, піноутворювач, пожежа, пожежогасіння, система, стандарт

АНОТАЦІЯ

Обґрунтовано необхідність і описано пропонувані підходи щодо визначення вогнегасної ефективності піни, генерованої з робочих розчинів піноутворювачів, у разі гасіння моторного пального з добавками полярних горючих рідин, що використовуються для підвищення його детонаційної стійкості.

Як відомо [1 – 3], одним з чинників руйнування піни під час гасіння горючих (легкозаймистих) рідин є так зване контактне втягування плівок в пальне. Інтенсивність перебігу цього процесу значною мірою залежить від фізичних властивостей горючої рідини, насамперед від її полярності. Полярними зазвичай називають горючі рідини, молекули яких мають значний (близько $(3 \dots 10) \cdot 10^{-30}$ Кл·м) дипольний момент, тобто добуток часткового заряду атомів молекули на відстань між ними. Молекули таких рідин складаються з атомів, які суттєво відрізняються за величиною електронегативності, тобто відносної здатності набувати частковий від'ємний заряд за рахунок зміщення густини електронної хмари. До полярних горючих рідин належать спирти, альдегіди, кетони, карбонові кислоти, окремі галогеновані вуглеводні, меркаптани та інші органічні сполуки, а також розчинники для масляних фарб і деякі інші розчинники промислового і побутового призначення. Більшість нижчих представників різних класів органічних сполук, які являють собою горючі рідини, добре розчиняються у воді. На відміну від вищеназваних класів органічних сполук, насичені і ненасичені вуглеводні (пентан, гексан, гептан, циклогексан, бензол, толуол тощо), а також суміші, які складаються переважно з вуглеводнів (нафта, окремі види бензину, гас, дизельне пальне, бітуми і т. ін.) мають малий (зазвичай $(0,0 \dots 0,2) \cdot 10^{-30}$ Кл·м) дипольний момент і практично не розчиняються у воді. Такі рідини називають неполярними.

Здатність полярних рідин інтенсивно руйнувати піну давно відома [1], у зв'язку з чим для їх гасіння зазвичай використовують так звані “спиртостійкі” (“полівалентні”) піноутворювачі [2, 3]. Для забезпечення

придатності для гасіння полярних горючих рідин у складі сучасних піноутворювачів, призначених спеціально для їх гасіння, як правило, використовують водорозчинні полімери класу тиксотропних полісахаридів. Під час контакту з полярною горючою рідиною піни, генерованої з їх робочих розчинів, відбувається її руйнування, що супроводжується коагуляцією водорозчинного полімеру, який забезпечує достатньо ефективне екранування нових порцій піни, що подається, від впливу полярної горючої рідини. Як наслідок, її руйнування уповільнюється, забезпечується поступове покриття піною все нових ділянок поверхні полярної горючої рідини і врешті решт настає її гасіння. Для забезпечення найвищої вогнегасної ефективності піни під час гасіння таких рідин створюють умови, за яких швидкість її стикання з палимим найнижча (подають піну “м’яким” способом). Подавання піни “м’яким” способом означає її нанесення не безпосередньо на поверхню палаючої рідини, а опосередковане подавання на неї шляхом спливання піни з поверхні екрана, стінки резервуара або іншої поверхні, куди піна подається зі ствола-генератора піни, пінокамери або іншого пристрою.

Як відомо, для підвищення детонаційної стійкості (октанового числа) моторного пального (бензину) можуть використовуватись різноманітні добавки, серед яких тетраетилсвинець, пентакарбоніл заліза, метил-трет-бутиловий ефір, окремі нижчі спирти та ін. Натомість використання тетраетилсвинцю у світі поступово обмежується, в більшості розвинених держав, у тому числі в Україні, виробництво пального, що містить його (етилованого бензину), припинено або ж обсяги виробництва зведено до мінімуму.

Використання з цією метою пентакарбонілу заліза також обмежено або припинено, зокрема, через можливість утворення на свічах двигунів внутрішнього згорання струмопровідних доріжок, наявність яких може призвести до ускладнень під час роботи двигунів або їх пошкодження.

У той же час, використання метил-трет-бутилового ефіру, нижчих спиртів та інших полярних добавок для підвищення октанового числа пального стало повсюдним, залежно від способу одержання, марки, заводу-виробника бензин може містити до 10 % добавок полярних рідин і більше. Бензин, що містить полярні добавки-антидетонатори (так званий "газохол"), являє собою їх суміш з неполярними рідинами (переважно вуглеводнями), що містяться в нафті, з якої його виготовляють. Для стабілізації цієї системи, що являє собою емульсію, використовують емульгатори. Відомо [2, 3], що наявність полярних компонентів у бензині може вплинути на його здатність руйнувати піну, генеровану з робочих розчинів піноутворювачів для гасіння пожеж, а збільшення вмісту полярної речовини означатиме посилення руйнування піни.

Висока пожежна небезпечність усіх видів бензину, небезпека пожеж у резервуарах для його зберігання та високі збитки від них, а також ускладнення, з якими пов'язане гасіння пожеж у резервуарах для зберігання бензину як стаціонарними системами пожежогасіння, так і пересувною протипожежною технікою зумовлюють необхідність забезпечення належної ефективності боротьби з пожежами на таких об'єктах. Водночас, як відомо, успішність гасіння пожеж суттєво залежить від ефективності вогнегасних речовин, що застосовуються. Тому від вірного вибору піноутворювача і протипожежного обладнання, а також способу, інтенсивності і тривалості подавання піни під час гасіння бензину, що містить полярні добавки, залежить успішність його гасіння.

Метою цієї роботи було аналізування літературних даних і вимог нормативних документів щодо протипожежного захисту об'єктів зберігання неетилованого бензину стаціонарними системами пожежогасіння, а також обґрунтування загальних підходів до оцінювання можливості та визначення умов застосування в таких системах піноутворювачів, не призначених для гасіння полярних горючих рідин.

Дослідженням з оцінювання вогнегасної ефективності піни, генерованої з робочих розчинів піноутворювачів різної хімічної природи під час гасіння бензину, присвячено велику кількість робіт. Зокрема, у 80-х – 90-х роках минулого століття було проведено ряд натурних випробувань з його гасіння [4 – 8], які дали змогу оцінити відносну ефективність піноутворювачів різних видів під час гасіння вуглеводневого пального. Також проведено ряд експериментальних (наприклад, [9 – 11]) і теоретичних [2, 3] досліджень, під час яких вивчали вогнегасну ефективність піни під час гасіння моторного пального, що містить полярні добавки-антидетонатори. Водночас, систематизовані дані, які дали б змогу порівняти вогнегасну ефективність піни, генерованої з робочих розчинів піноутворювачів тієї чи іншої хімічної природи чи навіть однієї марки, під час гасіння етилованого і неетилованого бензину в літературі практично відсутні, зокрема, навіть роботи [2, 3, 11], автори яких провели великий обсяг робіт щодо систематизації наявної в літературних джерелах інформації, містять лише окремі дані щодо піноутворювачів, які здебільшого вже знято з виробництва і не дають змоги прогнозувати особливості процесів взаємодії повітряно-механічної піни, генерованої з робочих розчинів піноутворювачів інших марок, з полум'ям під час гасіння неетилованого бензину.

Вимоги нормативних документів, які регламентують порядок застосування систем пінного пожежогасіння для захисту об'єктів зберігання моторного пального з добавками полярних горючих рідин останнім часом суттєво змінилися. Так, наприклад, видання стандарту щодо стаціонарних систем пінного пожежогасіння NFPA 11 [12], датоване 1994 роком, містить вимоги щодо підвищення нормативної інтенсивності подавання робочих розчинів піноутворювачів під час гасіння так званого газохолу (бензину, що містить більше ніж 10 % добавок полярних горючих рідин) на 25 %, у той час як ряд більш пізніх видань цього ж стандарту (у тому числі 2016 року) регламентують застосування з цією метою "спиртостійких" піноутворювачів. Ймовірною причиною такої зміни вимог є прагнення гарантувати можливість гасіння неетилованого бензину будь-якого складу за нормованих параметрів подавання піни, водночас, техніко-економічне обґрунтування доцільності застосування в подібних випадках піноутворювачів, призначених для гасіння

полярних горючих рідин, предметом стандарту не є. Аналогічно, п. 5.2.1 ДСТУ Б EN 13565-2:2013 [13] передбачає використання “спиртостійких” піноутворювачів, які відповідають вимогам ДСТУ EN 1568-4:2014 [14], у випадках, коли вміст кисневмісних добавок в моторному пальному перевищує 10 % (об). Натомість цей самий пункт допускає використання піноутворювачів інших типів, якщо випробуваннями, проведеними незалежною стороною, встановлено їх придатність до використання з цією метою. Водночас, жодних вимог чи настанов стосовно порядку проведення таких випробувань стандарт не містить, що наразі не дає змоги чітко регламентувати порядок визначення придатності та умов застосування піноутворювачів, що не відповідають вимогам стандарту [14], для гасіння неетилового бензину та інших подібних рідин.

Відомо [2, 3, 12 – 15], що використання “спиртостійких” піноутворювачів у більшості випадків пов’язане з певними труднощами. Зокрема, більшість з них через наявність водорозчинних полімерів є високов’язкими рідинами, для приготування робочих розчинів яких може знадобитися спеціальне обладнання (пінозмішувачі відповідних конструкцій, насоси з додатним зміщенням тощо). Певні труднощі можуть виникати також через наявність грудок, що зазвичай залишаються у водному розчині через неповноту змішування піноутворювача з водою. Так, наприклад, відповідно до п. 8.2.1 ДСТУ EN 13565-1:2015 [15], пінні зрошувачі потрібно оснащувати фільтрами, якщо через наявні в їх складі канали не проходить сферичне тіло діаметром 6,0 мм. Вартість таких піноутворювачів через більшу складність рецептури і технології виробництва за інших однакових умов також суттєво вища за вартість піноутворювачів, що не містять полімерних добавок. У той же час, зберігати робочі розчини піноутворювачів, придатних для гасіння полярних горючих рідин, у більшості випадків не допускається через висолювання водорозчинного полімеру. Відповідно, трубопроводи системи пожежогасіння мають являти собою сухотруби, що в багатьох випадках небажано.

Отже, забезпечення умов ефективного використання піноутворювачів, що не містять добавок водорозчинних полімерів, для гасіння моторного пального, що містить понад 10 % (об) кисневмісних добавок-антидетонаторів, дасть змогу як знизити матеріальні витрати, так і усунути технічні труднощі, пов’язані з

використанням високов’язких піноутворювачів, особливо під час гасіння пожеж пересувною протипожежною технікою. Актуальність цього питання, як вже відзначалося, зумовлено зростаючими обсягами виробництва і споживання так званого сумішевого пального, зокрема, бензину, що містить велику кількість кисневмісних добавок, у тому числі “біостанолу” (зневодненого етилового спирту, неочищеного від решти технологічних домішок).

Зважаючи на необхідність проектування стаціонарних систем пожежогасіння згідно з чинними нормами, піноутворювач може вважатися придатним для гасіння моторного пального, що містить більше ніж 10 % (об) полярних добавок, а також інших горючих рідин, що являють собою суміші полярних і неполярних компонентів, у разі виконання однієї або обох таких умов:

- вогнегасна ефективність (а також ізолювальна здатність у разі, якщо її нормовано) піни, генерованої з робочого розчину, відповідає тим самим класам, яким вона має відповідати у разі використання пального, передбаченого відповідною стандартизованою методикою випробувань;

- розрахункове значення нормативної інтенсивності подавання робочого розчину піноутворювача під час гасіння такої горючої рідини, визначене за результатами експериментального оцінювання критичної інтенсивності його подавання, не перевищує номінального значення, передбаченого ДСТУ Б EN 13565-2 [13] або ВБН В.2.2-58.1 [16] залежно від типу піноутворювача.

Те саме стосується застосування піноутворювачів для гасіння таких горючих рідин пересувною протипожежною технікою.

Проведення досліджень з визначення можливості та умов застосування піноутворювачів, що не містять добавок водорозчинних полімерів, для гасіння автомобільного бензину конкретного компонентного складу можна проводити, користуючись методиками оцінювання вогнегасної ефективності та ізолювальної здатності піни, які передбачено чинними стандартами, а також стендовими методиками оцінювання цих показників, розробленими лабораторіями, які валідовано в установленому порядку. Принципові підходи, а також запропоновані методики відповідних випробувань описано, зокрема, в роботах [17, 18], а відповідні стендові методики [19, 20]

реалізовано в Українському науково-дослідному інституті цивільного захисту.

Водночас, під час раніше проведених дослідів було виявлено, що на початкових стадіях подавання піни, генерованої з робочих розчинів піноутворювачів, призначених для гасіння неполярних горючих рідин, на поверхню палаючого бензину, що містить більше ніж 10 % кисневмісних добавок, може відбуватися її інтенсивне руйнування, але через певний час воно уповільнюється і характер взаємодії піни з паливом візуально не відрізняється від випадків гасіння неполярних горючих рідин. Ймовірними причинами такого уповільнення можуть бути розведення водою емульгованих полярних добавок, руйнування емульсії в процесі горіння внаслідок нагрівання пального, зменшення вмісту полярних компонентів в процесі вигорання або два або три з цих явищ одночасно.

Враховуючи на викладене, з метою визначення придатності певного піноутворювача, призначеного для гасіння неполярних горючих рідин, для гасіння бензину з конкретною полярною добавкою-антидетонатором або комбінацією таких добавок необхідно проводити такі дослідження:

– з визначення залежності тривалості гасіння, критичної інтенсивності подавання робочого розчину піноутворювача і (за необхідності) проміжку часу до повторного займання від компонентного складу бензину, зокрема, від хімічної природи і вмісту полярних добавок-антидетонаторів;

– з оцінювання показників вогнегасної ефективності та ізолювальної здатності піни від тривалості вільного горіння багатоконпонентної рідини;

– з виявлення кореляції між показниками вогнегасної ефективності та ізолювальної здатності піни, генерованої з робочого розчину піноутворювача, і товщиною шару рідини та тривалістю її вільного горіння;

– з оцінювання впливу способу нанесення піни на поверхню палаючої рідини (подавання

“жорстким” або “м’яким” способом) на показники її вогнегасної ефективності та ізолювальної здатності.

Беручи до уваги той факт, що компонентний склад (у тому числі природа і вміст полярних добавок-антидетонаторів) бензину різних виробників може суттєво відрізнятися, цілком очевидно, що оцінювати вогнегасну ефективність піни, генерованої з робочого розчину того чи іншого піноутворювача, потрібно окремо в кожному конкретному випадку. Все це повною мірою стосується також досліджень з виявлення впливу показників якості води, що використовується для приготування водних розчинів піноутворювачів, на вогнегасну ефективність піни, генерованої з них, оскільки за наявності домішок, які негативно впливають на неї (зокрема, мінеральних солей, залишків нафтопродуктів, що можуть міститися в оборотній воді нафтопереробного підприємства), можливе додаткове зниження вогнегасної ефективності піни під час гасіння нестилованого бензину [1 – 3, 13, 16, 21 – 23].

Зважаючи на високі вартість і трудомісткість таких досліджень, їх планується проводити на засадах договорів з заінтересованими сторонами з подальшою систематизацією результатів і за можливості формування відповідної бази даних. Проводити їх передбачається за вищезгаданими стендовими методиками [19, 20] і, за необхідності, за методиками, регламентованими стандартами [24, 25]. Результати цих досліджень передбачено використати під час внесення змін і доповнень до чинних будівельних норм на склади нафти і нафтопродуктів [16], Інструкції щодо гасіння пожеж у резервуарах із нафтою та нафтопродуктами (НАПБ 05.035-2004) [22], а також Інструкції про порядок застосування і випробування піноутворювачів для пожежогасіння [23].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Казаков М.В. Применение поверхностно-активных веществ для тушения пожаров – М.: Стройиздат, 1977. – 81 с.
2. Шароварников А.Ф. Противопожарные пены. Состав, свойства, применение. М.: Знак, 2000. – 486 с.
3. Тушение пожаров нефти и нефтепродуктов / Шароварников А.Ф., Молчанов В.П., Воевода С.С., Шароварников С.А. – М., Издательский дом “Калан”, 2002. – 448 с.
4. РЖ Пожарная охрана, 1988, 9А235. Опыты по тушению бензинов пеной. Gasoline fires and Foams / Briggs A.A., Webb J.S. // Fire Technol., 1988, т. 24, №1. – С. 48-58.
5. РЖ Пожарная охрана, 1980, 12А178. Тушение этилированного бензина. Extinguishing gasohol fires / Dimaio Louis R. // Fire J., 1980, т. 74, №2. – С. 60-63.
6. РЖ Пожарная охрана, 1981, 2А84. Сравнительные испытания на пожарах жидких топлив. Comparative tests on liquid fuel fires // Fire Int., 1980, т. 6, №68. – С. 65-79.

7. РЖ Пожарная охрана, 1981, 8А89. Испытания огнетушащей эффективности пены. Trials of foam on petrol pool fires / Wells Alan // Fire Prot., 1981, т. 44, №524. – С. 17.
8. РЖ Пожарная охрана, 1981, 9А80. Результаты испытаний по использованию пен для тушения пожаров разлитого бензина. Interesting results from trials of foam on petrol pool fires / Wells Alan // Fire Eng. J., 1981, т. 41, №121. – С. 40.
9. РЖ Пожарная охрана, 1982, 8А71. Метод тушения горящего газохолола. FRS investigates methods of dealing with gasohol fires / Briggs Tony // Fire, 1982, т. 74, №923. – С. 679-681.
10. РЖ Пожарная охрана, 1986, 12А351. Тушение спиртобензиновых смесей пеной. Evaluating the use of firefighting foams / Noll Greg // Fire Eng., 1989, т. 139, №2. – С. 44, 46, 47, 49.
11. Корольченко А.Я., Шароварников С.А. Тушение смесевых топлив фторсодержащими пенообразователями // Транспорт и хранение нефтепродуктов. М.: ЦНИИТЭНефтехим, 1996, Вып. 8-9. – С. 14-17.
12. NFPA 11 Standard for low-, medium- and high-expansion foam.
13. ДСТУ Б EN 13565-2:2013 Стационарні системи пожежогасіння. Системи пінного пожежогасіння. Частина 2. Проектування, монтування та технічне обслуговування (EN 13565-2:2009, IDT) [Текст]. – впр. 2013.06.21. – Київ: Мінрегіон України, 2014. – 96 с.
14. ДСТУ EN 1568-4:2014 Вогнегасні речовини. Піноутворювачі. Частина 4. Вимоги до піноутворювачів, призначених для гасіння водорозчинних горючих рідин піною низької кратності, що подається на поверхню (EN 1568-4:2008, EN 1568-4:2008/AC:2010, IDT) [Текст]. – впр. 2014.12.30. – Київ: ДП “УкрНДНЦ”, 2014. – 47 с.
15. ДСТУ EN 13565-1:2015 Стационарні системи пожежогасіння. Системи пінного пожежогасіння. Частина 1. Вимоги до компонентів та методи їх випробування (EN 13565-1:2003+A1:2007, IDT) [Текст]. – впр. 2015.06.22. – Київ: ДП “УкрНДНЦ”, 2014. – 27 с.
16. ВБН В.2.2-58.1-94 Проектування складів нафти і нафтопродуктів з тиском насичених парів не вище 93,3 кПа [Текст]. – впр. 1994.04.01. – Київ: Держкомнафтогаз, 1994. – 151 с.
17. Боровиков В.О., Антонов А.В., Слущка О.М. Методологія оцінювання вогнегасної ефективності піни низької кратності під час гасіння горючих рідин. [Текст] – Науковий вісник УкрНДПБ: Науковий журнал. К., УкрНДПБ МНС України, 2008, №1 (17). – С. 146-154.
18. Боровиков В.О., Козяр Н.М., Слущка О.М. Обґрунтування придатності методики визначення критичної інтенсивності подавання робочих розчинів піноутворювачів загального призначення під час гасіння неполярних горючих рідин для оцінювання якості вогнегасних речовин. [Текст]. – Науковий вісник УкрНДПБ: Науковий журнал. К., УкрНДПБ МНС України, 2008, №1 (19). – С. 179-182.
19. Методика № 64 визначення тривалості гасіння і критичної інтенсивності подавання робочих розчинів піноутворювачів спеціального призначення у разі гасіння горючих рідин піною низької кратності.
20. Методика № 2000/2-ПУ-10 визначення тривалості гасіння і критичної інтенсивності подавання робочого розчину піноутворювача для піни середньої кратності при гасінні горючих рідин.
21. Боровиков В.О. Одержання та застосування екологічно безпечних піноутворювачів для гасіння пожеж. Дис. ... канд. техн. наук. К., УкрНДПБ МНС України, 2002. – 237 с.
22. Інструкція щодо гасіння пожеж у резервуарах із нафтою та нафтопродуктами. [Текст]. – впр. 2004.02.16, наказ МНС України №35.
23. Інструкція про порядок застосування і випробування піноутворювачів для пожежогасіння. [Текст]. – впр. 2008.11.24, наказ МНС України №851.
24. ДСТУ EN 1568-1:2014 Вогнегасні речовини. Піноутворювачі. Частина 1. Вимоги до піноутворювачів, призначених для гасіння водонерозчинних горючих рідин піною середньої кратності, що подається на поверхню (EN 1568-1:2008, EN 1568-1:2008/AC:2010, IDT) [Текст]. – впр. 2014.12.30. – Київ: ДП “УкрНДНЦ”, 2014. – 36 с.
25. ДСТУ EN 1568-3:2014 Вогнегасні речовини. Піноутворювачі. Частина 3. Вимоги до піноутворювачів, призначених для гасіння водонерозчинних горючих рідин піною низької кратності, що подається на поверхню (EN 1568-3:2008, EN 1568-3:2008/AC:2010, IDT) [Текст]. – впр. 2014.12.30. – Київ: ДП “УкрНДНЦ”, 2014. – 48 с.

REGARDING DETERMINATION OF FOAM AGENT EFFICIENCY IN CASE OF EXTINCTION OF MOTOR FUEL WITH POLAR ADDITIVES

*V. Borovykov, Candidate of Technical Sciences, Senior Research Fellow, O. Slutska
The Ukrainian Civil Protection Research Institute, Ukraine*

KEYWORDS

additive, fuel, foam, foam concentrate, fire, fire-fighting, system, standard

ANNOTATION

It is grounded the necessity and described the proposed approaches for the determination of the fire extinguishing efficiency of foam, that is generated from working foam agents, under extinguishing of motor fuels with additives of polar combustible liquids used for the improvement of its detonation resistance.

ПРО ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПРИ ТУШЕНИИ МОТОРНОГО ТОПЛИВА С ПОЛЯРНЫМИ ДОБАВКАМИ

*В.А.Боровиков, канд. техн. наук, ст. науч. сотр. О.М.Слуцкая
Украинский научно-исследовательский институт гражданской защиты, Украина*

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

добавка, топливо, пена, пенообразователь, пожар, пожаротушение, система, стандарт

АННОТАЦИЯ

Обоснована необходимость и описано предлагаемые подходы к определению огнетушащей эффективности пены, генерированной из рабочих растворов пенообразователей, при тушении моторного топлива с добавками полярных горючих жидкостей, используемых для повышения его детонационной стойкости.

Обґрунтовано необхідність і описано пропонувані підходи щодо визначення вогнегасної ефективності піни, генерованої з робочих розчинів піноутворювачів, у разі гасіння моторного пального з добавками полярних горючих рідин, що використовуються для підвищення його детонаційної стійкості.

УДК 614.841:678

РОЛЬ АНТИПІРЕНА-ЗАТВЕРДНИКА У ФОРМУВАННІ САМОЗГАСАЮЧИХ ЕПОКСІАМІННИХ КОМПОЗИЦІЙ

В.-П.О. Пархоменко, О.І. Лавренюк, канд. техн. наук, доцент, Б.М. Михалічко, д-р. хім. наук, проф.*

Львівський Державний університет безпеки життєдіяльності, Україна

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

*Надійшла до редакції: 03.04.2017
Пройшла рецензування: 13.06.2017*

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

епоксіамінні композиції, купрум(II) гексафлуорсилікат, антипірен-затвердник, показники пожежної небезпеки, самозгасаюча композиція.

АНОТАЦІЯ

В роботі синтезовано новий антипірен-затвердник епоксидних смол на основі поліетиленполіаміну та купрум(II) гексафлуорсилікату. Розкрито особливості впливу антипірена-затвердника на основні показники пожежної небезпеки епоксіамінних композицій. Експериментально встановлено, що застосування запропонованого антипірена-затвердника призводить до зростання температур займання та самозаймання епоксіамінних композицій. Виявлено, що хімічна взаємодія між купрум(II) гексафлуорсилікатом та поліетиленполіаміном відіграє вирішальну роль у формуванні самозгасаючих епоксіамінних композицій.

Пожежонебезпечні характеристики епоксидних полімерів і матеріалів на їх основі суттєво залежать від хімічної природи та будови молекул затвердників. На даний час відомо більше сотні промислових марок затвердників [1, 2]. Вибір затвердника визначається конкретним призначенням затвердненого полімеру, умовами його формування та експлуатації. Втім, на даний час в промисловості переважно застосовують затвердники амінного типу та кислотні затвердники. Однак, епоксидні полімери отримані з використанням цих затвердників мають порівняно низьку термостійкість та підвищену пожежну небезпеку.

Тому при виборі затвердника епоксидних смол варто враховувати не лише вимоги до експлуатаційних характеристик матеріалу, технологічних параметрів його отримання і переробки у виробі, але й вплив на горючість матеріалу. В зв'язку з цим, як свідчать літературні дані [3, 4], все частіше з метою зниження горючості епоксиполімерних матеріалів пропонують застосовувати затвердники з властивостями антипіренів.

Зазвичай в якості таких речовин використовують галогенвмісні затвердники: суміші трибромметафенілдіаміну з метафенілдіаміном чи 3,3-дихлор-4,4-дибромкрезил-гліцидиловим ефіром, пентахлор- і пентабромфенолу бромованих бісфеноксіполук і хлорендикового ангідриду, 3,3-дихлор-4,4-діамінофенілметан, дихлор-*n*-амінобезиланілін, хлорвмісні ангідриди, отримані конденсацією гексахлорпентадієну і 5,5-діалкоксітетрахлорциклопентадієнів з

*E-mail: olaw@ukr.net

ангідридами 4-циклогексан-1,2-дикарбонових кислот, тощо.

Доволі часто з метою зниження горючості епоксиполімерів пропонують застосовувати фосфоровмісні затвердники, зокрема, фосфоровмісні гліцидилові сполуки, фосфінові кислоти, амінофосфати, ди-, три- та оксіфенілові ефіри метилфосфонової і фосфорної кислот, моно-, ди- і триалкілфосфін, аміноциклотрифосфазени, поліметалофосфати [5-7].

Та, не зважаючи на безліч запропонованих в літературі рецептур для створення епоксиполімерних матеріалів зі зниженою пожежною небезпекою, лише деякі з них застосовують на практиці. У зв'язку зі швидкими темпами промислового виробництва та з метою забезпечення високих експлуатаційних характеристик виробів щоразу висуваються нові вимоги до композиційних матеріалів. Застосування ж відомих і поширених епоксидних композицій вже не в змозі забезпечити в повній мірі необхідні властивості матеріалам. Відтак постійно актуальною є необхідність у створенні наукових основ для розробки нових модифікованих епоксидних композитів і раціональної технології одержання пожежобезпечних матеріалів на їх основі.

Результати попередніх досліджень [8-10] довели високу ефективність застосування комплексних сполук на основі неорганічних солей купруму – купрум(II) сульфату, купрум(II) гідроксокарбонату та амінів в якості антипіренів-затвердників епоксидних композицій. На особливу увагу з точки зору

можливої антипіренової дії заслуговує купрум(II) гексафлуорсилікат. Завдяки електронній структурі атому купруму, солі купруму(II) є сильними акцепторами електронів і тому $\text{CuSiF}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ можна використовувати для ефективного σ -зв'язування з амінами. На відміну від солей перехідних металів з незаповненими d -підрівнями, атоми купруму(II) характеризуються такою електронною структурою: $[\text{Ar}]4s^03d^94p^0$.

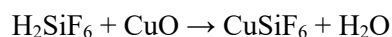
Як видно зі схеми атоми купруму у ступені окиснення +2 на зовнішньому рівні мають чотири вільні атомні орбіталі – одну s і три p , здатних до акцептування електронів [11]. Утворення сполук за участю атомів купруму(II) регламентується участю шести sp^3d^2 -гібридизованих орбіталей іону Cu^{2+} , які орієнтовані до вершин деформованого октаедра. Відтак чимала хімічна спорідненість акцепторних атомів купруму до донорних атомів нітрогену органічних амінів є

передумовою утворення міцних координаційних σ -зв'язків типу $\text{Cu(II)} \leftarrow \text{N}$.

Окрім схильності до комплексоутворення, купрум(II) гексафлуорсилікат спроможний при нагріванні до температури 120°C розкладатися з утворенням негорючого газу силіцій фториду [12]:



Купрум(II) гексафлуорсилікат – кристалічний порошок блакитного кольору, розчинний у воді. Його одержують взаємодією гексафлуорсилікатної кислоти та купрум(II) оксиду за реакцією:



Основні структурні характеристики купрум(II) гексафлуорсилікату та продукту його взаємодії з поліетиленполіаміном (ПЕПА) – антипірену-затвердника наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 - Кристалографічні параметри купрум(II) гексафлуорсилікату та антипірену затвердника

Сполука	Параметри елементарної комірки			Кількість формульних одиниць в комірці	Температура поліморфного переходу, К
	a (нм); α (°)	b (нм), β (°)	c (нм), γ (°)		
$\text{CuSiF}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	1,813; 90	1,813; 90	0,9787; 90	12	296
ПЕПА- CuSiF_6	0,899; 90	0,961; 91,5	1,574; 90	4	–

Здебільшого купрум(II) гексафлуорсилікат застосовують як консервант для деревини, компонент бетону, розчин для рафінування кольорових металів, для отримання строкатого забарвлення та як фунгіцид. Так, запатентована композиція [13] для захисту деревини, деревних матеріалів чи комбінованих матеріалів з деревини та пластику від ураження і/чи руйнування мікроорганізмами містить в якості синергіста купрум(II) гексафлуорсилікат.

Його, як й інші розчинні флуорсилікати, а саме магній та цинк флуосилікати, застосовують для надання цементу водонепроникності. Дія флуорсилікатів базується на тому, що вони реагують з оксидом кальцію, який міститься в цементі, з утворенням фторидів і силікатів металів, які виділяються в дрібнодисперсному стані, закупорюючи пористу структуру цементу [14].

В роботі [15] згадується про застосування купрум(II) гексафлуорсилікату в

стоматологічній практиці у складі препарату фторкальцит для десенсibiliзації шийки зуба, локальної профілактики і лікування карієсу зубної емалі, мінерального опломбування фіссури зуба.

Відомості ж щодо застосування купрум(II) гексафлуорсилікату з метою зниження горючості полімерних матеріалів та, зокрема, матеріалів на основі епоксидних смол в літературних даних відсутні. Тому метою роботи є синтез нового антипірена-затвердника епоксидних смол на основі купрум(II) гексафлуорсилікату та поліетиленполіаміну й розкриття особливостей його впливу на показники пожежної небезпеки епоксіамінних композицій.

Антипірен-затвердник у вигляді кристалічного комплексу отримували шляхом змішування еквімольних кількостей купрум(II) гексафлуорсилікату та поліетиленполіаміну за кімнатної температури. Утворені темно-сині

кристали амінокупрокомплексу, складу ПЕПА- CuSiF_6 було досліджено методом рентгеноструктурного аналізу і його кристалографічні параметри наведені вище у таблиці 1. Як зв'язуюче епоксіамінної композиції було використано епоксидіановий олігомер марки ЕД-20. Готували два зразки композицій: з використанням в якості затвердника поліетиленполіаміну (ПЕПА) та синтезованого купрокомплексу (ПЕПА- CuSiF_6). Затверднення епоксидних композицій проводили за кімнатної температури впродовж 24 годин.

Основні показники пожежної небезпеки визначали за стандартними методиками:

Таблиця 2 - Результати експериментального визначення температури займання та самозаймання вихідних речовин та матеріалів на їх основі за ГОСТ 12.1.044-89

Речовина, матеріал	Параметр	
	Температура займання, °С	Температура самозаймання, °С
ЕД-20	244	570
ПЕПА	136	393
ПЕПА- CuSiF_6	займання не відбувалося до 450°С	самозаймання не відбувалося до 600°С
ЕД/ПЕПА	320	545
ЕД/ПЕПА- CuSiF_6	325	553

Займання ж отриманого антипірена-затвердника не відбувалося при нагріванні його до 450°С, а самозаймання не відбувалося при нагріванні до 600°С. Це може свідчити про утворення додаткових хімічних зв'язків між неорганічною негорючою сіллю купрум(II) гексафлуорсилікатом та горючим аміним затвердником епоксидних смол ПЕПА. В даному випадку займання комплексу могло б відбутися лише за умови вивільнення аміну із зв'язаного стану і утворення пароповітряної суміші, концентрація насиченої пари аміну в якій би перевищувала нижню концентраційну межу поширення полум'я. Однак, як свідчать експериментальні дані за температур, за яких мало б спостерігатися займання органічних амінів, власне займання антипірена-затвердника не відбувається. Це вказує на те, що за таких температур концентрація пари органічного аміну в окиснювальному середовищі є недостатньою для підтримання горіння.

Отже, внаслідок утворення додаткових хімічних зв'язків амін міцно утримується в іонно-молекулярному комплексі. Тобто після додавання до ПЕПА купрум(II) гексафлуорсилікату усталена при температурі

температуру займання та самозаймання – на приладі ОТП (згідно з ГОСТ 12.1.044), швидкість поширення полум'я по зразку розташованому в горизонтальному положенні – з використанням пальника Бунзена (згідно з ГОСТ 28157-89).

В результаті проведених експериментальних досліджень (таблиця 2) було встановлено, що температура займання незатвердненого епоксидіанового олігомера становить 244°С, а температура самозаймання – 570°С. Температури займання та самозаймання амінного затвердника епоксидіанового олігомера ПЕПА є значно нижчими і дорівнюють відповідно 136°С та 393°С.

займання чистого аміну рівновага: органічний амін (ПЕПА) \leftrightarrow насичена пара органічного аміну (ПЕПА) зміщується в сторону стрімкого зниження концентрації насиченої пари аміну до значень, якими характеризують область безпечних концентрацій. Відтак процес комплексоутворення спроможний перевести горючий амін у важкогорючий або ж, навіть, у зовсім негорючий. Саме цей процес і є вирішальним чинником антипіренової дії купрокомплексу.

Застосування запропонованого хелатного комплексу в якості антипірена-затвердника призводить до зниження пожежної небезпеки епоксіамінних композицій. Так, композиція, затверднена поліетиленполіаміном, має температуру займання на 5°С нижчу, а температуру самозаймання на 7°С нижчу ніж композиція затверднена новим антипіреном-затвердником.

Причиною підвищення температури займання та самозаймання модифікованої композиції в порівнянні з вихідною є не лише зниження швидкості її розкладу внаслідок утворення міцних координаційних зв'язків, про що йшлося раніше. Оскільки купрум(II) гексафлуорсилікат, який введений в

композицію, спроможний розкладатися з утворенням купрум(II) фториду та силіцій фториду, то хід деструкції епоксиполімеру змінюється в напрямку утворення великої кількості негорючих продуктів. Окрім того газоподібний силіцій фторид проявлятиме властивості флегматизатора, знижуючи концентрацію компонентів горючої суміші, що відобразатиметься в тривалості горіння композиційних матеріалів на основі епоксидних смол.

Тому великий теоретичний і практичний інтерес при моделюванні процесу горіння представляють результати вивчення закономірностей поширення полум'я по поверхні зразків епоксиполімерних матеріалів, розташованих в горизонтальному положенні, що наведені в таблиці 3. З цих експериментальних даних видно, що застосування запропонованого антипірена-затвердника в епоксидних композиціях суттєво впливає на швидкість поширення полум'я.

Так, зразки вихідної композиції не припиняли горіти до моменту вимушеного їх гасіння. Середня швидкість горіння становила 25,2 мм/хв. Оскільки швидкість горіння на ділянках між мітками зразків цієї композиції не

перевищувала 40 мм/хв., то такий матеріал згідно з ГОСТ 28157-89 можна віднести до категорії ПГ (полум'я пальника є джерелом займання горизонтально закріпленого зразка). При горінні зразків композиції спостерігалось падіння палаючих продуктів розкладу, від яких відбувалося займання підкладеної під зразок вати. В умовах пожежі це може призвести до збільшення площі пожежі та створення додаткової загрози життю людей.

При дії полум'я пальника на зразок композиції, що містить купрум(II) гексафлуорсилікат, спостерігали горіння зразка, однак після видалення полум'я самостійне горіння підтримувалось короткочасно, зразок сам гаснув до досягнення полум'ям нульової відмітки. Натомість в місці дії полум'я на поверхню зразка спостерігалось утворення карбонізованого шару. Тривалість самостійного горіння зразка цієї композиції не перевищувала 3–5 с. Займання підкладеної вати не спостерігалось. Швидкість поширення полум'я по зразку цієї композиції неможливо визначити, тому такий матеріал належить до найвищої категорії стійкості до ПВ (полум'я пальника є джерелом займання вертикально закріпленого зразка).

Таблиця 3 - Результати експериментального визначення швидкості поширення полум'я по зразках полімерних композицій, розташованих в горизонтальному положенні (ГОСТ 28157-89)

Параметр	Композиція	
	ЕД-ПЕПА	ЕД-ПЕПА-CuSiF ₆
Тривалість горіння на довжину, с:		не поширює полум'я, згасає до нульової відмітки
0–20 мм	41	
0–40 мм	95	
0–60 мм	147	
0–80 мм	190	
Середня швидкість горіння, мм/хв.	25,2	
Тривалість самостійного горіння, с	горить до моменту вимушеного гасіння	3–5
Категорія	ПГ	ПВ

Отже, прямою реакцією купрум(II) гексафлуорсилікату з поліетиленполіаміном отримано амінокупрокомплекс складу ПЕПА-CuSiF₆, який був використаний в ролі антипірена-затвердника при розробці самозгасаючих епоксіамінних композицій. Хімічна взаємодія (комплексоутворення) між

негорючою неорганічною сіллю купрум(II) гексафлуорсилікатом та горючим аміним затвердником епоксидних смол поліетиленполіаміном зумовлює формування епоксіамінних композицій з пониженою пожежною небезпекою.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кочнова З.А. Отвердители для эпоксидных пленкообразователей / З.А. Кочнова, Л.Г. Шодэ // Лакокрасочные материалы и их применение – 1995. №3-4. – С. 42-47
2. Helfand D. Recent developments in epoxy resins and curing agents / D. Helfand // J. of Coatings Technology. 1996. V.68, №852. P. 73-79.
3. Lu S-Y. Recent developments in the chemistry of halogen-free flame retardant polymers / S-Y. Lu, I. Hamerton // Prog. Polym. Sci. – 2002. – V.27. – P. 1661-1712.
4. Hamerton I. Metals and coordination compounds as modifiers for epoxy resins / I. Hamerton, B. Howlin, P. Jepson // Coord. Chem. Rev. – 2002. – V.224. – P. 67-85.
5. Пожарная опасность строительных материалов // А.Н. Баратов, Р.А. Андрианов, А.Я. Корольченко и др. – М: Стройиздат, 1988. – 380 с.
6. Реакционноспособные фосфорсодержащие органические соединения – эффективные антипирены для прочных трудногорючих эпоксидных полимеров // В.Н. Артемов, Н.А. Юрченко, З.Ф. Назарова и др. // Пластические массы. – 1983. – №9. – С. 44-46.
7. Mikzoyatmidis J.A., Kortides D.A. Curing of epoxy resins with 1-di(2-chloroethoxyphosphoryl)methyl-2,4-and-2,6-diaminobenzene / J.A. Mikzoyatmidis, D.A. Kortides // J. Appl. Polym. Sci. – 1984. – V.29. – № 1. – P. 197-209.
8. Н. Lavrenyuk, V. Kochubei, O. Mykhalichko, B. Mykhalichko A new flame retardant on the basis of diethylenetriamine copper(II) sulphate complex for combustibility suppressing of epoxy-amine composites // Fire Safety Journal. – 2016. – Vol.80. – P. 30-37.
9. Лавренюк О.І. Застосування купрум(II) карбонату як спосіб зниження пожежної небезпеки епоксидних композицій / О.І. Лавренюк, Б.М. Михалічко, П.В. Пастухов // Science Rise. – 2016. – №5/2(22) – С. 25-29.
10. Пат. 109187 UA, МПК С 08 L 63/00, С 08 К 3/10, С 09 К 21/00. Епоксидна композиція зі зниженою горючістю // Лавренюк О.І., Михалічко Б.М. – № а201311816; Заявл. 07.10.2013; Опубл. 27.07.2015. Бюл. №14. – 2 с.
11. Реми Г. Курс неорганической химии / Г. Реми – М.: Мир, 1966. –Т. 2. – 836 с.
12. Рипан Р., Четяну И. Неорганическая химия. Химия металлов / Р.Рипан, И.Четяну – М.: Мир, 1972. – Т. 2. – 871 с.
13. Пат. 2571899C2 RU. Содержащая пенфлуфен фунгицидная композиция, ее применение, древесина, древесные материалы или комбинированные материалы из древесины и пластика, содержащие эту композицию, и способ защиты древесины, древесных материалов из древесины и пластика // Б. Кооп, М. Куглер, Т. Йетч, Й. Каулен, Т. Герхарц. – Заявл. 30.09.2011; Опубл. 27.12.2015. (<https://patents.google.com/patent/RU2571899C2/ru>).
14. Реми Г. Курс неорганической химии / Г. Реми – М.: Химия, 1963. – Т. 1. – 919 с.
15. Ftorcalcit-E (Фторкальцит-Е). [Електронний ресурс] / Частное предприятие «Латус» – Режим доступа: <http://latus.com.ua/ru/products/profilakticheskie-materialy/ftorcalcit-e.html>.

THE FIRE RETARDANT-HARDENER ROLE IN THE FORMING THE SELF-EXTINGUISHING EPOXY-AMINE COMPOSITES

*V.Parkhomenko, O. Lavreniuk, Candidate of Technical Sciences, Docent, B. Mykhalichko, Doctor of Chemical Sciences, Proffesor
Lviv State University of Life Safety, Ukraine*

KEYWORDS

epoxyamine composites, copper(II), copper (II) hexafluorosilicate, fire retardant-hardener, fire risk indices, autoextinguishing composition.

ANNOTATION

In the article it is reported new fire retardant-hardener of epoxy resins on the basis of polyethylenepolyamine and copper(II) hexafluosilicate. It has been revealed the peculiarities of influence of the fire retardant-hardener on the principal fire risk indices of the epoxyamine composites. It is experimentally determined that the using of the recommended fire retardant-hardener results in the temperature increase of ignition and self-ignition of the epoxyamine composites. It is found out that the chemical interaction between copper (II) hexafluorosilicate and polyethylenepolyamine play a decisive role in the formation of autoextinguishing epoxyamine composites.

РОЛЬ АНТИПИРЕНА-ОТВЕРДИТЕЛЯ В ФОРМИРОВАНИИ САМОЗАТУХАЮЩИХ ЭПОКСИАМИННЫХ КОМПОЗИЦИЙ.

В.-П.О. Пархоменко, А.И. Лавренюк, канд.техн.наук, доцент, Б.М. Михаличко, д-р.хим.наук, проф.

Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности, Украина

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

эпоксиаминные композиции, купрум (II), гексафторсиликат меди(II), антипирен-отвердитель, показатели пожарной опасности, самозатухающая композиция.

АННОТАЦИЯ

В работе синтезирован новый антипирен-отвердитель эпоксидных смол на основе полиэтиленполиамина и гексафторсиликата меди(II). Раскрыто особенности влияния антипирена-отвердителя на основные показатели пожарной опасности эпоксиаминных композиций. Экспериментально установлено, что применение предложенного антипирена-отвердителя приводит к возрастанию температур воспламенения и самовоспламенения эпоксиаминных композиций. Выявлено, что химическое взаимодействие между гексафторсиликатом меди(II) и полиэтиленполиамином оказывает решающую роль в формировании самозатухающих эпоксиаминных композиций.

УДК 614.8

ПОШУК КРИТЕРІВ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОННИХ ПАСПОРТІВ ПОТЕНЦІЙНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Л. В. Сухорецька*

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

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції: 13.04.2017
Пройшла рецензування: 13.06.2017

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

електронний паспорт, потенційно небезпечний об'єкт, Державний реєстр потенційно небезпечних об'єктів, формалізування, автоматизація, контроль.

АНОТАЦІЯ

Розглянуто проблемні питання, пов'язані із забезпеченням вхідного контролю якості електронних паспортів, які надходять на реєстрацію в Державному реєстрі потенційно небезпечних об'єктів, та формалізуванням первинної інформації про потенційно небезпечні об'єкти. Розроблено класифікацію інформації про небезпечні підприємства для наповнення бази знань. Наведено приклад формалізування правила визначення відповідності форми паспорта основному виду господарської діяльності. Сформульовано принципи та визначено критерії оцінювання якості електронних паспортів потенційно небезпечних об'єктів.

Збирання первинної інформації про потенційно небезпечні об'єкти (далі – ПНО) для інформаційно-аналітичної системи, якою є Державний реєстр потенційно небезпечних об'єктів (далі – Державний реєстр ПНО) [1], здійснюється власноруч або автоматизованим способом. За першим способом відповідальна особа ПНО фіксує дані в установленій паперовій табличній формі паспорта ПНО, яка надсилається поштою на реєстрацію до Науково-дослідного, проектно-конструкторського та технологічного інституту макрографії (далі – НДІ макрографії), де фахівці вносять отриману інформацію до бази даних (далі – БД) Державного реєстру ПНО [2]. Автоматизований спосіб передбачає встановлення та використання певного програмного забезпечення (далі – ПЗ), яке дозволить відповідальній особі ПНО заповнювати електронний паспорт (далі – ЕП) ПНО та надсилати його на реєстрацію мережею Інтернет. Внесення даних до БД Державного реєстру ПНО здійснюється у такий спосіб за допомогою змінного машинного носія.

За будь-якого способу реєстрації вхідна інформація про ПНО має контролюватися з метою недопущення її дублювання в БД Державного реєстру ПНО або виявлення помилок та подальшого їх усунення. Трудомістких заходів із вхідного контролю якості інформаційного наповнення паспортів потенційно небезпечних об'єктів (далі – ПНО) перед їх реєстрацією в Державному реєстрі ПНО (далі – Реєстр). За попередніми оцінками середній час, витрачений фахівцем для вхідного контролю інформаційного наповнення одного паспорта ПНО, становить 30 хвилин і

*E-mail: ndi_m@arch.gov.ua

більше. Трудомісткість цього процесу зумовлена – необхідністю виконання складного аналізу великої кількості властивостей, зв'язків, умов та обмежень форм паспортів ПНО, а також потребою застосування під час аналізу знань, які значною мірою мають слабоформалізований характер (сислове оброблення інформації превалює над обчислювальним). Це унеможливує прийняття правильного рішення «новачком» і висуває, таким чином, додаткові вимоги до професійного рівня фахівця, у першу чергу пов'язаного з досвідом його роботи.

Зібрана (надана) інформація являє собою первинні дані інформаційно-аналітичної системи. «Відформатовані» (перевірені) дані про ПНО підлягають обробці для отримання похідної інформації, яка призначена та використовується для інформаційного забезпечення прийняття управлінських рішень у сферах цивільного захисту, техногенної безпеки, страхового фонду документації тощо. Іншим важливим компонентом, нарівні зі збором та реєстрацією вхідних даних про ПНО, є їх формалізування для забезпечення можливості подальшої автоматизованої обробки та перевірки.

Визначимо основні поняття, пов'язані із формалізуванням інформації про ПНО, та побудуємо інформаційну модель.

Формалізування інформації про окремі ПНО – це її відображення у визначеній формі, установленій окремими правилами. Формалізована інформаційна модель – це сукупність деяких символів (знаків), що існують окремо від об'єкта моделювання та можуть підлягати передаванню та обробці.

Реалізація такої інформаційної моделі зводиться до її подальшої формалізації у такі формати даних, які можуть бути оброблені комп'ютером.

Побудова інформаційної моделі передбачає проведення системного аналізу об'єкта моделювання. Результати такого

аналізу формалізуються: надаються (описуються) у вигляді таблиць або в інший обраний спосіб. Сукупність таких описів є теоретичною моделлю системи. Схему побудови інформаційної моделі надано на рисунку 1.

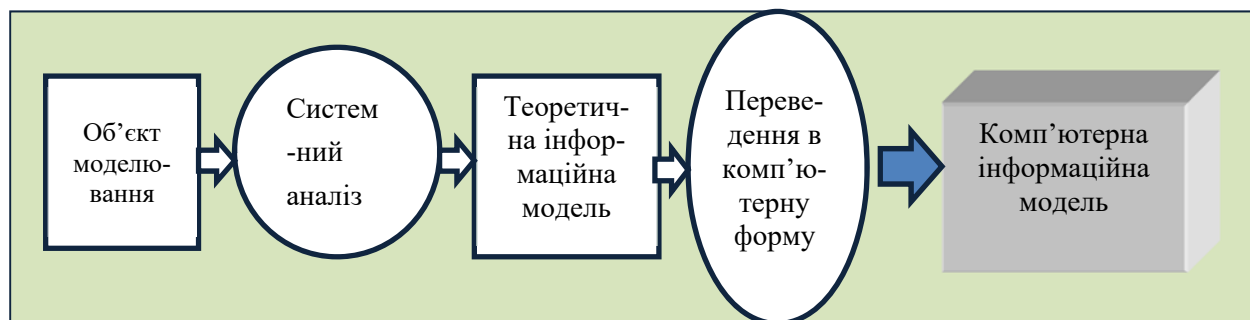


Рисунок 1 - Схема побудови інформаційної моделі

Чинні паспорти ПНО, за домінуючою у процесі моделювання технологією, можна віднести до табличних інформаційних моделей, які відображають певні реальні промислові об'єкти. Із застосуванням у процесі паспортизації ПНО Інтернет-технологій та упровадженням ЕП ПНО постає питання забезпечення певної стандартизації вихідних даних про ПНО, які будуть надаватися безпосередньо відповідальними особами ПНО, та забезпечення їх вхідного контролю. Особливого значення набуває питання автоматизації вхідного контролю якості ЕП ПНО.

Значна трудомісткість заходів із забезпечення вхідного контролю якості інформаційного наповнення паперових паспортів ПНО перед їх реєстрацією в Державному реєстрі ПНО обумовлена:

- необхідністю виконання складного аналізу великої кількості властивостей, зв'язків, умов та обмежень, передбачених формами паспортів ПНО;

- потребою застосування під час аналізу знань, які значною мірою мають слабо формалізований характер (сміслово оброблення інформації превалює над обчислювальним).

Для реалізації задачі автоматизації вхідного контролю якості ЕП ПНО НДІ мікрографії здійснює розроблення експертної системи – спеціалізованого прикладного програмного забезпечення (далі – ПЗ), одним із компонентів якого є база знань (далі – БЗ) предметної області.

Визначимо основні ознаки, притаманні інформації про небезпечні об'єкти, тобто проведемо певну її класифікацію, яку в подальшому можна використовувати для наповнення бази знань.

На практиці вміст бази знань поділяється на «факти» і «правила» [3]. Факти – це елементарні одиниці знання (прості твердження щодо характеристики ПНО), правила слугують для вираження зв'язку та залежності між фактами або їх комбінаціями. Таким чином, класифікацію знань про ПНО (промислове підприємство) можна уявити у такий спосіб:

- поняття математичні, нематематичні (площа, географічні координати, радіус поширення надзвичайної ситуації, ступінь вогнестійкості будови або споруди тощо);

- факти (назва, адреса місце знаходження, дата надання інформації, ідентифікаційний код відповідальної особи ПНО, наявність або відсутність проектної документації для будівництва тощо);

- правила, залежності, закони, зв'язки (ідентифікаційний код юридичної особи має вісім цифр, ідентифікаційний код фізичної особи має десять цифр; якщо підприємство виробляє хлібобулочні вироби, то на підприємстві мають бути газопроводи; цифрове значення географічної довготи менше за широту; якщо на підприємстві є склади небезпечних речовин, то ці склади є джерелами небезпеки; якщо основним видом економічної діяльності підприємства є видобування кам'яного вугілля підземним або відкритим

способом, то форма паспорта ПНО має бути 2НС або 4НС тощо);

– алгоритми та процедури (якщо ПНО ідентифікується за місцем знаходження з БД Державного реєстру ПНО, то проводиться актуалізація БД відповідно до паспорта ПНО; якщо ПНО не ідентифікується за місцем знаходження, то до БД вноситься новий ПНО; якщо ПНО ідентифікується з ПНО, включеними до Переліку ПНО [2], то до БД вноситься номер ПНО в Переліку ПНО, номер розділу Переліку ПНО та рік його затвердження тощо).

Знання, якими володіє фахівець у галузі паспортизації ПНО, поділяються на формалізовані (точні) і неформалізовані (неточні). Формалізовані знання містяться в нормативних документах, стандартах, класифікаторах тощо у вигляді деяких

визначених суджень. Неформальні знання мають ознаки суб'єктивності та приблизності. Такі знання є результатом багаторічного досвіду та інтуїції фахівців. Вони, звичайно, являють собою різноманіття емпіричних (евристичних) прийомів і правил. Задачі, які вирішуються на підставі точних знань, називають формалізованими, а задачі, які вирішують за допомогою неточних знань, – неформалізованими.

Знання, які зберігаються в БЗ, записуються в спеціальній формалізованій формі та являють собою певну сукупність моделей, правил, даних, які породжують аналіз, висновки для знаходження вирішення складних задач у деякій предметній галузі. На рисунку 2 наведено технологічну схему функціонування БЗ.

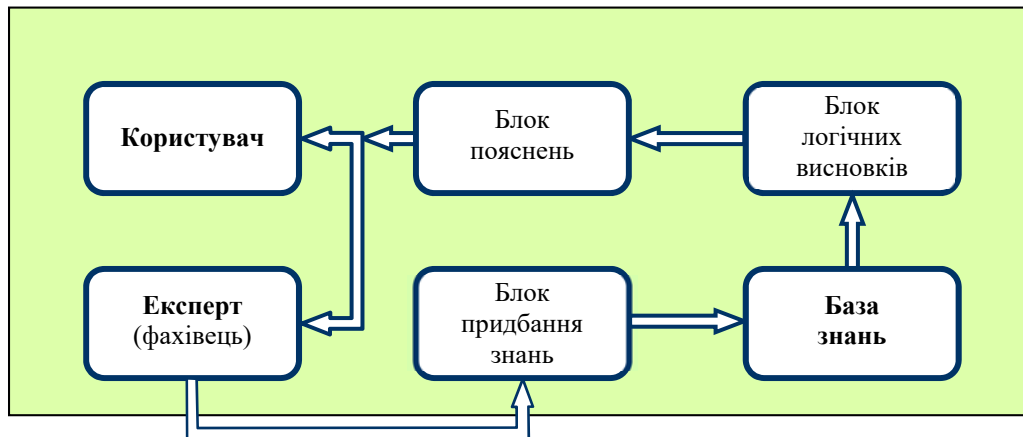


Рисунок 2 - Технологічна схема функціонування бази знань

БЗ для автоматизації вхідного контролю якості ЕП ПНО має в перспективі дозволити виконувати міркування не тільки і не стільки на базі формальної (математичної) логіки, скільки – на базі фактів, евристик (знань із досвіду фахівців). Таким чином, вона має бути наближена до людської логіки. Вміст БЗ планується використовувати для отримання швидкого та ефективного управлінського рішення у предметній галузі, а саме для визначення якості ЕП ПНО за обраними критеріями.

Розглянемо питання формалізування даних про небезпечний об'єкт на прикладі розроблення та формулювання окремого правила, яким керується фахівець під час вхідного контролю якості паспорта ПНО. Правило має надати можливість визначити відповідність наданої форми паспорта (1НС) основному виду господарської діяльності ПНО.

Визначення відповідності наданої форми 1НС ЕП ПНО основному виду його господарської діяльності є досить складним завданням. Для його вирішення проаналізуємо основні поняття господарської діяльності (господарювання) в Україні, які визначено [4].

Суб'єктами господарювання в Україні є:

– господарські організації – юридичні особи, державні, комунальні та інші підприємства, створені відповідно до [5], а також інші юридичні особи, які здійснюють господарську діяльність та зареєстровані в установленому законом порядку;

– громадяни України, іноземці та особи без громадянства, які здійснюють господарську діяльність та зареєстровані відповідно до закону як підприємці.

Суб'єкт господарювання підлягає державній реєстрації як юридична особа чи фізична особа-підприємець. Ці суб'єкти

господарювання визначені в [2] відповідальними особами ПНО, які здійснюють паспортизацію підпорядкованих небезпечних об'єктів.

Суб'єкти господарювання, які є господарськими організаціями, мають право відкривати свої філії, представництва, інші відокремлені підрозділи без створення юридичної особи. Такі філії, представництва та відокремлені підрозділи можуть реєструватися в Державному реєстрі ПНО як окремі об'єкти, але паспорти ПНО повинні затверджувати суб'єкти господарювання (відповідальні особи ПНО).

Підприємство (паспортизується за формою 1НС) – самостійний суб'єкт господарювання і не має у своєму складі інших юридичних осіб. Підприємство може складатися з виробничих структурних підрозділів (виробництв, цехів, відділень, дільниць, бригад, бюро, лабораторій тощо), функціональних структурних підрозділів апарату управління (управлінь, відділів, бюро, служб тощо) або господарських об'єднань. На кожне підприємство заповнюється окремий паспорт ПНО [2]. На практиці на реєстрацію інколи надходять паспорти ПНО, заповнені на окреме виробництво, цех, відділення, дільницю тощо. Таке подібнення підприємств не було передбачено чинною нормативною базою з питань паспортизації ПНО [1, 2], але пов'язане з державним обліком об'єктів підвищеної небезпеки. Відокремлені підрозділи підприємства не мають статусу юридичної особи, можуть бути розташовані за окремими адресами та реєструватися в Державному реєстрі ПНО як окремі ПНО, при цьому паспорти таких ПНО затверджуються юридичною або фізичною особою (відповідальною особою ПНО).

Під господарською діяльністю будь-якого підприємства нами розуміється перш за все основний вид його економічної діяльності згідно з [6]. Надання інформації про другорядні та допоміжні види господарської діяльності не передбачено чинною формою паспорта 1НС. Тому в паперових формах паспортів ПНО відповідальні особи ПНО в більшості випадків зазначають декілька кодів економічної діяльності, а ЕП ПНО дозволяє вносити тільки один код. Наступного року під час коригування чинних форм паспортів це питання має бути урегульовано.

Код (або декілька кодів) виду економічної діяльності згідно з [6] міг би слугувати для формалізування правила щодо визначення

відповідності наданої форми ЕП ПНО основному виду господарської (економічної) діяльності цього об'єкта, але аналіз пояснень [6] до назв видів економічної діяльності показує, що один код може одночасно позначати декілька зовсім різних видів господарської діяльності, для яких розроблено окремі форми паспортів ПНО. Наприклад: кодом 05.10 позначено клас економічної діяльності «Видобування кам'яного вугілля». При цьому цей клас включає видобування кам'яного вугілля підземним способом (форма 2НС), видобування кам'яного вугілля відкритим способом (форма 4НС), очищення, сортування, калібрування, подрібнення, пресування тощо кам'яного вугілля для поліпшення його якості, зручності його транспортування та зберігання (форма 1НС), одержування кам'яного вугілля з відвалів (форма 1НС). Така неоднозначність кодів видів економічної діяльності разом із їх значною кількістю та відсутністю засобів автоматизованого аналізу унеможливує їх використання для формалізування зазначеного правила.

Розглянемо можливість застосування [7] для формалізування правила щодо визначення відповідності наданої форми 1НС ЕП ПНО основному виду господарської (економічної) діяльності цього об'єкта. Об'єктом класифікації в [7] є продукція та послуги, створені внаслідок усіх видів економічної діяльності. Назва (код) продукції (послуг), яку виробляє (надає) окремий суб'єкт господарської діяльності, містить деяку корисну інформацію, яку можна застосувати для визначення відповідності наданої форми ЕП ПНО основному виду його господарської діяльності, але надання кодів продукції та послуг [7] не було передбачено чинною формою 1НС і тому вони не можуть бути використані для формалізування зазначеного правила.

Для формалізування правила визначення відповідності наданої форми ЕП ПНО основному виду господарської діяльності ПНО в межах науково-дослідної роботи (далі – НДР) [8] НДІ мікрографії в 2016 році було розроблено спеціальний перелік ключових слів. Для цього проведено аналіз назв ПНО, зареєстрованих у Державному реєстрі ПНО за формою 1НС. На 04.04.2016 БД склала 25 555 ПНО, з них 14 056 об'єктів зареєстровано за формою 1НС. Зроблено вибірку з БД Державного реєстру ПНО найбільш розповсюджених назв ПНО, систематизовано їх за абетковою ознакою та визначено перелік

ключових слів, які можуть бути використані для формалізування зазначеного правила.

Таким чином, сформульовано правило: якщо підрозділ 1.1 «Повна назва потенційно небезпечного об'єкта (ПНО)» розділу 1 (паспорта ПНО) «Довідкові дані про потенційно небезпечний об'єкт» не містить хоча б одне зазначене в переліку ключове слово, то встановлюють, що форма ІНС паспорта ПНО не відповідає основному виду господарської діяльності ПНО.

Розроблене правило буде використано під час формування БЗ для автоматизації вхідного контролю якості ЕП ПНО. Для його вдосконалення потрібно відкоригувати та затвердити в установленому порядку зміни до форми паспорта ІНС, що надасть можливість отримання нових даних про ПНО, які можна буде використати для формалізації.

Забезпечити вхідний контроль та оцінити якість ЕП ПНО на промислове підприємство можна за допомогою деяких критеріїв оцінки, визначених на підставі переліку основних помилок загального характеру, які виникають на практиці під час заповнення паспортів. Дослідженню підлягали інформаційні дані про промислові підприємства, які надійшли до НДІ мікрографії у формі паспортів ПНО на реєстрацію в Державному реєстрі ПНО за формою ІНС протягом 2015-2016 років. Найвні помилки було визначено, проаналізовано та систематизовано. Сформований перелік помилок загального характеру містить сім основних груп:

– перша – невідповідність наданої форми паспорта ПНО основному виду господарської діяльності ПНО;

– друга – заповнення одного паспорта ПНО на декілька об'єктів, розташованих за різними адресами;

– третя – надання неповної інформації за формою паспорта ПНО;

– четверта – суперечливість даних у розділах форми паспорта ПНО;

– п'ята – невідповідність кількісних даних зазначеним у формі паспорта ПНО одиницям вимірювання та параметрам виробничої потужності підприємства;

– шоста – невідповідність якісних даних паспорта ПНО вимогам наданої форми;

– сьома – невідповідність паспорта ПНО об'єктам Переліку ПНО.

У результаті оцінювання якості ЕП ПНО його має бути віднесено (за необхідним ступенем доопрацювання паспорта) до однієї з визначених категорій паспортів ПНО:

– категорія А: не придатні для внесення – дублікати; паспорт, заповнений на декілька ПНО, розташованих за різними адресами; форми, що не відповідають виду господарської діяльності або мають застарілу дату затвердження; недійсні форми чи їх заповнення унеможливує однозначне тлумачення змісту;

– категорія Б: значне доопрацювання – це уточнення (отримання) переліку будов і споруд; назв і характеристик основних технологічних процесів; найменувань та характеристик трубопроводів; кількості технологічних викидів шкідливих речовин в атмосферу тощо;

– категорія В: незначне доопрацювання – це неповна інформація згідно з формою паспорта ПНО, яку може бути легко «усунуто» за допомогою довідників (поштовий індекс, код телефону, категорія вибухопожежонебезпеки, уточнення розмірності одиниці виміру тощо).

Кожний критерій оцінювання якості ЕП ПНО – це сукупність окремих показників, що відображають конкретні характеристики даних паспорта ПНО, зокрема деякі кількісно-якісні параметри діяльності окремого небезпечного об'єкта. Досить часто принципи оцінювання якості паспортів не визначено нормативно, і тому вони розрізняються у різних фахівців з питань паспортизації ПНО ступенем досконалості, цільовою установкою оцінки тощо. Тобто, на практиці, встановлення якості паспорта ПНО спирається насамперед на систему «внутрішніх» оцінок і суджень окремого фахівця, порядок формування таких оцінок не регламентовано.

Розглянемо можливі форми подання оцінок якості ЕП ПНО. За ознакою формалізування оцінки способи (методи) оцінювання поділяють на неформалізовані, формалізовані та змішані. Під неформалізованим розуміється метод, який не реалізується за допомогою засобів обчислювальної техніки і базується на підставі досвіду та інтуїції фахівця. Відповідно формалізованою вважається методологія, заснована на застосуванні математичних залежностей, процедури яких виконуються за формально-логічними алгоритмами, що допускає реалізацію за допомогою засобів обчислювальної техніки. Для оцінювання якості ЕП ПНО, з урахуванням складності завдання, необхідно застосовувати частково формалізований метод оцінювання, який передбачає комбінування, поєднання та перемержування формалізованих та неформалізованих процедур.

Такий підхід до ранжування паспортів ПНО дозволяє раціонально планувати роботу щодо їхнього доопрацювання (з урахуванням фактичної трудомісткості), сприяє завчасному усуненню недоліків, доведенню якості інформаційних даних паспорта до необхідного рівня, а також може бути використаний (з урахуванням визначених груп основних помилок) для автоматизації робіт із вхідного контролю якості ЕП ПНО:

– категорія А (не придатні для внесення до БД – у паспорті виявлено помилки, які відносяться до першої або другої, а також (додатково) до третьої, сьомої групи);

– категорія Б (потребують значного доопрацювання – у паспорті виявлено помилки, які відносяться до третьої, четвертої, а також (додатково) до п'ятої, шостої групи);

– категорія В (потребують незначного доопрацювання – у паспорті виявлено помилки, які відносяться до п'ятої, шостої групи).

Для віднесення ЕП ПНО до однієї з визначених категорій було створено відповідну шкалу оцінювання, для цього використано кількісні інтервальні оцінки із зазначенням нижньої та верхньої меж «від» і «до». За допомогою експертного методу розроблено бальну систему оцінки для кожного окремого критерію (групи помилок) та визначено значення відповідних вагових індикаторів:

– перша група помилок (невідповідність наданої форми паспорта ПНО основному виду

господарської діяльності ПНО) – десять балів, ваговий індикатор 30 %;

– друга група помилок (заповнення одного паспорта ПНО на декілька об'єктів, розташованих за різними адресами) – десять балів, ваговий індикатор 30 %;

– третя група помилок (надання неповної інформації за формою паспорта) – вісім балів, ваговий індикатор 15 %;

– четверта група помилок (надання суперечливих даних у розділах форми паспорта) – шість балів, ваговий індикатор 10 %;

– п'ята група помилок (невідповідність кількісних даних зазначеним у формі паспорта одиницям вимірювання та параметрам виробничої потужності підприємства) – чотири бали, ваговий індикатор 5 %;

– шоста група помилок (невідповідність якісних даних паспорта ПНО вимогам наданої форми) – три бали, ваговий індикатор 5 %;

– сьома група помилок (невідповідність паспорта ПНО об'єктам Переліку ПНО) – два бали, ваговий індикатор 5 %.

Таким чином, на підставі проведених досліджень було визначено критерії оцінювання якості ЕП ПНО під час вхідного контролю. У таблиці 1 наведено критерії оцінювання якості ЕП ПНО під час вхідного контролю з підрахованою підсумковою оцінкою для кожного обраного критерію.

Таблиця 1 - Критерії оцінювання якості електронного паспорта потенційно небезпечного об'єкта під час вхідного контролю

Ч.ч	Блок (критерій) оцінки ЕП ПНО	Оцінка	Ваговий індикатор критерію, %	Підсумкова оцінка
1	Невідповідність наданої форми паспорта ПНО основному виду господарської діяльності ПНО	10	30	3
2	Заповнення одного паспорта ПНО на декілька об'єктів, розташованих за різними адресами	10	30	3
3	Надання неповної інформації за формою паспорта ПНО	8	15	1,2
4	Надання суперечливих даних у розділах форми паспорта ПНО	6	10	0,6
5	Невідповідність кількісних даних зазначеним у формі паспорта ПНО одиницям вимірювання та параметрам виробничої потужності об'єкта	4	5	0,2
6	Невідповідність якісних даних паспорта ПНО вимогам наданої форми	3	5	0,15
7	Невідповідність паспорта ПНО об'єктам Переліку ПНО	2	5	0,1

Кількісні інтервальні оцінки визначено сумою підсумкових оцінок за обраними критеріями для кожної окремої категорії ЕП ПНО. Підрахуємо кількісні інтервальні

оцінки щодо віднесення ЕП ПНО до однієї з визначених категорій із зазначенням нижньої та верхньої меж підсумкової оцінки «від» і «до»:

– категорія «А» (можливі критерії оцінки: перший або другий, а також (додатково) третій, сьомий): від 3 до 4,3;

– категорія «Б» (можливі критерії оцінки: третій, четвертий, а також (додатково) п'ятий, шостий): від 0,6 до 2,15;

– категорія «В» (можливі критерії оцінки: п'ятий, шостий): від 0,15 до 0,35.

Визначені комплексні критерії оцінювання якості ЕП ПНО на промислові підприємства будуть використані для ранжування паспортів за ступенем (трудомісткістю) необхідного доопрацювання для доведення до стану, придатного для внесення до БД Державного

реєстру ПНО. Вони мають універсальні властивості і придатні також для оцінювання якості ЕП ПНО, заповнених за формами 2НС – 12НС. Особливого значення набувають отримані кількісні показники (оцінка) якості ЕП ПНО за умови їх використання для реалізації функції автоматизації задачі вхідного контролю ЕП ПНО, що в підсумку зменшує трудомісткість робіт (умовне вивільнення працюючих становить 2,55 людини, позитивний соціальний ефект дозволяє вивільнити час для виконання інших видів робіт).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Про затвердження Положення про Державний реєстр потенційно небезпечних об'єктів : постанова Кабінету Міністрів України від 29 серпня 2002 р. № 1288 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1288-2002-п>.
2. Про затвердження Положення про паспортизацію потенційно небезпечних об'єктів : наказ МНС України від 18 грудня 2000 р. № 338, зареєстрований у Міністерстві юстиції України 24 січня 2001 р. за № 62/5253 [із змін.] [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0062-01>.
3. Open Library – открытая библиотека учебной информации [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://oplib.ru/random/view/217641>.
4. Господарський кодекс України від 16.01.2003 № 436-IV [із змін.] [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/436-15>.
5. Цивільний кодекс України від 16.01.2003 № 435-IV [із змін.] [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/435-15>.
6. Національний класифікатор України. Класифікатор видів економічної діяльності. ДК 009:2010, прийнято та надано чинності наказом Держспоживстандарту України від 11.10.2010 № 457 [із змін.] [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.ubc.ua/Links/codes_ua2.html.
7. Національний класифікатор України. Державний класифікатор продукції та послуг. ДК 016:2010, прийнято та надано чинності наказом Держспоживстандарту України від 11.10.2010 № 457 [із змін.] [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://accept.org.ua/index.php/ua/normatyvni-akty/klasyfikatory/679-21-22-2010-22>.
8. Дослідження задачі вхідного контролю якості електронних паспортів потенційно небезпечних об'єктів для її автоматизації об'єктів : звіт про НДР (проміжний) / НДІ мікрографії ; кер. Кривулькін І. М.; викон.: Мурзін В. Ю. [та ін.]. – Х., 2016. – 104 с. – № ДР 0116U003602.

SEARCH CRITERIA FOR EVALUATING THE QUALITY OF ELECTRONIC PASSPORTS OF POTENTIALLY DANGEROUS OBJECTS

L. Sukhoretska

Research, Design and Technology Institute of Micrograph, Ukraine

KEYWORDS

electronic passport, potentially dangerous object, State register of potentially dangerous objects, formalization, automatization, control.

ANNOTATION

The article considers problematic issues associated with ensure input quality control of electronic passports, which are received for registration in the State register of potentially dangerous objects, and formalization of initial information about potentially harmful objects. The developed classification information on hazardous industries for filling of the knowledge base. It is given the example of formalization of eligibility rules of form passport of main type of economic activity. The principles and criteria of quality assessment of electronic passports of potentially dangerous objects are formulated.

ПОИСК КРИТЕРИЕВ ОЦЕНИВАНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОННЫХ ПАСПОРТОВ ПОТЕНЦИАЛЬНО-ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

Л.В. Сухорецкая

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

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

электронный паспорт, потенциально опасный объект, Государственный реестр потенциально опасных объектов, формализации, автоматизация, контроль.

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены проблемные вопросы, связанные с обеспечением входного контроля качества электронных паспортов, поступающих на регистрацию в Государственном реестре потенциально опасных объектов, и формализации первичной информации о потенциально опасных объектах. Разработана классификация информации об опасных предприятиях для наполнения базы знаний. Приведен пример формализации правила определения соответствия формы паспорта основному виду хозяйственной деятельности. Сформулированы принципы и определены критерии оценки качества электронных паспортов потенциально опасных объектов.

УДК 614.841

МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПОВЕДІНКИ ДЕРЕВ'ЯНИХ КОЛОН З ВОГНЕЗАХИСНИМ ОБЛИЦЮВАННЯМ ТА БЕЗ НЬОГО В УМОВАХ ПОЖЕЖІ

Ю.Л. Фещук^{1*}, С.В. Поздєєв², д-р.техн.наук, проф., В.В. Ніжник¹, канд.техн.наук, ст.наук. співр., О.П. Борис¹, канд.техн.наук, Ю.В. Долішній¹

¹Український науково-дослідний інститут цивільного захисту, Україна

²Черкаський інститут пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля, НУЦЗ України

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції: 28.04.2017

Пройшла рецензування: 12.06.2017

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

вогнестійкість, температурні показники, зона обвуглювання

АНОТАЦІЯ

Розроблено методику експериментальних досліджень поведінки дерев'яних колон з вогнезахисним облицюванням та без нього в умовах пожежі за стандартним температурним режимом з метою отримання температурних показників у внутрішніх шарах фрагментів-зразків дерев'яних колон, геометричних параметрів зони обвуглювання та швидкості їх зростання, необхідних для розробки нового методу розрахункової оцінки вогнестійкості дерев'яних колон з вогнезахистом.

Постановка проблеми. На сьогоднішній день в будівництві широко застосовуються дерев'яні будівельні конструкції. На це впливають різні фактори. Особливої уваги потребують ті будівельні конструкції, що виконують несучі функції, адже при обваленні яких руйнується споруда, це в свою чергу призводить до людських та матеріальних втрат. До таких конструкцій, зокрема, належать колони. Дерев'яні колони є пожежонебезпечними, це пов'язано з займистістю та здатністю до підтримання горіння. З метою підвищення вогнестійкості цих будівельних конструкцій широко використовуються вогнезахисні системи, зокрема на основі облицювання плитними матеріалами [1]. Перспективним вогнезахисним матеріалом для таких систем є деревинно-стружкові плити OSB. З огляду на це виникає необхідність розробки розрахункових методів для проектування вогнестійких дерев'яних будівельних конструкцій з колонами з вогнезахисними облицюваннями на основі плит OSB.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проведений аналіз наукових праць показав, що дерев'яні несучі конструкції, зокрема колони, досліджувалися як вітчизняними так і зарубіжними науковцями. Вивчення характеру руйнування центрально навантажених дощатоклеєних колон за місцевої дії високих температур межі вогнестійкості та швидкості обвуглювання викладені в дослідженнях [2]. Дослідження поведінки дерев'яних балок з вогнезахисними просоченнями в умовах

вогневого впливу пожежі проводилось Змагою Я.В. [3] За кордоном вивченням деревини присвячені праці White, Frangi та ін. [4]. Однак, в цих працях не приділено уваги поведінці дерев'яних колон з вогнезахисним облицюванням, зокрема при використанні нестандартного плитного захисту з OSB. З огляду на це, актуальною є розробка експериментальних методів дослідження дерев'яних колон із таким вогнезахисним облицюванням на основі дослідження теплового впливу на фрагменти даних колон, оскільки такий підхід показав свою ефективність та точність [2].

Формулювання цілей досліджень. Метою даної статті є обґрунтування основних положень методики експериментальних досліджень температурних показників фрагментів дерев'яних колон, геометричних параметрів зон обвуглювання та швидкості їх зростання. Для досягнення поставленої мети слід вирішити наступні задачі:

- обґрунтувати тип та кількість необхідного випробувального та вимірювального обладнання, а також кількість, форму та конструкцію фрагментів-зразків дерев'яних колон з облицюванням та без нього;

- обґрунтувати методику проведення експериментальних досліджень зразків дерев'яних колон з облицюванням та без нього в умовах теплового впливу пожежі із стандартним температурним режимом.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтування отриманих наукових результатів.

*E-mail: feshchuk2810@ukr.net

Найбільш розповсюдженим в будівництві є сосновий сухий конструкційний струганий брус технічного сушіння поперечним перерізом 200×200 мм [5]. У зв'язку з цим для виготовлення випробувальних зразків обрано бруси розмірами 200×200×4500 мм.

Для дослідження впливу облицювання на вогнестійкість деревини має бути використане таке обладнання:

- випробувальна вогнева піч (рисунок 1);
- хромель-алюмелеві термопари ТХА;
- інформаційно-вимірвальна система.

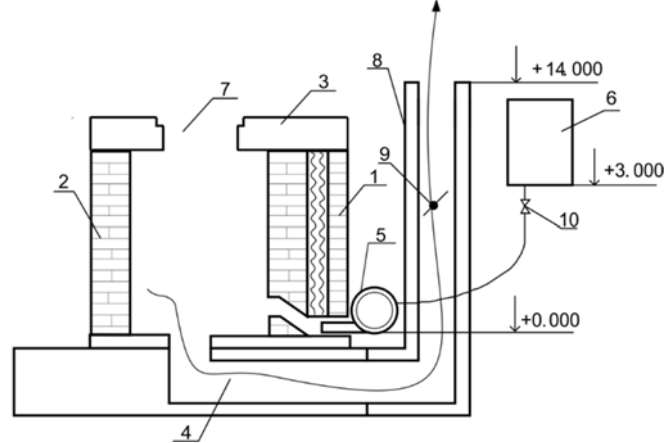


Рисунок 1 - Функціональна схема вогневої печі: 1, 2- огорожувальні конструкції; 3 – горизонтальна з’ємна кришка; 4 – димовий канал; 5 – форсунка; 6 – бак з дизельним паливом; 7 – вогнева камера; 8 – димохід; 9 – заслінка примусового газовідводу; 10 – вентиль

Вогнева піч призначена для проведення випробувань на вогнестійкість фрагментів будівельних конструкцій, кабельних проходок та випробувань по перевірці вогнезахисної здатності покриттів будівельних металевих конструкцій у стандартному температурному режимі відповідно до стандарту ДСТУ Б В. 1.1-4-98* [6].

Проведення випробування має здійснюватися у *вертикальному* положенні, що відповідає умовам експлуатації таких

конструкцій за стандартним температурним режимом у спеціальній випробувальній вогневій печі. Переріз печі та схема із встановленими для проведення випробування зразками з ізоляцією їх торців представлені на рисунку 2. Торці випробувальних зразків теплоізолюються шаром фетру МКРФ-100 з метою отримання достовірних результатів експерименту і створення необхідних умов прогріву деревини.

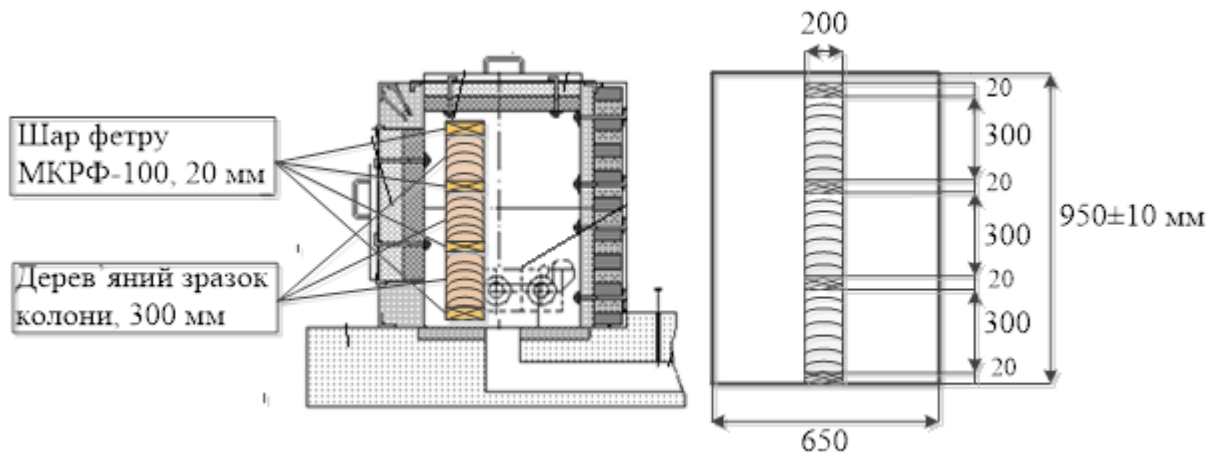


Рисунок 2 - Схема розташування зразків в печі з ізоляцією торців та розміри вогневої камери печі

Вимірювання температури в зразках здійснюється за допомогою термопар

розташованих в перерізі по середині висоти випробувальних зразків підключених до

вимірювально-інформаційної системи. Термопари розташовуються в зразках таким чином, щоб забезпечити наближення ізотерм, які відтворюють температурне поле у перерізі зразка, щоб провести відтворення температурного розподілення у перерізі під тепловим впливом пожежі за стандартним температурним режимом згідно із методикою, що наведена у роботі [3].

Термопари у вогневій печі розташовуються у вертикальному порядку на відстані 190 мм одна від одної та на віддалі 20 мм від стінок печі (рисунок 3-а).

Схеми розташування термопар у дослідних зразках зображено на рисунку 3-б.

Для захисту колон від вогню використовується облицювальна плита ОСБ-3. Характеристика плитного матеріалу наведена в таблиці 1 [7].

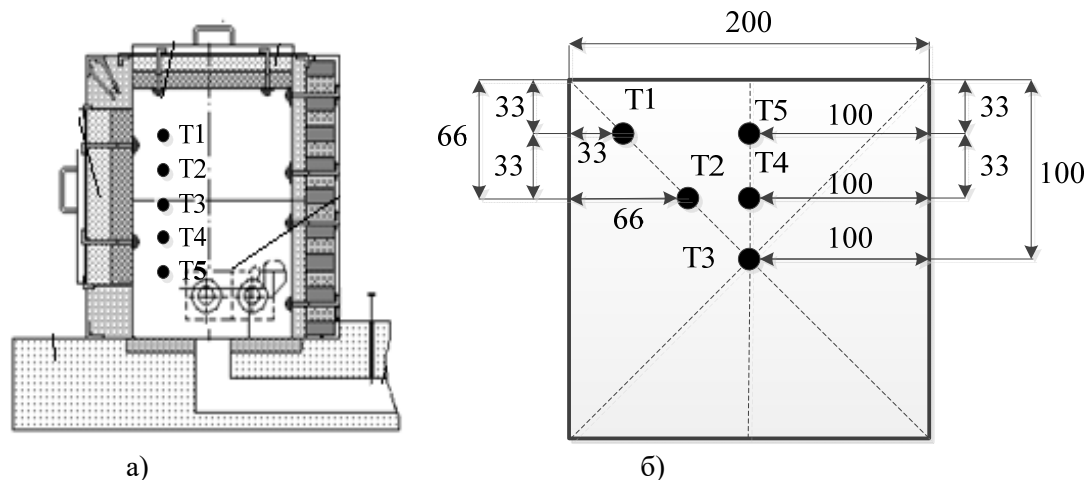


Рисунок 3 - Розташування термопар: а) у печі, б) дослідних зразках

Таблиця 1 - Характеристика плитного матеріалу ОСБ-3

Плитний матеріал	Характеристика		
	Густина, кг/м ³	Коефіцієнт теплопровідності, Вт/мК	Спосіб кріплення
ОСБ-3	600-650	0,13	каркасний

Виготовлення зразків слід здійснити у три етапи:

– сушка деревини, до моменту досягнення деревиною вологості 12 % (Єврокод 5) [8];

– підготовка випробувальних зразків розмірами 200×200×300 мм, що задовольняють габаритам вогневої печі та є достатнім для того, щоб отримати необхідні результати;

– облицювання зразків плитою ОСБ-3 товщиною 10 мм в один, два шари.

При збільшенні шару вогнезахисного облицювання, приріст температури в деревині за умови стандартного температурного режиму буде залежати від товщини шару облицювання. Така логіка дозволяє використати облицювання лише в один та два шари з метою вогнезахисту.

За допомогою математичного програмного забезпечення Mathcad можливо змодельовати наростання температури та зони обуглювання в деревині, за тією закономірністю, що отримуємо від досліджень при захисті в один та два шари плитою ОСБ. Проведений аналіз теплових процесів, що відбуваються в деревині при горінні в умовах стандартного температурного режиму попередньо показав, що для забезпечення вимагаємої вогнестійкості для дерев'яних колон в 60 хвилин (R 60) достатньо використання плити ОСБ в два шари.

Схеми кріплення плит товщиною 10 мм для облицювання в один та два шари зображено на рисунку 4.

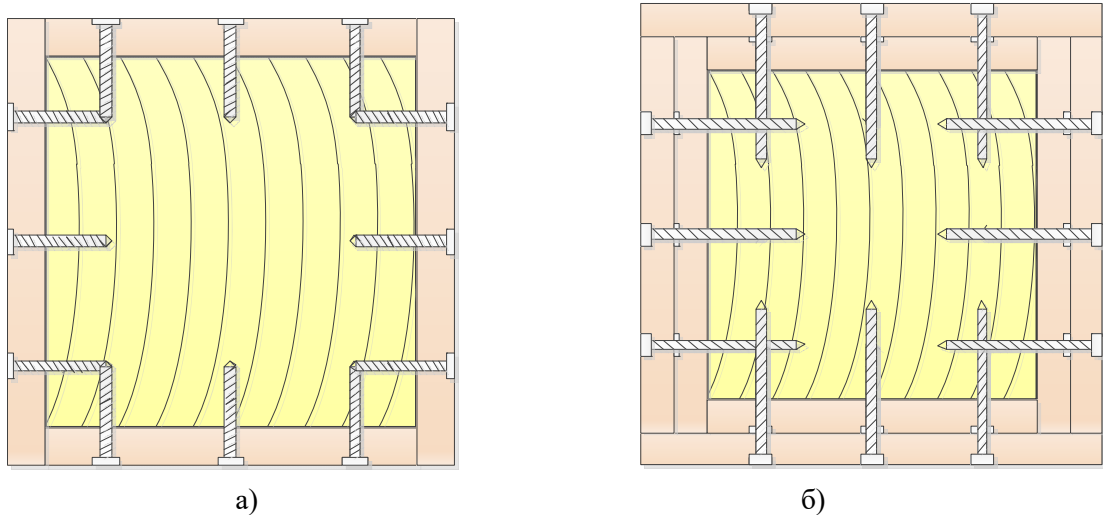


Рисунок 4 - Схеми кріплення облицювальних плит ОСБ-3: а) в один шар, б) в два шари

Випробування проводяться в послідовності:

1. Підготовчі процедури: перевірка кріплення термопар в печі, монтаж термопар в трьох випробувальних зразках та під'єднання їх до інформаційно-вимірювальної системи; перевірка та налагодження паливної системи; встановлення випробувальних зразків в печі, ізоляція торців; перевірка та налагодження засобів вимірювальної техніки, приладів, персонального комп'ютера.

2. Проведення експерименту (рисунок 1): підпалюється дизельне паливо в форсунках печі (5), за допомогою регулятора (вентиля)

(10) контролюється температурний режим; знімаються показники через кожну хвилину з всіх термопар та заносяться до протоколу протягом 15, 30, 60, 90 хвилин.

3. Закінчення експерименту: охолодження зразка; фотофіксація зразка; візуальне дослідження зразка з описом стану зразка; замір шарів обвуглювання на кожній ділянці зразка (рисунок 5); оформлення протоколів випробувань та занесення отриманих даних для обробки за допомогою програмного продукту Mathcad.

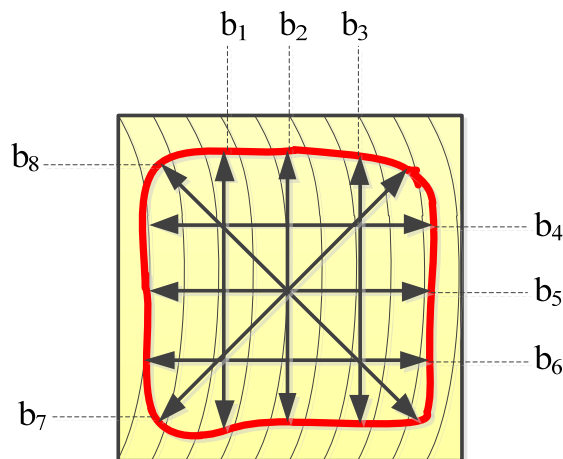


Рисунок 5 - Схема вимірювання геометричних параметрів зони обвуглювання випробувального зразка

За результатами випробувань у випробувальних зразках вимірюється температура, знаходиться середня глибина обвуглення, фіксується час вогневого дослідження, які в подальшому використовуватимуться для визначення швидкості зростання обвуглення та для відтворення температурного поля у

випробуваних зразках, що мають лягти в основу розрахункового методу оцінки вогнестійкості дерев'яних колон, із вогнезахисними системами на основі плит ОСБ-3.

Висновки. В роботі запропонована схема розташування термопар в середині дослідного зразка, що забезпечує наближення ізотерм, які

відтворюють температурне поле у середині зразка. Представлена методика експериментальних досліджень поведінки дерев'яних колон з вогнезахисним облицюванням та без нього в умовах пожежі за стандартним температурним режимом, яка дає можливість отримати температурні показники фрагментів дерев'яних колон, геометричних параметрів зони обвуглювання та швидкості їх

зростання. Отримані дані будуть використані для проведення подальших досліджень вогнестійкості дерев'яних колон з вогнезахисним облицюванням на основі плит ОСБ-3 та без нього в умовах пожежі із стандартним температурним режимом.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Шналь Т.М. Вогнестійкість та вогнезахист дерев'яних конструкцій: Навчальний посібник /Т.М.Шналь./ – Львів. Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2006. – 220 с.
2. Демчина Б.Г. Поведінка дощатоклесних колон за місцевого впливу температури / А.Б. Пелех, Г.М. Олексин, М.І. Сурмай // Вісн. Нац. ун-ту "Львів. політехніка". - 2009. - № 655. - С. 71-74. - Бібліогр.: 3 назв. - укр.
3. Змага Я.В. Розрахунковий метод підвищеної точності для оцінки межі вогнестійкості дерев'яних балок з вогнезахисним просоченням: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. тех. наук: спец. 21.06.02 «Пожежна безпека»/ Я.В. Змага. – Харків 2016.
4. Summary of the fire protection foundation report - firesafety challenges of tall wood buildings [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://firesciencereviews.springeropen.com/articles/10.1186/s40038-015-0009-3>.
5. Дубовец М.П. Пособие по строительству деревянных домов. – Минск, 2016. – 108 с.
6. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги. Пожежна безпека (ISO 831: 1975) ДСТУ Б В. 1.1-4-98*. [Чинний від 1998-10-28.] – К.: Укрархбудінформ, 2005. – 20 с. – (Національний стандарт України).
7. Плиты ОСП (OSB). [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https:// www.stroymet-s.ru/inform/fasade/osb/](https://www.stroymet-s.ru/inform/fasade/osb/)
8. Єврокод 5. Проектування дерев'яних конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила і правила для споруд (EN 1995-1-1:2004, IDT) ДСТУ-Н Б EN 1995-1-1:2010 [Чинний від 01. 07.2013] Мінрегіонбуду України від 27.12.2010 № 549 – 143 с. (Національний стандарт України).

THE METHOD OF EXPERIMENTAL RESEARCHES OF THE BEHAVIOR OF WOODEN COLUMNS WITH MEMBRANE FIREPROOFING AND WITHOUT IT UNDER FIRE CONDITIONS

Y. Feshchuk¹, S. Pozdieiev², Doctor of Technical Sciences, Professor, V. Nizhnyk¹, Candidate of Technical Sciences, Senior Research Fellow, O. Borys¹, Candidate of Technical Sciences, Y. Dolishnyi¹

¹*The Ukrainian Civil Protection Research Institute, Ukraine*

²*Cherkassy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes of National university of civil protection of Ukraine*

KEYWORDS

fire resistance, temperature characteristics, charring zone

ANNOTATION

The method of experimental researches of the behavior of wooden columns with membrane fireproofing and without it under fire conditions according to the standard of temperature regime was developed with the aim to get temperature characteristics in the inner layers from samples of wooden columns, geometric parameters of the charring zone and rate of its growth. They are necessary for develop a new calculation method for assessing of the fire resistance of wooden columns with fireproofing.

МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОВЕДЕНИЯ ДЕРЕВЯННЫХ КОЛОНН С ОГНЕЗАЩИТНОЙ ОБЛИЦОВКОЙ И БЕЗ НЕЕ В УСЛОВИЯХ ПОЖАРА

Ю.Л. Фещук¹, С.В. Поздеев², д-р.техн.наук, проф., В.В. Нижник¹, канд.техн.наук, ст.научн.сотр., А.П. Борис¹, канд.техн.наук, Ю.В. Долишний¹

¹*Украинский научно-исследовательский институт гражданской защиты, Украина*

²*Черкасский институт пожарной безопасности им. Героев Чернобыля, НУГЗ Украины*

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

огнестойкость, температурные показатели, зона обугливания

АННОТАЦИЯ

Разработана методика экспериментальных исследований поведения деревянных колонн с огнезащитной облицовкой и без нее в условиях пожара при стандартном температурном режиме с целью получения температурных показателей во внутренних слоях фрагментов-образцов деревянных колонн, геометрических параметров зоны обугливания и скорости ее роста, необходимых для разработки нового метода расчетной оценки огнестойкости деревянных колонн с огнезащитой.

УДК 355.586.2

ОЦІНКА СТАНУ І МЕТОДОЛОГІЙ ПІДГОТОВКИ АВІАЦІЙНИХ РЯТУВАЛЬНИКІВ ДЕРЖАВНОЇ АВІАЦІЇ УКРАЇНИ ТА ЗА КОРДОНОМ

А.В. Гурник*, М.Д. Куньо, Д.М. Ядченко

Український науково-дослідний інститут цивільного захисту, Україна

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції: 28.04.2017

Пройшла рецензування: 12.06.2017

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

державна авіація, авіаційний рятувальник, система підготовки, парашутно - десантна підготовка, аварійно - рятувальна підготовка, пожежно-рятувальна підготовка, гірсько-рятувальна підготовка, водно-рятувальна підготовка.

АНОТАЦІЯ

Проведено оцінку стану і функціонування системи підготовки авіаційних рятувальників суб'єктів державної авіації України та за кордоном, визначені проблемні питання в уніфікації підготовки. На основі аналізу зроблені висновки щодо напрямів реформування та удосконалення підготовки авіаційних рятувальників державної авіації України.

Постановка проблеми. На сьогодні, навчання авіаційних рятувальників центральних органів виконавчої влади, що мають у підпорядкуванні підрозділи державної авіації і є суб'єктами єдиної державної системи цивільного захисту, здійснюються, як правило, у системі професійної підготовки.

Атестацію авіаційні рятувальники державної авіації, за винятком авіації ДСНС України, не проходять і до виконання обов'язків допускаються наказами відповідних керівників, що є порушенням вимог Кодексу цивільного захисту України (Закон України № 5403-VI від 02.10.2012), Правил авіаційного пошуку та рятування в Україні (наказ Міністерства внутрішніх справ України від 16.03.2015 № 279, зареєстровано в Міністерстві юстиції України від 01.04.2015 № 364/26809), які є чинними для всіх аварійно-рятувальних служб держави.

Перевірки, які проводилися ДСНС України протягом низки років підтвердили те, що система підготовки авіаційних рятувальників має суттєві розбіжності у суб'єктів державної авіації та потребує приведення її у відповідність до сьогодення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За всі роки незалежності України проблематикою стандартизації підготовки вітчизняних авіаційних рятувальників фактично ніхто не займався. В основному всі дослідження щодо професії авіаційного рятувальника і загалом, що стосується тематики проведення авіаційних робіт з пошуку і рятування велися зарубіжними науковцями. Так, наприклад, в науковій роботі [1]

*E-mail: ndc.avia@gmail.com

проводилась розробка автоматизованої системи контролю психологічної та фізичної готовності рятувальників до проведення гірських рятувальних робіт. Стаття [2] ще одного російського автора знайомить нас з організацією системи проведення пошуково-рятувальних робіт в гірських районах провідних країн Європи, критерії відбору персоналу та системи його підготовки. І тільки останнім часом, за ініціативою науковців науково-дослідного центру авіації УкрНДІ ЦЗ почалися публікації на тематику пошуково-рятувального забезпечення в Україні, проблеми з підготовкою авіаційних рятувальників, а також недоліки як в організації проведення авіаційних робіт з пошуку та рятування так і в ресурсному забезпеченні ЄДСПАРПР [3].

Виклад основного матеріалу. Порівняльна оцінка систем та технологій підготовки в провідних країнах Заходу та в державній авіації України.

В європейських країнах, які мають схожий рельєф та ландшафт місцевості, пошуково-рятувальні служби, як правило працюють на добровільних засадах. Так, наприклад, в Австрії площа якої становить близько 84000 кв.км., налічується близько 300 регіональних опорних пунктів «Австрійської Гірсько-Рятувальної Служби» в якій працюють близько 12000 тисяч рятувальників. В гірській місцевості Італії (7400 кв.км), таких опорних пунктів 34 та відповідно близько 1000 рятувальників, як правило добровольці.

Німеччина в цих районах має близько 4500 рятувальників - добровольців відповідно на 115 опорних регіональних пунктах. Крім того в

Бундесвері існують потужні сили та засоби для здійснення авіаційних робіт з пошуку та рятування як на суходолі так і на морській акваторії. Підготовка авіаційних рятувальників в армії Німеччини здійснюється на дуже високому професійному рівні, особливо це можна сказати про морські авіаційні рятувальні екіпажі, які неодноразово проводили успішні рятувальні операції у надскладних метеорологічних умовах.

У Франції є, як правило, добровільні і професійні рятувальні служби. Це і гірська жандармерія і поліцейські бригади гірських рятувальників, які мають у своєму складі пошуково-рятувальні вертольоти та рятувальників. А, оскільки, жандармерія відноситься до Збройних Сил Франції і є виключно високопрофесійними то їх часто називають «армійськими гірсько-рятувальними службами».

Швейцарські рятувальні служби, діляться на дві регіональні схеми гірських пошуково-рятувальних служб, які об'єднані великою фірмою, яка займається і гірським і авіаційним пошуком та рятуванням. Те, що в цих альпійських країнах успішно співіснують як добровільні рятувальні служби, так і професійні, це ніяким чином не впливає на їх професійну компетентність. Наприклад в гірських районах Німеччини, в пошуково-рятувальній службі близько 4500 тисяч осіб (працюють на добровільних засадах, безоплатно), серед них 525 керівників рятувальних операцій, 145 лікарів невідкладної допомоги, 138 рятувальних асистентів, а також 950 вузькоспеціалізованих співробітників (спелеологи, альпіністи, спеціалісти по каньйонах, кінологи, психологи).

Але основне навантаження щодо здійснення пошуково-рятувальних робіт в горах, на морі або на суходолі в більшості країн Європи, покладається на Збройні Сили, в складі яких є Координаційні Центри з пошуку і рятування, що здійснюють розподіл зусиль та залучення сил і засобів в кожній конкретній ситуації.

Система підготовки та відбору рятувальників. Розглянемо систему підготовки авіаційних рятувальників в країнах Заходу на прикладі альпійських гірських пошуково-рятувальних служб.

Критерії відбору. До навчання на рятувальника допускаються особи віком від 18 до 45 років.

Необхідною умовою для прийому є:

- хоча б один пройдений курс першої невідкладної допомоги;

- наявність хорошої фізичної та психологічної кондиції;

- навички автономного пересування в горах за межами троп та скелелазіння в якості ведучого на рельєфі місцевості;

- досвід високогірних лижних походів;

- хороше знання місцевості де планує свою діяльність в якості рятувальника.

Крім того, можуть вимагатися звіти про участь у спортивних змаганнях в яких передбачалося скелелазіння, льодолазіння. В деяких випадках кандидати проходять вступні тести на придатність.

Підготовка. Навчання рятувальника здійснюється на протязі 2-3 років та складається із декількох великих учбових блоків, як правило це: рятування влітку, рятування взимку, перша медична допомога та невідкладна медицина, повітряне рятування, захист природи, рятування в особливих умовах (вночі чи в непогоду). Закінчення навчання за кожним блоком завершується екзаменом. Кожен з учбових блоків має ще цілий ряд окремих дисциплін до яких можуть відноситись такі як рятувальні роботи на скельному рельєфі, на льоду, на гірськолижних трасах і трасах високо гірського скайтурингу, взаємодія з пошуково-рятувальним вертольотом при проведенні повітряної рятувальної операції з залученням авіації, рятування при сходженні лавин, із льодових тріщин, орієнтування, пошуково-рятувальні операції. Після теоретичних занять завжди слідує практичні (сходження, скелелазіння, лижні походи). Складовою частиною навчання є участь в близько 10 рятувальних акціях в якості практиканта. Найвищі вимоги висуваються до підготовки осіб які готуються до роботи в якості авіаційного рятувальника в складі екіпажу пошуково-рятувального вертольоту: крім основного курсу вони повинні бути навчені альпійськими інструкторами-рятувальниками та мати достатній досвід роботи в якості інструкторів, а також повинні пройти спеціальну програму підготовки санітарів невідкладної допомоги (парамедики) яка проводиться під егідою Комітету Червоного Хреста.

Підвищення кваліфікації. Курси підвищення кваліфікації проводяться один раз на два роки. На цих курсах рятувальник ознайомлюється з найновішими методами, технікою та обладнанням які використовуються в рятувальній справі. Курси є обов'язковими – ті хто їх пропустив автоматично виключаються із штату співробітників рятувальної служби. Крім того існують курси спеціалізації такі як

робота з собакою-рятувальником, альпійська медицина, спелеологія, рятування в каньйоні, пошук, психологія. При підготовці використовуються всі сучасні технічні засоби, а сама підготовка здійснюється високопрофесійними фахівцями.

В Збройних Силах держав Заходу підготовка авіаційних рятувальників, як правило, зумовлена напрямом діяльності та сфери застосування, як то морський пошук і рятування, пошук і рятування в горах чи в малозаселених (пустинних) або в лісистих місцевостях.

Стан підготовки авіаційних рятувальників суб'єктів державної авіації України.

Починаючи оцінку, нам необхідно вказати, що Україна є однією з найбільших країн Європи за площею. Україна має спільні сухопутні державні кордони з Білоруссю на півночі, з Польщею на заході, зі Словаччиною, Угорщиною, Румунією і Молдовою на південному заході та з Росією на сході. Південь України омивається Чорним та Азовським морями. Також вона має морський кордон з Румунією, Росією, Болгарією, Туреччиною та Грузією. Над всією територією України пролягають міжнародні повітряні траси по яким курсують одночасно на різних ешелонах висот та курсів десятки повітряних суден з тисячами пасажирів. Відповідно до міжнародних зобов'язань, Україна в разі авіаційної події з будь-яким повітряним судном, повинна забезпечити негайні пошуково-рятувальні дії, щодо надання допомоги тим хто потерпає лихо. Отже, висновок щодо місця можливого застосування пошуково-рятувальних сил та засобів, напрошується сам собою, оскільки це може бути і гірська-лісиста місцевість, і морська акваторія або великий водний об'єкт (водосховище, ріка, озеро). Надзвичайні події авіаційного характеру, як правило, призводять до великої кількості загиблих або травмованих, що також може супроводжуватись пожежею на борту чи на місцевості. Авіаційний рятувальник в більшості випадків прибуває на місце авіаційної події найперший і багато коли, як показує практика, від його підготовки, знань та умінь, фізичної, психологічної та медичної підготовки залежить життя людей. Таким чином з досвіду дій авіаційних рятувальників були визначені основні напрями підготовки. Тепер зробимо аналіз за якими напрямками проводиться підготовка авіаційних рятувальників ДСНС та інших суб'єктів державної авіації. Авіація Державної служби України з надзвичайних ситуацій. Парашутно -

десантна підготовка: Підготовка авіаційного персоналу з парашутно-десантної підготовки (навчальні стрибки з парашутом, безпарашутне десантування), на даний час здійснюється відповідно до вимог Програми підготовки рятувальників повітряних пошуково-рятувальних команд авіації, затвердженої наказом Міністра з надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків аварії на Чорнобильській АЕС від 27.08.2007, № 584, що фактично відповідає вимогам Курсу парашутної підготовки в Збройних Силах України (далі КПП ЗСУ-2002) і Керівництва з парашутно-десантної та аварійно-рятувальної підготовки Збройних Сил України (далі КПД АРП ЗСУ-2003), які застосовуються як керівні документи для державної авіації. Аварійно - рятувальна підготовка: Проводиться згідно вимог Кодексу цивільного захисту України, Повітряного Кодексу України, Правил авіаційного пошуку і рятування в Україні, Програми, КПД АРП ЗСУ-2003, вимог ІКАО, Руководства по международному авиационному и морскому поиску и спасанию, Международной конвенции по поиску и спасанию на море, Международной конвенции по охране человеческой жизни на море, (SOLAS). Теоретична та практична підготовка проводиться на базі Спеціального авіаційного загону Оперативно-рятувальної служби Цивільного Захисту Державної Служби України з Надзвичайних Ситуацій (далі САЗ ОРС ЦЗ ДСНС). Пожежно-рятувальна підготовка: Здійснюється в Навчальному центрі Оперативно-рятувальної служби Цивільного захисту ДСНС України (с. Ватутіно). Гірсько-рятувальна підготовка: Проводиться на базі САЗ ОРС ЦЗ ДСНС та відповідно до планів навчань на місцевості в гірських районах України. Водно-рятувальна підготовка: Проводиться на базі САЗ ОРС ЦЗ ДСНС та відповідно до планів навчань на водних об'єктах України, згідно вимог Програми, КПД АРП ЗСУ-2003, вимог ІКАО, Руководства по международному авиационному и морскому поиску и спасанию, Международной конвенции по поиску и спасанию на море Международной конвенции по охране человеческой жизни на море), (SOLAS). Медична підготовка: Надається на базі САЗ ОРС ЦЗ ДСНС та відповідно до планів навчань в аеропортах та аеродромах за окремою програмою для фельдшерів-рятувальників та за спрощеною для рятувальників без медичної освіти. Психологічна підготовка: Надається на базі САЗ ОРС ЦЗ ДСНС протягом навчального року та на навчаннях.

Таблиця 1- Сучасний стан підготовки суб'єктів державної авіації

№ з/п	Вид підготовки	Авіація Державної Служби України з надзвичайних ситуацій	Авіація Збройних Сил України	Авіація Державної прикордонної служби України	Авіація Національної гвардії України
1.	Парашутно - десантна підготовка	+	+	+	+
2.	Аварійно - рятувальна підготовка	+	+	+	+
3.	Пожежно-рятувальна підготовка	+	+	-	-
4.	Гірсько-рятувальна підготовка	+	+	-	-
5.	Водно-рятувальна підготовка	+	+	+	-
6.	Медицина підготовка	+	+	+	+
7.	Психологічна підготовка	+	+	+	+

Примітки: * - Здійснюється в межах застосування переносних протипожежних засобів (вогнегасники різноманітного призначення, підручні засоби) тільки для авіаційних рятувальників які залучаються до несення чергування в ЄДСПАРПР.

** - Здійснювалась в Центрі спеціальної підготовки, реабілітації і санаторного лікування ВПС України (м. Судак) до окупації Криму РФ, (один раз на два роки) та для авіаційних рятувальників Державного авіаційного науково-випробувального центру (м. Феодосія) за окремим планом.

*** - Здійснювалась у авіаційних частинах які базувались в приморських районах або в Автономній республіці Крим в Центрі спеціальної підготовки, реабілітації і санаторного лікування ВПС України (м. Судак), (один раз на два роки) та для авіаційних рятувальників Державного авіаційного науково-випробувального центру (м. Феодосія) за окремим планом. Крім того, проводилась для льотного складу та рятувальників які залучалися до чергування в ЄДСПАРПР.

Висновки. Оцінка підготовки показує, що достатній рівень підготовки авіаційних рятувальників суб'єктів державної авіації, який відповідає вимогам сьогодення, спостерігається лише в авіації ДСНС України. Але кількість підготовлених штатних авіаційних рятувальників (46 осіб), явно недостатня для найбільшої європейської держави. В зв'язку з цим виникає потреба щодо:

- обґрунтованого збільшення кількості підготовлених за єдиними стандартами

авіаційних рятувальників суб'єктів державної авіації;

- необхідності удосконалення матеріально-технічної бази системи підготовки до європейського рівня;

- уніфікації підготовки за професією авіаційний рятувальник з європейськими стандартами;

- розробки та впровадження Державного стандарту професійно-технічної освіти з професії авіаційний рятувальник.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кодекс цивільного захисту України від 2 жовтня 2012 року № 5403-VI станом на 05.10.2016 / Офіційний вісник України – 2012. – № 89, – 9 с.
2. Положення про єдину державну систему цивільного захисту : постанова Кабінету Міністрів України від 9 січня 2014 р. № 11 / Офіційний вісник України. – 2014. – № 8. – 341 с.
3. Автоматизовані системи раннього виявлення загрози виникнення надзвичайних ситуацій та оповіщення населення : ДБН В.2.5-76:2014 [Чинний від 2014-06-01]. – К.: Мінрегіон України, 2014. – 46 с. – (Державні будівельні норми України)
4. Аналітичний огляд стану техногенної та природної безпеки в Україні за 2015 рік – УкрНДІЦЗ - К.: 2016 – 356 с.
5. Провести пошукові дослідження та науково обґрунтувати шляхи розвитку заходів захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру: Звіт про НДР. – К.: УкрНДІЦЗ, 2016.
6. Регламент Кабінету Міністрів України : постанова Кабінету Міністрів України від 18 липня 2007 р. № 950 (зі змінами) / Офіційний вісник України. – 2007. – № 54. – 21 с.
7. Положення про організацію оповіщення і зв'язку у надзвичайних ситуаціях : постанова Кабінету Міністрів України від 15.02.99 №192 / Офіційний вісник України. – 1999. – № 7. – 131 с.
8. Інструкція про порядок експлуатаційно-технічного обслуговування апаратури та інших технічних засобів оповіщення і зв'язку цивільної оборони підприємствами електрозв'язку України : наказ МНС України від 16 серпня 2000 року № 210/119, зареєстрований в Міністерстві юстиції України 7 березня 2001 року за № 207/5398 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/z0207-01>
9. Закон України “Про телекомунікації” : від 18.11.2003 № 1280-IV [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1280-15>

EVALUATION OF THE STATE AND TECHNOLOGY OF TRAINING AVIATION RESCUERS FOR STATE AVIATION IN UKRAINE AND ABROAD

A. Hurnyk, M. Kunyo, D. Yadchenko

The Ukrainian Civil Protection Research Institute, Ukraine

KEYWORDS

state aviation, aviation rescuers, training system, parachute-paratrooper preparation, emergency rescue preparation, fire-rescue preparation, mountain-rescue preparation, water-rescue preparation.

ANNOTATION

It is evaluated the state and functioning of the system of training aviation rescuers, subjects of state aviation of Ukraine and abroad, it is defined problem questions in the area of the unitization of preparation. On the basis of analysis conclusions are done on directions of reformation and improvement of preparation of aviation rescuers of state aviation of Ukraine.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И ТЕХНОЛОГИЙ ПОДГОТОВКИ АВИАЦИОННЫХ СПАСАТЕЛЕЙ, СУБЪЕКТОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ АВИАЦИИ И ЗА РУБЕЖОМ.

А.В. Гурник, Н.Д. Куньо, Д.Н. Ядченко

Украинский научно-исследовательский институт гражданской защиты, Украина

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

государственная авиация, авиационный спасатель, система подготовки, парашютно-десантная подготовка, аварийно-спасательная подготовка, пожарно-спасательная подготовка, горно-спасательная подготовка, водно-спасательная подготовка.

АННОТАЦИЯ

Проведена оценка состояния и функционирования системы подготовки авиационных спасателей, субъектов государственной авиации Украины и за рубежом, определены проблемные вопросы в области унификации подготовки. На основе анализа сделаны выводы о направлениях реформирования и совершенствования подготовки авиационных спасателей государственной авиации Украины.

УДК 351:656.1

ПОРОГОВЕ ЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКА ОЗНАКИ ЩОДО ЗАГИБЕЛІ АБО ТРАВМУВАННЯ ЛЮДЕЙ УНАСЛІДОК ДТП ЯК ХАРАКТЕРИСТИКА НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРУ

*В. Ф. Коробкін**, канд. техн. наук, доц., *Б. М. Ковалишин*
Український науково-дослідний інститут цивільного захисту, Україна

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції: 28.04.2017
Пройшла рецензування: 30.05.2017

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

класифікаційна ознака, надзвичайна ситуація техногенного характеру, дорожньо-транспортна пригода, загибель, травмування, порогове значення.

АНОТАЦІЯ

Проаналізовано стан дорожньо-транспортної аварійності в Україні у 2016 році. Проведено аналіз нормативних актів, що регламентують класифікаційні ознаки надзвичайної ситуації техногенного характеру у випадках загибелі або травмування людей унаслідок дорожньо-транспортних пригод. Запропоновано нове визначення кваліфікаційної ознаки надзвичайної ситуації у разі загибелі або травмування людей унаслідок ДТП

Попередження й ліквідація надзвичайних ситуацій техногенного характеру з метою збереження життя і здоров'я людей, забезпечення сталого розвитку країни є однією із складових національної безпеки держави, яку неможливо забезпечити без детального аналізу існуючого стану техногенної безпеки та розроблення заходів зі зменшення ризиків виникнення надзвичайних ситуацій. Техногенна безпека характеризує стан захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного характеру.

До надзвичайних ситуацій техногенного характеру віднесено транспортні аварії та катастрофи, які мають відповідні ознаки [1]. Найбільша кількість надзвичайних ситуацій, особливо із загибеллю людей, припадає на транспорт, що свідчить про високу потенційну небезпечність транспорту як галузі господарства. Варто констатувати, що найбільша кількість загиблих і травмованих припадає на дорожньо-транспортні пригоди (далі – ДТП). Кожен третій загиблий – дитина або молода людина віком від 5 до 29 років. Україна втрачає на дорогах свій працездатний потенціал, а щорічні економічні збитки від численних дорожніх аварій становлять, за оцінками Світового Банку, близько 5 млрд доларів США. Якщо найближчим часом ситуація не зміниться, дорожньо-транспортні пригоди стануть однією з основних причин смертності населення України поряд із захворюваннями серцево-судинної системи та СНІДом. Зрозуміло, що сьогодні в умовах збройного конфлікту на сході країни загибель людей на дорогах неможливо розглядати як

першочергову проблему і загрозу для національної безпеки. Водночас висвітлювати проблеми, пов'язані із загибеллю людей, здійснювати заходи, спрямовані на запобігання надзвичайних ситуацій на дорогах, наразі є актуальним.

Наказом МНС України від 12.12.2012 № 1400 «Про затвердження Класифікаційних ознак надзвичайних ситуацій» визначено класифікаційні ознаки надзвичайних ситуацій техногенного характеру у разі загибелі або травмування людей унаслідок ДТП. Разом з тим, питання щодо обґрунтування порогового значення показника ознаки надзвичайної ситуації техногенного характеру стосовно ДТП із загиблими і травмованими, його відповідність «трагізму» й наслідкам ситуації, на нашу думку, досліджено недостатньо та потребує додаткового аналізу.

Теоретичні доробки та обґрунтування практичних рекомендацій у сфері цивільного захисту, попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій техногенного характеру висвітлюються в працях багатьох відомих українських та зарубіжних учених, зокрема В. Геєця, В. Ільяшенко, В. Мунтіяна, О. Новікової, В. Пілюшенко, Г. Ситника, В. Шлемко. З приводу проблематики щодо визначення поняття надзвичайних ситуацій та їх ознак, причини виникнення, їх класифікації проводили дослідження Р. Приходько, П. Лапін, С. Засуцько, Д. Полковниченко.

Метою роботи є обґрунтування поняття надзвичайної ситуації техногенного характеру у разі загибелі або травмування людей

*E-mail: navchannya101@ukr.net

унаслідок дорожньо-транспортних пригод та визначення при цьому кваліфікаційних ознак.

Основні положення статті розроблено в рамках підготовки розділу 1.1. «Стан безпеки на транспорті» Аналітичного огляду стану техногенної та природної безпеки в Україні за 2016 рік.

Виклад основного матеріалу. Загальний стан безпеки дорожнього руху неповною мірою задовольняє очікуванням суспільства, що спонукає до вжиття невідкладних заходів, спрямованих на розв'язання проблем, пов'язаних із забезпеченням безпеки дорожнього руху і створенням безпечних та комфортних умов для всіх учасників дорожнього руху.

Упродовж 2016 року на автошляхах держави зареєстровано 154 556 дорожньо-транспортних пригод, у тому числі 25 547 ДТП – із постраждалими, у яких 3187 осіб загинуло і 32 079 – травмовано [2]. Порівняно з 2015 роком кількість автопригод із потерпілими майже не змінилася (збільшення на 0,2 %) – з 25 493 до 25 547 ДТП, загиблих у ДТП осіб зменшилося на 20,4 % (з 4 003 до 3 187 осіб), травмованих учасників дорожнього руху стало більше на 1,5 % (31 600 до 32 079).

За 2016 рік на автошляхах держави майже щогодини траплялося 3 ДТП із потерпілими, практично що-три години в автопригодах гинула людина. У середньому за добу в автопригодах гинуло 9 осіб та зазнавало тілесних ушкоджень близько 88 учасників дорожнього руху.

Між тим, при розгляді надзвичайних ситуацій техногенного характеру у разі загибелі або травмування людей унаслідок дорожньо-транспортних пригод викремлюємо ДТП із тяжкими наслідками. Географія ДТП із тяжкими наслідками, кількість загиблих і травмованих при ДТП з тяжкими наслідками, індикатори соціального ризику та індикатори тяжкості наслідків ДТП по регіонах України у 2016 році подано на рис. 1–5 (дані Донецької та Луганської областей не відображають реального стану у зв'язку з проведенням АТО, дані щодо Республіки Крим та м. Севастополь відсутні).

Тяжкість наслідків дорожньо-транспортних пригод становить у середньому 10 загиблих на 100 автопригод із потерпілими. Основними причинами автопригод із постраждалими протягом звітнього періоду залишаються:

- перевищення швидкості – 4 667 ДТП (або 19 %);

- порушення правил маневрування – 2 524 ДТП (або 10 %);

- керування у нетверезому стані – 1 892 ДТП (або 8 %);

- порушення правил проїзду перехресть – 1 565 ДТП (або 7 %)

- порушення правил утримання доріг та вулиць – 8 ДТП (0,03%) та інше.

Більшість ДТП з тяжкими наслідками скоєно у Львівській, Київській, Дніпропетровській, Одеській та Харківській областях, при цьому більшість загиблих і травмованих припадає на Київську, Львівську, Вінницьку, Чернігівську, Дніпропетровську, Одеську, Харківську та Миколаївську області.

Найбільшим ризикам потрапляння в дорожньо-транспортну пригоду, ризику загинути або зазнати травмувань наражаються мешканці Львівської, Київської, Вінницької, Чернігівської, Миколаївської, Волинської, Рівненської, Полтавської областей. На рис. 4 наведено дані щодо індикатора соціального ризику (кількість загиблих у ДТП на 100 000 населення).

Слід підкреслити, що наведені статистичні дані аварійності в Україні «страшні», але не є «кричущими», не сприймаються трагічно, на наш погляд, дієво не впливають, особливо на місцевому рівні, на організаційні заходи щодо запобігання загибелі та травматизму людей на автошляхах. Тому потребують визначення нові підходи щодо фіксації негативних наслідків ДТП та способи реагування на них.

Рівень надзвичайної ситуації при дорожньо-транспортній пригоді визначається відповідно до Порядку класифікації надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 березня 2004 року № 368. Постановою встановлено критерії для визначення надзвичайної ситуації, як приклад, місцевого рівня, а саме: загинуло 1-2 особи або постраждало від 20 до 50 осіб [3]. Аналізуючи групу нормативних актів і документів щодо класифікаційних ознак надзвичайних ситуацій (загибель або травмування людей унаслідок дорожньо-транспортних пригод), порядку технічного розслідування дорожньо-транспортних пригод, слід зазначити, що існують певні невідповідності. Так, відповідно до наказу МНС України від 12.12.2012 № 1400 «Про затвердження Класифікаційних ознак надзвичайних ситуацій», пункт 1.4 Класифікаційних ознак надзвичайних ситуацій

визначає загальний опис ознак надзвичайних ситуацій техногенного характеру, а саме – загибель або травмування людей унаслідок

дорожньо-транспортних пригод із пороговим значенням показника ознаки: загинуло від 5 осіб, постраждало (травмовано) від 15 осіб [1].



Рисунок 1 - Кількість ДТП з тяжкими наслідками по регіонах України у 2016 році

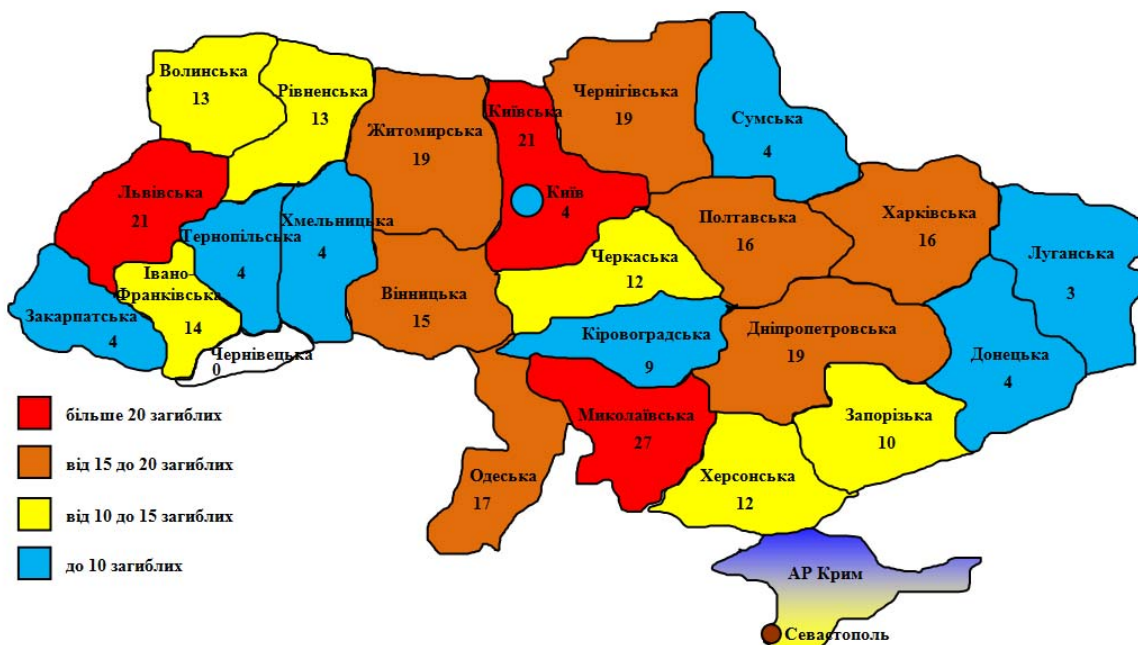


Рисунок 2 - Кількість загиблих у ДТП з тяжкими наслідками по регіонах України у 2016 році

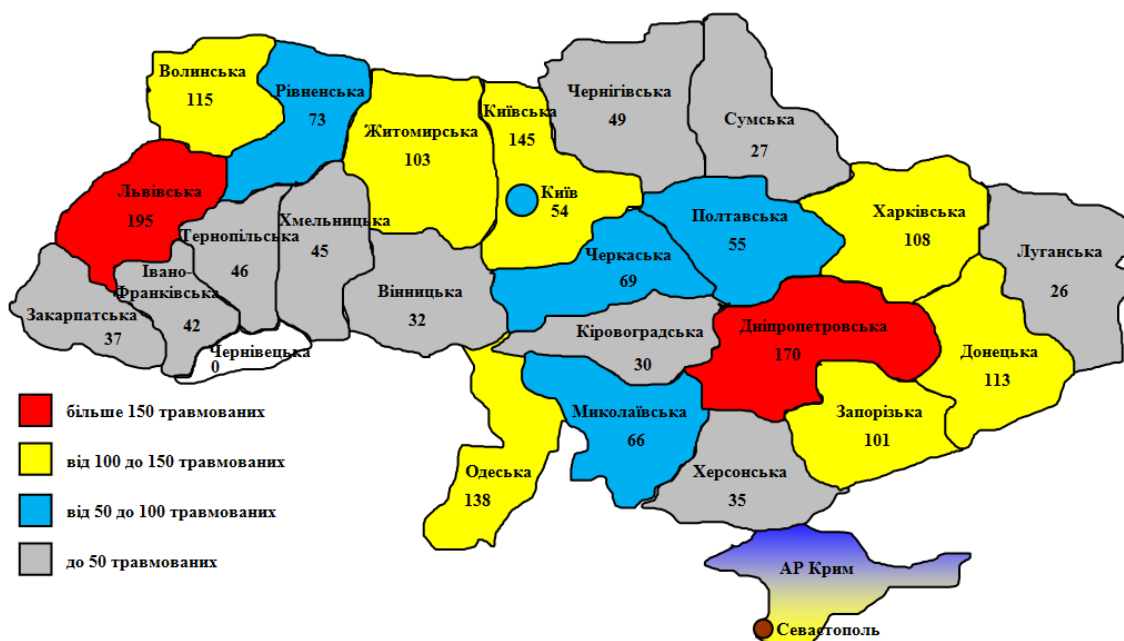


Рисунок 3 - Кількість травмованих у ДТП з тяжкими наслідками по регіонах України у 2016 році

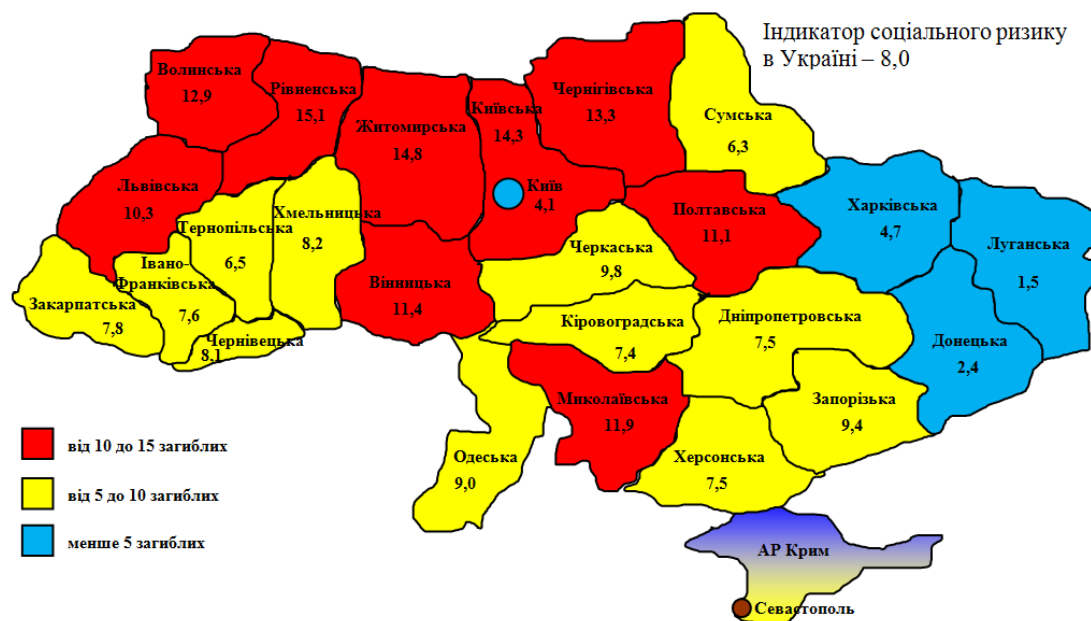


Рисунок 4 - Індикатор соціального ризику (кількість загиблих у ДТП на 100 000 населення) по регіонах України у 2016 році

На рис. 5 наведено дані щодо індикатору тяжкості наслідків ДТП (кількість загиблих в ДТП на 100 постраждалих), що характеризує ступінь пасивної безпеки транспортних засобів

та автомобільних доріг, а також ступінь розвитку й рівень організації робіт з надання медичної допомоги постраждалим в ДТП по регіонах України.

Індикатор тяжкості наслідків ДТП в Україні – 10,1



Рисунок 5 - Індикатор тяжкості наслідків ДТП (кількість загиблих в ДТП на 100 постраждалих)

Потрібно зазначити, що іншим нормативним актом, а саме – наказом Міністерства інфраструктури України від 23.06.2015 № 231 «Про затвердження Порядку технічного розслідування дорожньо-транспортних пригод, катастроф, аварій на автомобільному та міському електричному (трамвай, тролейбус) транспорті» визначено інші значення таких показників і наведена інша кваліфікація, як-от: ДТП, катастрофа, аварія місцевого рівня – подія, в якій загинуло до 3 осіб та/або до 10 осіб отримали травми; ДТП, катастрофа, аварія регіонального рівня – подія, в якій загинуло від 3 до 5 осіб та/або від 10 до 15 осіб отримали травми; ДТП, катастрофа, аварія державного рівня з тяжкими наслідками – подія, в якій загинуло від 5 до 10 осіб та/або від 15 до 25 осіб отримали травми; ДТП, катастрофа, аварія державного рівня з дуже тяжкими наслідками – подія, в якій 10 і більше осіб загинули та/або 25 і більше осіб отримали травми [4].

Варто наголосити, що наведені вище порогові значення показника ознаки та інші показники щодо загиблих і травмованих, на наше переконання, мають формальний характер, не сприяють системному аналізу причин скоєння таких ДТП, неоднаково визначають, особливо на місцевому рівні, ДТП із тяжкими наслідками як надзвичайну ситуацію техногенного характеру, потребують коригування на підставі постійних досліджень причин скоєння ДТП із тяжкими наслідками.

Про формальний характер порогових значень наведених вище показників ознаки, як

приклад, свідчать вимоги пункту 1.1 Класифікаційних ознак надзвичайних ситуацій, де визначено, що до таких подій віднесено загибель від 2 осіб або травмування людей (персоналу) від 5 осіб унаслідок пожеж і вибухів (окрім випадків пожеж і вибухів у житлових будівлях та спорудах), що вдвічі менше ніж порогове значення показника ознаки стосовно ДТП, у результаті якого загинули або травмувалися люди. Варто констатувати, що за 12 місяців 2016 року в ДТП загинуло 3187 чол., травмовано 32079 чол., при цьому скоєно 315 ДТП із тяжкими наслідками, у яких загинуло 300 чол. і травмовано 1874 чол. Для порівняння варто врахувати дані щодо обстановки з пожежами за 12 місяців 2017 року: загинуло 1872 чол., постраждало 1351 чол., що значно менше статистичних даних стосовно ДТП [5].

Як наголошувалося раніше [6], класифікаційна ознака однієї ДТП, при якому загинуло або травмовано відповідна кількість осіб в окремому місці й часі, певною мірою свідчить про трагізм небезпеки, ситуації, яка склалася загалом, не визначає системності небезпеки і можливості виникнення ризику надзвичайної ситуації в районі, регіоні та загалом у державі. Навіть одна ДТП з кількістю загиблих 5 осіб та більше сприймається як випадковість чи збіг обставин, «людський чинник» тощо.

Варто звернути увагу на той факт, що порогові значення показника ознаки стосовно загибелі або травмування людей унаслідок пожеж і вибухів у порівнянні з пороговим значенням показників ознаки стосовно ДТП, у

результаті якого загинули або травмовані люди, неоднаково враховують наслідки «трагізму». Важко зрозуміти, чому нормативними актами визначено, що є надзвичайна ситуація – коли загинуло від 2 осіб, постраждало (травмовано) від 5 осіб (персоналу) унаслідок пожеж і вибухів, або загинуло від 3 осіб, постраждало від 10 осіб у разі отруєння або травмування людей унаслідок вибухів та пожеж (у тому числі унаслідок отруєння чадним газом) у спорудах житлового призначення (побутові пожежі), а у випадку, якщо загинуло від 2 осіб, постраждало (травмовано)

від 10 осіб унаслідок дорожньо-транспортних пригод – ознаки надзвичайної ситуації відсутні.

Слід зазначити, що основною ознакою надзвичайної ситуації [7] є обстановка на окремій території (районі, місті, регіоні), яка характеризується порушенням нормальних умов життєдіяльності населення, що призводить (може призвести) до виникнення загрози життю або здоров'ю населення, великої кількості загиблих та постраждалих тощо. Обстановка на окремій території (районі, місті, регіоні), яка склалася, не обмежується тільки однією подією (ДТП). Тобто показник ознаки свідчить про кількість загиблих і травмованих в наслідок кількох подій на окремій території (в окремому адміністративному районі, місті, регіоні).

Визначення порогового значення показника ознаки надзвичайної ситуації при ДТП на місцевому рівні є дуже важливим. Саме на місцевому рівні (в окремому адміністративному районі, місті, регіоні) повинні здійснюватись основні дієві заходи щодо запобігання ДТП. На нашу думку, для визначення порогового значення показника ознаки надзвичайної ситуації при ДТП доцільно підсумовувати кількість загиблих і травмованих у всіх ДТП, що скоєні у районі, районах міста, регіоні загалом за окремий термін (доба, тиждень, місяць) та вважати надзвичайною ситуацією місцевого рівня, якщо унаслідок усіх автопригод загинуло від 2 осіб. Визначення системності у ДТП, що скоєні за окремий термін (доба, місяць), підсумовування кількості загиблих і травмованих у всіх ДТП, що скоєні у районі, районах міста (на місцевому рівні) за окремий термін (доба, місяць), показуватиме реальний стан соціального ризику потрапляння у дорожньо-транспортну пригоду, ризику загинути або зазнати травмувань. Життя людини безцінне. Тому загибель більше 2 осіб -

це надзвичайна ситуація, що свідчить про значні вади в забезпеченні безпеки дорожнього руху в окремому районі, місті, регіоні.

Підсумовуючи вищенаведене, пропонуємо класифікаційною ознакою надзвичайної ситуації техногенного характеру в разі загибелі або травмування людей унаслідок дорожньо-транспортних пригод вважати обстановку на окремій території (районі, місті, регіоні), яка характеризується порушенням правил, норм і стандартів безпеки дорожнього руху, зниженням ступені (рівня) захищеності учасників дорожнього руху від дорожньо-транспортних пригод та їх наслідків, що спричинена скоєнням однієї або кількома дорожньо-транспортними пригодами, у разі якої (яких) загинуло від 2 осіб або постраждало (травмовано) від 5 осіб.

Варто зазначити, що порогове значення показника ознаки ДТП із загиблими і травмованими може бути скориговане подальшими дослідженнями кількісних та якісних показників ДТП із тяжкими наслідками.

Висновок. Враховуючи наведене вище, вважаємо за необхідне:

– змінити підхід до визначення статистичних даних аварійності з урахуванням наданих вище пропозицій;

– при визначенні порогового значення показника ознаки надзвичайної ситуації техногенного характеру у разі загибелі або травмування людей унаслідок дорожньо-транспортних пригод підсумовувати загальну кількість загиблих і травмованих за добу, тиждень, місяць у районі, місті та в регіоні;

– класифікаційною ознакою надзвичайної ситуації техногенного характеру в разі загибелі або травмування людей унаслідок дорожньо-транспортних пригод вважати обстановку на окремій території (районі, місті, регіоні), яка характеризується порушенням правил, норм і стандартів безпеки дорожнього руху, зниженням ступені (рівня) захищеності учасників дорожнього руху від дорожньо-транспортних пригод та їх наслідків, що спричинена скоєнням однієї або кількома дорожньо-транспортними пригодами, у разі якої (яких) загинуло від 2 осіб або постраждало (травмовано) від 5 осіб.

Внесення запропонованих змін до класифікаційних ознак надзвичайних ситуацій розкриє дійсний стан дорожньо-транспортного травматизму, змусить звернути увагу органів влади й управління на причини загибелі та травматизму людей, особливо на місцевому

рівні, підвищить рівень забезпечення реалізації вимог техногенної безпеки, позитивно вплине на забезпечення організації взаємодії центральних і місцевих органів виконавчої влади, підприємств, установ та організацій у

процесі вирішення питань, пов'язаних з запобіганням надзвичайних ситуацій на автошляхах.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Наказ Міністерства надзвичайних ситуацій України від 12.12.2012 року № 1400 «Про затвердження Класифікаційних ознак надзвичайних ситуацій» [Електронний ресурс] // Офіційний вісник України. Офіційне видання від 22.02.2013 р., № 12, стор. 100, стаття 470, код акту 65794/2013 – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0040-13/page3>.
2. Статистика аварійності в Україні за 12 місяців 2016 року // За даними Управління безпеки дорожнього руху Департаменту превентивної діяльності Національної поліції України [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.sai.gov.ua/ua/people/5.htm>
3. Постанова Кабінету Міністрів України від 24 березня 2004 р. № 368 «Про затвердження Порядку класифікації надзвичайних ситуацій за їх рівнями» // Урядовий кур'єр. Офіційне видання від 08.04.2004 № 66
4. Наказ Міністерства інфраструктури України від 23.06.2015 року № 231 «Про затвердження Порядку
- технічного розслідування дорожньо-транспортних пригод, катастроф, аварій на автомобільному та міському електричному (трамвай, тролейбус) транспорті» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0818-15/card6#Public>
5. Довідка про основні надзвичайні ситуації техногенного, природного та іншого характеру на території України станом на 7 годин 1 квітня 2017 року [Електронний ресурс] // Офіційний веб-портал ДСНС України – Режим доступу : <http://www.dsns.gov.ua/ua/Dovidka-za-dobu/60080.html>
6. Коробкін В. Ф. Системність ДТП з постраждалими, скоєні з вини дітей, як класифікаційна ознака надзвичайної ситуації техногенного характеру / В. Ф. Коробкін // «Автошляховик України» : науково-виробн. журнал. – 2015. – № 6. – С. 8–10.
7. Кодекс цивільного захисту України / Верховна Рада України // Відомості Верховної Ради України. – 2013. – № 34–35.– Ст. 458.

THRESHOLD VALUE OF CLASSIFICATION CRITERION INDEX OF EMERGENCY OF MAN-MADE NATURE IN CASE OF DEATH OR HUMAN INJURY AS A RESULT OF A ROAD ACCIDENT AS CHARACTERISTIC OF MAN-MADE EMERGENCY.

*V. Korobkin, Candidate of Technical Sciences, Docent, B. Kovalyshyn
The Ukrainian Civil Protection Research Institute, Ukraine*

KEYWORDS

classification feature, emergency of man-made nature, road traffic accidents, death, injury, threshold value.

ANNOTATION

The accident conditions in Ukraine in 2016 are analyzed. The analysis of normative acts on emergency classifications man-made nature in the cases of death or human injury as a result of traffic accidents is performed. A new definition of classification for emergency situation in case of death or human injury as a result of an accident is suggested.

ПОРОГОВОЕ ЗНАЧЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ КЛАССИФИКАЦИОННОГО ПРИЗНАКА ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА В СЛУЧАЯХ ГИБЕЛИ ИЛИ ТРАВМИРОВАНИЯ ЛЮДЕЙ В РЕЗУЛЬТАТЕ ДТП КАК ХАРАКТЕРИСТИКА ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА

*В. Ф. Коробкин, канд. техн. наук, доц., Б. М. Ковалишин
Украинский научно-исследовательский институт гражданской защиты, Украина*

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

классификационный признак, чрезвычайная ситуация техногенного характера, дорожно-транспортное происшествие, гибель, травмирование, пороговое значение

АННОТАЦИЯ

Проанализировано состояние дорожно-транспортной аварийности в Украине в 2016 году. Проведен анализ нормативных актов, регламентирующих классификационные признаки чрезвычайной ситуации техногенного характера в случаях гибели или травмирвания людей в результате дорожно-транспортных происшествий. Предложено новое определение квалификационных признаков чрезвычайной ситуации в случае гибели или травмирвания людей в результате ДТП

УДК 614.841.42

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ РОЗВЕДЕННЯ РОЗЧИНІВ ВОГНЕЗАХИСНИХ ЗАСОБІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАГОРОДЖУВАЛЬНИХ СМУГ

Р.В. Ліхнівський, канд.хім.наук, М.В. Білошицький, канд.хім.наук, ст.наук. співр., С.В. Жартівський, канд.техн.наук, ст.наук. співр., М.І. Копильний, О.В. Корнієнко
Український науково-дослідний інститут цивільного захисту, Україна

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції: 28.04.2017
Пройшла рецензування: 07.06.2017

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

загороджувальні смуги, розчини засобів з вогнезахисними властивостями, ефективність смуг у локалізації пожеж

АНОТАЦІЯ

Проведено дослідження з визначення ефективності загороджувальних смуг, утворених нанесенням розчинів вогнезахисних засобів. Оцінено вплив розведення робочого розчину водою на ефективність смуг у локалізації низових лісових пожеж слабкої інтенсивності.

Вступ. Пожежі у природних екосистемах завдають великих збитків, а у випадку недосконалої організації боротьби з ними може постраждати населення, яке проживає в зоні їх поширення. Висока температура повітря, тривала відсутність опадів призводять до значного висушування ґрунту та створення передумов для виникнення пожежі. Найчастіше пожежі у природних екосистемах виникають у південних і східних областях України. Основними причинами виникнення пожеж у природних екосистемах є діяльність людини, природні фактори, самозаймання торфу та спалювання залишків сільськогосподарської продукції.

Так, в 2016 році зареєстровано 13 185 випадків пожеж в природних екосистемах [1]. На початку пожежонебезпечного періоду (березень-травень) основною причиною виникнення лісових пожеж є випалювання сухої рослинності та її залишків на сільгоспугіддях і придорожніх смугах поруч із лісовими масивами.

Одним із способів локалізації пожеж у природних екосистемах є застосування загороджувальних смуг, створених з водних розчинів вогнезахисних засобів [2]. Застосування хімічних речовин для гасіння лісових пожеж та їх локалізації за допомогою загороджувальних смуг описано у джерелах [3, 4].

Метою роботи було проведення досліджень з визначення ефективності загороджувальних смуг для локалізації низових лісових пожеж слабкої інтенсивності в залежності від розведення водою розчинів вогнезахисних засобів. У роботі для створення

загороджувальних смуг було використано воду, робочі водні розчини «Антипіреново-антисептичної просочувальної композиції для деревини» [5] та вогнезахисного засобу «АРГУСПРОФІ» [6].

Методика дослідження. Сутність методики досліджень полягає в експериментальному визначенні можливості застосування водних розчинів вогнезахисних речовин для створення загороджувальних смуг, а також встановленні їх оптимальних концентрацій.

Дослідження проводилися за однакової витрати робочих розчинів на наземний горючий матеріал, яка становила 500 г/м². Під час досліджень визначали оптимальні концентрації водних розчинів вогнезахисних речовин для створення загороджувальних смуг.

У роботі використовували спеціальне залізне квадратне деко з довжиною сторін (90 ± 5) см і висотою борту (5,5 ± 0,5) см.

У дослідженнях використовували суміш наземних горючих матеріалів (опалих хвоїнок, дрібних гілочок, кори, шишок), притаманній насадженням хвойних порід, які за шкалою оцінки пожежної небезпеки земель, відносяться до найбільш пожежонебезпечних насаджень.

Горючі матеріали спочатку кондиціонували у термошафі протягом 24 годин за температури (45 ± 2) °С, відбирали масу (1000 ± 10) г і рівномірно розподіляли по всій площі дека після чого робочим розчином, за допомогою ручних пристроїв розпилення, здійснювалося оброблення ділянки шириною (50 ± 1) см (рис. 1), яка буде використовуватись як загороджувальна смуга.

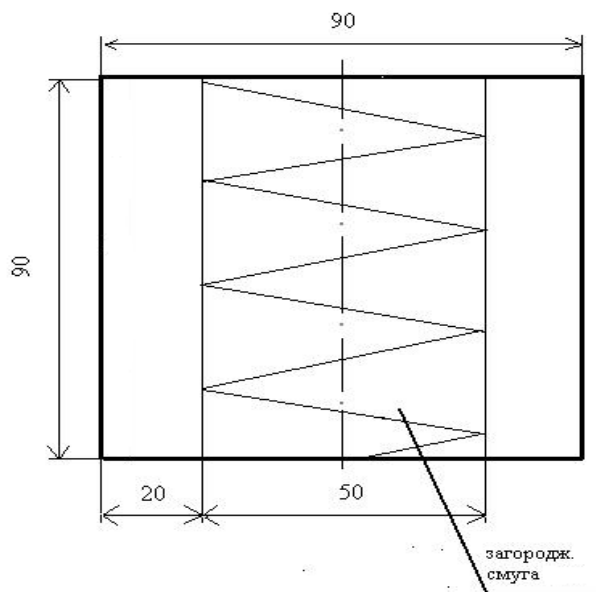


Рисунок 1 - Схематичне розташування у деці полоси розбризкування бензину та загороджувальної смуги

Витрату робочого розчину (R) на створення загороджувальної смуги визначали за формулою:

$$R = (m_1 - m_0) / F, \quad (1)$$

де: F - площа загороджувальної смуги, м²;
 m₁ - маса робочого розчину у пристрої розпилення перед нанесенням, г;

m₀ - маса робочого розчину, що залишився у пристрої розпилення після нанесення, г.

Після створення загороджувальної смуги, підготовлений зразок кондиціонували у камері

тепла та вологи протягом 4 годин за температури (45 ± 2) °С. Через 30 хвилин після кондиціонування проводили дослідження.

Для розпалювання горючих матеріалів пульверизатором наносили бензин А-92 у кількості (25±2) мл. Ширина полоси розбризкування бензину становила (5 ± 1) см (рис. 2).

Підпал горючого матеріалу здійснювали з навітряної сторони вздовж паралельної до загороджувальної смуги сторони дека. Швидкість руху повітря становила (1,0 ± 0,1) м/с.

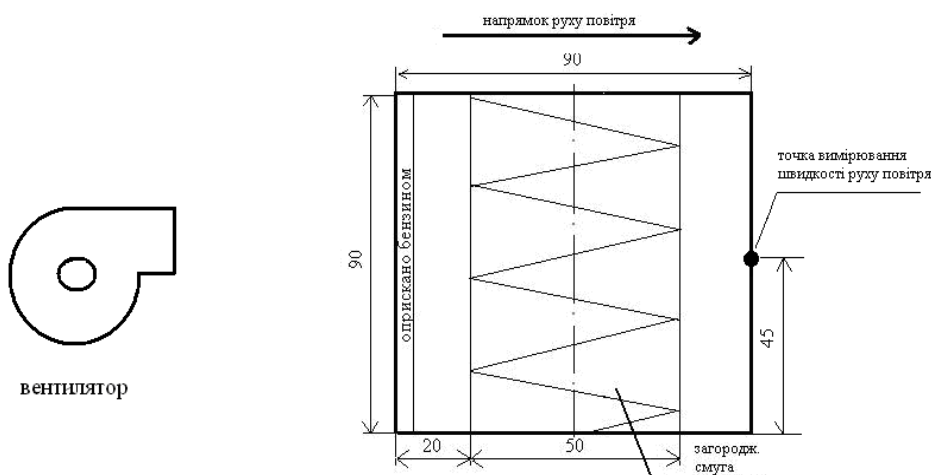


Рисунок 2 - Схематичне розташування полоси розбризкування бензину та точки вимірювання швидкості руху повітря

Після підпалу горючого матеріалу візуально спостерігали за проходженням полум'я через загороджувальну смугу та

фіксували такі дані – висота полум'я крайки пожежі перед загороджувальною смугою,

максимальна глибина входження полум'я в загороджувальну смугу.

Загороджувальна смуга вважалася ефективною, якщо максимальна глибина входження полум'я в загороджувальну смугу у двох дослідах не перевищує 1/2 від її ширини.

Порівняння вогнезахисних властивостей робочих розчинів, що визначені ефективними, по відношенню один до одного, здійснювали за глибиною входження полум'я в загороджувальну смугу. Вогнезахисні властивості робочого розчину вважаються кращими за менших значень глибини входження полум'я в загороджувальну смугу.

Експериментальні дослідження. Дослідження проводилися у приміщенні

лабораторії за таких умов: температура повітря – 18-20,0 °С; відносна вологість повітря – 44-45 %; атмосферний тиск – 640-645 мм. рт. ст.

Витрата нанесення розчинів вогнезахисних засобів – 500 г/м²

Результати з визначення ефективності загороджувальних смуг, створених із використанням водних розчинів «Антипіреново-антисептичної просочувальної композиції для деревини», наведено у таблиці 1 та на рисунку 3. Результати з визначення ефективності загороджувальних смуг, створених із використанням водних розчинів вогнезахисного засобу «АРГУСПРОФІ», наведено у таблиці 2 та на рисунку 4.

Таблиця 1 - Результати з визначення ефективності загороджувальної смуги

Показники	Результати			
	Початковий робочий розчин з концентрацією 50 %		Початковий робочий розчин розведений водою у співвідношенні 1:1	
	1 дослід	2 дослід	1 дослід	2 дослід
Максимальна глибина входження полум'я в загороджувальну смугу, мм	240	230	прогоріла	прогоріла
Висота полум'я крайки пожежі перед загороджувальною смугою, см	35	32	35	34
Висновок про ефективність загороджувальної смуги	Загороджувальна смуга вважається ефективною		Загороджувальна смуга вважається не ефективною	



(а)



(б)



(с)

Рисунок 3 - Проходження полум'я крізь загороджувальну смугу утворену нанесенням антипіреново-антисептичної просочувальної композиції: (а) – підпал суміші горючих матеріалів; (б) – початковий робочий розчин; (с) – розведений водою початковий робочий розчин у співвідношенні 1:1.

Таблиця 2 – Результати з визначення ефективності загороджувальної смуги

Показники	Результати			
	Початковий робочий розчин		Початковий робочий розчин розведений водою у співвідношенні 1:1	
	1 дослід	2 дослід	1 дослід	2 дослід
Максимальна глибина входження полум'я в загороджувальну смугу, мм	100	150	прогоріла	прогоріла
Висота полум'я крайки пожежі перед загороджувальною смугою, см	32	35	35	34
Висновок про ефективність загороджувальної смуги	Загороджувальна смуга вважається ефективною		Загороджувальна смуга вважається не ефективною	

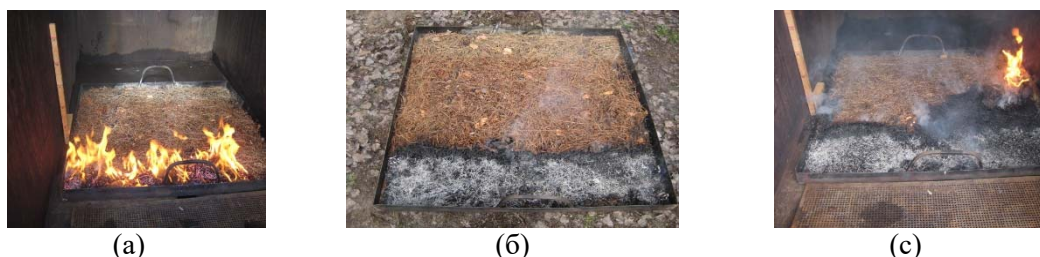


Рисунок 3 - Проходження полум'я крізь загороджувальну смугу утворену нанесенням вогнезахисного засобу «АРГУСПРОФІ»: (а) – підпал суміші горючих матеріалів; (б) – початковий робочий розчин; (с) – розведений водою початковий робочий розчин у співвідношенні 1:1.

Результати з визначення ефективності загороджувальних смуг, створених із використанням води, наведено на рисунку 5 та у таблиці 3. Ці смуги піддавалися вогневому

впливу одразу після їх створення (нанесення води) без висушування зразків у камері тепла та вологості за температури $(45 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$.

Таблиця 3 – Результати з визначення ефективності загороджувальної смуги

Показники	Результати			
	З потоком повітря		Без потоку повітря	
	1 дослід	2 дослід	1 дослід	2 дослід
Максимальна глибина входження полум'я в загороджувальну смугу, мм	прогоріла (час прогару - 4 хв. 30 с)	прогоріла (час прогару - 5 хв. 02 с)	прогоріла (час прогару - 6 хв. 35 с)	прогоріла (час прогару - 7 хв. 02 с)
Висота полум'я крайки пожежі перед загороджувальною смугою, см	34	32	52	45
Висновок про ефективність загороджувальної смуги	Загороджувальна смуга вважається не ефективною		Загороджувальна смуга вважається не ефективною	



Рисунок 5 – Проходження полум'я крізь загороджувальну смугу створену нанесенням води: (а) – під дією потоку повітря; (б) – без потоку повітря.

Висновки. Одержані експериментальні дані свідчать, що ефективність загороджувальних смуг, створених нанесенням води на суміш горючих матеріалів, є низькою. Однозначно можна стверджувати, що смуги створені із застосуванням води є непридатними для локалізації низових лісових пожеж слабкої інтенсивності.

Загороджувальні смуги створені з «Антипіреново-антисептичної просочувальної композиції для деревини» та вогнезахисного засобу «АРГУСПРОФІ» розведеними з водою у співвідношенні 1:1 є малоєфективними. Такі смуги прогорають в результаті чого

відбувається подальше поширення полум'я наземним горючим матеріалом.

Краще зарекомендували себе смуги створені нанесенням початкових робочих розчинів «Антипіреново-антисептичної просочувальної композиції для деревини» і «АРГУСПРОФІ». Вони характеризуються високою ефективністю і можуть бути рекомендовані для локалізації низових лісових пожеж слабкої інтенсивності.

За показником максимальної глибини входження полум'я в загороджувальну смугу найефективнішим засобом виявився

«АРГУСПРОФІ», який забезпечив найменше прогоряння нанесеної смуги.

З метою визначення ефективності загороджувальних смуг, створених із застосуванням засобів «Антипіреново-

антисептичної просочувальної композиції для деревини» та «АРГУСПРОФІ», в реальних умовах і підтвердження лабораторних досліджень заплановано проведення натурних випробувань.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Аналітичний огляд стану техногенної та природної безпеки в Україні за 2016 рік./ Державна служба з надзвичайних ситуацій, Український науково-дослідний. – Київ, 2017. – у друці.
2. Р.В. Ліхновський, М.В. Білошицький, В.О. Боровиков, С.В. Жартовський, М.І. Копильний, О.В. Корнієнко./ Загороджувальні смуги як спосіб локалізації пожеж у природних екосистемах. – Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека. – № 2 (2). – 2016. – С. 55-59.
3. Рекомендации по обнаружению и тушению лесных пожаров (Утв. Рослесхозом 17.12.97). – 77с.
4. T. van Nao. Forest Fire Prevention and Control. / Springer-science+business media, B.V. – 1982. – 239 p.
5. Пат. 99800 Україна, Антипіреново-антисептична просочувальна композиція для деревини / Борис О.П., Білошицький М.В., Копильний М.І., Корнієнко О.В., Малаштан М.В., власник Український науково-дослідний інститут цивільного захисту, опубл. 25.06.2015
6. ТУ У 20.5-40884080- 001 :2016 Просочувальна вогнебіозахисна речовина для деревини "АРГУСПРОФІ". Технічні умови.

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE INFLUENCE OF SOLUTION OF AGENTS OF FIRE-PROOF MEASURES ON THE EFFECTIVENESS OF THE BARRIER STRIPS

R. Likhnovskiy, Candidate of Chemical Sciences, M. Biloshytskyi, Candidate of Chemical Sciences, Senior Research Fellow, S. Zhartovskiy, Candidate of Technical Sciences, Senior Research Fellow, M. Kopylnyi, O. Korniienko
The Ukrainian Civil Protection Research Institute, Ukraine

KEYWORDS

control lines, solutions of agents with fire retardant properties, the efficiency of lines in localization of fires

ANNOTATION

It has been conducted a research of determination of the effectiveness of control lines formed by applying solutions of fire retardant agents. It is estimated the influence of solution of working agents by water on efficiency of lines in localization of ground wild fires of weak intensity.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗВЕДЕНИЯ РАСТВОРОВ ОГНЕЗАЩИТНЫХ СРЕДСТВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗАГРАДИТЕЛЬНЫХ ПОЛОС

Р.В. Лихневский, канд. хим. наук, Н.В. Белошицкий, канд. хим. наук, ст. научн. сотруд., С.В. Жартовский, канд. техн. наук, ст. научн. сотруд., Н.И. Копыльный, А.В. Корниенко
Украинский научно-исследовательский институт гражданской защиты, Украина

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

заградительные полосы, растворы средств с огнезащитными свойствами, эффективность полос в локализации пожаров

АННОТАЦИЯ

Проведены исследования по определению эффективности заградительных полос, образованных нанесением растворов огнезащитных средств. Проведено оценку влияния разведения рабочего раствора водой на эффективность полос при локализации низовых лесных пожаров слабой интенсивности

УДК 614.844.1

АЕРОЗОЛЬНІ ВОГНЕГАСНІ РЕЧОВИНИ. ОКРЕМІ АСПЕКТИ ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ АЕРОЗОЛЬНИХ СИСТЕМ

О.І. Бедратюк, Р.В. Ліхньовський*, канд.хім.наук

Український науково-дослідний інститут цивільного захисту, Україна

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції: 28.04.2017

Пройшла рецензування: 24.05.2017

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

аерозольні вогнегасні речовини, нормативні документи щодо систем аерозольного пожежогасіння.

АНОТАЦІЯ

Проаналізовано літературні джерела та нормативні документи щодо аерозольного пожежогасіння, зокрема аерозольних вогнегасних речовин і систем. Розглянуто нові напрямки застосування технології аерозолеутворення, зокрема надтонких вогнегасних порошоків. Наведено дані щодо складу досліджуваних аерозольних речовин та чинних документів щодо систем аерозольного пожежогасіння.

Застосування аерозолів у приборканні вогню є одним з різновидів об'ємного пожежогасіння. В основі аерозольного пожежогасіння лежить здатність твердих частинок аерозолу припиняти розвиток ланцюгової реакції горіння пожежного навантаження. Вплив на осередок займання здійснюється трьома способами: витіснення кисню із зони горіння; гальмування хімічних реакцій, що стимулюють горіння; зниження обсягу тепла, яке виділяється в результаті горіння.

Сучасні установки аерозольного пожежогасіння генерують дрібнодисперсну суспензію, що містить частинки з розмірами 5-10 мкм, які утворюються у спеціальному пристрої – генераторі аерозолу (рис. 1), що

представляє собою аерозолеутворюючий заряд у металевому корпусі з системою охолодження та вузлом запуску. Частинки аерозолу, що утворюються під час згоряння заряду, можуть перебувати у зваженому стані до 30 - 40 хвилин. У разі виникнення осередку полум'я у закритому захищеному об'ємі генератор продукує аерозоль, що подається у приміщення. При досягненні у приміщенні вогнегасної концентрації аерозолу різко зменшується виділення тепла, в результаті чого зменшується температура газового середовища і горіння припиняється. Протягом 10 – 15 хвилин після закінчення роботи генератора у приміщенні зберігається вогнегасна концентрація аерозолу, що виключає повторне займання.



Рисунок 1. - Генератор вогнегасного аерозолу

Процес горіння пожежного навантаження протікає по ланцюговому механізму і складається з декількох стадій: зародження ланцюгів з утворенням радикалів, розвиток ланцюгової реакції з утворенням нових радикалів та обрив ланцюгової реакції зі

зникненням активних частинок. Тверді частинки аерозолу нейтралізують каталізатори горіння, що спричиняє зниження температури осередку полум'я. Під час генерування аерозолу утворюється область підвищеного тиску газів, які витісняють повітря з зони

*E-mail: chemist_1@i.ua

горіння (флегматизація газового середовища), що додатково сприяє припиненню пожежі.

У випадку застосування аерозолі у ліквідації пожежі стадія обриву ланцюгової реакції відбувається за рахунок зіткнення радикалів з інертними частинками, яку можна записати наступним чином:

$R \cdot + R \cdot + M = R-R + M$ – рекомбінація вільних радикалів;

$R \cdot + M = R-M$ — захват вільних радикалів поверхнею твердої частинки в результаті адсорбції;

де, M — інертна частинка аерозолі.

Припинення процесу горіння шляхом взаємодії аерозольних частинок з полум'ям зарекомендувало себе ефективним способом пожежогасіння. Для порівняння вогнегасна концентрація аерозолі становить 0,04-0,06 кг/м³, CO₂ – 0,6-0,7 кг/м³, галонів – 0,22-0,37 кг/м³.

Метою роботи є актуалізація даних про стан наукових досліджень стосовно аерозольних вогнегасних речовин, нових напрямків їх застосування та окремих аспектів технічного регулювання систем аерозольного пожежогасіння.

Для досягнення поставленої мети було проведено аналітичне дослідження наукових робіт та документів присвячених даним питанням.

Відомо, що аерозольні вогнегасні речовини отримують спалюванням твердопаливної композиції, що складається з окисника і відновника – горючої речовини, як правило в якості останньої використовують органічну смолу. Основними компонентами аерозолеутворюючих вогнегасних складів є карбонат і хлорид калію. Також, до складу можуть входити KNO₃, KCl₄ – окисники та горючі органічні смоли – епоксидна смола, ідітол тощо, що здатні горіти без доступу кисню [1]. Основні недоліки таких твердопаливних композицій це висока температура, наявність відкритого форсу полум'я й агресивна дія на деякі матеріали, що застосовуються в музейних приміщеннях, галереях, архівах тощо. Крім того є проблеми в гасінні аерозолями, згенерованими цими складами, тліючих матеріалів.

Для усунення згаданих недоліків авторами [2] запропоновано додавати до твердопаливних композицій червоний фосфор та фосфат калію, що забезпечує регулювання швидкості їх горіння. Фосфорний ангідрид, що утворюється у вигляді плівки на поверхні матеріалу під час горіння, обмежує доступ кисню в полум'яну зону. Твердопаливна композиція містить 20-25 % мас. червоного фосфору, 75-80 % мас.

нітрату калію, фосфат калію різного ступеню заміщення в кількості 5-50 % мас до загальної маси фосфору й нітрату калію. Пропонований склад характеризується високою вогнегасною здатністю, відсутністю негативного впливу на музейні експонати та забезпечує гасіння тліючих матеріалів (пожеж підкласу А1).

Так, наприклад, у [3] зазначено, що виробники систем аерозольного пожежогасіння Ansul, FirePro і Flame Guard при їх тестуванні використовували наступні твердопаливні композиції, мас. частка:

K₂CO₃ - 0,5, KHCO₃ - 0,1, KNO₃ - 0,08, NH₄HCO₃ - 0,25, інші сполуки калію - 0,07;

KNO₃ - 0,75, порошок епоксидної смоли - 0,23, Mg - 0,02;

KNO₃ - 0,77, полімер епоксидної смоли - 0,18, K₂CO₃ - 0,04, Mg - 0,01.

Тестування систем із зазначеними композиціями показало високу вогнегасну здатність у гасінні пожеж класу В і виявило проблеми у гасінні класу А, а також, утворення твердих частинок у кількості 20-30%, газів – 70-80%, у тому числі чадного, що призводить до зменшення концентрації кисню в об'ємі. Кожна система після активації здатна забезпечувати захист від повторного займання пожежі класу В близько 25 хв.

Винахід, описаний у [4], відноситься до технології об'ємного пожежогасіння, а саме, до способу одержання аерозолеутворюючих піротехнічних композицій. Спосіб включає стадії змішування порошкоподібного горючого в'язучого, окисника і диціандіаміду. Горюче в'язуче представляє собою поліконденсат формальдегіда та органічної сполуки фракцією +70–120 мкм. В якості окисника використано нітрат лужного металу фракцією +15–25 мкм. Диціандіамід представляє собою фракцію +40–80 мкм. До вищезазначених фракцій додають фракції горючого в'язучого +10–25 мкм, окисника +1–7 мкм і диціандіаміду від 7 до 15 мкм. Масові співвідношення фракцій в'язучого, окисника, та диціандіаміду складають 70:30, 25:75 і 80:20.

Ще одна піротехнічна аерозолеутворююча композиція для гасіння пожеж в замкнутому просторі описана у [5]. До її складу входять нітрат калію в кількості 67–72 мас %, фенолформальдегідну смолу в кількості 8–12 мас % і диціандіамід. Частинки нітрату калію мають максимальний середній розмір 25 мкм, частинки фенолформальдегідної смоли – 100 мкм, а диціандіаміду – 15 мкм. Композиція відзначається простим способом приготування, який полягає у змішуванні складових з розчином фенолформальдегіду у суміші етилового спирту з ацетоном з масовим

співвідношенням 30-50:70-50 та гранулюванням під час сушки за температури 20-70°C. Аерозоль, що генерується з піротехнічного заряду, є ефективним засобом у гасінні пожежі класу В і виявляє низьку вогнегасну здатність щодо гасіння пожежі класу А.

Для вирішення проблем у гасінні модельного вогнища класу А авторами [6] проведено експериментальні дослідження з вивчення вогнегасної здатності нового типу піротехнічного аерозолеутворюючого вогнегасного складу. У порівнянні з раніше застосовуваними, новий тип піротехнічних зарядів генерує аерозоль вогнегасної речовини, що утворюється під час спалювання піротехнічного заряду з фосфоровмісною речовиною під назвою Р90х, яка займається і широко використовується в якості антипіренів в матеріалах для переведення їх до важкогорючого стану. Для покращення вогнегасної здатності у гасінні модельного вогнища класу А, речовину Р90х вперше додано як відновник в аерозолеутворюючий склад на стадії формування. Ефективність пожежогасіння покращується при збільшенні кількості Р90х по відношенню до нітрату калію у композиції. Цей тип аерозолеутворюючого вогнегасного складу характеризується властивістю частинок аерозолу прилипати до поверхні палаючої деревини і для ефективнішого припинення горіння реагувати з нею. За твердженням авторів вперше пожежа класу А може бути погашена піротехнічним аерозолеутворюючим складом.

У роботі [7] представлено стан дослідження холодної аерозольної технології пожежогасіння. Застосування для пожежогасіння аерозолу надтонкого порошку, що представляє собою композицію з частинок амофосу $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ і розчину $\text{NaHCO}_3/\text{SiO}_2$ характеризується відмінною вогнегасною здатністю.

Новий метод для дистанційного гасіння пожежі застосовується в розширених замкнутих просторах, таких як гірничі виробки, склади, тунелі метро, електричні кабельні канали і т.д. [8]. Запропоновано до використання вогнегасну речовину на основі стабільної суміші фосфату амонію надтонкого помолу $[\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4]$ і модифікованого колоїдного діоксиду кремнію $[\text{SiO}_2\text{-CH}_3]$, яка подається у полум'я потужним вентилятором. Властивості аерозолу, а саме, середній розмір частинок, час перебування в повітрі та відстань подачі повітряним потоком були вивчені в експериментальній камері об'ємом 100 м³.

Відзначено, що для локалізації великомасштабного поширення вогню всередині замкнутого простору необхідна постійна подача аерозолу протягом тривалих періодів зі зростанням витрат надтонкого вогнегасного порошку у 2-3 рази для кожних наступних 50 м від основного місця пожежі, що позначається на вартості пожежогасіння. Середній розмір частинок порошку в аерозолі і його концентрація для пожежогасіння не повинна перевищувати 10 мкм і 0,1 - 0,12 кг/м³, відповідно. Застосування азоту і галонів у поєднанні з аерозолем значно знижує вогнегасну концентрацію порошку і витрати на гасіння пожежі. У разі швидкого і масштабного поширення полум'я рекомендовано через 30 хвилин після застосування аерозолу продовжити процес гасіння з використанням піни.

Багаторівневий захист – це один з принципів управління безпекою, важливою частиною якого є використання антивибухобезпечних і вогнезахисних засобів. У роботі [9] були проаналізовані властивості наноксидних частинок в сфері антивибуху та вогнезахисту і розрахована швидкість седиментації наночастинок. Зроблено висновок щодо механізму горіння CH_4 на початкових етапах. Енергії реакційних систем та можливі взаємодії між радикалами і сполуками MgO , Al_2O_3 , SiO_2 , TiO_2 , NiO , CuO , SiC , SiN , MgCO_3 , SnO_2 , ZnO , CoO , Cr_2O_3 , Mn_2O_3 , ZrO_2 розраховано за допомогою програми Hyperchem 6.

В результаті зроблено висновок, що оксиди, такі як ZrO_2 можуть взаємодіяти з радикалами ланцюгової реакції і припиняти горіння. Було встановлено, що наноксид ZrO_2 , який генерується в аерозоль, є значно кращим ніж інші оксиди, що застосовуються в якості анти-вибуху і вогнезахисних речовин. Зроблено висновок, що аерозоль з наночастинками ZrO_2 матиме все більше застосування і відіграватиме важливішу роль в управлінні безпекою.

В статті [10] авторами проведено дослідження ефективності гасіння пожежі новим видом сухого порошку на основі бікарбонату калію. Порошок складався з надтонкого бікарбонату калію і деяких органічних і неорганічних добавок, які позначають як «К-порошок». Фізичні та хімічні характеристики «К-порошку» було досліджено методами рентгеноструктурного аналізу, скануючої електронної мікроскопії, ІЧ-спектроскопії з Фур'є перетворенням, термічного аналізу. Вогнегасна ефективність нового порошку на основі калію вивчалася під

час проведення лабораторних експериментів, результати яких показали перевагу нового порошку над іншими зі вмістом бікарбонату. Це обумовлюється спеціальним хімічним складом і мікроструктурою.

На теперішній час актуальним напрямком досліджень є попередження вибухів і їх локалізації у разі виникнення. Актуальність проведення таких досліджень пояснюється щорічними жертвами сотень шахтарів у вугледобувній галузі. У роботі [11] авторами запропоновано «порошок для локалізації вибуху (PSE)». Ефективність порошку доказано експериментально в лабораторних умовах у випробуваннях з локалізації вибухів метано-повітряної суміші. Також було досліджено можливість зниження потужності вибуху вугільного пилу з використанням порошку «PSE». Виявлено, що карбамід, KCl і $NaHCO_3$ є найбільш перспективними компонентами порошкового аерозолю у застосуванні для захисту від вибуху або його локалізації.

Авторами [12] запропонована серія надтонких вогнегасних порошоків, зокрема фосфату амонію з середнім діаметром частинок близько 7 мкм та середньою питомою поверхнею $1,8 \text{ м}^2/\text{см}^3$. Надтонкі частинки порошку були отримані за допомогою надзвукового пульверизатора повітряного потоку та спеціальною поверхневою обробкою. Вогнегасна ефективність надтонкого порошку у порівнянні зі звичайним зросла у 2 – 6 раз, а ефективний час гасіння скоротився з 4 с до 1 с. Такий порошок можна застосовувати в якості заміника газових вогнегасних речовин, зокрема галонів.

Надтонкий порошок $NaHCO_3$ і його складові частини було приготовано з гідратованим діоксидом кремнію (біла сажа) про що повідомляється у статті [13]. В ній наведено такі характеристики складових частинок порошку: розмір, форма, структура та ефективність застосування. Показано, що щільні сферичні композиційні частинки $NaHCO_3/SiO_2$ утворюються в результаті фізичної адсорбції частинок $NaHCO_3$ на поверхні або в отворах частинок білої сажі. Інтенсивне перемішування деформує поверхневу структуру та кристалічну ґратку $NaHCO_3$ та аморфну поверхню діоксиду кремнію в результаті чого збільшується поверхня частинок порошку і час контакту з ним та стабільність у повітрі. Холодний аерозоль надтонкого порошку демонструє хорошу якість пожежогасіння.

Як відомо, для утворення вогнегасного аерозолю застосовують спеціальні генератори. Генератор може застосовуватися в якості

окремого модуля, підключеного до системи пожежної сигналізації з наявним власним пожежним сповіщувачем та додаткову кнопку ручної активації. Також, він може бути конструктивним елементом системи автоматичного пожежогасіння, яка складається з таких компонентів: модуль генерації аерозолю; система пожежної сигналізації;

система оповіщення та управління евакуацією.

Функціонування системи відбувається наступним чином. Пожежний сповіщувач фіксує осередок полум'я у приміщенні, після чого сигнал надходить на приймально-контрольний прилад, який активує систему оповіщення та управління евакуацією. Після закінчення евакуації приводиться в дію система модулів пожежогасіння. При цьому, аерозольне пожежогасіння забезпечує високу вогнегасну здатність, широкий діапазон температур і термін експлуатації систем та простоту їх технічного обслуговування.

На теперішній час достатньо наукових джерел щодо типів генераторів, їх конструктивних особливостей та нових удосконалень та винаходів, у тому числі, й до системи аерозольного пожежогасіння в цілому. Багато систем виробляються серійно, тому акцентувати увагу на конструктивних особливостях систем в даній статті немає необхідності. Зазначимо, що в Україні чинні національні стандарти [14, 15], які встановлюють вимоги до генераторів вогнегасного аерозолю, методи випробування та технічні вимоги щодо проектування, монтування й експлуатування. З 1 січня 2016 року набули чинності два стандарти [16, 17], розроблені та прийняті у 2014 році Міністерством економічного розвитку та торгівлі, які стосуються проектування, монтування та технічного обслуговування систем аерозольного пожежогасіння та встановлюють вимоги до їх компонентів і методи випробування. Прийняття останніх суттєво доповнює національні стандарти і дозволяє запровадити європейські вимоги та методи випробувань під час сертифікаційних та інших видів випробувань. Так, документ ДСТУ CEN/TR 15276-1:2014 встановлює вимоги до генератора аерозолю та різних типів пристроїв запалювання, необхідну документацію, вимоги до маркування та методів випробувань, а також експлуатаційні характеристики. Виконання положень ДСТУ CEN/TR 15276-2:2014 покладено на кваліфікованих та досвідчених спеціалістів у сфері складання специфікації, проектування, монтування, тестування, контролю,

експлуатації та технічного обслуговування обладнання і систем. Протипожежні системи, що розглянуті у документі, призначені для забезпечення подавання конденсованого аерозолу вогнегасної речовини. Вогневі випробування, що зазначені у цьому стандарті, показують, що вогнегасні аерозолі можуть бути ефективними засобами для гасіння деяких пожеж класу А, класу В і класу С відповідно до EN 2. Враховуючи вищенаведене, Національний орган стандартизації спільно з відповідним Технічним комітетом (ТК25) має прийняти рішення щодо скасування [14, 15] як таких, що не відповідають Угоді про оцінку відповідності та прийнятність промислової продукції з країнами Європейського союзу, яка передбачена статтею 57 Угоди про асоціацію між Україною та ЄС.

Таким чином, в результаті проведеного аналітичного огляду слід констатувати, що спосіб гасіння пожеж аерозолем є досить ефективним у боротьбі з пожежею у замкнутому об'ємі. Значну увагу на теперішній час сконцентровано на дослідженнях аерозольного пожежогасіння за допомогою

вогнегасних порошків надтонкого помолу, що представляють собою як окремо взяті хімічні речовини, так і їх суміші. Такий спосіб відрізняється від класичного, піротехнічного процесом аерозолеутворення і пристроями подачі в об'єм, що захищається. Підвищення дисперсності аерозолу, а також деформація твердих частинок, модифікація їх хімічними сполуками або надання їм сферичної форми, збільшують питому поверхню, підвищують стабільність у повітрі, а отже й час контакту з радикалами, що сприяє ефективнішому обриву ланцюгової реакції та гасінню пожежі.

Крім цього, вищезазначені стандарти з метою оцінки відповідності в законодавчо регульованій сфері, будуть внесені до доказової бази стандартів Технічного регламенту аерозольних розпилювачів, що на теперішній час розробляється в УкрНДЦЗ. Також це дасть змогу імплементувати Директиву Ради 75/324/ЄЕС від 20.05.1975 «Про наближення законодавства держав-членів стосовно аерозольних розпилювачів» (консолідована версія від 09.04.13, Директива Комісії (ЄС) 2016/2037 від 21.11.2016).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Патент RU2019214 C1 Спосіб об'ємного пожаротушення огнетушачими составами А.Н. Баратов, В.В. Белоконов, В.И. Деружинский и др. – № 91 4946424; Опубл. 15.05.1991.
2. Патент RU2108124 C1 Состав для аерозольного пожаротушения / А.Н. Баратов, Ю.А. Мышак, Д.Ю. Мышак. – № 96111467/25; Заяв. 06.06.1996; Опубл. 10.04.1998
3. G. Back, M. Boosinger, E. Forssell, D. Beene, E. Weaver, L. Nash. An Evaluation of Aerosol Extinguishing Systems for Machinery Space Applications. / Fire Technology. – V.45, Issue 1. – 2009. – P. 43–69.
4. Патент US6264772 B1 Pyrotechnical, aerosol-forming composition for extinguishing fires and process for its preparation / N.V. Drakin. – № US 09/294,716; Заяв. 20.04.1999; Опубл. 30.07.1998.
5. Патент US5831209 A Aerosol-forming composition for the purpose of extinguishing fires / V.N. Kozyrev, V.N. Yemelyanov, A.I. Sidorov, V. A. Andreev. – № US 08/841,142; Заявл. 24.04.1997; Опубл. 03.11.1998
6. Ye Yan, Zhiyue Han, Zhiming Du, Linshuang Zhao, Xiaomin Cong. New type pyrotechnically generated aerosol extinguishing agents containing phosphorus. / Journal of Cleaner Production. – V.154, №15. – 2017 – P. 151-158.
7. Ye Ming-quan, Han Ai-jun, Ma Zhen-ye, Li Feng-sheng. Application of Superfine Particle and Its Composite Technology to Cold Aerosol Fire Extinguishing Agents. / Journal of Nanjing University of Science and Technolog. – №2 – 2005
8. M. Krasnyansky Remote extinguishing of large fires with powder aerosols / Fire and Materials. V.30, Issue 5. – 2006 – P. 371–382.
9. Chao Huang, Xu-Jie Yang, Lu-De Lu, Xin Wang. Theoretical Study on Efficiency of Anti-explosion and Fireproof Agents. / Chinese Journal of Chemistry. – V. 23, Issue 11. – 2005. – P. 1503-1509.
10. Kaiqian Kuang, W. K. Chow, Xiaomin Ni, Donglei Yang, Wenru Zeng and Guangxuan Liao. Fire suppressing performance of superfine potassium bicarbonate powder. / Fire and Materials. – V. 35, Issue 6. – 2011. – P. 353-366.
11. M. Krasnyansky. Prevention and suppression of explosions in gas-air and dust-air mixtures using powder aerosol-inhibitor. / Journal of Loss Prevention in the Process Industries. – V. 19, Issue 6. – 2006. – P. 729–735.
12. C. Tang, K. Xu, C. Zhao Study of superfine ammonium phosphate dry chemical fire extinguishing agent - Fine Chemicals-Dallian. - 2004
13. Ye Ming-Quan, Han Ai-Jun, Li Feng-Sheng Preparation of NaHCO₃/Silica White Composite Particles for Cold Aerosol Fire Extinguishing Agents. – Chinese Journal of Applied Chemistry 2004.
14. ДСТУ 4442:2005 Установки аерозольного пожежогасіння. Генератори вогнегасного аерозолу. Загальні технічні вимоги та методи випробування. – Введ. 15.07.2005 – Київ, Держспоживстандарт України, 2006. – 24 с.
15. ДСТУ 4490:2005 Установки аерозольного пожежогасіння. Проектування, монтування та експлуатування. Технічні вимоги. Введ. 15.07.2005. – Київ, Держспоживстандарт України, 2006. – 18 с.
16. ДСТУ CEN/TR 15276-1:2014 Стационарні системи пожежогасіння. Системи аерозольного пожежогасіння. Частина 1. Вимоги до компонентів та методи їх випробувань (CEN/TR 15276-1:2009, IDT). – Введ. 30.12.2014. Чинний з 01.01.2016. – Київ, Мінекономрозвитку України. – 47с.
17. ДСТУ CEN/TR 15276-2:2014 Стационарні системи пожежогасіння. Системи аерозольного пожежогасіння. Частина 2. Проектування, монтування та технічне обслуговування (CEN/TR 15276-2:2009 IDT). – Введ. 30.12.2014. Чинний з 01.01.2016. – Київ, Мінекономрозвитку України. – 33с.

**AEROSOL FIRE-EXTINGUISHING AGENTS.
SOME ASPECTS OF TECHNICAL REGULATION OF AEROSOL SYSTEMS**

*O. Bedratiuk, R. Likhnovskiy, Candidate of Chemical Sciences
The Ukrainian Civil Protection Research Institute, Ukraine*

KEYWORDS

aerosol fire-extinguishing agents,
normative documents on aerosol fire-
extinguishing systems

ANNOTATION

It has been analysed literature sources and normative documents on aerosol fire-extinguishing, including aerosol agents and systems. It has been considered new areas of using of aerosol formation technology, including ultrafine extinguishing powders. It is given the data on the component composition of the researched aerosol substances and current documents on aerosol fire-extinguishing systems.

**АЭРОЗОЛЕВЫЕ ОГНЕТУШАЩИЕ ВЕЩЕСТВА.
ОТДЕЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ АЭРОЗОЛЬНЫХ СИСТЕМ**

*О.И. Бедратюк, Р.В. Лихневский, канд. хим. наук
Украинский научно-исследовательский институт гражданской защиты, Украина*

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

аэрозольные огнетушащие вещества,
нормативные документы касательно
систем аэрозольного пожаротушения.

АННОТАЦИЯ

Проанализированы литературные источники и нормативные документы касательно аэрозольного пожаротушения, в частности аэрозольные вещества и системы. Рассмотрены новые направления применения технологии аэрозолеобразования, в частности сверхтонких огнетушащих порошков. Приведены данные по составам исследуемых аэрозольных веществ и действующих документов касательно систем аэрозольного пожаротушения.

УДК 614.84

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ИНТЕНСИВНОСТИ РАДИОТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В СВЧ ДИАПАЗОНЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ СИТУАЦИИ ПРИ ЛЕСНЫХ ПОЖАРАХ

А.Ф. Никулин, д-р техн. наук, А.С. Багров

Украинский научно-исследовательский институт гражданской защиты, Украина

ИНФОРМАЦИЯ ПРО СТАТЬЮ

*Предоставлена в редакцию: 28.04.2017
Прошла рецензирование: 19.06.2017*

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

СВЧ излучение, очаг возгорания, проблематика лесных пожаров, лесные и торфяные пожары, БПЛА, мониторинг чрезвычайных ситуаций, методы дистанционного зондирования Земли.

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены условия и методы дистанционного зондирования поверхности в СВЧ диапазоне для обнаружения очагов возгорания.

Актуальность. Регулярно возникающие в различных регионах земного шара лесные пожары привлекают к себе внимание как природные бедствия, приносящие серьезный экономический ущерб. Лесные пожары являются не только бедствием для населения, но и важным фактором локальной, региональной и даже глобальной экодинамики, что проявляется, например, в обусловленных пожарами выбросах в атмосферу парниковых газов и аэрозоля.

В конце 90-х годов произошло выгорание бореальных лесов на обширных территориях России и Сев. Америки. Согласно данным официальной статистики, пожары охватили территорию площадью около 4,8 млн. га в бореальных лесах Сев. Америки (Канада и США) и 2,1 млн. га в России. Сгорание биомассы, происходящее в бореальных лесах летом в условиях сухой погоды, обуславливает выбросы в атмосферу больших количеств химически и оптически активных малых газовых компонентов, оказывающих значительное (и специфическое) влияние на химические процессы и перенос излучения в атмосфере [1].

По данным журнала «FORBES» лесные пожары в России вошли в 10 самых дорогих стихийных бедствий XXI века [2].

Актуальность борьбы с лесными пожарами определяется:

- проблематикой лесных пожаров и их воздействием на окружающую среду;
- огромным влиянием лесной экосистемы на жизнедеятельность человека, важной ролью

в глобальных процессах, происходящих на планете, а также в экономике страны;

- необходимостью разработки новых организационно-технических решений, позволяющих обеспечить проведение дистанционного радиотехнического контроля;

- оперативной оценкой текущих запасов древесины и их динамики, связанной с естественным ростом леса, хозяйственной деятельностью, воздействием пожаров;

- отсутствием ранней диагностики пожаров;

- высокой значимостью данных дистанционного зондирования поверхности Земли при решении задач, связанных с мониторингом чрезвычайных ситуаций;

- неодинаковой коммерческой эффективностью существующих технологий и методов дистанционного зондирования Земли.

В связи с этим возникает необходимость разработки новых организационно-технических решений, позволяющих обеспечить проведение дистанционного радиотехнического контроля за пожароопасными ситуациями лесов и торфяников, и принятие на этой основе управляющих решений по поддержанию заданного уровня пожарной безопасности.

Оценка ситуации. Существующая в стране система борьбы с пожарами обеспечивает соответствующий современным требованиям уровень противопожарной защиты лесов лишь на ограниченных территориях. Для организации и поддержания системы по мониторингу и обнаружению лесных пожаров на всей территории лесного фонда имеющихся ресурсов недостаточно. В результате, оперативность обнаружения возникающих

*E-mail: a.f.nikulin@gmail.com

пожаров и принятия мер по их ликвидации, особенно на неохранных территориях, постоянно снижается, что ставит важнейшую научную и практическую задачу разработки научно-методического аппарата построения и эксплуатации беспилотных комплексов радиомониторинга лесных и торфяных пожаров на основе геоинформационных технологий.

Наиболее предпочтительным решением является дополнение существующей аэрокосмической системы региональными системами мониторинга, включающей воздушные патрули, наблюдательные пункты, использующие средства беспилотной малой авиации, оснащенные радиометрическим оборудованием помимо систем ИК и оптического диапазона. Использование указанного оборудования повышает возможности систем природного радиомониторинга, но требует проведения дополнительных исследований, связанных с моделированием радиотехнических методов дистанционного зондирования природных сред, интерпретацией результатов измерений, разработкой алгоритмов принятия решений, методик применения беспилотных комплексов для решения конкретных народно-хозяйственных задач.

Целью данной статьи является: обобщения результатов исследований радиотеплового излучения лесных пожаров в сантиметровом/дециметровом СВЧ диапазонах, выбор оптимальных радиочастотных диапазонов для различных видов лесных массивов, отработка режимов сканирования и условий мониторинга, а также ориентировочные требования к комплексу радиоэлектронного оборудования.

Параметры интенсивности излучения.

В данной работе представлены особенности наблюдения лесных пожаров с самолета, вертолета или с БПЛА с применением СВЧ радиометрического комплекса сантиметрового диапазона. Результаты анализа позволяют определять характеристики СВЧ излучения лесного пожара на его ранней стадии, когда огонь полностью экранирован от наблюдателя слоем растительности.

Результаты анализа дают возможность оценивать минимальные размеры лесных пожаров, которые может обнаруживать СВЧ радиометрический комплекс сантиметрового/дециметрового диапазонов. Длины волн, на которых возможно обнаруживать пожары наи-

меньших размеров при прочих равных условиях, являются, по постановке задачи, оптимальными для обнаружения очагов возгорания.

Предлагаемые к рассмотрению условия предполагают, что СВЧ радиометрический комплекс должен быть использован в целях раннего обнаружения пожаров. В этом случае производятся расчеты для лесных пожаров в начальной стадии их развития, когда они закрыты от регистрирующей системы растительным покровом. Следовательно, данные условия СВЧ излучения должна учитывать существенное ослабление огня кронами деревьев.

Интенсивность радиотеплового излучения лесных пожаров, наблюдаемого в СВЧ диапазоне с низколетящих носителей (самолет, вертолет), может быть описана следующим соотношением [3]:

$$T_{abs} = k_0 T_0 e^{-a_1} e^{-a_2} + k_1 T_1 e^{-a_2} + k_2 T_2, \quad (1)$$

где T_0 , T_1 , T_2 - термодинамические температуры земной поверхности, огня, и крон деревьев, соответственно,

k_0 , k_1 , k_2 - излучательные способности земной поверхности, огня и крон деревьев в СВЧ диапазоне, соответственно,

a_1 , a_2 - полные коэффициенты ослабления СВЧ излучения лесных пожаров и крон деревьев, соответственно.

В (1) не учитывается затухание СВЧ излучения в атмосфере, однако это возможно реализовать, поскольку модель предназначена для дистанционных наблюдений с низколетящих носителей. Кроме того, для простоты анализа вместо реального пространственного распределения температуры в пламени вводится его эффективная температура T . Для того чтобы избежать ложных выводов, применимость СВЧ радиометрического метода оценивается для наиболее типовых, т.е. наиболее вероятных, температур пожара. Таким образом, оцениваются потенциальные возможности обнаружения очагов лесных пожаров по их СВЧ радиометрическим характеристикам для наиболее вероятных случаев их наблюдения.

В период наибольшей пожароопасности можно рассматривать лес как среду, находящуюся в термодинамическом равновесии. Необходимо учитывать также то, что наибольшая пожароопасность связана с высыханием почвы и лесного напочвенного покрова. В этих условиях коэффициент излучения лесной подстилки и почвы имеют близкие к максимальным значения,

достигающие 0.9-0.95. Поэтому возможно упростить анализ, предположив, что:

$$T_0 \approx T_2 \quad (2)$$

$$k_0 \approx 1 \quad (3)$$

Анализ погрешностей показывает, что предположения (2) и (3) приводят к относительной погрешности, не превышающей 10%. Как можно увидеть ниже, такие величины погрешностей не искажают основные результаты данной работы.

Излучательные способности пламени и полога леса могут быть выражены через коэффициенты затухания следующим образом [4]:

$$k_1 = 1 - e^{-a_1} \quad (4)$$

$$k_2 = 1 - e^{-a_2} \quad (5)$$

В результате принятых упрощений, наблюдаемая радиояркая температура лесных пожаров, может быть описана следующим выражением:

$$T'_{abs} \cong T_0 + (1 - e^{-a_1}) e^{-a_2} (T_1 - T_0) \quad (6)$$

Данное выражение является базовым для анализа особенностей, наблюдаемых СВЧ

характеристик лесных пожаров, укрытых покровом растительности, т.е. кронами деревьев.

Пламя лесного пожара представляет собой слабоионизованную среду, т.е. низкотемпературную плазму. В этом случае полное ослабление СВЧ излучения в слое пламени определяется двумя составляющими: - ослаблением k_{fe} , вызванным взаимодействием СВЧ излучения со свободными электронами и ослаблением k_{fp} вызванным поглощением СВЧ излучения на мелких углеродных частицах (типа сажи), присутствующих в пламенах при сгорании углеводородных материалов [5]:

$$a_1 = (k_{fe} + k_{fp}) h_f \quad (7)$$

где h_f - высота пламени.

На круговой частоте ω погонное поглощение СВЧ излучения при взаимодействии со свободными электронами плазмы можно оценить из следующего соотношения [3]:

$$k_{fe} = 2 \frac{\omega}{c} \sqrt{\frac{1}{2} \left(1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2 + \nu^2} \right)} \left[-1 + \sqrt{1 + \frac{\nu^2 \omega_p^4}{\omega^2 (\omega^2 + \nu^2 + \omega_p^2)}} \right] \quad (8)$$

где ν - частота столкновения электронов, c - скорость света.

Плазменную частоту ω_p можно определить из соотношения:

$$\omega_p^2 = N' e^2 / \epsilon_0 m \quad (9)$$

Где N' - плотность электронов в плазме (пламени), e - заряд электрона, m - масса

электрона, ϵ_0 - диэлектрическая проницаемость вакуума.

На круговой частоте ω погонное поглощение СВЧ излучения, вызванное поглощением СВЧ излучения на мелких углеродных частицах можно определить из следующего соотношения [6]:

$$k_{fp} [\text{мкм}^{-1}] = N_0 \frac{\omega^2 [\text{с}^{-1}] a^3 [\text{мкм}]}{c^2 [\text{м/с}]} \left(\frac{1}{10\sigma [\text{См/}\mu]} + 16\pi^2 a^2 [\text{мкм}] \right) \quad (10)$$

где N_0 - плотность углеродных частиц, a - радиус углеродных частиц, σ - проводимость углеродных частиц.

Поглощение электромагнитного излучения в растительном покрове может быть представлено в следующем упрощенном виде [7]:

$$a_2 = k_1 H = A f^\beta H \quad (11)$$

где $A = 8 * 10^{-4}$, $\beta \approx 0.8$, f - радио частота МГц, H - высота дерева.

Эта формула позволяет описать поглощение СВЧ излучения для всех основных типов леса - бореальных, среднеширотных (лиственных) и тропических. Она действует в диапазоне 40-9000 МГц. Как будет показано ниже, именно СВЧ диапазон 1000-9000 МГц (1-9 ГГц) является наиболее перспективным для раннего обнаружения лесных пожаров.

Теннесским Университетом (США) при исследовании пассивного излучения лесных пожаров на предмет определения оптимальной частоты для радиометрии, выбора типа и размеров антенной системы, приемника и системы обработки информации был определен

диапазон исследуемых частот в 2-40 ГГц, который был разделен на 4 поддиапазона: (2-12, 12-18, 18-26 и 26-40) ГГц. Оптимальные результаты были получены в диапазоне 12-18 ГГц при использовании параболической антенны и супергетеродинного приемника [8].

Быстрое и эффективное обнаружение является ключевым фактором в борьбе с лесными пожарами. Важно оперативно доставить специальное пожарное оборудование и квалифицированную команду как можно быстрее к источнику огня, а также обеспечить непрерывный мониторинг распространения огня. Комплексный подход к выявлению и пресечению лесных пожаров базируется на сочетании различных систем обнаружения в зависимости от лесных пожаров. На рис.1 показана модель обнаружения, методы дистанционного зондирования, логистика и обучение с помощью моделирования, и использование пожарной техники [9].

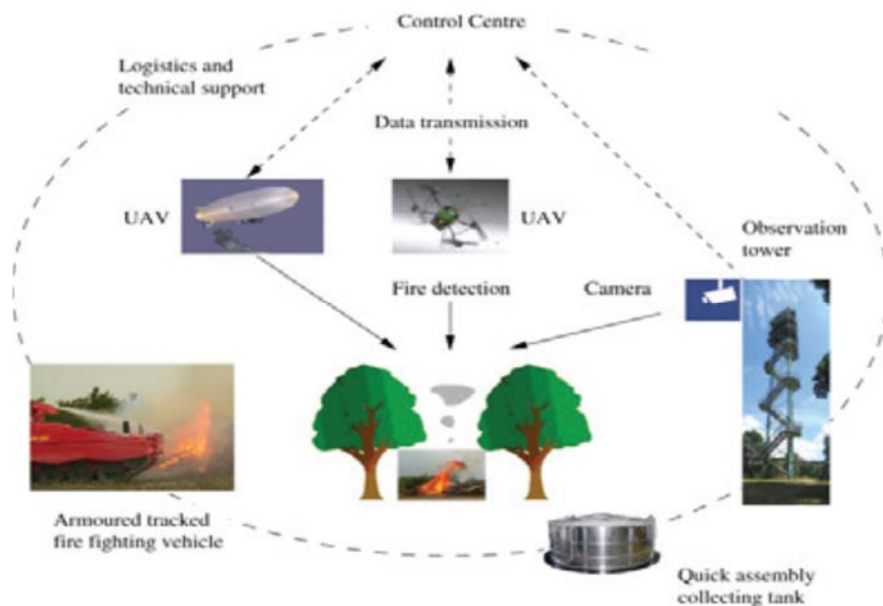


Рисунок 1- Схема обеспечения комплексной пожарной безопасности

Практические расчеты и обоснование требований к оборудованию. Для обнаружения лесных пожаров на ранних стадиях их развития необходимо учитывать конечный размер пятна диаграммы направленности антенн СВЧ радиометрического комплекса. При зондировании в надир полуширина диаграммы направленности определяется следующим дифракционным соотношением:

$$\Delta \vartheta \approx \frac{\lambda}{d} = \frac{2\pi c}{\omega d} \quad (12)$$

где λ - длина волны зондирования, d - диаметр антенной системы, c - скорость света, ω - круговая частота.

В соотношении (12) опущен форм-фактор порядка 1, так как он не меняет значения представленных ниже основных результатов для оптимальных оценок частот СВЧ

мониторинга. Соотношение (12) определяет площадь пятна диаграммы направленности:

$$S = \pi \left(A \tan \left(\frac{2\pi c}{\omega d} \right) \right)^2 \quad (13)$$

где A - является высотой полета, с которого проведены дистанционные измерения. В условиях реальных наблюдений $\frac{2\pi c}{\omega l} \ll 1$, можно выразить (13) в упрощенной форме:

$$S = \pi \left(A \frac{2\pi c}{\omega d} \right)^2 \quad (14)$$

При наблюдении лесного пожара СВЧ радиометрической системой с флюктуационной чувствительностью Δ_σ - минимальный размер площади огня S_x , которую данная радиометрическая система

может обнаружить, задается следующим соотношением:

$$S_x = \frac{\Delta_T}{T_{abs} - T_0} \quad (15)$$

где T_{abs} - рассчитывается из соотношения (6).

Численное моделирование ослабления СВЧ излучения пламени пожаров сосновых лесов проведено на базе отношений (8-10). Результаты расчетов погонного ослабления СВЧ излучения для этих условий представлены на рис. 2. Согласно данным из работы [10] в расчетах для лесных пожаров принято, что электронная плотность равна $1 \cdot 10^{16}$ м, а частота столкновений электронов - $3,43 - 5,97 \times 10^{10} \text{ c}^{-1}$. Для расчета ослабления СВЧ излучения на углеродных частицах принято, что их средний размер равен $1 \cdot 10^{-5}$ м, их плотность $8,8 \cdot 10^9 \text{ м}^{-3}$, а проводимость $1 \cdot 10^5 \text{ См/м}$ [2].

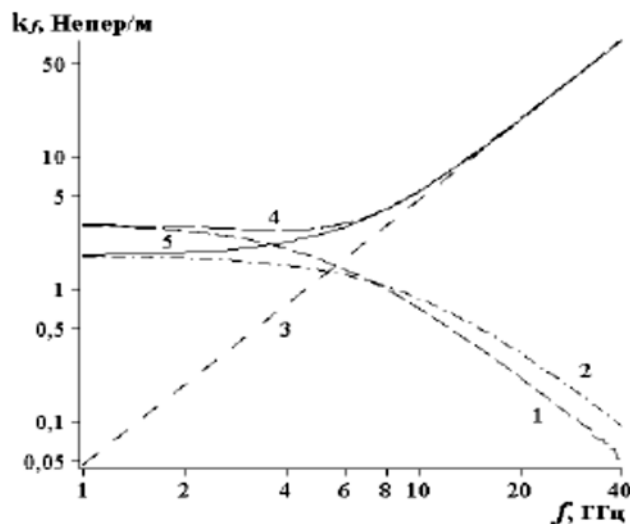


Рисунок 2 - Коэффициенты погонного ослабления СВЧ излучения в пламени пожаров сосновых лесов, где:

$$1 - k_{fe} \text{ для } \nu = 3,43 \times 10^{10} \text{ c}^{-1}, 2 - k_{fe} \text{ для } \nu = 5,97 \times 10^{10} \text{ c}^{-1}, 3 - k_{fr},$$

$$4 - k_{fe} + k_{fr} \text{ для } \nu = 3,43 \times 10^{10} \text{ c}^{-1}, 5 - k_{fe} + k_{fr} \text{ для } \nu = 6,97 \times 10^{10} \text{ c}^{-1}$$

Анализируя приведенные данные можно отметить, что ослабление СВЧ излучения от взаимодействия со свободными электронами уменьшается во всем исследованном СВЧ диапазоне (1-40 ГГц) для обоих предельных значений частоты столкновений - $3,43 \times 10^{10} \text{ c}^{-1}$ и $5,97 \times 10^{10} \text{ c}^{-1}$. Ослабление СВЧ излучения от взаимодействия с углеродными частицами в указанном СВЧ диапазоне увеличивается. Суммарное ослабление несколько уменьшается в диапазоне 1-4 ГГц, а затем существенно

увеличивается в области, где поглощение от углеродных частиц становится преобладающим, а именно, в диапазоне 8-40 ГГц. Частота столкновений электронов оказывает влияние на результаты только в диапазоне 1-6 ГГц, а в диапазоне 10-40 ГГц ее изменением можно пренебречь.

Излучательная способность пламени в СВЧ диапазоне рассчитывается с помощью соотношения (4). Результаты этих оценок для пламени пожаров в сосновых лесах

представлены на рис. 2. Следует отметить, что излучательная способность пламени высотой 2-3 м так близка к 1 (отклонение не превышает 0,5 %) во всем исследованном СВЧ диапазоне, что для оценочных расчетов она может быть принята равной 1.

Для оценки наблюдаемых радиоярких температур используются соотношения (6) и

(11). В расчетах принято $T_0 = 300$ К, что характерно для летнего сезона засухи с высокими рисками стихийных бедствий, и $T_1 = 1000$ К, что близко к средним значениям для пожаров в сосновых лесах [3,4]. На рис.3 представлена зависимость излучательной способности пламени в пожарах сосновых лесов.

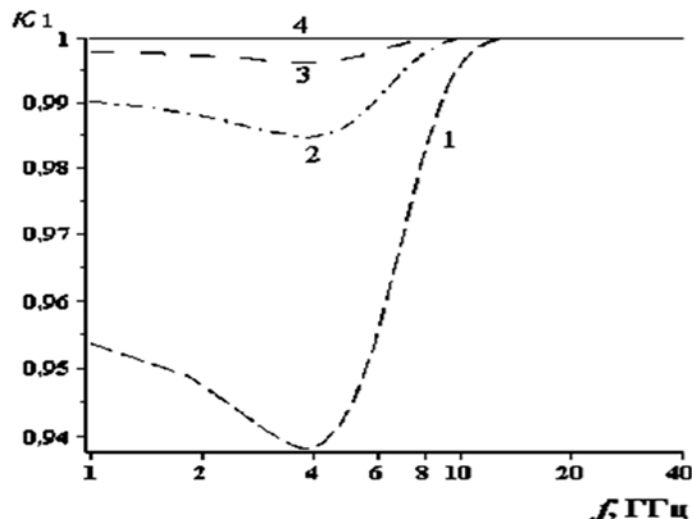


Рисунок 3 - Излучательная способность пламени в пожарах сосновых лесов

k_1 для $\nu = 3,43 \cdot 10^{10} \text{ c}^{-1}$, 1 - $h_f = 1M$, 2 - $h_f = 1,5M$, 3 - $h_f = 2M$, 4 - $h_f = 5M$

На рис.4. представлены результаты расчетов радиояркой температуры пламени (6) с учетом (11). Анализ результатов на рис.3, показывает, что для обнаружения лесных пожаров с деревьями высотой менее 5 м (т.е. фактически для кустарников) можно

использовать весь исследованный СВЧ диапазон от 1 до 40 ГГц в то время, как для зрелого леса с деревьями выше 20 м, можно использовать только радиометры диапазона 1-8 ГГц.

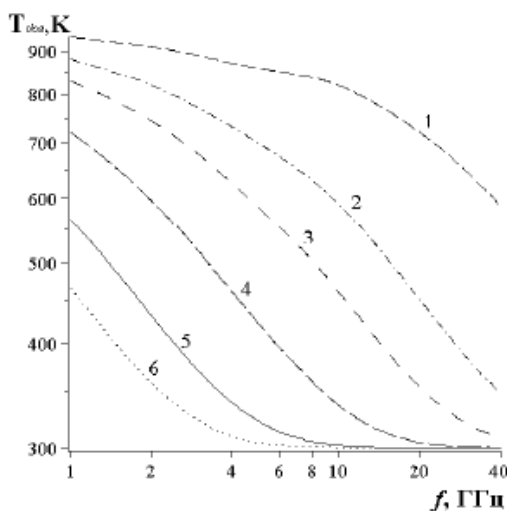


Рисунок 4 - Радиояркие температуры пожаров в сосновых лесах, где:

1 - $H = 1M$, 2 - $H = 3M$, 3 - $H = 5M$, 4 - $H = 10M$, 5 - $H = 20M$, 6 - $H = 30M$

На рис. 5 показаны оценки минимальных площадей возгораний в сосновых лесах, которые могут быть обнаружены СВЧ

радиометрическими приемниками с флюктуационной чувствительностью 1 К и апертурой антенны 2 м. Моделированы

наблюдения с высоты 100 м. Оптимальные диапазоны частот, позволяющие обнаруживать лесные пожары минимальных размеров, описываются следующим эмпирическим выражением:

$$f_{opt} = 1,48 \times 10^2 H^{-1.25} \quad (16)$$

где H это средняя высота деревьев в метрах.

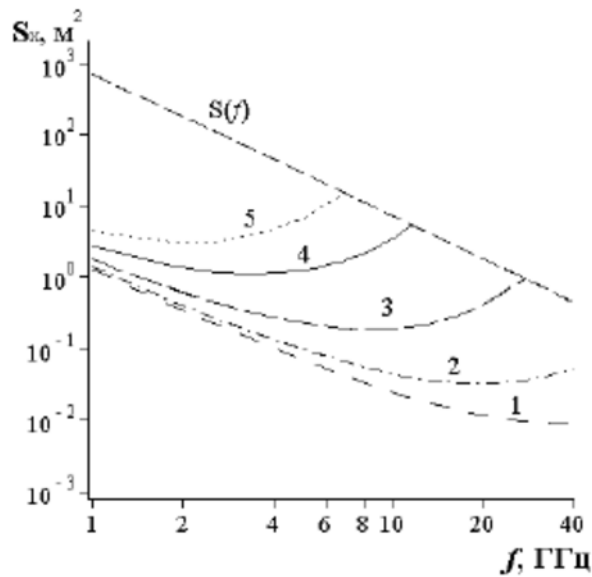


Рисунок 5 - Минимальный размер площади обнаружения пожара.

1 – $H = 3 M$, 2 – $H = 5 M$, 3 – $H = 10 M$, 4 – $H = 20 M$, 5 – $H = 30 M$

Учитывая соотношения (14), (15) минимальный размер обнаруживаемых пожаров на оптимальной частоте (16) можно оценить следующим образом:

$$S_{min} = 2 \times 10^{-7} \frac{\Delta_T A^2}{d^2} H_t^{2,53} \quad (17)$$

Выполненный анализ позволяет установить оптимальные частоты зондирования для лесного полога заданной высоты (см. таб. 1).

Таблица 1. Оптимальные частоты для обнаружения лесных пожаров

Средняя высота деревьев, м	Оптимальная частота, ГГц
3	37.1
5	19.6
10	8.61
20	3.45
30	2.07

Контроль лесов на этих частотах позволяет обнаруживать очаги возгорания минимального (при прочих равных условиях) размера. Эти оптимальные частоты зависят только от высоты лесного покрова и не зависят от параметров наблюдения A , Δ_T , d (см. выше выражения (14), (15) и (16)).

Современные технологии в радиометрии данных СВЧ диапазонов позволяют создавать высокочувствительные приемные устройства с коэффициентом усиления до 120 дБ, которые в своем составе имеют конструктивно простые антенные синфазные патч системы, широкополосные усилители с открытым логарифмическим детектированием сигнала, мощные контроллеры для обработки информации. Обработка сигналов производится совместно с GPS позиционированием, что позволяет оператору в реальном масштабе времени контролировать ситуацию в любом лесном массиве.

Обобщающим выводом проведенного анализа являются рекомендуемые характеристики мобильного микроволнового радиометрического комплекса, который должен включать 1-3 СВЧ радиометра, которые позволяют исследовать все три вышеупомянутые группы лесов и имеют хорошо развитую технологическую основу, а именно радиометры диапазонов (1,43 ГГц, 13,3 ГГц, 37,5 ГГц)

- Антенная система с апертурой от 0,4м до 1м.

- Мониторинг с целью раннего обнаружения пожаров должен проводиться с высот:

-100-200 м для плотных (зрелых) лесов с деревьями высотой 20-30 м.

-200-300 м для молодых лесов с деревьями высотой 5-20 м.

-300-500 м для молодых лесов и кустарниковых пустошей высотой менее 5 м.

Выводы.

1. Исследование радиотеплового излучения лесных пожаров в сантиметровом и дециметровом СВЧ диапазонах (1-40 ГГц) показало, что для комплексной оценки излучения необходимо его разделение на три спектральные полосы: 1-4, 4-15, 16-40 ГГц, с отчетливо различающимися характеристиками.

2. Диапазон 1-4 ГГц является наиболее подходящим для выявления ранней стадии пожаров для зрелых лесов с высотой деревьев, достигающей 20-30 м, диапазон 4-15 ГГц для

5-20 м, диапазон 15-40 ГГц является наиболее подходящим для выявления ранней стадии пожаров для кустарников с высотой до 5 м.

3. Построенные эмпирические зависимости позволяют оценить оптимальную частоту для обнаружения пожара минимальной площади в СВЧ диапазоне 1-40 ГГц.

4. Анализ расчетов позволил установить, что высота наблюдения не должна превышать 300 м (оптимально 100-200 м). При больших высотах (более 300 м) минимальная площадь обнаруженного пожара в плотных зрелых лесах имеет размер более 30 м², что, по нашему мнению, не является ранней стадией пожара.

5. Антенная система совместно с комплексом РЭО должна обеспечить чувствительность не хуже 120 дБ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Центр экологической безопасности РАН, г. С.-Петербург; СПб Университет, географический ф-т 2004 г., 1-3 с.
2. Forbes 2014. <http://m.forbes.ru/article.php?id=239642>
3. Бородин Л. Ф., Кирдяшев К.П., Стаканкин Ю.П., Чухланцев А.А. Применение СВЧ радиометрии для обнаружения лесных пожаров. Радиотехника и электроника, 1976, 21(9), 1945-1950с.
4. Башаринов А.Е., Бугаев В.А., Поляков В.М. и др. Микроволновое излучение низкотемпературной плазмы. Сов. Радио: Москва, 1974, 21-22 с. 208-216.
5. Никольский В.В. Электродинамика и распространение радиоволн. 1974. 452с.
6. Чухланцев А.А., Шутко А.М. Ослабление электромагнитного излучения растительным покровом. Радио-техника и электроника, 2003, 48(11), 1285-1311 с.
7. Kgakgamatso Mphale, Mohan Jakob, Mai.Heron, Prediction and Measurements of Electron Density and Collision Frequency in a Weakly Ionized Pine Fire II International Journal of Infrared and Millimeter Waves, 2007, p 28, 251-262.
8. PASSIVE MICROWAVE FIRE DETECTION: A SURVEY AND ASSESSMENT David J. Icove* and Carl T. Lyster. The University of Tennessee, USA, p 5-12
9. 2012 International Symposium on Safety Science and Technology
10. 1. Early forest fire detection and verification using optical smoke, gas and microwave sensors Wolfgang KRULL a,*, Robert TOBERA a, Ingolf WILLMS a, Helmut ESSEN b, Nora von WAHL b a University of Duisburg-Essen, Department of Communication Systems, D-47057 Duisburg, Germany b Fraunhofer Institute for High Frequency Physics and Radar Techniques FHR, Wachtberg, Germany Procedia Engineering 45 (2012) p 584 – 594
10. T. Kaiser, T. Kempka, . Universit.at Duisburg-Essen, Duisburg, Germany Is Microwave Radiation Useful for Fire Detection?., Proceedings of 12th International Conference on Automatic Fire Detection AUBE '01, 26.-28.3.2001, Gaithersburg, NIST Special Publication 965.

ANALYSIS OF THE CHARACTERISTICS OF THE INTENSITY OF THERMAL RADIO RADIATION IN THE MICROWAVE REGION TO ASSESS THE SITUATION IN FOREST FIRES

O. Nikulin, Doctor of Technical Sciences, O. Bahrov

The Ukrainian Civil Protection Research Institute, Ukraine

KEYWORDS

microwave radiation, ignition focus, issue of forest fires, forest and peat fires, UAV, monitoring of emergency situations, methods of remote sensing of the Earth.

ANNOTATION

Conditions and methods for remote sensing of the surface in the microwave region for the detection of fires are considered.

АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК ІНТЕНСИВНОСТІ РАДІОТЕПЛОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ В НВЧ ДІАПАЗОНІ ДЛЯ ОЦІНКИ СИТУАЦІЇ ПРИ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖАХ

О.Ф. Нікулін, д-р техн. наук, О.С. Багров

Український науково-дослідний інститут цивільного захисту, Україна

КЛЮЧОВІ СЛОВА

НВЧ випромінювання, вогнище спалаху, проблематика лісових пожеж, лісові та торф'яні пожежі, БПЛА, моніторинг надзвичайних ситуацій, методи дистанційного зондування Землі.

АНОТАЦІЯ

Розглянуто умови та методи дистанційного зондування поверхні в НВЧ діапазоні для виявлення вогнищ загоряння.

УДК 614.843

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ТРАЕКТОРИЙ И ДРУГИХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЖАРНЫХ СТРУЙ С ПОМОЩЬЮ ФОТОСЪЕМКИ

А. В. Потеха¹, А. И. Ковалев^{2*}, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., А.В. Грушовинчук³, канд. техн. наук

¹ Гродненский государственный аграрный университет, Беларусь

² Черкасский институт пожарной безопасности имени Героев Чернобыля Национального университета гражданской защиты, Украина

³ Государственный центр сертификации ГСЧС Украины

ИНФОРМАЦИЯ ПРО СТАТЬЮ

Предоставлена в редакцию: 28.04.2017

Прошла рецензирование: 19.06.2017

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

пожарная струя, фотосъемка, геометрические характеристики, траектория, лафетный ствол.

АННОТАЦИЯ

Во введении указан предмет исследования – геометрические характеристики водяных струй, формируемых лафетными стволами, и обозначена проблема, заключающаяся в сложности их экспериментального определения, поскольку встречающиеся упоминания существующей методики с использованием фотосъемки не содержат описания анализа фотоизображений, а лишь отмечается сам его факт.

Целью исследования является разработка методики определения экспериментальных траекторий и других геометрических характеристик пожарных струй, которая предусматривает фиксирование их положения в воздухе с помощью фотосъемки. Определение геометрических характеристик струи по фотоснимкам выполняется на основании оптических свойств фотообъектива с учетом того, что при съемке удаленных предметов величина их изображения пропорциональна фокусному расстоянию. В основной части работы приводится описание предусмотренных методикой этапов обработки изображений и расчетов фактических геометрических характеристик струи. По итогам проведенных исследований получены зависимости, позволяющие рассчитывать вертикальные и горизонтальные координаты частиц наклонной струи для воспроизведения ее месторасположения в выбранных масштабе и системе координат. На примере показана практическая реализация разработанной методики. Проведена оценка наличия аберраций используемого фотооборудования и их влияния на итоговые результаты.

В заключении отмечается возможность использования разработанной методики для оценки расположения гидравлической струи в воздухе, формируемой лафетными стволами, и нахождения ее геометрических характеристик, например, построения траектории и определения максимальной дальности струи.

Введение. Расчет траектории гидравлической струи с учетом изменения ее сплошности заключается в определении высоты и дальности полета в зависимости от угла наклона насадка ствола, а также радиусов действия компактной и раздробленной части струи [1]. Однако для обеспечения современной противопожарной защиты высокопролетных сооружений учета только этих параметров недостаточно и возникает необходимость в определении других характеристик струи, наиболее значимыми из которых являются горизонтальные и вертикальные координаты, описывающие ее траекторию, получаемые для различных углов

наклона оси насадка лафетного ствола (ЛС) к горизонту. Аналитическое определение указанных параметров существенно затруднено по причине большого числа факторов, влияющих на движение свободной гидравлической струи в воздухе, а адекватные математические модели для оценки влияния действующих на нее силы тяжести, сопротивления воздуха и внутренних сил до сих пор отсутствуют. В настоящее время расчет траекторий струи основывается на эмпирических данных [2].

В литературных источниках можно встретить упоминания натуральных испытаний пожарного оборудования (в частности,

*E-mail: naucovec@ukr.net

лафетных стволов) и их результатов с целью определения геометрических характеристик струй. Наиболее распространенный вариант – фотосъемка водяной струи с последующей обработкой полученных данных. Такие фотографии приводятся в [3] и [4]. Однако в приведенных источниках не рассматриваются способы обработки полученных фотоснимков, что делает невозможным анализ и воспроизведение аналогичных экспериментов.

С целью получения данных о движении струи жидкости и изменении ее геометрических характеристик были проведены экспериментальные исследования, которые заключались в определении фактических геометрических характеристик гидравлических струй, формируемых лафетными стволами пожарных роботов [5].

Целью настоящей работы являлась разработка методики определения экспериментальных траекторий и других геометрических характеристик пожарных струй, которая предусматривает фиксирование их положения в воздухе с помощью фотосъемки. При этом струи выпускались из лафетных стволов пожарных роботов под различными углами наклона насадка лафетного ствола к горизонту (диапазон от 10° до 90° с шагом изменения 10°) при условии изменения давления у лафетного ствола в рабочем диапазоне (от 0,4 до 0,8 МПа для ЛС с номинальным расходом 20 л/с; от 0,4 до 0,8 МПа для ЛС с номинальным расходом 40 л/с; от 0,6 до 1,0 МПа для ЛС с номинальным расходом 60 л/с) [6].

Методика исследований.

При подготовке и проведении испытаний пожарного оборудования использовались базовые положения нормативных документов, регламентирующих общие технические требования и методы испытаний пожарных лафетных стволов. Стационарные лафетные стволы монтировались на опоре с трехходовым разветвлением для подвода огнетушащего вещества (воды). Подача воды к лафетным стволам осуществлялась от пожарных автоцистерн и пожарной насосной станции по рукавным линиям с забором воды из открытого водоема (озера). Для измерения давления перед лафетным стволом применялся манометр класса точности 0,6 с диапазоном измерений – 0,1...1,6 МПа (погрешность измерений $\pm 0,05$ МПа). Скорость ветра при испытаниях определялась с помощью анемометра крыльчатого типа и не превышала 3 м/с. Задание и измерение углов проводились

угломером, а также с помощью тригонометрических вычислений (с точностью до 1°). При определении дальности (максимальной, по крайним каплям) водяных струй пожарный ствол устанавливался под углом наклона к горизонту 30° в рабочем положении по назначению (на опоре).

Перед фотофиксацией пожарной струи в соответствии с выбранными диапазонами рабочих параметров для каждого лафетного ствола устанавливались:

- давление у ствола;
- угол наклона оси насадка ЛС к горизонтальной плоскости;
- точка фотосъемки (точка А, рисунок 1) с выбором фокусного расстояния объектива (уточнялись для каждого лафетного ствола в зависимости от его номинального расхода с учетом ожидаемой максимальной дальности струи при заданном угле наклона насадка).

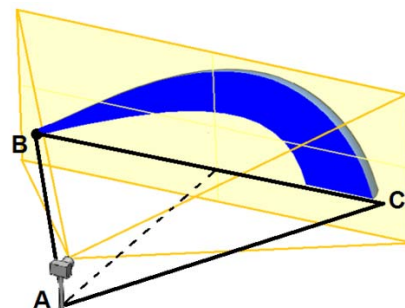


Рисунок 1 - Схема фотофиксации наклонной водяной струи

При определении геометрических характеристик водяных струй использовались непосредственные измерения, а также измерения на основании данных, полученных с помощью фотосъемки. Дальность струи измерялась от проекции насадка ствола на испытательную площадку. Высота вертикальной струи определялась от насадка лафетного ствола. При определении действительных вертикальных и горизонтальных координат струи огнетушащего вещества по изображениям учитывалось выбранное фокусное расстояние объектива фотоприемника, месторасположение лафетного ствола и высота его насадка над уровнем горизонтальной плоскости (плоскости площадки), размещенные в плоскости траектории струи маркеры для отсчета горизонтальных координат (далее – маркеры дальности), служащие дополнительными ориентирами, а также расстояние от точки

фотосъемки до плоскости расположения траектории струи.

Определение геометрических характеристик струи на основании оптических свойств фотообъектива заключалось в следующем.

Фотообъектив представляет собой собирательную центрированную оптическую систему, т. е. такую систему, в которой центры всех составляющих ее линз лежат на одной прямой линии и которая преломляет падающие на нее лучи в направлении к центру, т. е. «собирает» их [7]. Истинный ход лучей в объективе, который состоит из множества линз

и оптических узлов, достаточно сложен. Однако в принципе объектив работает, как обыкновенная положительная линза. Поэтому для упрощения расчетов допустимо мысленно заменить все оптические элементы объектива и их группы единственной собирающей линзой, преломляющая сила которой соответствует преломляющей силе объектива в целом. При этом действие всех преломляющих поверхностей объектива сводится к действию главных плоскостей воображаемой линзы. Образование изображения при помощи объектива схематически показано на рисунке 2.

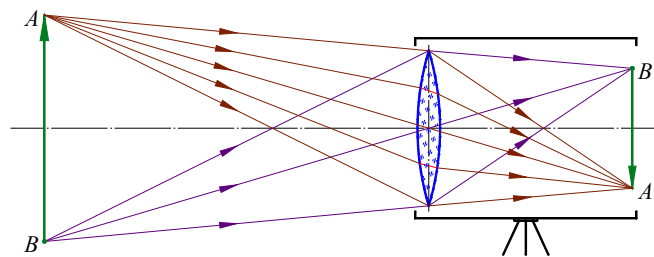
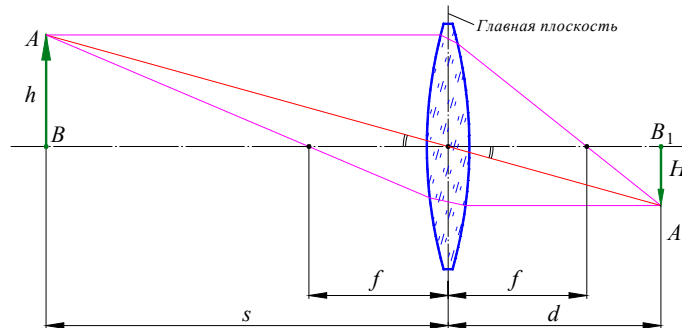


Рисунок 2 - Схема образования изображения объективом

Принято считать, что любой объект, расположенный на достаточно большом расстоянии от объектива, удален от него на

бесконечность [8]. Схема хода лучей в объективе фотоаппарата представлена на рисунке 3.



s – расстояние от объектива (линзы) до объекта, d – расстояние от линзы до изображения объекта (на матрице),

f – фокусное расстояние; h – линейный размер объекта съемки, H – размер уменьшенного изображения объекта съемки

Рисунок 3 - Упрощенная схема хода лучей в объективе фотоаппарата

Фокусное расстояние объектива определяет масштаб изображения на снимке. При съемке удаленных предметов величина их изображения пропорциональна фокусному расстоянию. Для рассматриваемого случая указанная взаимосвязь описывается формулой [9]

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{d} = \frac{1}{f}. \quad (1)$$

С учетом геометрических зависимостей между параметрами s, d, f, H и h , следующих из рисунка 3, формула (1) преобразуется к виду

$$1 + \frac{h}{H} = \frac{s}{f}. \quad (2)$$

Учитывая, что поставленная задача заключается в том числе и в определении вертикального линейного размера объекта съемки (например, вертикальной координаты для точки траектории гидравлической струи),

из формулы (2) получаем выражение для нахождения параметра h

$$h = H \left(\frac{s}{f} - 1 \right). \quad (3)$$

Параметры, располагающиеся в правой части выражения (3), определяются следующим образом.

Расстояние s от фотокамеры (объектива) до объекта определяется исходя из геометрической схемы испытаний (рисунок 1), которую для удобства расчета значения s можно представить следующим образом (рисунок 4).

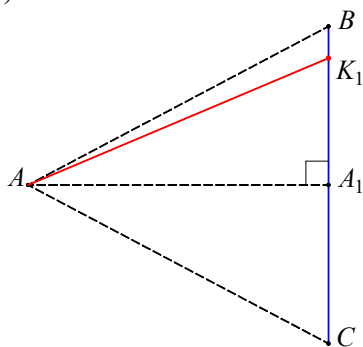


Рисунок 4 - Расчетная схема для определения расстояния s от объектива до объекта

Согласно схеме (рисунок 4) при рассмотрении произвольной точки струи K_1 расстояния s (отрезок AK_1) определяется геометрически с учетом месторасположения лафетного ствола (точка B) и расстояния (отрезок AA_1) от точки фотосъемки (точка A) до плоскости расположения траектории струи (отрезок BC).

Значение фокусного расстояния f объектива определяется из метаданных фотоснимка (EXIF), которые добавляются к изображению фотоаппаратом при съемке автоматически и поясняют это фотоснимок (название и настройки камеры, дата, размеры и разрешение изображения, фокусное расстояние и т. д.).

Параметр H (точный линейный размер изображения объекта на самой матрице фотоаппарата) находится с учетом размера матрицы и ее разрешения. Наиболее удобно выполнить эту операцию с помощью графических редакторов (программного

обеспечения, предназначенного для работы с изображениями).

С помощью программы *Adobe Photoshop CC* данная задача решается следующим образом. С целью соблюдения исходного масштаба фотоснимка корректируем размер изображения (подпункт "Размер изображения..." пункта "Изображение" основного меню программы) путем задания корректного значения разрешения (в единицах измерения пиксели/сантиметр), которое получается путем деления количества пикселей по одной из сторон снимка на физический размер матрицы этой же стороны. При выполнении данных вычислений значения разрешений изображения, полученные для обеих сторон матрицы, должны получиться идентичными.

Далее, например, при помощи инструмента "Линейка", измеряем высоту фотографируемого объекта на изображении. При определении размеров небольших объектов на фотографии целесообразно выбрать в качестве единиц измерения "Линейки" проценты либо пиксели, а потом пересчитать их в единицы длины (см или мм), поскольку по умолчанию точность измерения расстояний в программе предусмотрена в пределах 0,1 мм или 0,01 см.

В результате подстановкой в выражение (3) найденных значений s , f и H находится искомый размер h .

Основная часть. Наиболее трудоемким процессом определения геометрических характеристик водяных струй с помощью данных фотосъемки является построение траектории частиц наклонной струи. Рассмотрим его более подробно.

Построение траектории частиц струи по фотоснимку выполняется в несколько этапов.

Этап 1. Выбор исходного изображения (рисунок 5).

Этап 2. Нанесение ограничивающих кривых (верхней и нижней) струи, лимитирующих ее расположение в плоскости, перпендикулярной съемке.

На выбранное изображение в соответствии со схемой (рисунок 1) наносятся кривые, повторяющие контур струи в зафиксированном на снимке положении в плоскости, проходящей через ее ось (рисунок 6).



Рисунок 5 - Исходное изображение

Этап 3. Определение координат частиц струи в произвольно выбранной точке и оценка влияния оптических искажений на итоговый результат.

Основная задача объектива для фотосъемки – максимально четкое и точное воспроизведение изображения объекта на пленке или матрице при цифровой съемке.

Оптические системы (в том числе и объектив фотоаппарата) обладают аберрациями, т. е. отступлениями от свойств идеальной системы, поэтому получаемые с помощью них изображения предмета, расположенного в плоскости, перпендикулярной оптической оси, не остаются геометрически подобными самому предмету.

Существует мнение, что в отличие от некоторых других оптических систем в фотообъективе исправляют все аберрации [10]. Достигают этого путем применения в объективах двух и более линз, которые в комбинации с другими оптическими узлами позволяют уменьшить требования к их аберрационной коррекции за счет частичной взаимной компенсации аберраций [11]. Однако, чаще всего, аберрации оптических систем нельзя устранить, кроме редких частных случаев. Тем не менее, аберрации можно уменьшить (исправить) до требуемой величины, чтобы пятно рассеяния или искажения формы не превышали допустимого размера.

С точки зрения решаемой задачи, наибольший интерес будут представлять монохроматические аберрации, характеризующие отступление реальных координат изображения систем от идеальных для лучей определенной длины волны, которую называют основной [12]. К таким аберрациям относятся: сферическая аберрация, кома, астигматизм, кривизна поля изображения, дисторсия.



Рисунок 6 - Изображение осесимметричной струи с ограничивающими кривыми

Учитывая тот факт, что сферическая аберрация, кома, астигматизм и кривизна поля нарушают резкость изображения и приводят к его рассеянию, а полученные фотографии обладают достаточной глубиной резкости, можно заключить, что в используемом фотообъективе аберрации данных типов уменьшены, в связи с чем достигнуто формирование изображения высокого уровня. В подтверждение этого предположения можно привести тот факт, что все современные фотографические объективы являются анастигматами – объективами, в которых исправлены практически все аберрации, в том числе астигматизм и кривизна поля изображения [10].

В итоге можно сделать вывод, что наибольшее влияние на определение реальных размеров по фотоснимкам будут оказывать искажения перспективы и дисторсия, которые можно отнести к оптическим искажениям объективов.

Оценим искажения перспективы, проявляющиеся при фотографировании, связанные с проецированием объекта в трехмерном пространстве на плоскость.

Отмечается, что правильное представление о соотношении видимых форм, размеров и взаимном расположении отдельных частей изображенного пространства можно получить при рассмотрении плоского перспективного изображения не только из центра перспективы, но если при этом известен хотя бы один из изображенных предметов; в последнем случае представляется возможным опознать истинные размеры изображенного [13].

Проверка влияния искажений перспективы на истинные размеры объектов, определяемые по фотоснимку, выполняется с использованием горизонтальной шкалы, которая строится по имеющимся в плоскости струи маркерам дальности, расстояние между которыми составляет 5 м. Для этого на фотоснимке

проводятся вертикальные линии (рисунок 7), проходящие через соответствующие маркеры, и измеряются расстояния между ними (таблица). Измерения в рассматриваемом примере

выполняются в графическом редакторе изображений *AdobePhotoshopCC* с помощью инструмента "Линейка".



Рисунок 7 - Изображение с горизонтальной шкалой по маркерам дальности

Таблица 1 - Результаты измерений расстояний между маркерами по изображению

Участок	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6	6–7	7–8	Среднее значение
Расстояние на фотоснимке, пк	368	368	369	372	373	361	357	366,9

Проанализировав таблицу, можно сделать вывод о том, что погрешность измерений расстояний по фотоснимку в горизонтальном направлении не превышает 2,8 % на рассматриваемом участке длиной 5 м. В рамках задач исследования такую погрешность можно принять за допустимое значение.

Допустимые погрешности перспективы могут быть объяснены тем фактом, что при ведении съемки с большого расстояния от объекта, углы наклона оптической оси объектива настолько незначительны, что резких перспективных сокращений не образуется [14].

Рассмотрим дисторсию изображения, вызванную несовершенством объектива. В отличие от остальных монохроматических аберраций дисторсия не вызывает размытия изображения точек, а приводит к смещению их положения в радиальном направлении.

Отмечается, что геометрические аберрации (в том числе и дисторсия) проявляются по краям кадра. Если в фотокамере используется матрица APS-C, то следует учитывать кроп-фактор (отношение линейного размера кадра к полю стандартного 35-миллиметрового пленочного кадра) – матрица будет использовать лишь часть светового потока, проходящего через объектив. Таким образом, разница между кадром 35-миллиметровой пленки, на которую рассчитан этот объектив, и

площадью матрицы APS-C остается незадействованной и «отсекается», и на матрицу попадает только центральная часть изображения. Следовательно, края, на которых объектив обычно ухудшает изображение, как раз отсеиваются [15].

Также можно отметить, что интересующий нас участок фотографии со струей размещен в центральной части кадра, в связи с чем можно заключить, что имеющиеся искажения значительного влияния на результаты измерений не оказывают.

Данное предположение может быть проверено на практике путем фотографирования объекта с известными размерами («эталоны») и оценки присутствующих на фотоснимке искажений при одинаковых условиях съемки (фокусное расстояние, расстояние до объекта и т. д.).

При фотографировании струи наиболее неблагоприятным вариантом с точки зрения величины искажений геометрических размеров фиксируемых объектов будет случай вертикального или близкого к нему выпуска водяной струи.

Так, для оценки существующих искажений при фотографировании струи, выпускаемой из насадка лафетного ствола под углами от 70 до 90 градусов, в качестве «эталоны» используется многоэтажное здание. Были сделаны снимки в соответствии с условиями фотографирования

водяных струй: фокусное расстояние 18 мм, расстояния до объекта съемки 90 м и 120 м (рисунок 8). Для удобства оценки искажений на

фотоснимке нанесена сетка, которая позволяет оценить отклонение от нее присутствующих на торцевой стене здания швов между панелями.

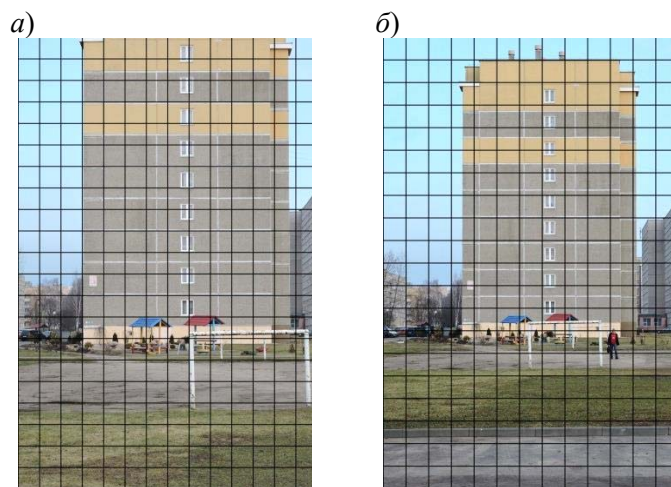


Рисунок 8 - Фотография «эталонного» объекта с расстояния 90 м (а), 120 м (б) для оценки величины присутствующих на снимке искажений

Анализируя полученные изображения можно сделать вывод, что имеющие на нем место искажения существенным образом не влияют на результаты измерения геометрических размеров.

Учитывая вышеизложенное, можно утверждать, что с помощью вертикальных линий координатной сетки, построенных по маркерам дальности, возможно с достаточной степенью точности определить горизонтальные координаты частиц гидравлической наклонной струи.

Вертикальные координаты определяются для последовательности точек, по которым можно воспроизвести ограничивающие струю кривые, показанные на рисунке 6.

Алгоритм определения координат частиц струи следующий.

а) Определяются основные характеристики используемого для получения изображений

оборудования – фотокамеры Canon EOS 1000D с объективом Canon EF-S:

- физический размер матрицы – 22,2×14,8 мм;
- формат матрицы – APS-C;
- кроп-фактор – 1,62;
- разрешение матрицы – 3888 пк × 2592 пк.

Для соблюдения исходного масштаба рассматриваемого фотоснимка корректируем размер изображения – определяем разрешение изображения расчетом по длинной стороне снимка: $3888/2,22 = 1751$ пк/см. В программе *Adobe Photoshop CC* корректируем размер изображения – указываем найденное значение в соответствующем поле "Разрешение" (рисунок 9). При выборе для параметров пересчета "Ширина" и "Высота" значения 100 % итоговые размеры печатного оттиска изображения примут значения размеров матрицы 2,22 см × 1,48 см, что подтверждает верность суждений.

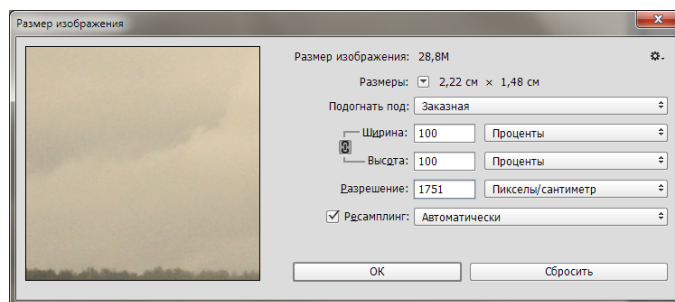


Рисунок 9 - Окно графического редактора с параметрами изображения

б) На аналізованій фотоснімці вибирається прямокутна система координат, початок якої (точка O , рисунок 10) представляє собою перетин вертикальної

осі y , що проходить через насадку лафетного ствола, і горизонтальної осі x , що проходить перпендикулярно лафетному стволу і паралельно основанню випробувальної площадки.

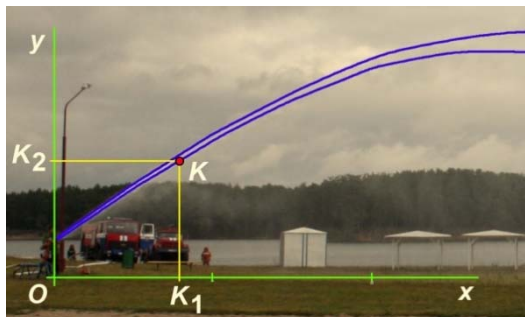


Рисунок 10 - Проекції точки K на координатні осі

в) На кривій, яку необхідно побудувати, вибирається відповідна точка (наприклад, точка K).

г) Знаходяться проекції вибраної точки K на горизонтальну (K_1) і вертикальну (K_2) осі координат (рисунок 10).

д) Вимірюються довжини відрізків KK_1 і KK_2 на зображенні, які представляють собою координати x і y точки K .

С урахуванням маркерів дальності і відстані між ними значення координати x визначається з співвідношення

$$\frac{KK_2}{x} = \frac{l_M}{L_M}, \quad (4)$$

де KK_2 – довжина в пікселях відрізка $KK_2 = OK_1$ на зображенні, $KK_2 = 289$ пікселів;

l_M – довжина в пікселях відстані між першим і другим маркерами, $l_M = 368$ пікселів;

L_M – дійсне відстань між маркерами дальності, $L_M = 5$ м.

Таким чином, з співвідношення (4) знаходиться горизонтальна координата $x = 3,93$ м точки K . З урахуванням вимог до точності розрахунків і наявних похибок в даному випадку доцільно округлити отриманий результат з точністю до 0,1 м, тобто прийняти $x = 3,9$ м.

е) Значення вертикальної координати y визначається з допомогою формули (3), яка з урахуванням позначень на рисунку 10 приймає вигляд

$$y = KK_1 \left(\frac{s}{f} - 1 \right), \quad (5)$$

де KK_1 – розмір зменшеного зображення об'єкта знімки, $KK_1 = OK_2 = 270$ пікселів (10,4 % від вертикальної сторони, рівної

1,48 см, що в розрахунок відповідає 0,154 см = $1,54 \cdot 10^{-3}$ м);

s – відстань від об'єктива до об'єкта, визначається згідно з вибраним планом проведення випробувань (рисунки 1 і 4); з урахуванням відомих вибраних значень $AA_1 = 40$ м (відстань від точки A знімки до площини розміщення траєкторії струї), $BA_1 = 20$ м (довжина відрізка, що характеризує площину траєкторії струї, до якої проведено перпендикуляр з точки знімки) і $BK_1 = x = 3,9$ м, геометрично визначається відстань $s = 43,1$ м;

f – фокусна відстань, визначається з метаданих фотознімки, $f = 18$ мм = $1,8 \cdot 10^{-2}$ м.

В результаті маємо

$$y = 1,54 \cdot 10^{-3} \left(\frac{43,1}{1,8 \cdot 10^{-2}} - 1 \right) = 3,69 \text{ (м)}.$$

Аналогічно значенню координати x величина y округляється з точністю до 0,1 м, в результаті $y = 3,7$ м.

З метою спрощення подальшої обробки результатів вимірювань і побудови траєкторій струї доцільно на початку задати цілими значеннями горизонтальних координат x і вже для них визначати вертикальні координати y .

Після побудови двох кривих, що обмежують струю в площині, перпендикулярній знімку, можна переходити до визначення її траєкторії. Оскільки струя, що формується лафетними стволами пожежних роботів, є осесиметричною, то за траєкторію, по якій відбувається рух частинок нахилної струї, приймається її вісь. Розташування траєкторії так же

характеризується горизонтальними і вертикальними координатами, которые определяются аналогичным способом.

По результатам обработки и анализа серий полученных с помощью фотосъемки изображений водяных струй, формируемых лафетными стволами пожарных роботов, были определены кривые, ограничивающие верхнюю и нижнюю части струи в плоскости расположения ее оси. На каждой из полученных кривых была выбрана

последовательность точек и определены наборы вертикальных и горизонтальных координат, характеризующих расположение струи в воздухе. Эти данные позволили воспроизвести расположение водяных струй в соответствующем масштабе и изобразить их в выбранной системе координат. Пример построений для случая гидравлической струи, выпускаемой под углами от 10 до 90 градусов к горизонту из ЛС с номинальным расходом 40 л/с, показан на рисунке 11.

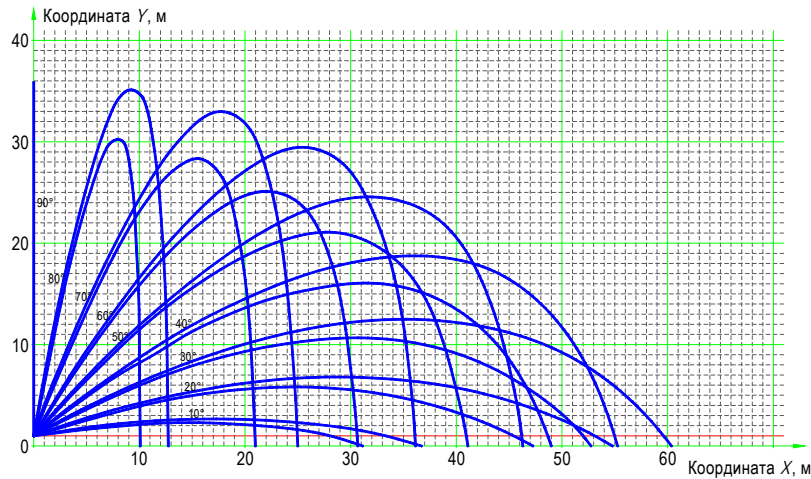


Рисунок 11 – Контуры водяных струй, формируемых лафетным стволом с номинальным расходом 40 л/с при давлении 0,5 МПа

Заключение. Разработана методика определения фактических траекторий и других экспериментальных геометрических характеристик пожарных струй, которая предусматривает получение и анализ серий фотоснимков для оценки положения водяных струй в воздухе. Расчет геометрических параметров выполняется с учетом оптических свойств используемого фотооборудования. В процессе анализа полученных фотографий проведена работа по оценке наличия aberrаций объектива фотоаппарата, которые ухудшают

качество изображения и искажают истинные размеры предметов, а также их влияния на итоговые расчетные значения.

В результате проведенных экспериментальных исследований получены данные, позволяющие судить о расположении гидравлической струи в воздухе, построить траектории и определить максимальную дальность наклонных водяных струй, формируемых лафетными стволами при заданных давлении и угле наклона к горизонту.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов, Е.Н. Противопожарное водоснабжение / Е.Н. Иванов. – М.: Стройиздат, 1986. – 316 с.
2. Гидравлика и противопожарное водоснабжение : учебник / Ю.Г. Абросимов [и др.] ; под ред. Ю.Г. Абросимова. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2003. – 392 с.
3. Тарасов-Агалаков, Н.А. Практическая гидравлика в пожарном деле / Н.А. Тарасов-Агалаков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательство МКХ РСФСР, 1959. – 264 с.
4. Горбань, Ю.И. Пожарные роботы и ствольная техника в пожарной автоматике и пожарной охране / Ю.И. Горбань. – М. : Пожнаука, 2013. – 352 с.
5. Здор, Г.Н. Уточнение зависимостей для построения огибающих кривых компактной и раздробленной гидравлических струй лафетных стволов пожарных роботов / Г.Н. Здор, А.В. Потеха // Веснік Гродзенскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя Янкі Купалы, 2015. – Серия 6. Техніка, № 2 (204). – С. 68-77.
6. Потеха, А.В. Усовершенствованная методика гидравлических испытаний лафетных стволов пожарных роботов / А.В. Потеха // Чрезвычайные ситуации: теория, практика, инновации : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 19–20 мая 2016 г. / М-во по чрезвычайн. ситуациям Респ. Беларусь, Гомел. инженер. ин-т ; редкол.: А. Э. Набатова (науч. ред.) [и др.]. – Гомель, 2016. – С. 248–249.

7. Ногин, П.А. Фотографический объектив / П.А. Ногин. – М. : Искусство, 1961. – 132 с.
8. Леонтьев, В.П. Самоучитель. Цифровое фото, музыка и звук / В.П. Леонтьев, И.В. Прокошев. – М. : ОЛМА-ПРЕСС, 2006. – 384 с.
9. Яворский, Б.М. Справочник по физике для инженеров и студентов вузов / Б.М. Яворский, А.А. Детлаф, А.К. Лебедев. – 8-е изд., перераб. и испр. – М. : Оникс, 2006. – 1056 с.
10. Заказнов, Н.П. Теория оптических систем : учебник для студентов приборостроительных специальностей вузов / Н.П. Заказнов, С.И. Кирюшин, В.И. Кузичев. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1992. – 448 с.
11. Теория построения изображения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://books.gukit.ru/pdf/2013_1/000238.pdf. – Дата доступа: 22.01.2016.
12. Прикладная оптика : учеб.для оптич. спец. вузов / М.И. Апенко [и др.] ; под общ. ред. А.С. Дубовика. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1992. – 480 с.
13. Волосов, Д.С. Фотографическая оптика: (Теория, основы проектирования, оптич. характеристики) : учеб.пособие для киновузов / Д.С. Волосов. – 2-е изд. – М. : Искусство, 1978. – 543 с.
14. Дыко, Л.П. Фотокомпозиция / Л.П. Дыко, А. Д. Головня. – М. : Искусство, 1962. – 261 с.
15. Газаров, А.Ю. Основы цифровой фотографии / А.Ю. Газаров. – М. : Эксмо, 2009. – 460 с.

DETERMINATION OF EXPERIMENTAL TRAJECTORIES AND OTHER GEOMETRIC CHARACTERISTICS OF FIRE JETS USING PHOTOGRAPHY

O. Potiekha¹, A. Kovalov², Candidate of Technical Sciences, Senior Research Fellow, O. Hrushovinchuk³, Candidate of Technical Sciences

¹ Grodno State Agrarian University, Belarus

²Cherkassy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes of the National University of Civil Protection, Ukraine

³State Certification Center of SES of Ukraine

KEYWORDS

fire jet, photography, geometric characteristics, trajectory, fire monitor.

ANNOTATION

In the introduction a subject of research is given – the geometric characteristics of water jets that are formed by fire monitors, and the problem is highlighted that consists in the complexity of their experimental determination, since the mentioned references of the existing method using photography does not contain a description of the photo images analysis but only indicate its fact.

The purpose of research is to develop a method for determining experimental trajectories and other geometric characteristics of fire jets, which predicts registration of their position in the air using photography. Determination of the jet geometric characteristics from photographs is performed based on the optical properties of the photographic lens, taking into consideration that during shooting remote subjects, the value of their image is proportional to the focal length.

In the main part of the article it is described the steps of image processing and calculations of the actual jet geometric characteristics. Based on the results of the research dependents have been obtained that allow to calculate vertical and horizontal coordinates of the inclined jet particles to reproduce its position at a selected scale and frame of axis. Practical implementation of the developed methodology is illustrated by an example. The estimation of aberrations presence of used photographic equipment and their influence on the final results are performed.

In conclusion, it is mentioned the possibility of applying discussed method for determining the position in the air of the hydraulic jet that is formed by fire monitors and position of its geometric characteristics, for example, tracing the trajectory and determining its maximum range.

ВИЗНАЧЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ТРАЄКТОРІЙ ТА ІНШИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЖЕЖНИХ СТРУМЕНІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ФОТОЗЙОМКИ

О.В. Потеха, А.І. Ковальов, канд. техн. наук, ст. наук. співр., О.В. Грушовінчук, канд. техн. наук

¹ Гродненський державний аграрний університет, Білорусь

²Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту, Україна

³Державний центр сертифікації ДСНС України

КЛЮЧОВІ СЛОВА

пожежний струмінь, фотозйомка, геометричні характеристики, траєкторія, лафетний ствол.

АНОТАЦІЯ

У вступі вказано предмет дослідження – геометричні характеристики водяних струменів, що формуються лафетними стволами, і виокремлено проблему, яка полягає в складності їх експериментального визначення, оскільки згадування існуючої методики з використанням фотозйомки не містять опису аналізу фотозображень, а лише відзначається сам його факт.

Метою дослідження є розробка методики визначення експериментальних траєкторій і інших геометричних характеристик пожежних струменів, яка передбачає фіксування їх положення в повітрі за допомогою фотозйомки.

Визначення геометричних характеристик струменя за фотознімками виконується на підставі оптичних властивостей фотооб'єктиву з урахуванням того, що при зйомці віддалених предметів величина їх зображення пропорційна фокусній відстані.

В основній частині роботи наводиться опис передбачених методикою етапів обробки зображень і розрахунків фактичних геометричних характеристик струменя. За підсумками проведених

досліджень отримано залежності, що дозволяють розраховувати вертикальні і горизонтальні координати частинок похилого струменя для відтворення його розташування в обраних масштабі і системі координат. На прикладі показана практична реалізація розробленої методики. Проведено оцінку наявності аберацій використовуваного фотообладнання і їх впливу на підсумкові результати.

У висновку зазначається можливість використання розробленої методики для оцінки розташування гідравлічного струменя в повітрі, що формується лафетними стволами, і знаходження його геометричних характеристик, наприклад, побудови траєкторії і визначення максимальної дальності струменя.