

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ



СТЕЦЮК ЄВГЕН ІГОРОВИЧ

УДК 351.861

МЕТОДИКА ПОПЕРЕДЖЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ,
ПОВ'ЯЗАНИХ З ЗАГРОЗОЮ ВИБУХУ МАЛОГАБАРИТНОГО
ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНОГО ПРЕДМЕТУ

Спеціальність 21.02.03 – цивільний захист
21 – національна безпека

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2019

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному університеті цивільного захисту України Державної служби України з надзвичайних ситуацій.

Науковий керівник: доктор технічних наук, старший науковий співробітник
Стрілець Віктор Маркович,
Національний університет цивільного захисту України,
м. Харків,
старший науковий співробітник наукового відділу з
проблем цивільного захисту та техногенно-екологічної
безпеки

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, доцент
Коротенко Григорій Михайлович,
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка», м. Дніпро,
професор кафедри інформаційних систем та технологій

кандидат технічних наук

Самберг Андре,
Інститут проблем штучного інтелекту
Міністерства освіти і науки України
і Національної академії наук України, м. Київ,
заступник директора з наукової роботи та
міжнародної діяльності.

Захист відбудеться «22» січня 2020 р. о 13.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.707.04 Національного університету цивільного захисту України за адресою: 61023, м. Харків, вул. Чернишевська, 94.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного університету цивільного захисту України за адресою: 61023, м. Харків, вул. Чернишевська, 94 та на сайті спеціалізованої вченої ради Д 64.707.04 за електронною адресою: <http://nuczu.edu.ua/ukr/nauka/spetsializovani-vcheni-rady/50-katehoriia-uk-ua/spetsializovani-vcheni-rady/366-spetsializovana-vchena-rada-d64-707-04>.

Автореферат розісланий «19» грудня 2019 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



В.Ю. Колосков

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Обґрунтування вибору теми дослідження. Внаслідок проведення масштабних бойових дій під час Першої та Другої світових війн, діяльності терористичних угруповань та агресії Російської Федерації значна частина території України забруднена вибухонебезпечними предметами. За попередніми оцінками загальна площа територій, забруднених вибухонебезпечними предметами складає понад 30 тис. кв. км, у тому числі близько 7 тис. кв. км. на території Донецької та Луганської областей. Згідно із законодавчими та нормативно-правовими актами виконання функцій щодо розмінування всієї території України покладено на Державну службу України з надзвичайних ситуацій, що є одним із пріоритетних напрямків її діяльності. Для забезпечення ефективної реалізації завдань та заходів у сфері гуманітарного розмінування в ній створено систему гуманітарного розмінування та забезпечено її ефективне функціонування.

Оперативне реагування на випадки виявлення населенням вибухонебезпечних предметів та безпосереднє практичне виконання планових робіт з гуманітарного розмінування ділянок місцевості у системі Державної служби України з надзвичайних ситуацій здійснюють 100 самостійних команд з розмінування загальною чисельністю понад 600 осіб. На сьогодні існуюча система гуманітарного розмінування забезпечує виконання піротехнічними підрозділами всього комплексу завдань та заходів, пов'язаних із вибухонебезпечними предметами першої категорії (ліквідація відбувається після знешкодження на місці виявлення в заздалегідь визначених місцях), проте питання ліквідації вибухонебезпечних предметів другої категорії (ліквідація може бути здійсненою тільки на місці виявлення), а відповідно і питання локалізації надзвичайної ситуації, пов'язаної із загрозою вибуху, за пріоритетними напрямками, як то, кількість жертв та кількість постраждалих, відпрацьовані недостатньо. Особливо гостро це питання стоїть по відношенню до малогабаритних вибухонебезпечних предметів, у тому числі в подіях, що пов'язані з можливими терористичними актами в місцях забезпечення життєдіяльності територій та об'єктів, а також на об'єктах з масовим перебуванням людей. Виходячи із цих позицій, актуальним завданням цивільного захисту є попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних з загрозою вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету, за пріоритетними наслідками, як то, кількість жертв та кількість постраждалих, що відповідає умові забезпечення відсутності ураження цивільних осіб та фахівців піротехнічних підрозділів елементами вибухонебезпечного предмету.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Роботу виконано відповідно до Розпорядження Кабінету Міністрів України від 27 квітня 2011 року № 368-р «Про схвалення Концепції Загальнодержавної цільової соціальної програми захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру на 2012-2016 роки» та «Стратегії реформування системи Державної служби з надзвичайних ситуацій», схваленої Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 25 січня 2017 р.

№61-р, а також науково-дослідних робіт «Дослідження використання вибухового методу для попередження надзвичайної ситуації, пов'язаної з загрозою раптового руйнування цегляних будівель та споруд» (номер держреєстрації 0112U005670), «Розробка рекомендацій щодо підвищення рівня індивідуальної безпеки особового складу піротехнічних підрозділів при вилученні, транспортуванні та знищенні вибухонебезпечних предметів» (номер держреєстрації 0114U002245), «Розробка стандартних оперативних процедур (СОП) з питань гуманітарного розмінування відповідно до вимог міжнародних стандартів протимінної діяльності» (номер держреєстрації 0118U001014) та «Розробка оперативно-технічного способу локальної ліквідації малогабаритних вибухонебезпечних предметів» (номер держреєстрації 0119U001006), в яких автор брав участь у якості відповідального виконавця.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є розробка методики попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних із загрозою вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету, за пріоритетними наслідками, як то, кількість жертв та кількість постраждалих, що відповідає умові забезпечення відсутності ураження цивільних осіб та фахівців піротехнічних підрозділів елементами вибухонебезпечного предмету.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. Проаналізувати особливості попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних з загрозою вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету;
2. Розробити математичну модель попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних з загрозою вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету, і на її основі створити методику попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних з загрозою вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету;
3. Перевірити достовірність розробленої математичної моделі і методики, створеної на її основі;
4. Запропонувати пропозиції щодо впровадження отриманих результатів.

Об'єкт дослідження – аварійно-рятувальні роботи піротехнічних підрозділів Державної служби України з надзвичайних ситуацій в умовах ліквідації надзвичайних ситуацій, пов'язаних з наявністю вибухонебезпечних предметів.

Предмет дослідження – попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних з несанкціонованим вибухом малогабаритного вибухонебезпечного предмету.

Методи дослідження. На основі системного підходу та системного аналізу було визначено чинники, які впливають на локальну локалізацію надзвичайних ситуацій, пов'язаних з малогабаритними вибухонебезпечними предметами, а також досліджено особливості реагування піротехнічних підрозділів Державної служби України з надзвичайних ситуацій на надзвичайні ситуації об'єктового рівня. Розробка математичної моделі локалізації наслідків надзвичайних ситуацій у разі вибуху малогабаритного небезпечного предмету всередині захисного пристрою спиралась на Ейлерово-Лагранжевий підхід. Ймовірно-статистичні методи були використані для обробки та аналізу натурних та розрахункових експериментальних результатів.

Наукова новизна отриманих результатів. У дисертаційній роботі вирішено важливу науково-практичну задачу в галузі цивільного захисту – розроблено методику попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних із загрозою вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету, за пріоритетними наслідками, як то, кількість жертв та кількість постраждалих, що відповідає умові забезпечення відсутності ураження цивільних осіб та фахівців піротехнічних підрозділів елементами вибухонебезпечного предмету.

У процесі виконання роботи вперше отримані наступні наукові результати:

1. Розроблено математичну модель попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних з загрозою вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету, яка являє собою систему з чотирьох аналітичних залежностей. Перша описує залежність кількості жертв від маси активних та пасивних засобів локалізації, швидкості проведення заходів піротехнічним підрозділом та експертної оцінки часу до детонації. Друга показує залежність кількості постраждалих від маси активних та пасивних засобів локалізації, швидкості проведення заходів піротехнічним підрозділом та експертної оцінки часу до детонації. Третя визначає рівень кількості осіб з порушенням умов життєдіяльності на об'єктовому рівні поширення надзвичайної ситуації від маси активних та пасивних засобів локалізації, швидкості проведення заходів піротехнічним підрозділом та експертної оцінки часу до детонації. Четверта дозволяє визначити умови відсутності постраждалих та жертв, як наслідків надзвичайної ситуації першого рівня пріоритетності, в залежності від варіантів рішення задачі з визначення вагових характеристик активних та пасивних засобів локалізації вражаючих наслідків детонації малогабаритного вибухонебезпечного предмету.

2. Розроблено методику попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних з загрозою вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету, реалізація якої передбачає послідовне виконання особовим складом піротехнічного підрозділу шести груп робіт, а саме: експертизу малогабаритного вибухонебезпечного предмету, рішення задачі щодо особливостей використання захисного пристрою, прийняття керівного рішення, встановлення захисного пристрою, знешкодження малогабаритного вибухонебезпечного предмету у разі необхідності, оцінка придатності (спроможності) використання захисного пристрою у подальшому.

3. Розроблено лабораторну установку, яка складається із захисного пристрою куполоподібної форми для запобігання надзвичайних ситуацій, пов'язаних з несанкціонованим вибухом малогабаритного небезпечного предмету, засобів вимірювання, вибухової речовини, засобів підриву та майданчику вибухових робіт, і дозволяє перевірити достовірність розробленої математичної моделі та створеної на її основі методики попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних із загрозою вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету.

Практичне значення отриманих результатів дослідження полягає у тому, що розроблено методику попередження надзвичайних ситуацій,

пов'язаних з загрозою вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету, яка дозволяє обґрунтувати рекомендації щодо скорочення часу проведення аварійно-рятувальних робіт піротехнічними підрозділами з урахуванням попередження відповідних надзвичайних ситуацій за пріоритетними наслідками, як то, кількість жертв та кількість постраждалих, що відповідає умові забезпечення відсутності ураження цивільних осіб та фахівців піротехнічних підрозділів елементами малогабаритного вибухонебезпечного предмету. Основні результати дослідження були впроваджені в Департаменті реагування на надзвичайні ситуації Державної служби України з надзвичайних ситуацій (акт впровадження від 13.11.2019 року), Головному управлінні Державної служби України з надзвичайних ситуацій у Луганській області (акт впровадження від 18.09.2019 року) та в Національному університеті цивільного захисту України (акт впровадження 29.08.2019 року).

Особистий внесок здобувача. Основні положення та результати дисертаційної роботи отримані автором особисто [1-17]. У процесі проведення дисертаційного дослідження:

- особисто здобувачем виконано аналіз особливостей попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних з загрозою вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету [1-3,6,14];

- особисто здобувачем розроблено математичну модель попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних з загрозою вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету [7];

- особисто здобувачем розроблено методикку попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних з загрозою вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету [4,11];

- особисто здобувачем розроблено лабораторну установку для перевірки достовірності математичної моделі та методики попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних з загрозою вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету [15-17];

- здобувач особисто приймав участь в проведенні експериментів з використанням розробленої лабораторної установки [8];

- особисто здобувачем проведена обробка результатів експериментів [5];

- особисто здобувачем зроблені пропозиції щодо впровадження отриманих результатів [9,10,12,13].

Апробація результатів дисертації. Науково-практична конференція «Проблеми та напрями вдосконалення підготовки військових фахівців з урахуванням досвіду антитерористичної операції у східних областях України» (ЖВІ, м. Житомир, 21 травня 2015 р., форма участі – заочна), науково-практичний семінар «Запобігання надзвичайним ситуаціям» (НУЦЗУ, м. Харків, 07 лютого 2018 р., форма участі – очна), Всеукраїнська науково-практична конференція «Цивільна безпека як чинник розвитку виробничої та невиробничої сфери суспільств» (РВВ Луцького НТУ, м. Луцьк, 20-21 квітня 2018 р., форма участі – очна), XVI Міжнародна науково-методична конференція «Безпека життя і діяльності людини – освіта, наука практика» (Національний університет «Львівська політехніка», Львів, 25-27 квітня 2018 р., форма участі –

заочна), науково-практична конференція «Стратегія реформування організації цивільного захисту» (ІДУЦЗ, м. Київ, 16 травня 2018 р., форма участі – заочна), Міжнародна науково-технічна конференція «Перспективи розвитку озброєння та військової техніки Сухопутних військ» (НАСВ, м. Львів, 17-18 травня 2018 р., форма участі – заочна), 20 Всеукраїнська науково-практична конференція «Сучасний стан цивільного захисту України та перспективи розвитку» (ДСНС України, м. Київ, 9-10 жовтня 2018 р., форма участі – очна), Всеукраїнський науково-практичний семінар «Забезпечення правопорядку на території проведення Операції Об'єднаних Сил» (м. Маріуполь, 12 жовтня 2018 р., форма участі – очна).

За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 17 наукових праць: 7 статей у наукових фахових виданнях України (з них всі у виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз Index Copernicus, Academic Research Index, Research Bib, Ulrich's Periodicals Directory, Google Scholar, Root Indexing, Ulrich Web, Cite Factor, 1 стаття – у виданні, яке входить до міжнародної наукометричної бази Scopus), у тому числі 1 одноосібно; 8 тез доповідей на конференціях; 2 патенти на корисну модель.

Структура і обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків обсягом 111 сторінок, списку літератури з 148 найменувань та двох додатків. Повний обсяг роботи становить 168 сторінок і містить 32 рисунки, 25 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність обраної теми, сформульовано мету, предмет, об'єкт, задачі, зазначено методи дослідження, з'ясовано наукову новизну і практичну цінність отриманих результатів. Наведено дані про впровадження та апробацію результатів дослідження.

У першому розділі проаналізовано особливості попередження надзвичайних ситуацій (НС), пов'язаних із загрозою вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету (МВНП).

Показано, що процедура попередження НС, пов'язаних із загрозою вибуху МВНП, в розвинутих країнах світу передбачає виконання пошукових робіт щодо виявлення та обстеження вибухонебезпечного предмету з наступним його знешкодженням та/або ліквідацією. При цьому передбачається вузьконаправлена спеціалізація задіяних фахівців-піротехніків. Відмічено, що дії піротехнічного підрозділу Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС) під час попередження НС, пов'язаних із загрозою вибуху МВНП, є найбільш складним елементом в роботі особового складу піротехнічного підрозділу (ПП). При цьому існуюча система підготовки фахівців передбачає широкопрофільний характер. Все це дозволило сформулювати науково-практичну задачу роботи і визначити часткові завдання дослідження.

У другому розділі розроблено математичну модель попередження НС, пов'язаних із загрозою вибуху МВНП і на її основі створено нову методику попередження НС, пов'язаних із загрозою вибуху МВНП.

Розробка математичної моделі (ММ) виконувалась наступним чином: по-перше, були проаналізовані фізичні умови локалізації НС за допомогою захисного пристрою (ЗП) куполоподібної форми у разі вибуху МВНП; по-друге, знайдено граничні умови окремої задачі з визначення граничних умов рішення окремої задачі з визначення міцності ЗП за умов імпульсного навантаження; по-третє, знайдено умови рішення задачі оцінки міцності ЗП за умов циклічного навантаження; по-четверте, вирішено окрему задачу з визначення маси додаткового навантаження ЗП; по-п'яте, вирішено окрему задачу з визначення маси пасивних елементів ЗП. І на завершення описано розроблену ММ.

Аналіз фізичних умов локалізації НС здійснювався, виходячи з припущення, що за допомогою ЗП куполоподібної форми з додатковим навантаженням, яке відповідає тротиловому еквіваленту МВНП, можна попередити НС, пов'язану із загрозою вибуху (рис.1).

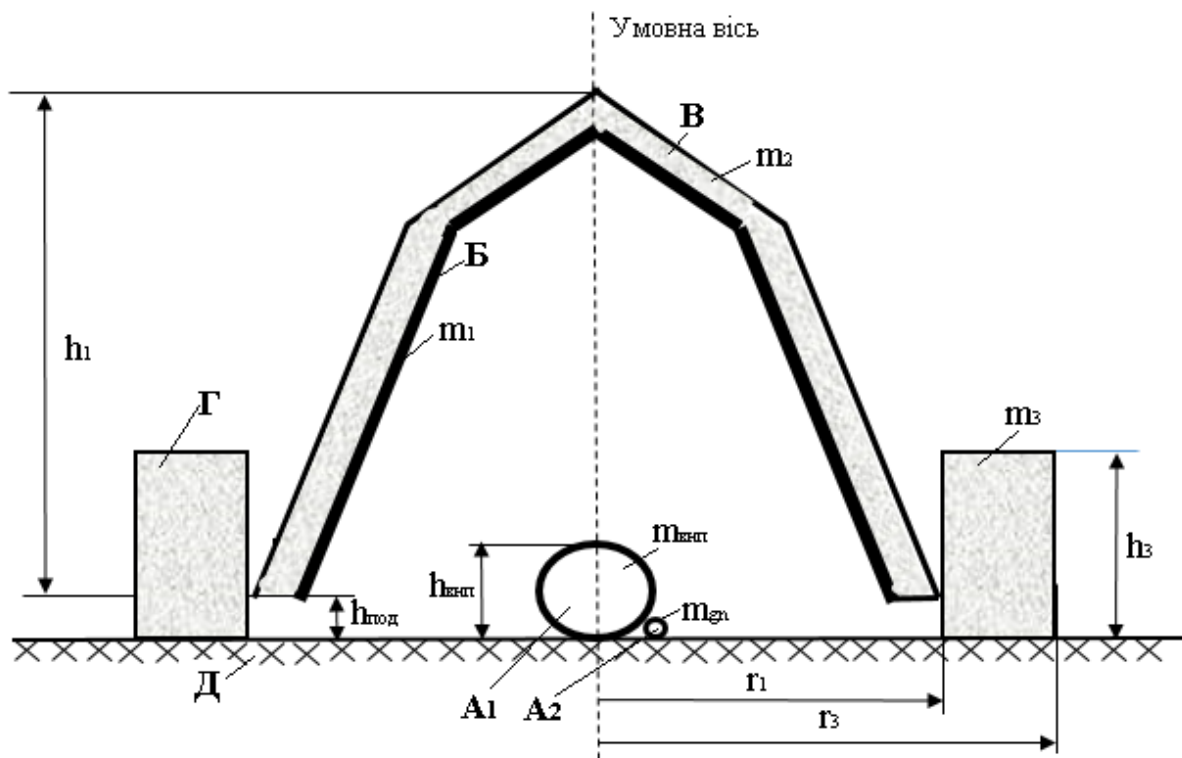


Рисунок 1 – Схема локалізації наслідків вибуху МВНП за допомогою ЗП

На рис.1 наведено наступні визначення: A_1 – МВНП масою $m_{\text{внп}}$; B – додаткове навантаження загальною масою m_2 ; Γ – осколкопоглинач загальною масою m_3 ; r_1 – найбільша довжина від умовної вісі, що проходить до краю осколкопоглинач Γ ; D – поверхня, на якій знаходиться МВНП; $h_{\text{под}}$ – висота підльоту ЗП з додатковим навантаженням внаслідок вибуху МВНП; A_2 –

детонаційний пристрій масою $m_{\text{дп}}$; h_1 – висота пристрою Б; h_3 – найменша висота осколкопоглинача Г; $h_{\text{внп}}$ – висота МВНП.

Відмічено, що умовою ефективності застосування ЗП є строге виконання системи рівнянь

$$\begin{cases} q_1(m, v, t) = 0; \\ q_2(m, v, t) = 0; \\ q_3(m, v, t) \leq q_3^{\text{об.р}}, \end{cases} \quad (1)$$

де q_1, q_2, q_3 – відповідно наслідки НС за рівнем пріоритетності; m – загальна маса засобів, необхідних для запобігання НС внаслідок загрози вибуху МВНП; v – швидкість виконання заходів для запобігання НС; t – загальний час проведення заходів оперативного характеру для запобігання НС; $q_3^{\text{об.р}}$ – кількісні характеристики показників наслідків НС третьої групи пріоритетності, що відповідають об'єктовому рівню.

Результати аналізу фізичних умов локалізації НС, пов'язаних із загрозою вибуху МВНП, показали, що методика попередження НС, пов'язаних із загрозою вибуху МВНП, повинна забезпечити визначення рекомендацій щодо скорочення часу локалізації наслідків НС без зниження рівня безпеки цивільних осіб та особового складу ПП за допомогою мобільного ЗП на основі аналізу ММ.

Для знаходження граничних умов рішення окремої задачі з визначення міцності ЗП за умов імпульсного навантаження використовувався метод кінцево-елементного моделювання, який реалізовано в кінцево-елементному пакеті «ANSYS». Моделювання поведінки різнорідного середовища під впливом імпульсного навантаження здійснювалось за допомогою Ейлерово-Лагранжевого підходу.

Показано, що умовами розрахунку на міцність внаслідок підриву МВНП є система рівнянь (2)-(5)

$$p = A \cdot \left(1 - \frac{\omega}{R_1 \cdot V}\right) \cdot e^{-R_1 \cdot V} + B \cdot \left(1 - \frac{\omega}{R_2 \cdot V}\right) \cdot e^{-R_2 \cdot V} + \frac{\omega \cdot E_0}{V}, \quad (2)$$

де p, E_0, V – тиск [Па], внутрішня енергія [Дж] та відносний об'єм відповідно; A, B, R_1, R_2, ω – емпіричні константи;

$$p_S = B_0 \cdot p^k + C_0 \cdot p^\Gamma, \quad (3)$$

де B_0, C_0, k – параметричні константи рівняння ізоентропічного розширення Орленка Л.П.; Γ – коефіцієнт Грюнайдена;

$$\left\{ \begin{array}{l} p_H = \frac{\rho_0 \cdot D^2}{4}; \\ \rho_H = \frac{4}{3} \cdot \rho_0; \\ E_H = \frac{p_H}{2} \cdot \left(\frac{1}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_H} \right) + Q, \end{array} \right. \quad (4)$$

де Q – теплота вибухового перетворення заряду [Дж/кг]; D – швидкість руху детонаційної хвилі по заряду [м/с]; p_H , ρ_H , E_H – тиск [Па], густина [кг/м³] та енергія [Дж] на фронті детонаційної хвилі; ρ_0 – початкова густина вибуху;

$$\mathcal{E}(U) = \frac{1}{2} \iiint_V E^T \sigma dV - \left(\iint_{S_F} U^T P dS + \iiint_V U^T F dV \right), \quad (5)$$

де $\mathcal{E}(U)$ – повна енергія всієї пружної області; U – вектор переміщення; E – тензор деформації; σ – тензор напруги; F – вектор об’ємних сил; T – операція транспонування;

з урахуванням виконання вимог (6)-(8)

$$h_k = 3 \cdot h_0, \quad (6)$$

де h_k – товщина корпусу; h_0 – мінімальна товщина, яка дозволяє витримати вибух МВНП, еквівалентний 200 г тротилу;

$$p_{iv} = \sigma_{ij, n_j} \quad (x_i \in S_F); \quad (7)$$

$$U_i = U_{i0} \quad (x_i \in S_U), \quad (8)$$

де $\sigma_{ij, j}$ – компоненти тензора напруги; n_j – направляючі косинуси зовнішньої нормалі до межі області; S_U та S_F – ділянки межі, на котрих задані граничні умови в переміщеннях та навантаженнях відповідно; p_{iv} – компоненти вектору поверхневих сил.

Рішення окремої задачі $\Psi_{ММБ}$ з визначення міцності ЗП за умов імпульсного навантаження дозволяє оцінити розмір мінімальної товщини h_0 , яка дозволяє витримати вибух МВНП, еквівалентний 200 г тротилу, та з урахуванням матеріалу ЗП, а також визначити мінімальну вагу ЗП з урахуванням геометрії перекриття зони вибуху МВНП.

Визначення умов рішення задачі оцінки міцності ЗП за умов циклічного навантаження відбувалось з урахуванням можливості виявлення візуальних дефектів по внутрішній поверхні ЗП після підриву МВНП. З урахуванням цього повна довговічність $N_{\text{під}}$ ЗП до руйнування від втоми має вигляд

$$N_{\text{під}} = 1 + \frac{1}{1 + 2 \cdot K_{\text{пер}}} \cdot \frac{E^3 \cdot \sqrt{6}}{(\sigma_a \cdot Y_1 \cdot \sqrt{n \cdot d})^3} \cdot (l_i - d), \quad (9)$$

де $K_{\text{пер}}$ – відсоток перевищення розрахункової потужності; Y_1 – геометричний фактор (для крайової наскрізної тріщини дорівнює 1,122); b – вектор Бюркера; l_i – величина тріщини; d – поточний розмір тріщини.

Тобто, вираз (9) не стільки визначає габаритні характеристики ЗП, скільки є умовою, маючи за мету виконання системи рівнянь (1), його безпечного застосування та доповнює умови (6)-(8) рішення задачі $\Psi_{\text{ММБ}}$.

Рішенням окремої задачі $\Psi_{\text{днзл}}$ з визначення маси m_2 додаткового навантаження ЗП є система рівнянь (10)-(11)

$$m_2 = \frac{E_H \cdot K_{\text{поверх}}}{q \cdot h_{\text{під}}} - m_1, \quad (10)$$

$$m_2 = \sum_{i=1}^{n_2} m_2^i \quad (11)$$

при виконанні умов

$$\begin{cases} m_1 = \Psi_{\text{ММБ}}(m_{\text{ВНП}} + m_{\text{дп}}) = \text{const}; \\ h_{\text{під}} = \text{const}. \end{cases} \quad (12)$$

$$m_2^i \leq m_{\text{max}}^{\text{нач}} \cdot K_{\text{пір}}, \quad (13)$$

де m_2^i – маса i -го елемента додаткового навантаження; n_2 – кількість елементів додаткового навантаження; $m_{\text{max}}^{\text{нач}}$ – максимальна вага елемента додаткового навантаження, виходячи з умов безпеки праці та ергономічності; $K_{\text{пір}}$ – кількість піротехніків, які задіяні для перенесення i -го елемента додаткового навантаження.

Рішенням окремої задачі $\Psi_{\text{пзл}}$ з визначення маси пасивних елементів ЗП є система рівнянь (14)-(15)

$$m_3 = \rho_{\text{пл}} \cdot 3h_{\text{під}} \cdot (r_2 - r_1) \cdot 2\pi \cdot \left(\frac{r_2 - r_1}{2} + r_1 \right), \quad (14)$$

де ρ_{III} – щільність матеріалу пасивних засобів локалізації; $(r_2 - r_1)$ – різниця приведених радіусів,

$$m_3 = \sum_{i=1}^{n_p} m_3^i \quad (15)$$

де m_3^i – маса i -го елемента додаткового навантаження, за умов(16)-(18)

$$E_{ij} = F_{\text{тер. оск.}}^{ij}, \quad (16)$$

де E_{ij} – необхідна енергія пасивних засобів локалізації; $F_{\text{тер. оск.}}^{ij}$ – втрати енергії на тертя та тепловиділення осколків в межах комірки поля осколків;

$$\text{if } \begin{cases} r_2 - r_1 \leq h_{\text{тех}} \Rightarrow r_2 - r_1 = h_{\text{тех}} ; \\ r_2 - r_1 > h_{\text{тех}} \Rightarrow r_2 - r_1 = 2 \cdot h_{\text{тех}} , \end{cases} \quad (17)$$

де $(r_2 - r_1)$ – різниця приведених радіусів (рис.1); $h_{\text{тех}}$ – технологічні обмеження до пасивних елементів ЗП;

$$m_3^i \leq m_{\text{max}}^{\text{нач}} \cdot K_{\text{пир}} , \quad (18)$$

де m_3^i – маса i -го елемента пасивних засобів локалізації; n_3 – кількість пасивних елементів локалізації.

Показано, що в ММ попередження НС, пов'язаних з загрозою вибуху МВНП, умову отримання ефективної локалізації (1) слід доповнити рівнянням

$$\Psi(q_1, q_2) = f[(\Psi_{\text{ММБ}}), (\Psi_{\text{днзл}}), (\Psi_{\text{пзл}})] , \quad (19)$$

з урахуванням чого шукана ММ уявляє собою систему з чотирьох залежностей

$$\begin{cases} q_1(m, v, t) = 0; \\ q_2(m, v, t) = 0; \\ q_3(m, v, t) \leq q_3^{\text{об.р}}; \\ \Psi(q_1, q_2) = f[(\Psi_{\text{ММБ}}), (\Psi_{\text{днзл}}), (\Psi_{\text{пзл}})]. \end{cases} \quad (20)$$

У відповідності до (20) методика попередження НС, пов'язаних з загрозою вибуху МВНП, передбачає послідовне виконання особовим складом ПП шести груп робіт, а саме: експертиза МВНП, рішення задачі щодо

особливостей використання ЗП, прийняття керівного рішення, встановлення ЗП, знешкодження МВНП у разі необхідності, оцінка придатності (спроможності) використання ЗП у подальшому.

У третьому розділі виконано перевірку достовірності розробленої ММ і створеної на її основі методики попередження НС. Для цього було розроблено лабораторну установку, яка складається із ЗП куполоподібної форми (рис.2) для запобігання НС, пов'язаних з несанкціонованим вибухом МВНП, засобів вимірювання, вибухової речовини, засобів підриву та майданчику вибухових робіт.

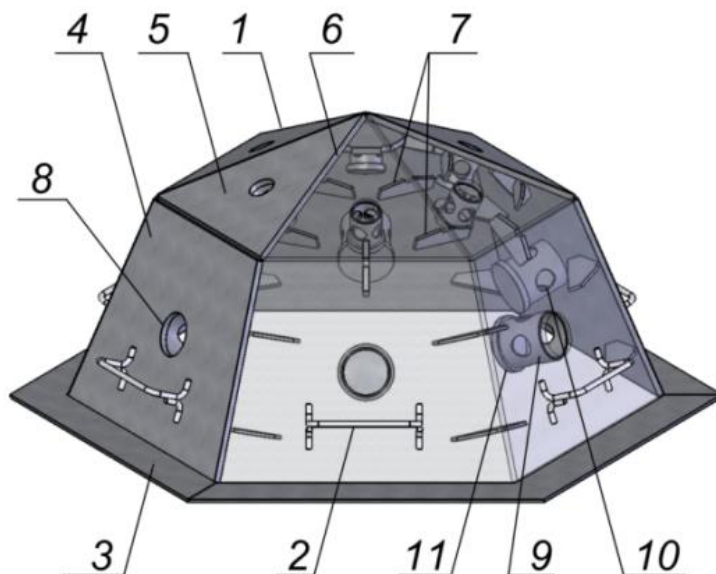


Рисунок 2 – Тривимірна модель ЗП

ЗП для локалізації елементів ураження складається з корпусу 1 з поручнями 2 для зручності ручного перенесення і установки пристрою та можливістю розміщення під ним вибухонебезпечних предметів, що знищуються або транспортуються. Корпус 1 має збільшувач ваги 3, розміщений по периметру основи корпусу 1 для більш щільного контакту з поверхнею, на якій розміщується пристрій, та складається з плоских металевих рівнобедрених пластин 4 та 5 трапецієвидної та трикутної форми відповідно. Пластини з'єднані між собою високоміцними зварювальними швами 6 із підсилювачами 7 і мають в центрі кожної пластини 4 і 5 отвір 8 для часткового скидання надлишкового тиску у фронті ударної повітряної хвилі вибуху. Отвір 8 кожної пластини 4 та 5 захищений з боку впливу ударної хвилі від вильоту осколків пристроєм, в якості якого використовується металевий фланець 9 з радіальними отворами 10 на бічній поверхні. Фланець встановлено на отвір 8 на внутрішню поверхню корпусу 1 та заглушено з боку впливу ударної хвилі заглушкою 11. Для проведення експериментальних вибухових досліджень із броньованої сталі 20 було виготовлено дослідний зразок діаметром 90 см та масою 130 кг, який у відповідності до розробленої ММ повинен локалізувати елементи ураження у разі вибуху МВНП масою до 200 г тротилового еквіваленту всередині ЗП.

В першій серії експериментальних досліджень розглядалась висота підльоту ЗП без додаткового навантаження в результаті вибуху МВНП. Пілотне випробування експериментального зразка, коли за його допомогою здійснювалась локалізація вибуху МВНП з тротилівим еквівалентом 50 г, показало (рис.3), що ЗП підлетів на висоту 2,6 м. За його результатами були визначені конкретні показники ґрунту в місці підриву з урахуванням того, що навантаження ($m_2=0$) відсутнє: $K_{\text{поверх}}=0,74$.



Рисунок 3 – Пілотне випробування ЗП

Це дозволило визначити розрахункову висоту підльоту ЗП у разі використання МВНП різної маси без навантаження. У відповідності до мас (m) тротилівого еквіваленту МВНП, за якими визначалась висота підльоту ($h_{\text{розрах}}$), було проведено експериментальні вибухові випробування. Отримані результати ($h_{\text{факт}}$) з урахуванням їх переводу до кодованого вигляду (x) та визначених довірчих інтервалів (x_{min} та x_{max}) наведені в табл.1.

Таблиця 1 – Оцінювання достовірності математичної моделі попередження НС, пов'язаних із загрозою вибуху МВНП, за результатами першої серії експериментальних досліджень щодо висоти підльоту ЗП без додаткового навантаження

№ експерименту	$m, \text{г}$	$h_{\text{розрах}}, \text{М}$	$h_{\text{факт}}, \text{М}$	x	\bar{x}	σ_x	x_{min}	x_{max}
1	30	1,50	1,52	0,99	1,00	0,01	0,99	1,01
2	40	2,05	2,07	0,99				
3	50	2,60	2,60	1,00	1,00	0,01	0,99	1,01
4	60	3,15	3,12	0,99				
5	70	3,70	3,66	0,99				

Аналіз отриманих результатів показує, що експериментальні результати укладаються в довірчий інтервал, розрахований з надійністю 0,95. Видно, що розроблений ЗП у разі його використання без додаткового навантаження несе загрозу для навколишнього середовища та особового складу ПП, який може бути ураженим осколками МВНП.

В другій серії експериментальних досліджень оцінювався надлишковий тиск всередині ЗП з додатковим навантаженням в результаті вибуху МВНП. Для визначення надлишкового тиску під час проведення натурних досліджень на ЗП було змонтовано манометр із зворотнім клапаном, що дозволило отримати показники надлишкового тиску, що виникали всередині пристрою.

В ході проведення експериментальних досліджень щодо надлишкового тиску всередині ЗП з додатковим навантаженням було проведено 15 вибухів МВНП з різною масою тротилового еквіваленту всередині ЗП. Порівняння результатів вибухових випробувань в кодованих перемінних з граничними значеннями x_{\min} та x_{\max} показало, що і в цьому випадку експериментальні результати укладаються в довірчий інтервал, розрахований з надійністю 0,95. Крім цього, приведення отриманих експериментальних результатів до розрахункового показника надлишкового тиску всередині ЗП, який відповідає масі заряду в 20 г тротилового еквіваленту, також показало (рис.3), що вони попадають в інтервал $\pm 5\%$ відносно аналогічних розрахункових результатів.

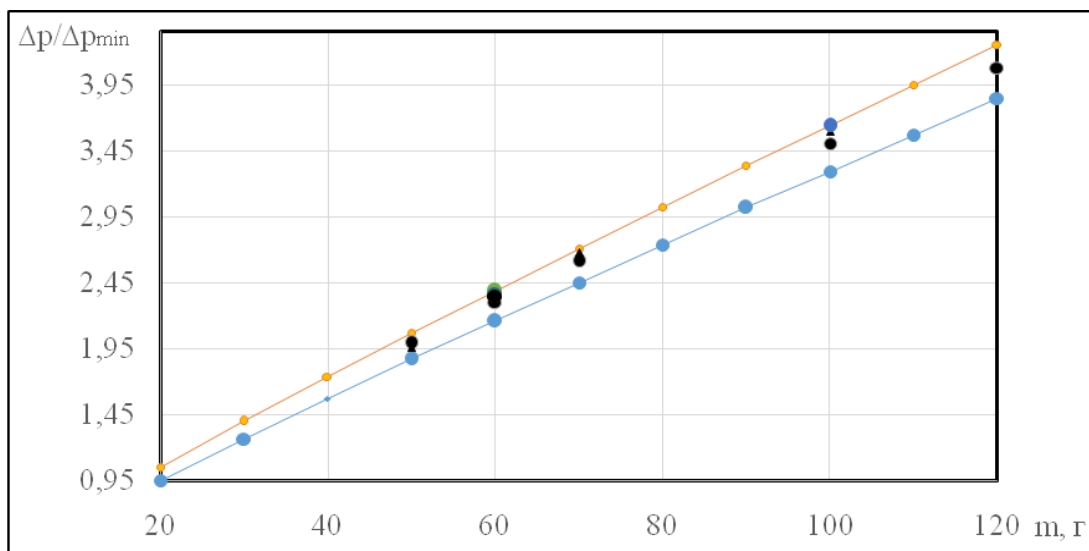


Рисунок 4 – Перевірка укладання експериментальних результатів в інтервал $\pm 5\%$ по відношенню до розрахункових показників

У четвертому розділі обґрунтовано пропозиції щодо впровадження отриманих результатів.

Першочергово була виконана імітаційна оцінка ефективності застосування розробленої методики, під час якої використовувались отримані з рівнем значимості $\alpha=0,05$ функції розподілу часу (швидкості) виконання окремих операцій особовим складом ПП. Порівняння отриманих результатів реалізації розробленої методики з діючим підходом показало, що з рівнем значимості $\alpha=0,01$ можна стверджувати, що її застосування значно скорочує час роботи ПП.

Надані рекомендації щодо вдосконалення стандартних оперативних процедур щодо попередження НС, пов'язаних з загрозою вибуху МВНП, в яких відмічена, наприклад, необхідність практичного відпрацювання питань щодо

знаходження населення та задіяних елементів системи цивільного захисту в безпечному місці на достатній відстані (більше 200 м) на протязі не менше 2,5 годин. Крім цього обґрунтовані пропозиції щодо регламентації порядку оцінки відповідності та акредитації ПП, а також підвищення якості організації навчального процесу відповідних підрозділів ДСНС, в основі яких лежать розроблені на основі розкритих закономірностей нормативи для оцінювання у літній та зимовий час якості виконання типових операцій.

ВИСНОВКИ

Вирішено актуальну науково-практичну задачу в галузі цивільного захисту – розроблено методику попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних із загрозою вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету, за пріоритетними наслідками, як то, кількість жертв та кількість постраждалих, що відповідає умові забезпечення відсутності ураження цивільних осіб та фахівців піротехнічних підрозділів елементами вибухонебезпечного предмету.

При виконанні дисертаційної роботи отримані наступні висновки:

1. У всіх розвинутих країнах, в тому числі в Україні, попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних з загрозою вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету відбувається практично за одними і тими ж схемами, а саме: пошук, виявлення, знешкодження, знищення. Різниця складається у використанні вузькопрофільних чи широкопрофільних спеціалістів. Задачею даного наукового дослідження є розробка нової методики попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних з загрозою вибуху. Це дозволить захистити від ураження цивільних осіб та фахівців піротехнічних підрозділів.

2. Розроблено математичну модель попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних з загрозою вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету, яка являє собою систему з чотирьох аналітичних залежностей. Перша описує залежність кількості жертв від маси активних та пасивних засобів локалізації, швидкості проведення заходів піротехнічним підрозділом та експертної оцінки часу до детонації. Друга показує залежність кількості постраждалих від маси активних та пасивних засобів локалізації, швидкості проведення заходів піротехнічним підрозділом та експертної оцінки часу до детонації. Третя визначає рівень кількості осіб з порушенням умов життєдіяльності на об'єктовому рівні поширення надзвичайної ситуації від маси активних та пасивних засобів локалізації, швидкості проведення заходів піротехнічним підрозділом та експертної оцінки часу до детонації. Четверта дозволяє визначити умови відсутності постраждалих та жертв, як наслідків надзвичайної ситуації першого рівня пріоритетності, в залежності від варіантів рішення задачі з визначення вагових характеристик активних та пасивних засобів локалізації вражаючих наслідків детонації малогабаритного вибухонебезпечного предмету.

Методика попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних з загрозою вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету, яка розроблена на базі

цієї математичної моделі, передбачає послідовне виконання шести процедур, а саме: експертизи малогабаритного вибухонебезпечного предмету, рішення задачі щодо особливостей використання захисного пристрою, прийняття керівного рішення, встановлення захисного пристрою, знешкодження малогабаритного вибухонебезпечного предмету у разі необхідності, оцінки придатності (спроможності) використання захисного пристрою у подальшому.

3. Результати експериментів, які було виконано на спеціально створеній лабораторній установці по спеціально розробленій методиці, вкладаються в довірчий інтервал, розрахований з надійністю 0,95, що підтверджує достовірність математичної моделі попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних із загрозою вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету, і створеної на її основі методики.

4. Розроблено рекомендації по вдосконаленню діючих стандартних оперативних процедур у разі використання запропонованого захисного пристрою куполоподібної форми, реалізація яких забезпечить скорочення часу робіт по локалізації надзвичайних ситуацій, пов'язаних з малогабаритними вибухонебезпечними предметами, та недопущенню переростання їх до більш високого рівня без зниження рівня безпеки особового складу Державної служби України з надзвичайних ситуацій та цивільних осіб, а також запропоновано науково-обґрунтовані нормативи для оцінювання у літній та зимовий час якості виконання типових операцій, які забезпечують реалізацію розробленої методики попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних із загрозою вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету, за допомогою запропонованого захисного пристрою куполоподібної форми.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, у яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

Статті у наукових фахових виданнях України, що входять до міжнародних наукометричних баз

1. Стецюк Є.І. Розподіл підрозділів при проведенні рятувальних робіт у зоні надзвичайної ситуації / О.І. Вальченко, Є.І. Стецюк // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2013. – № 18 – С. 17-21. (Стаття у науковому фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз Ulrich's Periodicals Directory, Index Copernicus, Research Bib, Google Scholar)

2. Стецюк Є.І. Індивідуальний захист саперів від дії осколків і куль / Г.В. Іванець, Є.І. Стецюк, М.Г. Іванець // Системи озброєння і військова техніка. – 2014. – № 4(40). – С. 21-24. (Стаття у науковому фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз Index Copernicus, DOAJ, Ulrich's Periodicals Directory)

3. Стецюк Є.І. Дослідження дії ударної хвилі на організм саперів при несанкціонованому вибуху ручних протипіхотних гранат / Г.В. Іванець, М.П. Букін, Є.І. Стецюк // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – 2015. – № 1(42). – С. 3-6. (Стаття у науковому фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз

Index Copernicus, DOAJ, Ulrich's Periodicals Directory)

4. Стецюк Є.І. Метод обґрунтування рекомендацій особовому складу піротехнічних підрозділів за результатами імітаційного моделювання їх діяльності / В.М.Стрілець, Є.І. Стецюк, Є.В. Іванов, І.В. Шепелєв // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2017. – № 26. – С. 132-142. (Стаття у науковому фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз Ulrich's Periodicals Directory, Index Copernicus, Research Bib, Google Scholar)

5. Стецюк Є.І. Статистичний метод обґрунтування нормативів для оцінювання рівня підготовленості піротехніків (на прикладі одягання засобів індивідуального захисту сапера) / В.М. Стрілець, Є.І. Стецюк, І.В. Шепелєв // Військово-технічний збірник. – №19(2018). – С. 85-93. (Стаття у науковому фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз Index BASE, Index Copernicus, Research Bib, Google Scholar)

6. Stetsyk Y. System approach for readiness assessment units of civil defense to actions at emergency situations / V.V. Tiutiunyk, H.V. Ivanets, I.A. Tolkunov, Y.I. Stetsyk // Науковий вісник Національного гірничого університету. – Дніпро: НГУ, 2018. – Вип. №1(163). – С.99-105. (Стаття у науковому фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз Scopus, Index Copernicus, Ulrich's Periodicals Directory)

7. Stetsiuk Y. Development of mathematical model of localization of an explosion of a small subject with the help of a specialized protective device / Y. Stetsiuk // Technology audit and production reserves. – 2019. – № 4(48).– P.43-52. (Стаття у науковому фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз Scilit, Dimensions)

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

8. Стецюк Є.І. Дослідження засобів бронезахисту / І.О. Толкунов, Є.І. Стецюк // Проблеми та напрями вдосконалення підготовки військових фахівців з урахуванням досвіду антитерористичної операції у східних областях України. XV науково-методична конференція, [Житомир], 21 травня 2015 року: тези доп. / Житомир. військ. ін-т ім. С.П.Корольова. – Житомир: ЖВІ, 2015. – С.58-59. (Форма участі – заочна).

9. Стецюк Є.І. Обґрунтування нормативів для оцінювання рівня підготовленості піротехніків до одягання засобів індивідуального захисту саперів / В.М. Стрілець, Є.І. Стецюк, Є.В. Іванов // Запобігання надзвичайним ситуаціям і їх ліквідація. Матеріали науково-практичного семінару. – Харків: Національний університет цивільного захисту України, 07 лютого 2018. – С.165-167. (Форма участі – очна).

10. Стецюк Є.І. Особливості розробки стандартних оперативних процедур з питань гуманітарного розмінування / В.М. Стрілець, Є.І. Стецюк, Є.В. Іванов // Цивільна безпека як чинник розвитку виробничої та невиробничої сфер суспільства: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції: м. Луцьк, 20-21 квітня 2018 р. – Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2018. – С.126-129. (Форма участі – очна).

11. Стецюк Є.І. Науково-практичні аспекти розробки стандартних оперативних процедур з питань гуманітарного розмінування / В.М. Стрілець, Є.І. Стецюк, Є.В. Іванов // Безпека життя і діяльності людини – освіта, наука практика. Матеріали XVI Міжнародної науково-методичної конференції БЖДЛ-2018 (25-27 квітня 2018 року, Львів, Україна). – Львів, Національний університет «Львівська політехніка», 2018. – С. 82-84. (Форма участі –заочна).

12. Стецюк Є.І. Розробка науково-методичного апарату обґрунтування нормативів для оцінювання рівня підготовленості особового складу підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту / В.М. Стрілець, Є.І.Стецюк, Є.В. Іванов, Д.Ю. Белюченко // Стратегія реформування організації цивільного захисту. Том 1. Цивільний захист України: сучасний стан, здобутки, проблеми, перспективи розвитку. Матеріали науково-практичної конференції, м. Київ, 16 травня 2018 р. – Київ: ІДУЦЗ, 2018. – С. 277-279. (Форма участі –заочна).

13. Стецюк Є.І. Розробка пропозицій щодо підготовки особового складу піротехнічних підрозділів за результатами експлуатації засобів індивідуального захисту / В.М. Стрілець, Є.І. Стецюк, Є.В. Іванов // Перспективи розвитку озброєння та військової техніки Сухопутних військ: зб. тез доп. Міжнар. наук.-техн. конф. (Львів, 17-18 трав. 2018 р.) / Нац. акад. сухопут. військ ім. Петра Сагайдачного – Львів, Нац. акад. сухопут. військ, 2018. – С. 287. (Форма участі – заочна).

14. Стецюк Є.І. Проблемні питання вдосконалення процесу гуманітарного розмінування / В.М. Стрілець, Є.І. Стецюк // Сучасний стан цивільного захисту України та перспективи розвитку: Матеріали 20 Всеукраїнської науково-практичної конференції, м. Київ, 9-10 жовт. 2018 р. – Київ: Видавничий дім «Гельветика», 2018. – С.415-416. (Форма участі – очна).

15. Стецюк Є.І. Проблеми гуманітарного розмінування, яке здійснюється піротехнічними підрозділами ДСНС України на території Донецької та Луганської областей / А.М. Бевз, І.О. Толкунов, Є.І. Стецюк // Забезпечення правопорядку на території проведення Операції Об'єднаних Сил: Збірник матеріалів першого спеціалізованого Всеукраїнського науково-практичного семінару, м. Маріуполь, 12 жовтня 2018 р. Маріуполь, 2018. – С.149-158. (Форма участі – очна).

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

16. Пат. 91495 України, МПКG09B 23/18 (2006.01) Пристрій для моделювання повітряної ударної хвилі / Толкунов І.О., Стецюк Є.І., Убайдуллаєв Ю.Н., Попов І.І.; патентовласник: Національний університет цивільного захисту України. – № u201400127 від 09.01.2014.

17. Пат. 132849 України, МПК G09B 23/18 (2006.01) Установа для моделювання повітряної ударної хвилі вибуху / Толкунов І.О., Стецюк Є.І., Попов М.А., Толкунова В.І., Попов І.І.; патентовласник: Національний університет цивільного захисту України. – № u201810411 від 22.10.2018.

АНОТАЦІЯ

Стецюк Є.І. Методика попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних з загрозою вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.02.03 «цивільний захист» (21 національна безпека). – Національний університет цивільного захисту України, Київ, 2019.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню важливої науково-практичної задачі у сфері цивільного захисту – розробці методики попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних з загрозою вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету, за пріоритетними наслідками, як то, кількість жертв та кількість постраждалих.

Вперше було розроблено: - математичну модель попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних з загрозою вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету; - методику попередження надзвичайних ситуацій, пов'язаних з загрозою вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету, реалізація якої передбачає послідовне виконання особовим складом піротехнічного підрозділу шести груп робіт; - лабораторну установку, основу якої складає захисний пристрій куполоподібної форми.

Ключові слова: малогабаритний вибухонебезпечний предмет; вибух; надзвичайна ситуація; попередження; захисний пристрій.

АННОТАЦИЯ

Стецюк Е.И. Методика предупреждения чрезвычайных ситуаций, связанных с угрозой взрыва малогабаритного взрывоопасного предмета. – Квалификационная научная работа на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 21.02.03 «гражданская защита» (21 национальная безопасность). – Национальный университет гражданской защиты Украины, Харьков, 2019.

Диссертация посвящена решению важной научно-практической задачи в сфере гражданской защиты - разработке методики предупреждения чрезвычайных ситуаций, связанных с угрозой взрыва малогабаритного взрывоопасного предмета, по таким приоритетным последствиями, как количество жертв и количество пострадавших

Впервые были разработаны: - математическая модель предупреждения чрезвычайных ситуаций, связанных с угрозой взрыва малогабаритного взрывоопасного предмета; - методика предупреждения чрезвычайных ситуаций, связанных с угрозой взрыва малогабаритного взрывоопасного предмета; - лабораторная установка, в основе которой лежит защитное устройство куполоподобной формы.

Ключевые слова: малогабаритный взрывоопасный предмет; взрыв; чрезвычайная ситуация; предупреждение; защитное устройство.

ANNOTATION

Stetsiuk Y.I. Methods for preventing emergencies related to the threat of explosion of a small explosive object – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for obtaining a scientific degree of Candidate of Technical Sciences in specialty 21.02.03 – Civil Defence. – National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, 2019.

The dissertation is devoted to solving an important scientific and practical problem in the field of civil defense - to develop a methodology for preventing emergencies related to the threat of explosion of a small explosive object, with priority consequences, such as the number of victims and the number of victims, and persons and specialists of pyrotechnic units with elements of an explosive object.

The object of the study is rescue operations of pyrotechnic units of the State Emergency Service of Ukraine in the event of emergency situations related to the presence of explosive objects.

The subject of the study is the prevention of emergencies related to the unauthorized explosion of a small explosive object.

The introduction substantiates the relevance of the research direction on the chosen topic; the connection of work with scientific programs, plans, topics; the purpose and tasks of scientific research are formulated; scientific novelty of the obtained results and practical value of the work are revealed; data on personal contribution of the applicant and approbation of results of the dissertation are given. In the first section the peculiarities of actions of the pyrotechnic unit of the SES of Ukraine on the elimination of a small explosive object are considered. The statement of the problem of scientific research is fulfilled.

In the second section the mathematical model of emergency prevention is developed and on the basis of it the method of emergency prevention is created. The mathematical model of emergency prevention associated with the threat of explosion of a small explosive object is a system of four analytical dependencies. The first describes the dependence of the number of casualties on the mass of active and passive means of localization, the speed of activities of the pyrotechnic unit and the expert evaluation of time to detonation. The second shows the dependence of the number of victims on the mass of active and passive means of localization, the speed of conducting events by the pyrotechnic unit and expert evaluation of time to detonation. The third determines the level of the number of persons with impaired living conditions at the objective level of emergency distribution from the mass of active and passive means of localization, the speed of activities of the pyrotechnic unit and expert evaluation of time to detonation. The fourth allows to determine the conditions of absence of victims and victims as a consequence of an emergency situation of the first priority level, depending on the options for solving the problem of determining the weight characteristics of the active and passive means of localization of the damaging effects of detonation of a small explosive object. The technique of prevention of emergencies related to the threat of explosion of a small explosive object, which is developed on the basis of this mathematical model,

involves the sequential execution of six procedures, namely: examination of a small explosive object, solving the problem of the features of the use of protective device, protective device, disposal of small-sized explosive object in case of need, assessment of suitability (ability) of use I have a security device later.

In the third section was first described the laboratory installation and the method of conducting the experiments. The results of the experiments, which were performed on the created laboratory installation by a specially developed method, fit into the confidence interval, calculated with a reliability of 0.95, which confirms the reliability of the mathematical model of emergency prevention associated with the threat of explosion of a small explosive object created based on the methodology. In the fourth section the efficiency of the application of the developed methodology was evaluated, as well as proposals for improvement of standard operational procedures for elimination of small explosive objects are proposed and norms for providing preparation of personnel of pyrotechnic units for implementation of the proposed methodology are substantiated.

The scientific novelty of the results obtained is that for the first time: - developed a mathematical model for emergency prevention related to the threat of explosion of a small explosive object, which is a system of four analytical dependencies, which describe the dependence of the number of victims and victims, persons with impaired living conditions, and active and passive means of localization of the damaging effects of detonation of a small-sized explosive object; - developed a method of emergency prevention related to the threat of explosion of a small explosive object, the implementation of which involves the sequential execution of personnel of the pyrotechnic unit of six groups of work, namely: examination of a small explosive object, the decision of the task, installation of a protective device, disposal of a small-sized explosive object if necessary, assessment of suitability (ability) to use the protective device in the future; - developed a laboratory installation consisting of a dome-shaped protective device was developed to prevent emergencies related to the unauthorized explosion of a small-sized dangerous object, measuring instruments, explosives, explosive devices and the site of explosive works, and to check its reliability and reliability, based on the method of emergency prevention related to the threat of explosion of a small explosive object.

The practical significance of the results of the study is that a methodology for the prevention of emergencies related to the threat of explosion of a small explosive object is developed, which allows to substantiate the recommendations for reducing the time of emergency rescue operations by pyrotechnic units, taking into account the precautionary situations and as such, the number of casualties and the number of casualties that is appropriate to ensure no civilian casualties and specialists pyrotechnic units minor elements of explosive devices. The main results of the study were implemented in the Emergency Response Department of the State Emergency Service of Ukraine, the Main Directorate of the State Service of Ukraine for Emergency Situations in Luhansk region, University of Civil Defence of Ukraine.

Keywords: small explosive object; explosion; emergency; warning; protective device.

Підписано до друку 9.12.2019 р. Формат 60x84/16.
Папір 80 г/м³. Друк цифровий. Ум. друк. арк. 1,0.
Наклад 120 прим. Зам. № 24/19.
Сектор редакційно-видавничої діяльності
Національного університету цивільного захисту України
61023, м. Харків, вул. Чернишевська, 94

