

УДК 614.839
№ держреєстрації 0119U001006
Інв. № _____

Державна служба України з надзвичайних ситуацій
Національний університет цивільного захисту України
61023, м. Харків, вул. Чернишевська, 94, тел. (057) 707-34-20

ЗАТВЕРДЖУЮ
Ректор НУЦЗ України,
доктор наук з державного управління, професор

В.П. Садковий

«___» _____ 202__ р.

ЗВІТ
ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ

РОЗРОБКА ОПЕРАТИВНО-ТЕХНІЧНОГО СПОСОБУ ЛОКАЛЬНОЇ ЛІКВІДАЦІЇ
МАЛОГАБАРИТНИХ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПРЕДМЕТІВ

Керівник НДР
доктор технічних наук, професор

В. М. Стрілець

«___» _____ 2021 р.

2021

Рукопис закінчено 29 листопада 2021 р.

Результати роботи розглянуто
Вченою радою НУЦЗ України, протокол
№ __ від «___» _____ 202__ р.

СПИСОК ВИКОНАВЦІВ

Керівник НДР

старший науковий співробітник наукового відділу з проблем цивільного захисту та техногенно-екологічної безпеки науково-дослідного центру д.т.н., професор

В.М. Стрілець
(вступ, розділи 3,4,
висновки)

Відповідальний виконавець
кандидат технічних наук

Є.І. Стецюк
(розділи 1,2, 3,4,
експериментальні
дослідження)

Доцент кафедри піротехнічної та спеціальної підготовки к.т.н., доцент

Г.В. Іванець
(розділ 1)

Начальник кафедри автоматичних систем безпеки та інформаційних технологій д.т.н., професор

Р.І. Шевченко
(розділи 2.2, 2.3)

Науковий співробітник наукового відділу з проблем цивільного захисту та техногенно-екологічної безпеки науково-дослідного центру к.мист.

О.І. Сошинський
(експериментальні
дослідження)

Начальник кафедри піротехнічної та спеціальної підготовки к.т.н., доцент
Ад'юнкт

І.О. Толкунов
Є.О. Макаров
(розділ 1, 4)

Викладач кафедри охорони праці та техногенно-екологічної безпеки

Є.О. Бондаренко
(розділ 3)

Курсант

О.О. Метьюлкін
(експериментальні
дослідження)

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 112 с., 14 рисунків, 12 табл., 126 джерел.

ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ – аварійно-рятувальні роботи піротехнічних підрозділів ДСНС України в умовах ліквідації надзвичайних ситуацій, пов'язаних з наявністю вибухонебезпечних предметів.

ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ – умови локалізації надзвичайних ситуацій, пов'язаних з несанкціонованим вибухом малогабаритного вибухонебезпечного предмету, за допомогою нового захисного пристрою куполоподібної форми.

МЕТА РОБОТИ – розробка оперативного-технічного способу локалізації надзвичайної ситуації, пов'язаної із загрозою вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету, за пріоритетними наслідками, як то, кількість жертв та кількість постраждалих.

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 ДСНС України на надзвичайні ситуації об'єктового рівня. Розробка математичної моделі локалізації наслідків надзвичайних ситуацій у разі вибуху малогабаритного небезпечного предмету всередині захисного пристрою спирається на Ейлерово-Лагранжевий підхід. Ймовірно-статистичні методи були використані для обробки та аналізу натурних та розрахункових експериментальних результатів.

НАУКОВА НОВИЗНА ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ. У процесі виконання роботи вперше отримано наступні наукові результати:

1. Розроблено захисний пристрій куполоподібної форми для локальної локалізації елементів ураження у разі вибуху малогабаритного небезпечного предмету (Патент на винахід № 120327 UA).

2. Розроблено математичну модель локалізації за допомогою захисного пристрою наслідків надзвичайних ситуацій у разі вибуху малогабаритного небезпечного предмету, яка уявляє 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.

3. Розроблено оперативно-технічний спосіб локалізації надзвичайної ситуації, пов'язаної з малогабаритним вибухонебезпечним предметом, який полягає у використанні заздалегідь визначеної кількості додаткового навантаження на захисний пристрій та захисного обвалування навколо нього такої висоти, яка більше висоти підльоту захисного пристрою з додатковим навантаженням.

Уточнено закономірності діяльності піротехніків під час виконання операцій, характерних для локалізації за допомогою захисного пристрою надзвичайної ситуації, пов'язаної з несанкціонованим вибухом малогабаритного вибухонебезпечного предмету, які показали, що час (швидкість) виконання типових операцій особовим складом під час реалізації розробленого способу характеризуються нормальною функцією розподілу показника, що розглядається, незалежно від модифікації бронежилетів та пори року, коли здійснюється операція, а також їх значимі відмінності між собою.

Набув подальшого розвитку метод обґрунтування нормативних оцінок для оцінювання рівня підготовленості піротехніків у літній та зимовий час в

залежності від параметрів розподілу виконання типових операцій, які забезпечують реалізацію розробленого способу локалізації надзвичайної ситуації, пов'язаної з малогабаритним вибухонебезпечним предметом, за допомогою захисного пристрою куполоподібної форми.

ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ – розроблено оперативно-технічний спосіб локалізації надзвичайної ситуації, пов'язаної з малогабаритним вибухонебезпечним предметом, який дозволяє визначити таку кількість додаткового навантаження на захисний пристрій куполоподібної форми, яка забезпечить його підлітання у випадку вибуху всередині засобу захисту не вище захисного обвалування, а також обґрунтувати рекомендації щодо скорочення часу локальної ліквідації малогабаритних вибухонебезпечних предметів піротехнічними підрозділами ДСНС України без зниження рівня безпеки особового складу.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: оперативно-технічний спосіб, малогабаритний вибухонебезпечний предмет; вибух; надзвичайна ситуація; попередження; захисний пристрій.

ПЕРЕДМОВА

Проведені дослідження за темою НДР «РОЗРОБКА ОПЕРАТИВНО-ТЕХНІЧНОГО СПОСОБУ ЛОКАЛЬНОЇ ЛІКВІДАЦІЇ МАЛОГАБАРИТНИХ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПРЕДМЕТІВ і».

Замовник – Національний університет цивільного захисту України (НУЦЗ України).

Виконавець – Національний університет цивільного захисту України (НУЦЗ України).

Термін початку роботи – січень 2019 року, термін закінчення роботи – грудень 2021 року.

Звіт розглянуто та схвалено на розширеному засіданні наукового відділу з проблем цивільного захисту та техногенно-екологічної безпеки науково-дослідного центру, протокол № _____ від « _____ » _____ 2021 р.

Звіт затверджено на засіданні вченої ради Національного університету цивільного захисту України, протокол № __ від «__» _____ 2021 р.

ЗМІСТ

ВСТУП	10
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЛОКАЛІЗАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ, ПОВ'ЯЗАНИХ З ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИМИ ПРЕДМЕТАМИ	12
1.1. Аналіз забезпечення гуманітарного розмінування за кордоном	12
1.1.1. Особливості гуманітарного розмінування	12
1.1.2. Аналіз нормативних та керівних документів	16
1.1.3. Особливості здійснення оперативних процедур знищення вибухонебезпечних предметів	19
1.1.4. Аналіз існуючого науково-методичного апарату до визначення оперативно-технічних характеристик локальних засобів захисту	21
1.2. Аналіз відповідності стандартних оперативних процедур піротехнічного підрозділу ДСНС України тим задачам, які стоять перед ним в процесі ліквідації або відновлення небезпеки малогабаритних вибухонебезпечних предметів	23
1.2.1. Проблеми гуманітарного розмінування, які здійснюються піротехнічними підрозділами ДСНС України	23
1.2.2. Аналіз нормативних та керівних документів щодо реалізації стандартних оперативних процедур піротехнічним підрозділом	26
1.3. Постановка науково-практичної задачі	30
Висновки за першим розділом	32
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ОПЕРАТИВНО-ТЕХНІЧНОГО СПОСОБУ ЛОКАЛІЗАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ, ПОВ'ЯЗАНОЇ З МАЛОГАБАРИТНИМ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИМ ПРЕДМЕТОМ	34
2.1. Захисний пристрій для запобігання надзвичайних ситуацій, пов'язаних з несанкціонованим вибухом малогабаритного небезпечного предмету	34

2.1.1. Визначення тактико-технічних вимог до засобу локалізації	34
2.1.2. Засіб локалізації елементів ураження у разі вибуху малогабаритного небезпечного предмету	35
2.1.3. Умови забезпечення безпеки особового складу	40
2.2. Аналіз фізичної моделі локалізації наслідків надзвичайної ситуації за допомогою захисного пристрою у разі вибуху малогабаритного небезпечного предмету	41
2.3. Розробка математичної моделі локалізації за допомогою захисного пристрою куполоподібної форми наслідків надзвичайних ситуацій у разі вибуху малогабаритного небезпечного предмету	44
2.3.1. Визначення граничних умов рішення окремої задачі з визначення міцності технічного засобу локалізації елементів ураження за умов імпульсного навантаження	44
2.3.2. Визначення умов рішення задачі оцінки міцності технічного засобу локалізації елементів ураження за умов циклічного навантаження	50
2.3.3. Рішення окремої задачі з визначення маси додаткового навантаження засобу локалізації	53
2.3.4. Рішення окремої задачі з визначення маси пасивних елементів засобу локалізації	56
2.3.5. Опис розробленої математичної моделі локалізації наслідків НС у разі вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету	60
2.4. Керуючий алгоритм оперативно-технічного методу локалізації надзвичайних ситуацій внаслідок загрози вибуху малогабаритного небезпечного предмету	63
2.5. Опис процедур застосування оперативно-технічного методу запобігання надзвичайних ситуацій внаслідок загрози вибуху малогабаритного небезпечного предмету	65
Висновки по другому розділу	66

РОЗДІЛ 3. ПЕРЕВІРКА ДОСТОВІРНОСТІ РОЗРОБЛЕНОГО ОПЕРАТИВНО-ТЕХНІЧНОГО СПОСОБУ ЛОКАЛІЗАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЇ ПІРОТЕХНІЧНИМ ПІДРОЗДІЛОМ	69
3.1. Перевірка достовірності математичної моделі локалізації за допомогою захисного пристрою наслідків надзвичайних ситуацій у разі вибуху малогабаритного небезпечного предмету	69
3.2. Розкриття закономірностей діяльності піротехніків під час локалізації малогабаритного вибухонебезпечного предмету за допомогою захисного пристрою	73
3.3. Оцінка ефективності розробленого способу	84
Висновки по третьому розділу	87
РОЗДІЛ 4. ВАРІАНТИ ВПРОВАДЖЕННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ	88
4.1. Вдосконалення стандартних оперативних процедур щодо ліквідації малогабаритних вибухонебезпечних предметів	88
4.2. Обґрунтування нормативів для підготовки піротехніків до застосування захисного пристрою	90
Висновки по четвертому розділу	94
ВИСНОВКИ	95
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	98
ДОДАТОК А. Акт впровадження в навчальний процес	112

ВСТУП

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 10 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 з надзвичайних ситуацій, що є одним із пріоритетних напрямків її діяльності. Для забезпечення ефективної реалізації завдань та заходів у сфері гуманітарного розмінування ДСНС 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 ДСНС України 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 разі 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.

Тому розробка нових способів локалізації надзвичайних ситуацій, пов'язаних з малогабаритними вибухонебезпечними предметами це комплексна оперативно-технічна задача, вирішення якої дозволить скоротити час оперативних дій особового складу піротехнічних підрозділів без зниження рівня їх безпеки, є актуальною науково-практичною задачею цивільного захисту. Одним з перспективних шляхів її вирішення є створення мобільних захисних пристроїв та розробка відповідних тактико-технічних прийомів для піротехніків.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЛОКАЛІЗАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ, ПОВ'ЯЗАНИХ З ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИМИ ПРЕДМЕТАМИ

1.1. Аналіз забезпечення гуманітарного розмінування за кордоном

1.1.1. Особливості гуманітарного розмінування

Питання гуманітарного розмінування є актуальними у всьому світі. Так в країнах Центральної та Південної Америки вони найбільш гостро стоять в Нікарагуа [1] та на Фолклендських/ Мальвінських островах [2]. Їх аналіз показує, що ця діяльність вимагає застосування комплексних заходів по боротьбі, в першу чергу, з протипехотними мінами [3]. В [4] підкреслена важливість освіти не тільки населення, але й фахівців з розмінування з мінної небезпеки, як це має місце, наприклад, в Еквадорі [5]. Внаслідок цього безпосередні роботи з розмінування виконуються за міжнародної підтримки [6,7] та у відповідності до прийнятих процедур знищення вибухонебезпечних предметів (ВНП) [8], які передбачають дії штатних піротехнічних підрозділів по знешкодженню небезпеки безпосередньо на місці знаходження міни з подальшим її підривом в заздалегідь визначених місцях. Ще більш показово ця ситуація стосується так званих «вільних від мін країн» (Коста-Ріки, Гватемала, Гондурас, Сальвадор, Суринам) [9], де проблемою є локалізація та знищення поодиноких, здебільшого малогабаритних ВНП.

Дуже гостро питання розмінування стоять в Афганістані та прилеглих до нього країнах. Після десятиріччя радянської окупації та внутрішнього конфлікту, який мав місце після цього, видалення ВНП стало складною проблемою. Систематичне очищення було складно здійснити внаслідок нестабільної ситуації. Завдяки співпраці між ООН та афганськими неурядовими організаціями операції по розмінуванню були успішно здійснені в 90-х роках здебільше закордонними спеціалістами [10]. Проте, на півночі країни ситуація остається дуже складною. До тайників з

боєприпасами додається ще й проблема боротьби із саморобними малогабаритними мінами. З 2010 року роботу по обстеженню та розмінуванню здійснюють фахівці Fondation Suisse de Déminage (Швейцарського фонду протимінної діяльності або FSD) у відповідності до діючих міжнародних стандартів. Аналогічним чином фахівці Міністерства Оборони США у 2009 році допомагали узбецькій армії після вибухів боєприпасів в Кагані [11]. Запаси старіючих боєприпасів продовжують становити загрозу в Таджикистані. З 2009 року FSD співпрацює з міністерствами оборони та внутрішніх справ Таджикистану і його прикордонниками з метою утилізації за міжнародними стандартами надлишкової зброї і боєприпасів. Ці зусилля були профінансовані урядом Нідерландів [12]. Аналогічно в Азербайджані після виведення радянських військ боєприпасів велика частина південного регіону була заражена боєприпасами. Після невірної первинної оцінки і перешкоди через відсутність коштів було розпочато проект Салоглу, партнерство між НАТО, його Агентством з технічного обслуговування й постачання та Національним агентством з розмінування Азербайджану [13]. Проте, дуже складним у всіх цих країнах є питання протидії тероризму за допомогою малогабаритних вибухонебезпечних предметів [14].

В Азії та Тихоокеанському регіоні має місце своя специфіка. Країни з несильно розвиненою економікою спираючись на допомогу, у тому разі технічну, США (Шрі-Ланка, Непал, В'єтнам) [15,16,17] або Нідерландів (допомога Лаосу в розмінуванні касетних боєприпасів) [18], розглядають можливості використання щурів [19,20] або рослин [21]. В Камбоджі проблемою є підводне розмінування, яке вимагає як специфічного обладнання, так і спеціальної підготовки рятувальників [22]. Більш розвинені країни використовують сучасні технології, наприклад мобільні географічні інформаційні системи [23].

Найбільш складною є ситуація на Близькому Сході. Міни, касетні та звичайні боєприпаси в Лівані в результаті 15-річної громадянської війни, що

закінчилася в 1990 році, двох ізраїльських вторгнень в 1978 та 1982 роках і конфлікту в липні-серпні з Ізраїлем в 2006 році ускладнюють роботу по розмінуванню. Ліванський протимінний Центр дій (LMAC) визначив 2 598 мінних районів, що покривають 191 000 000 кв.м. Після нетехнічних обстежень (NTS) та операцій з розчищення залишилося близько 30 316 080 кв. м передбачуваної небезпечної площі [24]. Найбільш складною проблемою є розмінування і знешкодження касетних боєприпасів [25]. В Західній Сахарі, враховуючи складність обстеження, маркування, розмінування і знешкодження вибухонебезпечних предметів в зоні бойових дій і знешкодження вибухонебезпечних предметів, міжнародні зусилля направлені на підготовку національних кадрів до протимінної діяльності з малогабаритними вибухонебезпечними предметами [26].

У 2013 і 2014 роках Центр міжнародної стабілізації і відновлення при Університеті Джеймса Медісона керував проектом, який фінансувався Управлінням по видаленню і скорочення озброєнь Державного департаменту США з надання відповідної освіти, пов'язаного з ризиком війни, як сирійським біженцям, які проживають в міських районах північної Йорданії, так і цивільним протимінним підрозділам [27]. Ще більш складною стала проблема сирійських біженців в Європі. Так, після того як Угорщина офіційно закрила свій кордон з Сербією 15 вересня 2015 року, біженці, котрі втікають від конфлікту на Близькому Сході, в Центральній Азії і Північній Африці, перетворилися Хорватію в ворота для таких країн, як Швеція та Німеччина. Приплив біженців, які перетинають райони поблизу хорватсько-сербського кордону, викликає стурбованість з приводу того, що біженці, з одного боку, зіткаються із залишковим забрудненням в Хорватії (за оцінками Хорватського центру з розмінування в Хорватії залишилося більше 50 000 мін, які знаходяться на площі 496,8 кв. км, що охоплює 75 міст і муніципалітетів в 10 округах), а з іншого, біженці можуть пронести до Європи малогабаритні вибухонебезпечні предмети із своєї країни [28].

На цей час найбільші вибухонебезпечні небезпеки становлять велику загрозу для цивільного населення в Сирії. Швидке повернення переміщених осіб зазвичай відбувається, як тільки район оголошується знову зайнятим. Протягом цього періоду існує обмежена можливість знешкодження медичних і вибухових пристроїв, хоча існує високий ризик виникнення вибухонебезпечних явищ, включаючи міни-пастки і саморобні вибухові пристрої [29], які оставляють угруповання ІГІЛ після спроб розширення на захід від його фортеці в Сирті [30].

Спадщина бомб епохи Другої світової війни є постійною загрозою громадської безпеки у всій Європі, особливо в Німеччині. Великі бомби, що вимагають евакуації і утилізації (а це коштувало в деяких випадках сотні тисяч євро) виявляються щотижня основі в Німеччині [31]. Після підписання Дейтонських мирних угод 14 грудня 1995 року сформований уряд Федерації Боснії і Герцеговини звернувся до ООН з проханням створити програму з розмінування та керувати нею. З 1998 року в постконфліктних країнах Південно-Східної Європи працює Міжнародний цільовий фонд з розмінування «Підвищення безпеки людини». Однак незабаром стало ясно, що уряд повинен взяти на себе відповідальність і відповідальність за програму розмінування[32,33]. Наприклад, в Білорусі в 2014 році було виявлено та знищено 20 879 одиниць боєприпасів. Значна їх кількість була також вивезено з Естонії та Молдови. Недавні конфлікти призвели до значного забруднення мінами та вибухонебезпечними предметами в таких країнах як Вірменія, Азербайджан, Грузія, Таджикистан і Узбекистан. На Україні пріоритетом стало очищення від наслідків поточного конфлікту, а не залишків Другої світової війни [34], а це спонукало збільшення уваги до розмінування малогабаритних вибухонебезпечних предметів.

Аналіз особливостей гуманітарного розмінування за кордоном показав, що останнім часом має місце тенденція, коли процес очищення території відбувається за міжнародними стандартами як своїми силами, так і міжнародними фахівцями. При цьому відповідальність за здійснення

програми розмінування несе уряд конкретної країни. Найбільшу складність має процес розмінування від малогабаритних вибухонебезпечних предметів, у тому разі мін-ловушек, які необхідно знищувати безпосередньо на місці виявлення.

1.1.2. Аналіз нормативних та керівних документів

У міжнародному контексті питаннями безпеки при поводженні із вибухонебезпечними предметами (ВНП) займається Служба Організації Об'єднаних Націй з питань протимінної діяльності (ЮНМАС) [35], офіс якої розташований у Нью-Йорку (США). ООН несе загальну відповідальність за створення умов і сприяння ефективному управлінню програмами протимінної діяльності, з розробкою і підтримкою стандартів включно. Тому, Служба ЮНМАС є підрозділом у структурі ООН, що несе відповідальність за розробку і підтримку стандартів МСПМД. Підготовка стандартів МСПМД здійснюється за підтримки Женевського міжнародного центру гуманітарного розмінування [36].

Одним із основних документів, який визначає порядок поводження із ВНП є «Посібник з використання міжнародних стандартів протимінної діяльності (МСПМД). (IMAS) 01.10» [374]. Цей посібник визначає роль стандартів МСПМД та встановлює керівні принципи їхнього належного та відповідного застосування національними органами, міжнародними організаціями, донорами та організаціями, що залучені до планування та виконання протимінної діяльності на рівні штаб-квартир та на місцях. Стандарти МСПМД були розроблені для покращення безпеки, ефективності та корисності протимінної діяльності, а також для розвитку загального та цілісного підходу щодо проведення протимінних операцій. Стандарти МСПМД забезпечують методологічні засади, встановлюють принципи та, в деяких випадках, визначають міжнародні вимоги та специфікації [385].

Терміни та визначення основних понять, які застосовуються у міжнародному контексті зібрані у документі під назвою «Глосарій термінів,

визначень і скорочень з питань протимінної діяльності. МСПМД (IMAS) 04.10». В цьому глосарії дається зведений перелік термінів, визначень і скорочень, які використовуються у протимінній діяльності. У разі, якщо загальноживаними є два чи більше альтернативних визначень, то вони всі також наводяться у цьому глосарії [39].

Стандарт «Управління інформацією у протимінній діяльності. МСПМД (IMAS) 05.10» встановлює загальні принципи та надає настанови щодо ефективного управління інформацією під час виконання програм протимінної діяльності. Управління потоками інформації є невід'ємною частиною всіх видів протимінної діяльності. Це означає виконання процесу постійного уточнення вимог щодо інформації, а також збір, аналіз та надання своєчасної інформації учасникам протимінної діяльності [40].

У стандарті «Акредитація організацій та операцій з розмінування. МСПМД (IMAS) 07.30» сформульовані специфікації та рекомендації щодо втілення в життя системи акредитації організацій з розмінування та їх діяльності в польових умовах. Попри те, що цей стандарт сфокусований на розмінуванні, концепцію акредитації можна застосовувати до інших компонентів протимінної діяльності, включаючи обстеження впливу, не технічні та технічні обстеження, проекти в галузі інформування про мінну небезпеку (ІМН), діяльність зі знешкодження ВВП, підготовки і знищення запасів [41]. Даний нормативний документ дає визначення, що акредитація – це процедура, завдяки якій організація з розмінування отримує офіційне визнання як організація, що має компетенцію і можливості для планування, управління та операційного проведення протимінної діяльності безпечним, дієвим та ефективним шляхом.

З метою впровадження системи моніторингу діяльності організацій з розмінування службою ЮНМАС розроблено стандарт під назвою «Моніторинг діяльності організацій з розмінування. МСПМД (IMAS) 07.40». У документі окрім розмінування та концепції моніторингу протимінної діяльності зосереджується увага на обстеженні впливу мін, не технічних та

технічних обстеженнях, проектах інформування про мінну небезпеку та небезпеку від ВЗВ (ІМН) та знищенні мінних запасів [42].

Одним із основних завдань піротехнічних підрозділів є очищення місць ведення боїв від боєприпасів, які не детонували або не спрацювали за цільовим призначенням. Стандарт IMAS 09.11 [60] визначає систему якості (тобто, її організацію, процедури та відповідальність), яка необхідна, щоб встановити, що колишній район боїв було очищено до прийнятних стандартів [43].

У стандарті «Очищення із ЗВНП після вибухів у зонах зберігання боєприпасів. МСПМД (IMAS) 09.12» подано специфікації і керівні принципи очищення із знешкодженням вибухонебезпечних предметів (ЗВНП) від наслідків небажаного вибуху у зоні зберігання боєприпасів (у разі вибуху контрольованих запасів, які залишилися після конфлікту, або ж залишених вибухонебезпечних боєприпасів (ЗВНБ)). Тут термін «боєприпаси і вибухові речовини» використовується по відношенню до боєприпасів, вибухових речовин, металевих вибухових речовин, допоміжних вибухових речовин та інших вибухових матеріалів, якщо в тексті не вказується інше [44].

У стандарті «Знешкодження вибухонебезпечних предметів. МСПМД (IMAS) 09.30» подано специфікації та керівні принципи безпечного проведення операцій ЗВНП в межах програми протимінної діяльності. Він стосується знешкодження мін і ВЗВ, включаючи боєприпаси, які не вибухнули. Даний документ не стосується знешкодження ядерної, біологічної чи хімічної зброї. Національні органи з питань протимінної діяльності (НОПМД) повинні будуть отримати і розповсюджувати спеціалізовані рекомендації щодо таких видів зброї і боєприпасів, а також їх знищення, якщо це потрібно. Цей стандарт також окремо не описує боєприпасів з високотоксичними чи канцерогенними компонентами, хоча деякі міни (такі як PFM1) і входять до цієї категорії [45].

Стандарт «Розблокування території у процесі ленд-реліз МСПМД (IMAS) 07.11» встановлює мінімальні вимоги та надає керівні настанови

стосовно розробки національної політики розблокування території ленд-реліз, а також визначає основні обов'язки та зобов'язання національних органів з питань протимінної діяльності, організацій з розмінування і відповідних відомств. Термін «розблокування території» (landrelease) у контексті протимінної діяльності описує процес здійснення всіх необхідних заходів для ідентифікації, визначення і видалення всієї присутності і підозри на присутність мін і ВЗВ шляхом проведення не технічного обстеження, технічного обстеження та / або розмінування. Критерії «всіх необхідних заходів» визначаються Національним органом з протимінної діяльності (НОПМД) [46].

За результатами аналізу нормативних та керівних документів щодо гуманітарного розмінування в провідних країнах світу можна сказати, що урахування особливостей цього процесу в них доведено до рівня Міжнародних стандартів протимінної діяльності. Одночасно необхідно сказати, що в цих стандартах недостатньо розглядаються питання ліквідації/локалізації вибухонебезпечних предметів, які не є можливим знищити в заздалегідь визначених місцях.

1.1.3. Особливості здійснення оперативних процедур знищення вибухонебезпечних предметів

За підтримки Служби Організації Об'єднаних Націй з розмінування і Женевського міжнародного центру з гуманітарного розмінування технологічний семінар з розмінування проводиться два рази на рік в Женеві, Швейцарія, на початку вересня [47]. Основна увага останнім часом приділяється системі управління якістю в програмах протимінної діяльності [48] та здатність виявляти боєприпаси, що не розірвались, віддалено і точно підвищує безпеку і ефективність зусиль по знешкодженню [49]. Це викликало широке застосування безпілотних літальних апаратів для виявлення та визначення границь мінних полів [50,51] та адаптацію нових мобільних технологій для збору даних, обміну, аналізу, моніторингу та

оцінки інформації [52], а також створення нових машин для підтримки гуманітарної діяльності, пов'язаної з розмінуванням вручну [53] та пошуку надійних методів знищення протипіхотних наземних мін та інших вибухонебезпечних предметів без застосування вибухових речовин [54,55]. Проте за цими напрямками до 2000 року було витрачено близько одного мільярда доларів на фундаментальні і прикладні питання, дослідження з розробки нових технологій для вирішення мінної проблеми, але отримані результати вважаються недостатніми [56].

В [57] відмічається, що вибухонебезпечні речовини можуть бути знищені різними способами. Доцільно звернутися до більш дешевого і ефективного механічного розмінування [58]. Це дозволить, до речі, використовувати 3-D друку для покращення підготовки піротехніків шляхом використання цифрових файлів для створення імітованих наземних мін, у тому разі з шарами розплавленого пластику [59].

Руйнування на місці з використанням заряду вибухової речовини зазвичай є кращим засобом. Це надійний, технічно простий і часто найбезпечніший варіант. Проте ці способи на сьогоднішній день вимагають свого вдосконалення та адаптації до місцевих умов. В першу чергу це стосується імпровізованих малогабаритних вибухових пристроїв, які не є новими в протимінній діяльності, оскільки саме вони сприяли забрудненню вибухонебезпечними боєприпасами в постконфліктних ситуаціях з моменту початку гуманітарного розмінування майже 30 років тому [60]. Новим є те, що систематичне розгортання імпровізованих вибухових пристроїв збройними групами відбувається сьогодні в більш широкому масштабі. Поширеність застосування цієї зброї має місце такими добре помітними групами, як Ісламська держава [61].

Все це викликає необхідність застосування нових процедур та відповідного коригування міжнародних стандартів з протимінної діяльності [62]. Тим більше, що в Міжнародних стандартах протимінної діяльності (IMAS) 10.30 [63,64] про засоби індивідуального захисту сказано, що

«основним засобом запобігання вибухових травм на робочому місці є контрольоване використання інструментів і процесів розмінування, які знижують ймовірність ненавмисного детонації». Також в IMAS стверджується, що ЗІЗ «повинні бути остаточною захисною мірою після того, як було докладено всіх зусиль з планування, навчання і процедурного зниження ризику». На сьогоднішній день «остаточною захисною мірою» було забезпечення засобами індивідуального захисту піротехніків, але вони практично не забезпечують повний захист.

Тобто, доцільно звернути увагу на створення засобів колективного захисту, які б одночасно забезпечували можливість локалізації та знищення малогабаритного вибухонебезпечного предмету на місці виявлення, та розробку відповідних оперативних способів їх використання.

1.1.4. Аналіз існуючого науково-методичного апарату до визначення оперативно-технічних характеристик локальних засобів захисту

Визначення рекомендацій щодо оперативних дій, пов'язаних з локалізацією вибухонебезпечних предметів, розглядають або з точки зору аналізу існуючих алгоритмів бойової роботи особового складу піротехнічного підрозділу [65], або з точки зору вибухового ураження піротехніків, коли вони застосовують засоби індивідуального захисту саперів різного класу [66,67]. Питання роботи із спеціалізованими захисними пристроями колективного користування не розглядаються. В першу чергу це пов'язано з тим, що на сьогоднішній день самі великі труднощі виникають [68] під час виявлення та нейтралізації вибухового пристрою.

При цьому, використання вибухових речовин у всьому світі при проведенні терористичних актів відродило інтерес як до дослідження вибухів, так і до вивчення способів запобігання або пом'якшення шкоди від застосування вибухових речовин [69]. Емпіричний шлях вирішення задач в цій області [70] підтвердив, що в цій галузі існують серйозні проблеми. Теоретичні дослідження в області захисту від вибуху можуть бути розділені

на дві області. Це, по-перше, розуміння того, як поширюються навантаження від вибухових і ударних хвиль при проходженні їх через середовище, що має як різний фізичний склад [71,72], так і різноманітні геометричні форми [73,74]. І, по-друге, вивчення пом'якшуючих механізмів для мінімізації збитку від удару і вибухового навантаження [75].

В [76] відзначено, що в основі конкретних оперативних рекомендацій, як правило, повинні лежати результати математичного моделювання складних сценаріїв вибуху. У той же час, більшість існуючих математичних моделей [77,78] засновані на вирішенні рівняння збереження Ейлера для маси, енергії та імпульсу. Складна взаємодія вибухових і ударних хвиль з матеріальними конфігураціями і структурами вимагає використання комп'ютерів із поліпшеними обчислювальними потужностями [79], в тому числі для прогнозування ефектів вибуху за допомогою штучних нейронних мереж [80]. При цьому кожен раз створюється фактично новий пакет прикладних програм для вирішення розробленої математичної моделі.

Таким чином, використання вибухових речовин у всьому світі в локальних військових конфліктах, а також при проведенні терористичних актів відродило інтерес як до дослідження вибухів, так і до вивчення способів запобігання або пом'якшення шкоди від застосування вибухових речовин. Урахування особливостей гуманітарного розмінування доведено до рівня Міжнародних стандартів протимінної діяльності, проте в них недостатньо розглядаються питання ліквідації вибухонебезпечних предметів, які не є можливим знищити в заздалегідь визначених місцях, оскільки основні дослідження пов'язані з виявленням та нейтралізацією вибухового пристрою, у тому разі за допомогою роботизованих систем, та його безпечного перевезення. Ліквідація вибухонебезпечних предметів на місці виявлення супроводжується великими ризиками для підтримання життєдіяльності об'єктів, на яких має місце надзвичайна ситуація, особливо у випадках терористичних актів та з масовим перебуванням людей.

1.2. Аналіз відповідності стандартних оперативних процедур піротехнічного підрозділу ДСНС України тим задачам, які стоять перед ним в процесі ліквідації або відновлення небезпеки малогабаритних вибухонебезпечних предметів

1.2.1. Проблеми гуманітарного розмінування, яке здійснюється піротехнічними підрозділами ДСНС України

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 10 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 з надзвичайних ситуацій, що є одним із пріоритетних напрямків нашої діяльності. Для забезпечення ефективної реалізації завдань та заходів у сфері гуманітарного розмінування ДСНС створено систему гуманітарного розмінування та забезпечено її ефективне функціонування.

Комісія з питань гуманітарного розмінування визначає пріоритетні напрямки діяльності, команда менеджерів Служби забезпечує організацію та контроль за виконанням завдань, команди розмінування постійно виконують практичну роботу. Така система повністю відповідає передовим європейським практикам.

Для забезпечення оперативного реагування на випадки виявлення населенням вибухонебезпечних предметів та безпосереднього практичного виконання планових робіт з гуманітарного розмінування ділянок місцевості у системі ДСНС України діють 100 самостійних команд з розмінування загальною чисельністю понад 600 осіб. До складу однієї команди

розмінування входить 5–7 осіб, які оснащені спеціальним обладнанням для проведення робіт розмінування та їх забезпечення. Наявність двох спеціальних автомобілів для перевезення особового складу і обладнання та транспортування вибухонебезпечних предметів забезпечують повну автономність виконання однією командою завдань щодо розмінування, а також транспортування та знищення виявлених вибухонебезпечних предметів.

На сьогодні існуюча система гуманітарного розмінування забезпечує виконання піротехнічними підрозділами всього комплексу завдань та заходів у сфері гуманітарного розмінування, а саме:

- нетехнічне обстеження імовірно забруднених територій та технічне їх обстеження для деталізації обсягів виконання робіт з розмінування;
- безпосереднє проведення робіт з гуманітарного розмінування ділянок місцевості та знищення виявлених вибухонебезпечних предметів;
- проведення контролю якості виконаних робіт, як внутрішнього, так і зовнішнього;
- передачу розмінованої території місцевим органам влади та іншим власникам для подальшого використання у господарських цілях.

За підтримки Координатора проектів ОБСЄ в Україні спільно з фахівцями Женевського міжнародного центру гуманітарного розмінування з 2015 року у ДСНС впроваджено та забезпечено функціонування Системи управління інформацією у протимінній діяльності ІМСМА. На сьогоднішній день система ІМСМА діє на всій території України на базі територіальних органів управління ДСНС, а узагальнені данні щодо виконання підрозділами ДСНС робіт з гуманітарного розмінування на всій території України акумулюються у спеціальному підрозділі, що дислоковано у м. Києві.

З питань гуманітарного розмінування ДСНС активно співпрацює з багатьма міжнародними організаціями, зокрема із ОБСЄ, НАТО, ООН, ЮНІСЕФ, Женевським міжнародним центром гуманітарного розмінування,

Міжнародним комітетом червоного хреста, Данською групою розмінування та іншими. Крім цього, налагоджена співпраця із Сполученими Штатами Америки, Німеччиною, Норвегією, Японією та іншими країнами, що дозволяє максимально використовувати у діяльності напрацьований іноземними колегами досвід з розмінування та найкращі світові практики.

Починаючи з липня 2014 року, одразу після звільнення від проросійських терористів першого українського міста – Слов'янська, піротехніками з різних областей України виконується гуманітарне розмінування Донецької та Луганської областей, головною метою якого є збереження життя людей від наслідків застосування вибухонебезпечних предметів та забезпечення повернення у безпечне використання об'єктів інфраструктури та земель різного цільового призначення.

З метою постійної присутності безпосередньо в постраждалих внаслідок забруднення ВВП районах фахівців з розмінування, мінімізації відриву спеціалістів з інших регіонів та скорочення часу прибуття піротехніків на допомогу людям ДСНС створено два Регіональних центри гуманітарного розмінування у Донецькій (м. Маріуполь і Слов'янськ) та Луганській (м. Лисичанськ) областях.

Діяльність ДСНС у сфері розмінування територій Донецької та Луганської носить виключно гуманітарний характер, що полягає у забезпеченні:

- безпеки проживання людей у населених пунктах;
- відновлення та стабільного функціонування систем життєзабезпечення (електро-, газо-, водо- та інших комунальних систем);
- функціонування об'єктів транспортної інфраструктури і безпечного ведення населенням польових сільськогосподарських робіт;
- очищення від боєприпасів акваторій водних об'єктів.

З метою ефективного виконання завдань та заходів з гуманітарного розмінування ДСНС, відповідно до міжнародних стандартів здійснюються заходи щодо проведення нетехнічного обстеження місцевості на всій

території Донецької та Луганської областей. Вказані заходи проводяться спільно із місцевими громадами, а інформація стосовно встановлених імовірно та підтверджено небезпечних територій вноситься до загальної бази даних, що у подальшому сприятиме найшвидшому розблокуванню забруднених територій та надасть можливість здійснювати чітке планування завдань з розмінування.

Всього з початку виконання робіт підрозділами ДСНС обстежено та проведено розмінування окремих ділянок території загальною площею понад 24 тис. 860 гектарів території); розмінувано понад 1 тисячі об'єктів інфраструктури; знешкоджено близько 161 тис. вибухонебезпечних предметів. Крім того, підрозділами ДСНС з підводного розмінування обстежено понад 90 гектарів водних акваторій, у тому числі в місцях водозабірних, гідротехнічних споруд, мостових переходів і місць масового відпочинку людей.

Для запобігання поранень і загибелі населення від вибухонебезпечних предметів особливу увагу приділяється проведенню інформування населення про мінну небезпеку і правилам поведінки при виявленні підозрілих і вибухонебезпечних предметів. Вказана робота проводиться з дорослими та дітьми, а у віддалених населених пунктах за допомогою мобільних груп у тісній співпраці із міжнародними організаціями — ОБСЄ, ЮНІСЕФ, Данською групою з розмінування, Міжнародним Комітетом Червоного Хреста.

Видно, що питання ліквідації/локалізації поодиноких малогабаритних вибухонебезпечних предметів другої категорії не конкретизуються, хоча саме їх розмінування є найбільш складним елементом в роботі піротехнічних підрозділів ДСНС України.

1.2.2. Аналіз нормативних та керівних документів щодо реалізації стандартних оперативних процедур піротехнічним підрозділом

Відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України від 11 грудня 1999 року № 2294 «Про упорядкування робіт з виявлення, знешкодження та знищення вибухонебезпечних предметів» на Державну службу України з надзвичайних ситуацій (ДСНС) покладено функції з проведення піротехнічних робіт, пов'язаних із знешкодженням вибухонебезпечних предметів (ВНП), що залишились на території України після війн, сучасних боєприпасів та підривних засобів (крім вибухових пристроїв, що використовуються у терористичних цілях) [82].

На виконання цієї постанови був виданий спільний наказ МНС України, Міністерства оборони України, Міністерства транспорту та зв'язку, Державної прикордонної служби від 27 травня 2008 р. № 405/223/625/455 «Про організацію робіт з виявлення, знешкодження та знищення вибухонебезпечних предметів на території України та взаємодію під час їх виконання» [83].

Відповідно до цього наказу проведення робіт з розмінування (виявлення, знешкодження та знищення) ВНП, що залишилися на території України після війн, сучасних боєприпасів і підривних засобів (крім вибухових пристроїв, що використовуються в терористичних цілях) та інших вибухотехнічних робіт покладено:

– на територіальні органи управління та підпорядковані МНС підрозділи (зараз ДСНС) Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту - на всій території України, у внутрішніх водах та акваторіях Азовського і Чорного морів (за винятком територій, які надані для розміщення і постійної діяльності військових частин, установ, військових навчальних закладів, підприємств та організацій Збройних Сил України, інших військових формувань і об'єктів транспортної системи);

– на військові частини Збройних Сил України – на територіях, які надані для розміщення і постійної діяльності військових частин, установ, військових навчальних закладів, підприємств та організацій Збройних Сил України;

– на підрозділи Держспецтрансслужби – на об'єктах транспортної системи, із залученням у разі потреби підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту ДСНС та Збройних Сил України [100].

Також цим наказом встановлено:

- типовий штатний розрахунок та оснащення груп піротехнічних робіт (груп розмінування);
- коло відповідальних посадових осіб за організацію робіт з виявлення та знешкодження ВНП;
- порядок охорони ВНП до моменту прибуття піротехнічних підрозділів тощо.

В додатку №1 до Наказу наведені зони відповідальності територіальних органів управління та підпорядкованих МНС підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту щодо виявлення, знешкодження та знищення ВНП і проведення інших вибухотехнічних робіт.

У додатку № 4 зазначено типовий штатний розрахунок та оснащення відділення групи піротехнічних робіт територіальних органів управління та підпорядкованих МНС підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту.

Відділення групи піротехнічних робіт оснащується такими засобами індивідуального захисту:

- захисний бронежилет IV рівня захисту (захисний костюм легкого типу) – 5 шт.;
- захисний бронешолом III-A рівня захисту – 5 шт.;
- вибухозахисний костюм піротехніка – 1 шт.;
- вибухопоглинаєма ковдра (комплект засобів локалізації вибуху) – 1 шт.;
- щит укриття протиосколковий – 1 шт.;

– комплект засобів індивідуального захисту органів дихання і шкіри: протигаз з панорамною шолом-маскою; респіратор; костюм захисний типу Л-1 – 5 шт.

Комплектація піротехнічного відділення засобами надання першої медичної допомоги проводиться згідно з вимогами наказу МНС від 30.11.2006 р. № 760 "Про введення у дію Норм медичного постачання органів і підрозділів цивільного захисту МНС лікарськими засобами, виробами медичного призначення та медичною технікою поточного постачання" [84].

Комплектація відділень підводного розмінування проводиться згідно з вимогами типових нормативів (додаток 7 до наказу МНС від 20.06.2006 р. № 380 "Про затвердження Інструкції про організацію та здійснення організаційно-штатної роботи в МНС України") [85].

Що стосується вимог до обладнання спеціальних піротехнічних засобів, то вони наведені в Наказі ДСНС України № 184 від 24.04.2013 року «Про затвердження Настанови про аварійно-рятувальні машини та плавзасоби спеціального призначення ДСНС України» [86].

У цій Настанові надається визначення аварійно-рятувальних машин та плавзасобів спеціального призначення ДСНС України, їх класифікація за сферами застосування, типами, призначенням, функціональними можливостями та визначається перелік типового обладнання.

У відповідності до зазначеного нормативного документу спеціальна піротехнічна машина (СПМ) – це спеціально обладнаний транспортний засіб, що призначений для оперативної доставки піротехнічного розрахунку, спеціального обладнання, вибухових матеріалів до місця виявлення ВВП та їх транспортування до місця знищення, а також для зв'язку і оповіщення при виконанні завдань з розмінування.

Типи спеціальних піротехнічних машин:

– оперативна піротехнічна машина (ОПМ) на базі легкових автомобілів з колісною формулою 4 x 4;

- піротехнічна машина легкого типу (ПМ-Л) на базі вантажопасажирських автомобілів підвищеної прохідності;
- піротехнічна машина важкого типу (ПМ-В) на базі вантажних автомобілів підвищеної прохідності;
- оперативна піротехнічна машина водозна (ОПМ-В) на базі вантажопасажирських та вантажних автомобілів з колісною формулою 4 x 4 [87].

Таким чином, правові основи щодо захисту особового складу піротехнічних підрозділів при вилученні, транспортуванні та проведенні робіт зі знищення ВВП в Україні базуються на застарілих нормативних документах, які втратили свою актуальність, а також на стандартах країн-виробників засобів бронезахисту сапера (піротехніка). Питання ліквідації/локалізації поодиноких малогабаритних вибухонебезпечних предметів другої категорії не конкретизуються, хоча саме їх розмінування є найбільш складним елементом в роботі піротехнічних підрозділів ДСНС України. Це вказує на гостру необхідність у розробці нових підходів у сфері цивільного захисту до локалізації надзвичайних ситуацій, пов'язаних із загрозою вибуху малогабаритних вибухонебезпечних предметів, що не є можливим знищити в заздалегідь визначених місцях.

1.3. Постановка науково-практичної задачі

Розгляд сучасних підходів, які мають місце у сфері цивільного захисту, до визначення природи виникнення НС різного характеру показав доцільність концепції, виходячи з якої НС, пов'язана із несанкціонованим вибухом небезпечного предмету, – це передусім умовний рівень перебігу надзвичайної події, який досягається за одним або кількома домінуючими ознаками, з погляду рівня загрози, та/або можливостей протидії піротехнічних підрозділів ДСНС України. Виходячи з аналізу ступеня небезпеки, що безпосередньо надходить від малогабаритних

вибухонебезпечних предметів (МВНП), домінуючими наслідками слід вважати: - кількість жертв та кількість постраждалих, як наслідок першої групи пріоритетності; - кількість осіб з порушенням умов життєдіяльності та розмір заподіяної шкоди – наслідки другої групи пріоритетності; - площа поширення небезпеки НС та затрати на ліквідацію наслідків НС – наслідки третьої групи пріоритетності.

Досягнення межі переростання надзвичайної події (НП) в НС зазначеного типу може за двох послідовно настаючих умов. Умова I рівня небезпеки настання НС у разі вибуху ВНП – ураження осколками цивільних осіб, які знаходяться або евакуюються з приміщення об'єкту з масовим перебуванням людей, внаслідок несанкціонованого підриву ВНП. Умова II рівня небезпеки настання НС у разі вибуху ВНП – це ураження осколками фахівців піротехнічних підрозділів, як у разі санкціонованого підриву ВНП, якщо останній за причин безпеки недоцільно переміщати з місця його виявлення, так і у разі транспортування ВНП до місця його безпечного знищення.

Принциповою різницею умов I та II рівнів небезпеки є лише умови ініціалізації та протікання НП, яка пов'язана з вибухом ВНП. Принципи забезпечення безпеки залишаються однаковими та полягають у наступному. Оперативно-технічний метод запобігання НС у разі вибуху МВНП повинен забезпечити непереростання НП за межі, які визначають настання НС та, виходячи з пріоритетності наслідків, забезпечити відсутність ураження як цивільних осіб, так і фахівців піротехнічних підрозділів осколками.

Виходячи з цього, умовою ефективності запобігання надзвичайної ситуації, пов'язаної із загрозою вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету, є недопущення розвитку надзвичайної події до рівня надзвичайної ситуації за пріоритетними наслідками, як то, кількість жертв та кількість постраждалих, що відповідає умові забезпечення відсутності ураження цивільних осіб та фахівців піротехнічних підрозділів елементами ураження вибухонебезпечного предмету.

При наявності малогабаритного вибухонебезпечного предмету 2-го класу, який вимагає свого знешкодження на місці виявлення, це можна досягнути шляхом використання спеціалізованого локального захисного пристрою. Крім цього, застосування такого пристрою буде сприяти зменшенню наслідків другої та третьої груп пріоритетності, у тому разі, коли необхідно проводити аварійно-рятувальні роботи, пов'язані з малогабаритними вибухонебезпечними предметами 1-го класу.

Таким чином, обґрунтування наукових підходів до локалізації шляхом використання нового захисного пристрою розвитку надзвичайної події, пов'язаної із загрозою вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету, до рівня надзвичайної ситуації 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, є актуальною науково-практичною задачею цивільного захисту.

Висновки за першим розділом

1. Використання вибухових речовин у всьому світі в локальних військових конфліктах, а також при проведенні терористичних актів відродило інтерес як до дослідження вибухів, так і до вивчення способів запобігання або пом'якшення шкоди від застосування вибухових речовин. Урахування особливостей гуманітарного розмінування доведено до рівня Міжнародних стандартів протимінної діяльності, проте в них недостатньо розглядаються питання ліквідації вибухонебезпечних предметів, які не є можливим знищити в задалегідь визначених місцях, оскільки основні дослідження пов'язані з виявленням та нейтралізацією вибухового пристрою, у тому разі за допомогою роботизованих систем, та його безпечного перевезення. Ліквідація вибухонебезпечних предметів на місці виявлення супроводжується великими ризиками для підтримання життєдіяльності

об'єктів, на яких має місце надзвичайна ситуація, особливо у випадках терористичних актів та з масовим перебуванням людей.

2. Правові основи щодо захисту особового складу піротехнічних підрозділів при вилученні, транспортуванні та проведенні робіт зі знищення ВВП в Україні базуються на застарілих нормативних документах, які втратили свою актуальність, а також на стандартах країн-виробників засобів бронезахисту сапера (піротехніка). Питання ліквідації/локалізації поодиноких малогабаритних вибухонебезпечних предметів другої категорії не конкретизуються, хоча саме їх розмінування є найбільш складним елементом в роботі піротехнічних підрозділів ДСНС України. Це вказує на гостру необхідність у розробці нових підходів у сфері цивільного захисту до локалізації надзвичайних ситуацій, пов'язаних із загрозою вибуху малогабаритних вибухонебезпечних предметів, що не є можливим знищити в заздалегідь визначених місцях.

3. Обґрунтування наукових підходів до локалізації шляхом використання нового захисного пристрою розвитку надзвичайної події, пов'язаної із загрозою вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету, до рівня надзвичайної ситуації 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, є актуальною науково-практичною задачею цивільного захисту.

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ОПЕРАТИВНО-ТЕХНІЧНОГО СПОСОБУ ЛОКАЛІЗАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ, ПОВ'ЯЗАНОЇ З МАЛОГАБАРИТНИМ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИМ ПРЕДМЕТОМ

2.1. Захисний пристрій для запобігання надзвичайних ситуацій, пов'язаних з несанкціонованим вибухом малогабаритного небезпечного предмету

2.1.1. Визначення тактико-технічних вимог до засобу локалізації

На теперішній час в області вибухозахисної техніки використовується широкий спектр пристроїв, призначених для транспортування, знешкодження та знищення вибухонебезпечних предметів [90-93]. Найбільш часто це контейнери і вибухові камери, які виготовляються з високоміцних матеріалів і призначені для локалізації осколково-фугасної дії продуктів вибуху при можливому спрацьовуванні ВНП певної потужності і маси [94-97]. Загальними недоліками відомих пристроїв є складність їх конструкцій і висока матеріаломісткість для забезпечення необхідного запасу міцності. Ці обставини визначають високу вартість їх виготовлення і експлуатації, а також велику вагу, яка ускладнює можливість їх мобільного використання [98], а саме це, про що було відмічено в р.1, є нагальною проблемою не тільки в нашій країні, але й в інших країнах світу.

Виходячи з гіпотези, що за допомогою мобільного захисного пристрою можна локалізувати надзвичайну ситуацію, пов'язану із загрозою вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету, у якості основних тактико-технічних вимог до засобу захисту було визначено:

– під малогабаритним вибухонебезпечним предметом розглядаються вибухові предмети з масою тротилового еквіваленту до 120 г, що відповідає більшості можливих ситуацій [99]. Так, у найбільш поширеному випадку, коли необхідно локалізувати або знищити на місці ручну гранату РГ-6, маса її тротилового еквіваленту дорівнює 60 г;

– необхідно забезпечити захист особового складу піротехнічної групи, цивільних та навколишнього середовища не тільки від вибухової хвилі, але й від самого захисного пристрою (це зумовлює необхідність розвантажувальних отворів у корпусі) та осколків (це серед іншого зумовлює те, що конструкція всередині захисного пристрою повинна не допустити виліт осколків через розвантажувальні отвори);

– захисний пристрій повинен мати кріплення для розвантажувальних робіт у разі перевезення штатним вантажним автомобілем піротехнічного підрозділу, якщо той має відповідний маніпулятор;

– захисний пристрій від вантажного автомобіля піротехнічної групи, який привіз засіб захисту до місця надзвичайної ситуації, до місця знаходження небезпечного предмету може доставити особовий склад у засобах індивідуального захисту у кількості 2-3 особи. Виходячи з цього, з урахуванням вимоги з охорони праці щодо максимальної маси (до 50 кг), яку може переносити один піротехнік, маса повинна бути порядку 100 кг, а це зумовлює необхідність ручок на корпусі захисного пристрою для його перенесення особовим складом;

– з урахуванням того, що шароподібна конструкція забезпечує найвищий рівень захисту у порівнянні з іншими захисними пристроями [100], захисний пристрій повинен мати куполоподібну форму, яку можна реалізувати на виробництві. При цьому діаметр захисного пристрою повинен бути менше 90 см. Це забезпечить його пронесення через дверні пройми [101] піротехніками, у тому разі, коли небезпечний предмет знаходиться всередині споруди, що є характерним для випадку терористичної загрози [102].

2.1.2. Засіб локалізації елементів ураження у разі вибуху малогабаритного небезпечного предмету

Задачею засобу локалізації елементів ураження у разі вибуху малогабаритного небезпечного предмету є забезпечення можливості багаторазового використання пристрою, у тому разі для транспортування та

знищення вибухонебезпечних предметів різних потужностей, за рахунок підвищення запасу міцності, підвищенні мобільності пристрою, спрощення конструкції та зниження вартості його виготовлення і експлуатації.

Даний технічний результат досягається за рахунок того, що засіб локалізації елементів ураження має корпус у вигляді ковпака з можливістю розміщення під ним вибухонебезпечних предметів, поручні для зручності перенесення та установки і збільшувач ваги, розміщений по периметру основи корпусу для щільного прилягання до поверхні, згідно винаходу, корпус має форму близьку до напівсферичної та утворений плоскими металевими рівнобедреними пластинами трапецієвидної та трикутної форми, які з'єднані між собою високоміцними зварювальними швами з підсилювачами та розміщені у два яруси таким чином, що пластини трапецієвидної форми утворюють нижній ярус, а пластини трикутної форми – верхній, причому пластини трапецієвидної форми своїми бічними сторонами з'єднані між собою таким чином, що основу пристрою складає правильний багатокутник, гранями якого є нижні основи пластин трапецієвидної форми, до яких високоміцними зварювальними швами приєднано збільшувач ваги, а пластини трикутної форми своїми основами з'єднані з верхніми основами пластин трапецієвидної форми і між собою - бічними сторонами таким чином, що їх вершини з'єднані в одній точці. При цьому кожна пластина має у центрі отвір, який захищений з середини корпусу від вильоту осколків. У якості пристрою для захисту від вильоту осколків може бути використаний заглушений з боку впливу ударної хвилі вибуху металевий фланець з радіальними отворами на бічній поверхні, який встановлюється на отвір у центрі кожної пластини із середини корпусу і форма якого визначається формою отвору у центрі кожної пластини [103].

Наведена сукупність ознак забезпечує можливість багаторазового безпечного використання засобу локалізації елементів ураження у якості захисного пристрою за функціональним призначенням за рахунок підвищення його запасу міцності, а спрощення конструкції дозволяє знизити

вартість його виготовлення та експлуатації і спростити процес транспортування, що дає можливість підвищити мобільність пристрою.

На рис. 2.1 наведено загальний вигляд засобу локалізації елементів ураження, на рис. 2.2 – вид за А-А рис. 1, на рис. 2.3 – тривимірна модель засобу локалізації елементів ураження.

Засіб 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.

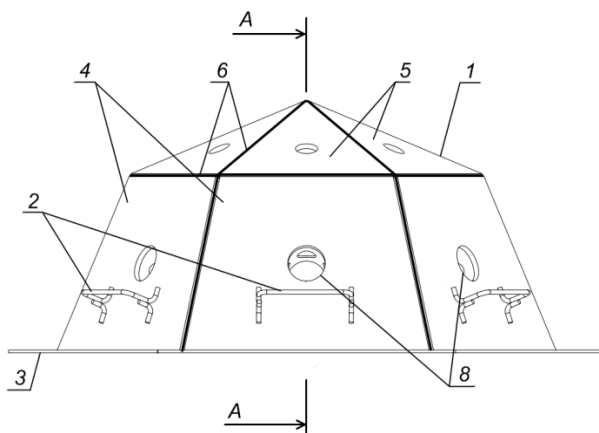


Рисунок 2.1. Засіб локалізації елементів ураження

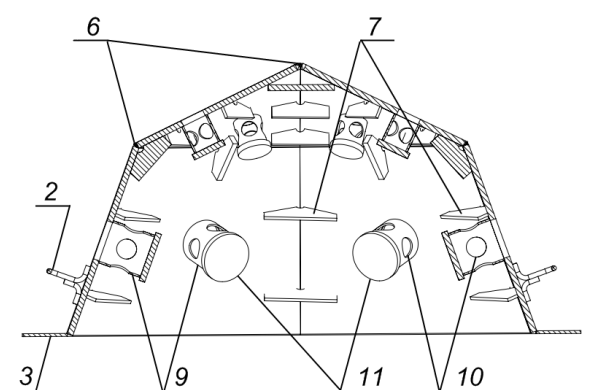


Рисунок 2.2. Вид засобу локалізації елементів ураження за А-А

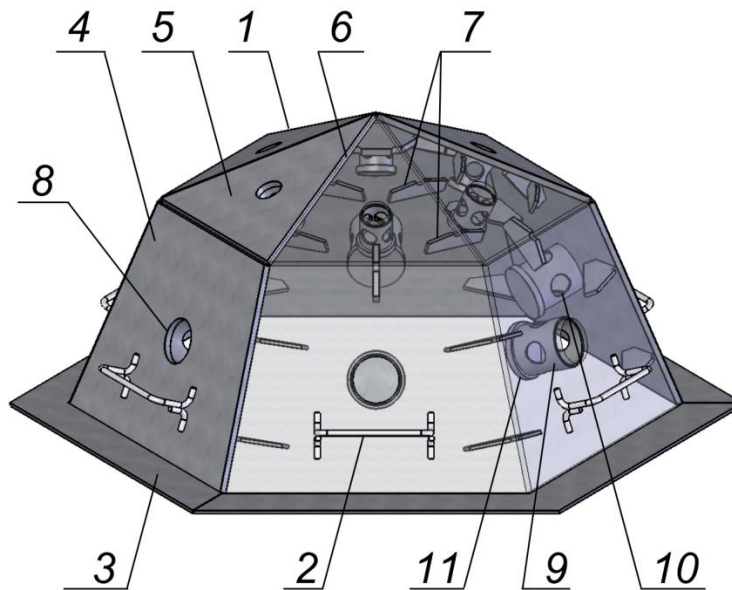


Рисунок 2.3. Тривимірна модель засобу локалізації елементів ураження

Засіб локалізації елементів ураження працює наступним чином. За допомогою поручнів 2 вручну пристрій встановлюється над вибухонебезпечним предметом, що знищується або підлягає транспортуванню, таким чином, що корпус 1 повністю ізолює його від оточуючого середовища. Для більш щільного контакту з поверхнею, на яку встановлюється пристрій, використовується збільшувач ваги 3, виготовлений у вигляді металевих пластин прямокутної форми, що закріплюються за допомогою зварних швів по всьому периметру основи корпусу 1. При необхідності масу збільшувача ваги 3 можна додатково наростити вантажем, у якості якого можуть бути використані ґрунт, пісок або інші сипучі матеріали в мішках. Вибір форми корпусу 1 захисного пристрою для транспортування та знищення вибухонебезпечних предметів обумовлений необхідністю рівномірного розподілу впливу ударної хвилі вибуху та осколків на внутрішню поверхню пристрою. Заявлена близька до напівсферичної форма корпусу 1 дозволяє забезпечити рівномірність конструкції у всіх напрямках дії продуктів вибуху як у разі знищення, так і у випадках несанкціонованого спрацьовування вибухонебезпечних предметів при їх транспортуванні, коли ударна хвиля та осколки вибуху впливають на

всю внутрішню поверхню корпусу 1, що послаблює їх руйнівну дію за рахунок взаємодії та відбивання металевими пластинами 4 і 5. При цьому близька до напівсферичної форма корпусу 1 забезпечує рівномірний розподіл впливу тиску у фронті ударної хвилі та осколків вибуху на внутрішню поверхню корпусу 1, що разом із високоміцними зварювальними швами 6 з підсилювачами 7 запобігає локальним розривам. Піковий надлишковий тиск у фронті ударної хвилі частково скидається в атмосферу крізь отвори 8 в центрі кожної пластини. Це додатково поменшує енергію вибуху, що впливає на поверхню корпусу 1, збільшуючи час до його руйнування, та забезпечує разом із збільшувачем ваги 3 відносно нерухомий стан корпусу 1 під час вибуху. Заглушений з боку впливу ударної хвилі заглушкою 11 фланець 9, що встановлений на отвір 8 із середини корпусу 1, запобігає можливому вильоту осколків в оточуюче середовище крізь отвори 8 у центрі пластин, забезпечуючи частковий скид тиску у фронті ударної хвилі крізь отвори 10 на бічній поверхні фланця 9.

Двох'ярусне розташування пластин 4 і 5 забезпечує необхідну міцність конструкції корпусу 1 з урахуванням мінімально можливої кількості зварних з'єднань. При цьому еквівалентній півсфері рівень захисту та запас міцності може забезпечити конструкція корпусу 1 з шести пластин 4 і 5 кожної форми з однаковою довжиною бічних сторін. Розміри пластин для двох'ярусної конструкції в цьому випадку можуть визначатися за співвідношеннями:

$$l = 0,765R; \quad (2.1)$$

$$a = 2R \sin(180^\circ/n); \quad (2.2)$$

$$b = 1,53R \sin(180^\circ/n), \quad (2.3)$$

де: n – загальна кількість пластин 4 і 5;

l – довжина бічних сторін пластин 4 і 5;

a – довжина нижньої основи пластин трапецієвидної форми 4 нижнього ярусу;

b – довжина основи пластин трикутної форми 5 верхнього ярусу та верхньої основи пластин трапецієвидної форми 4 нижнього ярусу;

R – радіус описаної навколо корпусу 1 півсфери.

Товщина пластин 4 та 5, розміри отворів 8 і 10 та радіус R описаної навколо корпусу 1 півсфери визначаються в залежності від потужності і калібру (розмірів) вибухонебезпечних предметів, що знищуються або транспортуються, та кількості енергії вибуху, що повинна бути стравлена крізь отвори з середини корпусу 1 для забезпечення вимог щодо встановлених умов функціонування заявленого пристрою.

2.1.3. Умови забезпечення безпеки особового складу

У відповідності до тактико-технічних вимог, визначених в 2.1.1, із броньованої сталі 20 було виготовлено засіб локалізації елементів ураження у разі вибуху малогабаритного небезпечного предмету всередині захисного пристрою. Реальна маса запропонованого засобу захисту склала фактично 130 кг, що відповідає ергономічним вимогам до його перенесення трьома піротехніками [104].

Пілотне випробування експериментального зразка, коли за його допомогою здійснювалась локалізація вибуху вибухонебезпечного предмету з тротиловим еквівалентом 50 г, показало, що захисний пристрій підлетів на висоту більше 3 м. Це свідчить про небезпеку самого захисного пристрою для навколишнього середовища, особливо у випадку його використання всередині приміщень, та особового складу піротехнічної групи, який може бути ураженим осколками вибухонебезпечного предмету, наприклад у випадку використання ручних гранат.

Таким чином, розроблено захисний пристрій куполоподібної форми, пілотні випробування якого (експериментальний зразок діаметром близько 90 см та масою 130 кг було виготовлено із броньованої сталі 20) для локалізації малогабаритного вибухонебезпечного предмету показали, що для його використання в оперативній діяльності необхідно здійснити додаткове навантаження на корпус та захисне обвалування, висота якого повинна бути більше висоти підльоту захисного пристрою з додатковим навантаженням.

2.2. Аналіз фізичної моделі локалізації наслідків надзвичайної ситуації за допомогою захисного пристрою у разі вибуху малогабаритного небезпечного предмету

З позицій локалізації наслідків НС у разі вибуху МВНП, які були розглянуті в 1.4, та необхідності використання додаткового навантаження, що було показано за результатами полігонних випробувань в 2.1, відповідна фізична модель у разі застосування захисного пристрою має вигляд, який наведено на рис.2.4.

На рис.2.4 маємо наступні визначення: A_1 – малогабаритний вибухонебезпечний предмет 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 осколкопоглинача Γ ; D – поверхня, на якій знаходиться МВНП; $h_{\text{под}}$ – висота підльоту технічного засобу з додатковим навантаженням внаслідок вибуху МВНП; A_2 – детонаційний пристрій масою $m_{\text{ДП}}$; h_1 – висота пристрою B ; h_3 – найменша висота осколкопоглинача Γ ; $h_{\text{ВНП}}$ – висота ВНП.

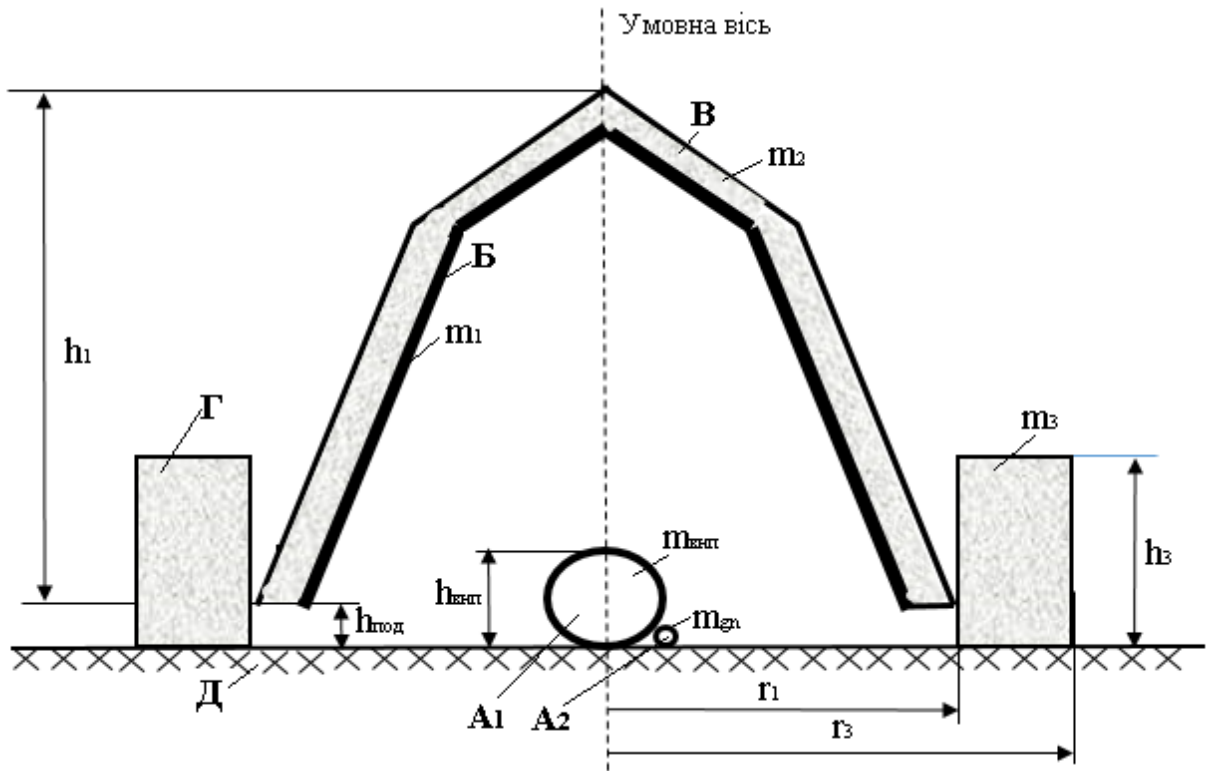


Рис.2.4. Фізична модель локалізації наслідків вибуху МВНП за допомогою захисного пристрою

Відповідно, умовою ефективності застосування захисного пристрою є строге виконання системи рівнянь

$$\begin{cases} q_1(m, v, t) = 0; \\ q_2(m, v, t) = 0; \\ q_3(m, v, t) \leq q_3^{\text{об.р}}, \end{cases} \quad (2.1)$$

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.

Діапазони варіації вхідних параметрів (m, v, t) залежать від умов (Табл.2.1) як оперативного, так і технічного характеру.

Таблиця 2.1

Вплив на ефективність ліквідації НС внаслідок загрози вибуху МВНП

Вид впливу	Параметр		
	m	v	t
Технічні умови	Потужність МВНП; міцність захисного пристрою Б; габарити пристрою Б; різнохарактерність поведінки поверхні Д, на якій знаходиться МВНП	Нормативне додаткове навантаження на піротехніка	Експертна оцінка технічного стану та безпеки МВНП
Оперативні умови	Нормативно допустима вага корисного навантаження	Стан фізичної готовності особового складу	Кількість особового складу піротехнічного підрозділу, яка задіяна

Аналіз Табл.2.1 показує, що запобігання НС внаслідок загрози вибуху МВНП вимагає розробки відповідного оперативно-технічного способу, реалізація якого повинна забезпечити недопущення розвитку надзвичайної події до рівня НС за пріоритетними наслідками, як то, кількість жертв та кількість постраждалих. Визначення рекомендацій щодо скорочення часу локалізації наслідків НС у разі вибуху МВНП за допомогою захисного пристрою вимагає отримання математичної моделі локалізації осередку НС (МВНП) на основі формування вагових характеристик відповідних оперативно-технічних засобів з урахуванням низки наступних припущень:

- вся маса оперативно-технічних засобів повинна бути доставлена в осередок можливого вибуху

$$m = m_1 + m_2 + m_3, \quad (2.2)$$

де m_1 та m_2 – маса активних засобів, яка залежить від маси МВНП, маси можливого дистанційного пристрою, а також міцностних характеристик засобу захисту та поверхні, на якій знаходиться МВНП; m_3 – маса пасивних елементів засобу локалізації, які відповідно залежать від висоти вертикального переміщення активних засобів та є фактично умовою визначення їх ваги. Тобто їх можна визначити виходячи з габаритних параметрів технічного засобу захисту Б;

- інші технічні умови та умови оперативного характеру є умовами граничного типу, що дозволяють отримати кінцеве рішення моделі, яка формується у вигляді сукупності рішень окремих задач відповідно до кожного вагового компоненту (2.2)

Таким чином, оперативно-технічний спосіб запобігання надзвичайних ситуацій, пов'язаних з несанкціонованим вибухом малогабаритного предмету, полягає у визначенні рекомендацій щодо скорочення часу локалізації наслідків надзвичайної ситуації без зниження рівня безпеки особового складу піротехнічного підрозділу за допомогою мобільного захисного пристрою на основі аналізу математичної моделі локалізації наслідків надзвичайних ситуацій у разі вибуху малогабаритного небезпечного предмету.

2.3. Розробка математичної моделі локалізації за допомогою захисного пристрою куполоподібної форми наслідків надзвичайних ситуацій у разі вибуху малогабаритного небезпечного предмету

2.3.1. Визначення граничних умов рішення окремої задачі з визначення міцності технічного засобу локалізації елементів ураження за умов імпульсного навантаження

Розрахункова схема формується з припущення, що МВНП знаходиться на складній поверхні з коефіцієнтом проникнення, що дорівнює 1, та висотою $h_{\text{поверх}}$, яка визначається

$$h_{\text{поверх}} = h_1 - h_{\text{МВНП}} \quad (2.3)$$

та відповідає рис.2.5.

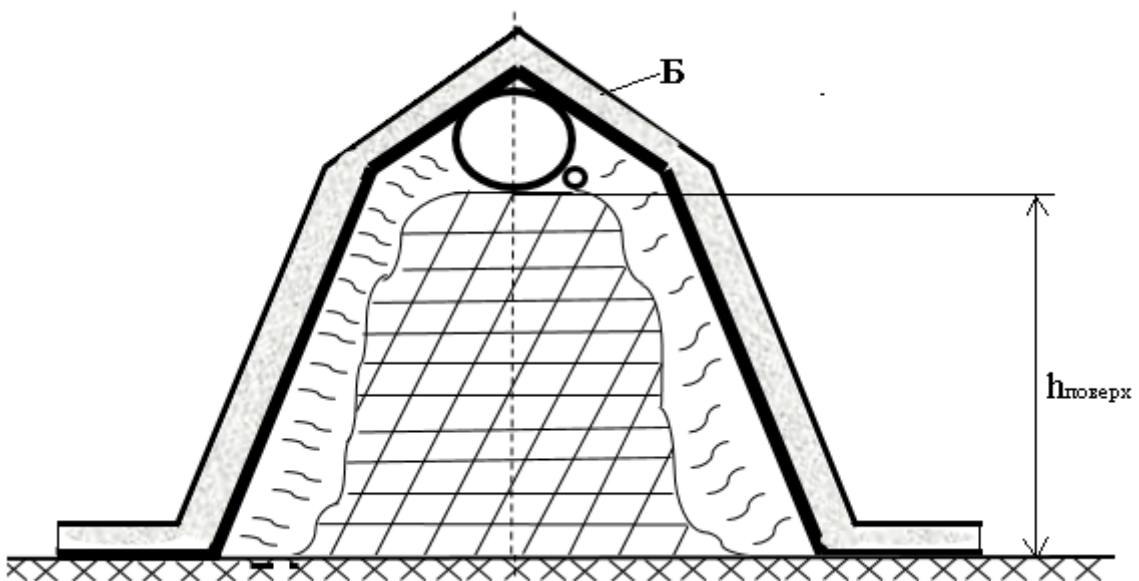


Рис.2.5. Розрахункова схема

Обрана схема розміщення МВНП є найгіршим випадком з боку виникнення деформацій та збиткової напруги в засобі захисту Б. Отримані за схемою, яка наведена на рис.2.5, висові значення засобу Б забезпечать умову його міцності і за менш складних умов априорі.

Для вирішення першої частини окремої задачі міцності технічного засобу локалізації осколків було використано метод кінцево-елементного моделювання, який реалізовано в кінцево-елементному пакеті «ANSYS». На сьогодні даний комплекс дозволяє моделювати поведінку різномірного середовища під впливом імпульсного навантаження. Оскільки розрахункова

схема (рис.2.5) містить як газоподібне середовище у вигляді продуктів детонації МВНП і повітря, яке знаходиться під по верхньою засобу захисту Б, а також твердої металевої поверхні, моделювання за допомогою кінцево-елементного комплексу «ANSYS» доцільно проводити за допомогою Ейлерово-Лагранжевого підходу.

Слід відмітити, що розширення продуктів детонації в загальній постановці описується рівнянням Джонса-Уілкінса-Лі

$$p = A \cdot \left(1 - \frac{\omega}{R_1 \cdot V}\right) \cdot e^{-R_1 \cdot V} + B \cdot \left(1 - \frac{\omega}{R_2 \cdot V}\right) \cdot e^{-R_2 \cdot V} + \frac{\omega \cdot E_0}{V}, \quad (2.4)$$

де p, E_0, V – тиск, внутрішня енергія та відносний об'єм відповідно. A, B, R_1, R_2, ω – емпіричні константи.

Це рівняння входить до бібліотеки комп'ютерного комплексу ANSYS/AUTODYNта дозволяє вирішити задачу визначення міцності конструкції засобу захисту Б під час вибуху і тим самим визначити геометричні обмеження для засобу Б.

Зазначене рівняння (2.4) слід доповнити рівнянням ізоентропічного розширення Орленка Л.П. [105]

$$p_S = B_0 \cdot p^k + C_0 \cdot p^\Gamma, \quad (2.5)$$

де B_0, C_0, k – параметричні константи рівняння; Γ – коефіцієнт Грюнайдена.

Такий підхід дозволяє охопити весь спектр вибухонебезпечних речовин, як промислових, так і саморобних.

Значення коефіцієнта Γ коливається в межах від $0,25 \div 0,35$ для малих значень густини $\rho = 1000 \div 1600 \text{ кг/м}^3$ до $0,7 \div 1$ для $\rho \geq 10000 \text{ кг/м}^3$.

Параметри V_0 , C_0 , k визначаються через параметри детонаційної хвилі в точці Чапмена-Жуге [121] наступним чином

$$V_0 = \frac{p_H - \Gamma \cdot \rho_H \cdot E_H}{\rho_H^k} \cdot \frac{k-1}{k-1-\Gamma}, \quad (2.6)$$

$$C_0 = \frac{p_H - V_0 \cdot \rho_H^k}{\rho_H^{1+\Gamma}}, \quad (2.7)$$

$$k = 1 + \frac{2-\Gamma}{1 - \frac{\Gamma}{6} \cdot \left(1 + \frac{32Q}{D^2}\right)}, \quad (2.8)$$

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.

Відповідні параметри на фронті детонаційної хвилі визначаються за допомогою наступних залежностей

$$\left\{ \begin{array}{l} p_H = \frac{\rho_0 \cdot D^2}{4}; \\ \rho_H = \frac{4}{3} \cdot \rho_0; \\ E_H = \frac{p_H}{2} \cdot \left(\frac{1}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_H} \right) + Q, \end{array} \right. \quad (2.9)$$

де ρ_0 – початкова густина вибуху.

В наведеній постановці (2.4)–(2.9) задача розрахунку міцності корпусу в зазначеному кінцево-елементному пакеті не вирішується. У зв'язку з цим введемо припущення, що корпус засобу захисту Б виготовлено з урахуванням

$$h_k = 3 \cdot h_0, \quad (2.10)$$

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

З урахуванням цього модель розрахунку напружено-деформованого стану уявляє собою крайову задачу теорії упру гості, яку повністю визначає система рівнянь рівноваги Нав'є

$$\sigma_{ij,j} + F_i = 0 \quad (i, j = 1.2.3), \quad (2.11)$$

де $\sigma_{ij,j}$ – компоненти тензора напруги; F_i – компоненти вектору об'ємних сил, які визначаються виходячи з рішення рівняння (2.4) для відомих промислових зразків вибухонебезпечної речовини або з рішення системи рівнянь (2.5)÷(2.9) для вибухонебезпечних речовин непромислового виготовлення.

Формули Коші, які встановлюють зв'язок між компонентами вектору переміщення U та тензору деформації E , мають вигляд

$$E_{ij} = 1/2 \cdot (U_{i,j} + U_{j,i}) \quad (i, j = 1.2.3) \quad (2.12)$$

та фізичні співвідношення

$$\sigma_{ij} = \frac{\partial W(E_{ij})}{\partial E_{ij}} \quad (i, j = 1.2.3) \quad (2.13)$$

доповнюються граничними умовами

$$p_{iv} = \sigma_{ij, n_j} \quad (x_i \in S_F); \quad (2.14)$$

$$U_i = U_{i0} \quad (x_i \in S_U), \quad (2.15)$$

де $W(E_{ij})$ – енергія пружної деформації; 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.

Відповідно задача у варіаційній постановці з умови мінімуму варіації повної енергії

$$\delta \mathcal{E}(U) = 0 \quad (2.16)$$

може бути представлена у вигляді

$$\mathcal{E}(U) = \iiint_V W(E_{ij}) dV - \iiint_V F_i U_i dV - \iint_{S_F} P_{iU} U_i dS \quad (2.17)$$

де $\mathcal{E}(U)$ – повна енергії всієї пружної області.

З урахуванням залежностей Костельяно (18) стосовно питомої потенційної енергії

$$\frac{\partial W(E_{ij})}{\partial \sigma_{ij}} = E_{ij} \quad (2.18)$$

рівняння (2.17) приймає вигляд

$$\Xi(U) = \frac{1}{2} \iiint_V E^T \sigma dV - \left(\iint_{S_F} U^T P dS + \iiint_V U^T F dV \right) \quad (2.19)$$

де T – операція транспонування.

Відтак, система рівнянь (2.4), (2.5), (2.9) та (2.19) з урахуванням виконання вимог (2.10), (2.14) та (2.15) визначає умови розрахунку на міцність від миттєвого навантаження внаслідок підриву МВНП. Тобто, рішення окремої задачі $\Psi_{ММБ}$ дозволяє оцінити розмір мінімальної товщини h_0 , яка дозволяє витримати вибух МВНП, еквівалентний 200 г тротилу, та з урахуванням матеріалу засобу захисту Б, а саме сталь 20 з параметрами $\rho = 7850 \text{ кг/м}^3$; $E = 210 \text{ ГПа}$; $\mu = 0,33$; $\sigma_T = 288 \text{ МПа}$; $E_t = 1 \text{ ГПа}$. Відповідно, можна визначити мінімальну вагу засобу захисту Б з урахуванням геометрії перекриття зони вибуху МВНП, яка наведена на рис. 2.5.

2.3.2. Визначення умов рішення задачі оцінки міцності технічного засобу локалізації елементів ураження за умов циклічного навантаження

За припущення, що циклічне навантаження імпульсного характеру на межі максимально допустимого може призвести до виникнення втоми тріщини, поява останньої може стати причиною виникнення концентратора напруги та відповідно руйнування засобу локалізації Б.

Загальний вираз для розрахунку повної довговічності $N_{пд}$ засобу локалізації Б до руйнування від втоми має вигляд

$$N_{пд} = N_{дГ} + N_{МТ} + N_{ВТ}, \quad (2.20)$$

де $N_{дГ}$ – кількість циклів навантаження до виникнення малої тріщини; $N_{МТ}$ – кількість циклів навантаження під час росту малої тріщини; $N_{ВТ}$ – кількість циклів навантаження під час росту великої тріщини.

Введемо два припущення:

1) велика тріщина це люба тріщина, яка визначається візуально. Внаслідок цього подальше використання засобу локалізації Б є небажаним, оскільки виникає можливість його руйнування в процесі локалізації МВНП. Тобто $N_{BT} = 0$;

2) внаслідок першого імпульсного навантаження на внутрішній поверхні засобу локалізації Б утворюється мікротріщина, а відтак $N_{dT} = 1$.

Отже для виразу (2.20) маємо

$$N_{пд} = 1 + N_{MT}. \quad (2.21)$$

Для визначення показника величини N_{MT} використаємо модель Паріса-Герцберга. В цьому випадку з урахуванням факту зміни границі витривалості $\Delta\sigma_e$ на $\Delta\sigma$, що відповідає поточному рівню навантаження у відповідності до модифікованої діаграми Кічагави-Такагаші, тріщина має величину

$$l_i = \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{\Delta K_{tn}}{Y \cdot \Delta\sigma} \right)^2 \quad (2.22)$$

де Y – геометричний фактор (для крайової наскрізної тріщини дорівнює 1,122); ΔK_{tn} – розмах порогового коефіцієнту інтенсивності напружень

$$\Delta K_{tn} = U^{-1} \cdot \Delta K_{tn\text{eff}}, \quad (2.23)$$

де U – коефіцієнт закриття тріщини ($U \leq 1$), який приймає вигляд

$$U = \sqrt{d/l_0}, \quad (2.24)$$

де d – поточний розмір тріщини; l_0 – розмір втомної тріщини, який відповідає границі витривалості та дорівнює

$$l_0 = \frac{E^2 \cdot \delta}{\sigma_{-1}^2}, \quad (2.25)$$

де δ – вектор Бюргера.

З урахуванням (2.23) та (2.25) вираз (2.22) приймає вигляд

$$l_0 = \frac{E^2 \cdot \delta}{\Pi \cdot d \cdot Y^2 (\Delta\sigma)^2} \cdot l_0. \quad (2.26)$$

Процес росту тріщини описується наступним рівнянням

$$\frac{dl}{dN} = 6 \cdot \left(\frac{\Delta K}{E \cdot \sqrt{\delta} \cdot \sqrt{l/d}} \right)^3. \quad (2.27)$$

Відтак маємо

$$N_{MT} = \frac{E^3 \cdot \sqrt{\delta}}{(\sigma_a \cdot Y_1 \cdot \sqrt{n \cdot d})^3} \cdot (l_i - d). \quad (2.28)$$

Відповідно вираз для розрахунку повної довговічності з урахуванням (2.28) приймає вигляд

$$N_{\text{пд}} = 1 + \frac{E^3 \cdot \sqrt{6}}{(\sigma_a \cdot Y_1 \cdot \sqrt{n \cdot d})^3} \cdot (l_i - d). \quad (2.29)$$

Вираз (2.29) слід доповнити умовами безпеки під час застосування засобу локалізації Б та виконання ним цільових функцій. Тобто, вираз (2.29) має місце за умови відсутності візуальних дефектів по внутрішній поверхні засобу Б після підриву МВНП. Якщо попередня експертиза МВНП вказує на пограничне значення потужності або на її перевищення, приймається уточнюючий коефіцієнт довговічності

$$K_{\text{дов}} = \frac{1}{1 + 2 \cdot K_{\text{пер}}}, \quad (2.30)$$

де $K_{\text{пер}}$ – відсоток перевищення розрахункової потужності.

З урахуванням (2.30) маємо

$$N_{\text{пд}} = 1 + \frac{1}{1 + 2 \cdot K_{\text{пер}}} \cdot \frac{E^3 \cdot \sqrt{6}}{(\sigma_a \cdot Y_1 \cdot \sqrt{n \cdot d})^3} \cdot (l_i - d). \quad (2.31)$$

Фактично вираз (2.31) не визначає габаритні характеристики засобу локалізації Б, а є умовою, маючи за мету виконання системи рівнянь (2.1), його безпечного застосування та доповнює умови (2.10), (2.14), (2.15) рішення задачі $\Psi_{\text{ММБ}}$.

2.3.3. Рішення окремої задачі з визначення маси додаткового навантаження засобу локалізації

Визначення маси m_2 (рис. 2.4) додаткового навантаження засобу локалізації Б спирається на рівняння збереження енергії, а саме рівняння

переходу енергії на фронті детонаційної хвилі, яка визначається рівнянням (2.9), у потенційну енергію підняття засобу локалізації Б з додатковим навантаженням на висоту h , достатню для витoku газоподібних продуктів детонації МНП. Потенційна енергія засобу локалізації Б, який переміщено на висоту $h_{\text{під}}$ підльоту з умови вільного витікання газоподібних продуктів вибуху, розраховується наступним чином

$$W_{\text{П}} = (m_1 + m_2) \cdot g \cdot h_{\text{під}}, \quad (2.32)$$

де g – прискорення вільного падіння.

Виходячи з припущення еквівалентності енергій

$$E_{\text{Н}} = W_{\text{П}}, \quad (2.33)$$

що є допустимим для вибуху малогабаритних ВНП внаслідок їх малої потужності, однорідності стану газоподібного середовища в межах засобу локалізації Б, однорідності структури поверхні, на якій розміщено малогабаритний ВНП.

Наступним припущенням є реалізація умови направленості вибуху у верхню полусферу

$$K_{\text{поверх}} \Rightarrow 1, \quad (2.34)$$

що на практиці відповідає поверхні, на якій відсутнє проникнення результатів вибуху. Це відповідає підлозі більшості об'єктів з масовим перебуванням людей (станції метрополітену, холи та переходи торговельних та розважальних центрів тощо).

У разі зміни параметрів поверхні у діапазоні $1 \div 0,6$ частина кінетичної енергії вибуху МВНП буде використана на деформацію поверхні, що

зменшить енергію на фронті детонаційної хвилі на значення, яке відповідає коефіцієнту поверхні.

Враховуючи вирази (2.32)÷(2.34), отримаємо

$$m_2 = \frac{E_H \cdot K_{\text{поверх}}}{q \cdot h_{\text{під}}} - m_1 \quad (2.35)$$

при виконанні умов

$$\begin{cases} m_1 = \Psi_{\text{ММБ}}(m_{\text{ВНП}} + m_{\text{ДП}}) = \text{const}; \\ h_{\text{під}} = \text{const} . \end{cases} \quad (2.36)$$

Враховуючи умови ергономічності та безпеки праці,

$$m_2 = \sum_{i=1}^{n_2} m_2^i \quad (2.37)$$

за умови

$$m_2^i \leq m_{\text{max}}^{\text{нач}} \cdot K_{\text{пір}} , \quad (2.38)$$

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.

Відтак рішення системи рівнянь (2.35), (2.37) за умови виконання вимог (2.36) та (2.38) дозволяє отримати рішення окремої задачі $\Psi_{\text{днзл}}$ з визначення маси додаткового навантаження засобу локалізації Б.

2.3.4. Рішення окремої задачі з визначення маси пасивних елементів засобу локалізації

З розгляду схеми локалізації, яка наведена на рис. 2.4, видно, що основними вимогами до елементів пасивного захисту засобу локалізації Б, є:

- висота пасивних елементів повинна забезпечити перекриття висоти підльоту засобу локалізації, яка визначається з умови півкратного перекриття $h_{\text{під}}$

$$h_{m_3} = \frac{3}{2} \cdot h_{\text{під}}; \quad (2.39)$$

- ширина пасивних елементів повинна забезпечити надійне не проникнення небезпечних фрагментів МВНП за периметр пасивних елементів засобу локалізації.

Для рішення задачі з визначення маси пасивних елементів будемо вважати, що коефіцієнт поверхні дорівнює 1 (найгірший випадок), за якого всі осколки у разі вибуху МВНП будуть розлітатися у верхню півсферу вибуху, яка прикрита активним засобом. В зону, що є незахищеною, у разі підльоту засобу локалізації можуть попасти поодинокі осколки, які відрикошетились від внутрішньої поверхні засобу локалізації.

Для розрахунку значення їх сукупної енергії використаємо методику, яка запропонована в [106]. У відповідності до нього прямокутна область $S_{\text{під}}$, яка в свою чергу поділяється на рівні комірки площею S_{ij} , визначається як

$$S_{\text{під}} = 2\pi \cdot r_i \cdot h_{\text{під}}. \quad (2.40)$$

Сукупна енергія кількості n_{ij} осколків, які з деякою ймовірністю потрапляють у відповідну комірку S_{ij} , визначається як

$$W_{ij} = \sum_k^{k'} \left(\theta_{ij}(p_k) \cdot \frac{m_k \cdot U_k^2}{2} \right), \quad (2.41)$$

де функція $\theta_{ij}(p_k)$ – визначає, потрапив чи ні k -ий осколок в комірку (ij)

$$\theta_{ij}(p_k) = \begin{cases} 0, & p_k \notin \sum ij; \\ 1, & p_k \in \sum ij; \end{cases} \quad (2.42)$$

m_k – маса k -ого осколку; U_k – швидкість k -ого осколку в момент падіння.

Щільність осколочного поля Π_{ij} розраховується як

$$\Pi_{ij} = \frac{n_{ij}}{R \cdot S_{ij}}. \quad (2.43)$$

Відповідно, вираз щодо сукупної енергії осколків в межах однієї комірки

$$E_{ij} = \frac{W_{ij}}{R \cdot S_{ij}}. \quad (2.44)$$

Враховувати потрібно лише ті комірки поля, в межах якої сукупна енергія перевищує критичний поріг E_* . Ця умова обумовлює

$$\theta_{ij}(E_{ij} \geq E_*) = \begin{cases} 0, & E_{ij} < E_*; \\ 1, & E_{ij} \geq E_*. \end{cases} \quad (2.45)$$

В результаті

$$E_{ij} = \frac{W_{ij}}{R \cdot S_{ij}} \cdot \theta_{ij}(E_{ij} \geq E_*). \quad (2.46)$$

Відтак, умовою визначення необхідної енергії пасивних засобів локалізації є рівняння енергетичної рівноваги

$$E_{ij} = F_{\text{тер. оск.}}^{ij}. \quad (2.47)$$

де $F_{\text{тер. оск.}}^{ij}$ – втрати енергії на тертя та тепловиділення осколків в межах S_{ij} комірки поля осколків. В загальному вигляді вони визначаються як

$$F_{\text{тер. оск.}}^{ij} = \mu_0 \cdot (N + S \cdot p_0). \quad (2.48)$$

де μ_0 – істинний коефіцієнт тертя; S – загальна площа контакту осколків межах комірки S_{ij} ; N – сила нормального тиску; p_0 – додатковий тиск, який є викликаним силами молекулярного тяжіння.

Фактично виконання системи (2.47), (2.48) визначає різницю приведених радіусів (рис. 2.4) $r_2 - r_1$. З урахуванням технологічних обмежень до пасивних елементів засобу локалізації Б приймаємо наступну умову

$$\text{if } \begin{cases} r_2 - r_1 \leq h_{\text{тех}} \Rightarrow r_2 - r_1 = h_{\text{тех}}; \\ r_2 - r_1 > h_{\text{тех}} \Rightarrow r_2 - r_1 = 2 \cdot h_{\text{тех}}. \end{cases} \quad (2.49)$$

Тоді рівняння щодо визначення необхідного об'єму $V_{\text{пл}}$ пасивних засобів локалізації має вигляд

$$V_{\text{пл}} = 3h_{\text{під}} \cdot (r_2 - r_1) \cdot 2\Pi \cdot \left(\frac{r_2 - r_1}{2} + r_1 \right). \quad (2.50)$$

Відповідно, маса m_3 пасивних засобів локалізації вибуху МВНП дорівнює

$$m_3 = \rho_{\text{пл}} \cdot 3h_{\text{під}} \cdot (r_2 - r_1) \cdot 2\Pi \cdot \left(\frac{r_2 - r_1}{2} + r_1 \right). \quad (2.51)$$

де $\rho_{\text{пл}}$ – щільність матеріалу пасивних засобів локалізації.

Як і у випадку рішення окремої задачі $\Psi_{\text{днзл}}$, рішення окремої задачі з визначення маси пасивних елементів засобу локалізації $\Psi_{\text{пзл}}$ передбачає врахування умов ергономіки та безпеки праці, а саме

$$m_3 = \sum_{i=1}^{n_p} m_3^i \quad (2.52)$$

за умови

$$m_3^i \leq m_{\text{max}}^{\text{нач}} \cdot K_{\text{пір}}, \quad (2.53)$$

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

Відтак, рішення системи рівнянь (2.51) та (2.52) за умови виконання вимог (2.47), (2.49) та (2.53) дозволяє отримати рішення окремої задачі $\Psi_{\text{ПЛ}}$ з визначення маси пасивних елементів засобу локалізації наслідків вибуху МВНП.

2.3.5. Опис розробленої математичної моделі локалізації наслідків НС у разі вибуху МВНП

У відповідності до 2.1 процес локалізації негативних наслідків НС, яка викликана вибухом МВНП описується системою рівнянь

$$\begin{cases} q_1(m, v, t) = 0; \\ q_2(m, v, t) = 0; \\ q_3(m, v, t) \leq q_3^{\text{об.р}}. \end{cases} \quad (2.1)$$

Враховуючи умови розв'язання задачі (2.2), а саме:

- по відношенню до варіації маси засобу локалізації

$$m = m_1 + m_2 + m_3 ; \quad (2.54)$$

- по відношенню до варіації часу та швидкості проведення заходів

$$\begin{cases} V_{\min} \leq V(m, K_{\text{ПР}}, l_{\text{ПЛ}}) \leq V_{\max} ; \\ t \leq t_{\text{безп}} ; \end{cases} \quad (2.55)$$

де $l_{\text{ПЛ}}$ – максимальний шлях, який необхідно подолати;

$$\begin{cases} V_{\min} = K_{\text{КП}} \cdot \bar{V}; \\ V_{\max} = K_{\text{РП}} \cdot \bar{V}, \end{cases} \quad (2.56)$$

де \bar{V} – середня швидкість переміщення піротехніків з урахуванням додаткового навантаження з урахуванням умов безпеки та забезпечення функціонування засобу локалізації Б; $t_{\text{безп}}$ – умовний час до несанкціонованого вибуху МВНП (експертна оцінка).

Формалізація вказаних параметрів призводить до вирішення трьох окремих задач. Перша включає до себе визначення маси активного засобу локалізації $\Psi_{\text{ММБ}}$. Друга – визначення маси додаткового навантаження активного засобу локалізації $\Psi_{\text{днзл}}$. Третя – визначення маси пасивних елементів засобу локалізації $\Psi_{\text{пзл}}$.

Рішення першої задачі доводить можливість розрахунку маси активного засобу локалізації за умов забезпечення трикратного коефіцієнту міцності як за одноразового імпульсного навантаження, так і за умов циклічного навантаження, яке дорівнює половині навантаження, розрахованого за критерієм забезпечення міцності засобу локалізації. Урахування вимог безпеки та ергономіки накладає додаткові обмеження на максимальну вагу активного засобу локалізації

$$m_i \leq K_{\text{пір}} \cdot m_{\text{max}}^{\text{нач}} \quad (2.57)$$

Враховуючи габаритні розміри активного засобу локалізації, $K_{\text{пір}}$ дорівнює двом особам або, як виключення, трьом особам на окремих ділянках $I_{\text{шл}}$. Рішення другої задачі дозволяє визначити вимоги до варіації додаткового навантаження активного засобу локалізації за умови, що висота підльоту $h_{\text{під}}$ є достатньою для вільного витоку газоповітряного середовища детонації МВНП, але не більше $1/3$ висоти h_3 пасивних засобів локалізації. Рішення третьої задачі передбачає використання у вигляді пасивних елементів засобу локалізації параметризованих елементів, які за масою не

перевищують максимально допустиме навантаження на одного піротехніка, а за розмірами та щільністю матеріалу забезпечують виконання вимог безпеки. Відтак, умову отримання ефективної локалізації (2.1) слід доповнити рівнянням

$$\Psi(q_1, q_2) = f[(\Psi_{\text{ММБ}}), (\Psi_{\text{ДНЗЛ}}), (\Psi_{\text{ПЗЛ}})]. \quad (2.58)$$

З урахуванням вищевикладеного шукана математична модель уявляє собою систему залежностей (2.1), (2.2) та (2.58)

$$\left\{ \begin{array}{l} q_1(m, v, t) = 0; \\ q_1(m, v, t) = 0; \\ q_3(m, v, t) \leq q_3^{\text{об.р}}; \\ \Psi(q_1, q_2) = f[(\Psi_{\text{ММБ}}), (\Psi_{\text{ДНЗЛ}}), (\Psi_{\text{ПЗЛ}})]. \end{array} \right. \quad (2.59)$$

Таким чином, математична модель локалізації наслідків надзвичайної ситуації у разі вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету уявляє 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.

2.4. Керуючий алгоритм оперативно-технічного методу локалізації надзвичайних ситуацій внаслідок загрози вибуху малогабаритного небезпечного предмету

Керуючий алгоритм ОТМ запобігання НС внаслідок загрози вибуху МВНП реалізує розроблену математичну модель локалізації наслідків НС у разі вибуху МВНП. Його схема наведена на рис.2.6.

Він складається з трьох функціональних етапів. I етап – етап попереднього розрахунку маси активних засобів локалізації небезпечних продуктів вибуху МВНП. На цьому етапі визначається маса активного засобу локалізації, виходячи з розрахунку міцності під дією імпульсного навантаження з урахуванням умов циклічності.

II етап – етап послідовного розрахунку та забезпечення локалізації шляхом додаткового навантаження активного засобу локалізації, визначення та забезпечення необхідних вагових параметрів пасивних засобів локалізації наслідків детонації МВНП.

III етап розглядається за умов виникнення планової (у разі небезпеки транспортування МВНП) або непланової детонації по закінченню часу $t_{без}$. Його формують заходи, які передбачають візуальне обстеження та перевірку виконання умови забезпечення міцності засобу активної локалізації МВНП внаслідок циклічного навантаження.

Алгоритм складається з 12 блоків, які розміщено на 3-х ієрархічних рівнях.

Керуючий алгоритм ОТМ запобігання НС внаслідок вибуху МВНП реалізує свої основні властивості наступним чином. Дискретність – за рахунок високого рівня деталізації процесу отримання формалізованих параметрів на підставі рішення окремих задач (2.59), що реалізують процеси різної природи, але пов'язані однією головною метою. Зрозумілість,

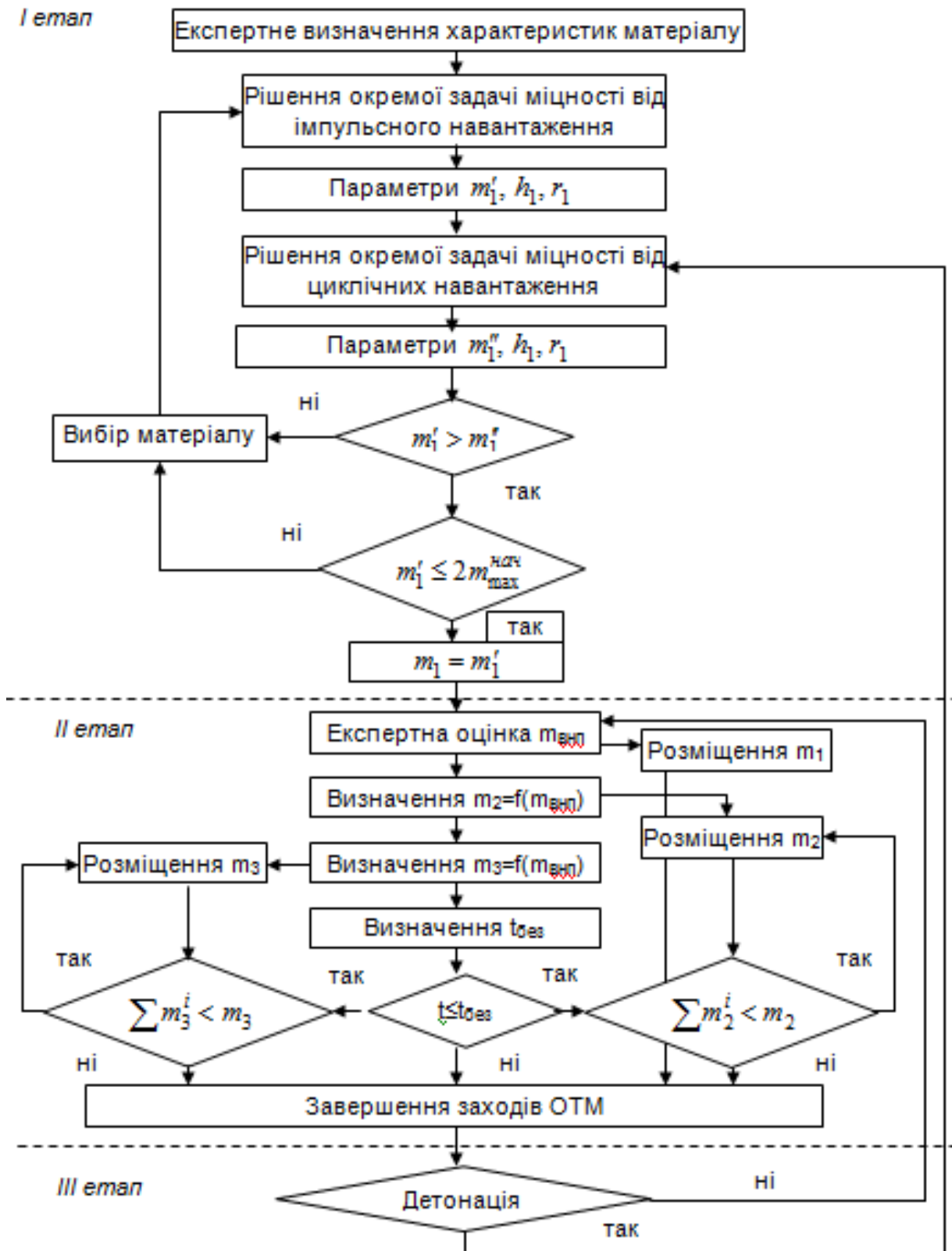


Рис.2.6. Керуючий алгоритм оперативно-технічного методу локалізації надзвичайних ситуацій внаслідок загрози вибуху малогабаритного небезпечного предмету

визначеність та результативність за рахунок внутрішньої узгодженості розробленої математичної моделі з моделями прийняття управлінських рішень, які спираються на бойовий досвід провідних фахівців з розмінування та знешкодження ВВП різної природи. Масовість за рахунок адаптації структури алгоритму до можливості ефективної протидії МВНП різної природи виготовлення та реалізації процесу детонації, що дозволяє охопити весь спектр можливих небезпек подібного характеру.

Таким чином, керуючий алгоритм оперативно-технічного методу запобігання надзвичайних ситуацій внаслідок можливої небезпеки вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету реалізує математичну модель локалізації наслідків надзвичайної ситуації у разі вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету і складається з дванадцяти блоків, які розміщені на трьох ієрархічних рівнях та пов'язані прямими та зворотними логічними зв'язками.

2.5. Опис процедур застосування оперативно-технічного методу запобігання надзвичайних ситуацій внаслідок загрози вибуху малогабаритного небезпечного предмету

ОТМ запобігання НС внаслідок вибуху МВНП призначено для запобігання появи жертв і постраждалих з числа цивільних осіб та працівників аварійно-рятувальних підрозділів ДСНС України та скорочення кількості осіб з порушенням умов життєдіяльності об'єктового рівня.

Використання методу передбачає виконання наступних процедур.

1. Експертиза малогабаритного ВВП та оцінка його потужності.
2. Формалізація отриманих даних та визначення можливості застосування засобу локалізації Б.
3. Рішення окремої задачі з визначення додаткового навантаження активного засобу локалізації.

4. Рішення окремої задачі з визначення маси пасивних елементів засобу локалізації.

5. Прийняття управлінського рішення з оцінки часу безпеки та маршрутизації засобу локалізації.

6. Встановлення активної частини засобу локалізації.

7. Встановлення пасивних елементів засобу локалізації.

8. Знешкодження малогабаритного ВВП у разі потреби.

9. Оцінка придатності подальшого використання засобу локалізації Б за призначенням.

Таким чином, використання оперативно-технічного методу запобігання надзвичайним ситуаціям внаслідок вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету, який призначений для запобігання появи жертв та постраждалих з числа цивільних осіб та працівників аварійно-рятувальних підрозділів, передбачає виконання наступних процедур: експертиза потужності вибухонебезпечності предмету, формалізація отриманих даних, рішення окремої задачі з визначення додаткового навантаження активного засобу локалізації, рішення окремої задачі з визначення маси пасивних елементів засобу локалізації, прийняття управлінського рішення, встановлення активної частини засобу локалізації, встановлення пасивних елементів засобу локалізації, знешкодження вибухонебезпечного предмету, оцінка функціональної придатності активного засобу локалізації.

Висновки по другому розділу

1. Розроблено захисний пристрій куполоподібної форми, пілотні випробування якого (експериментальний зразок діаметром близько 90 см та масою 130 кг було виготовлено із броньованої сталі 20) для локалізації малогабаритного вибухонебезпечного предмету показали, що для його використання в оперативній діяльності необхідно здійснити додаткове

навантаження на корпус та захисне обвалування, висота якого повинна бути більше висоти підльоту захисного пристрою з додатковим навантаженням.

2. Оперативно-технічний спосіб локалізації надзвичайних ситуацій, пов'язаних з несанкціонованим вибухом малогабаритного предмету, полягає у визначенні рекомендацій щодо скорочення часу локалізації наслідків надзвичайної ситуації без зниження рівня безпеки особового складу піротехнічного підрозділу за допомогою мобільного захисного пристрою на основі аналізу математичної моделі локалізації наслідків надзвичайних ситуацій у разі вибуху малогабаритного небезпечного предмету.

3. Математична модель локалізації наслідків надзвичайної ситуації у разі вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету уявляє 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.

4. Керуючий алгоритм оперативно-технічного способу запобігання надзвичайних ситуацій внаслідок можливої небезпеки вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету реалізує математичну модель локалізації наслідків надзвичайної ситуації у разі вибуху малогабаритного

вибухонебезпечного предмету і складається з дванадцяти блоків, які розміщені на трьох ієрархічних рівнях та пов'язані прямими та зворотними логічними зв'язками.

5. Використання оперативно-технічного способу локалізації надзвичайних ситуацій внаслідок вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету, який призначений для запобігання появи жертв та постраждалих з числа цивільних осіб та працівників аварійно-рятувальних підрозділів, передбачає виконання наступних процедур: експертиза потужності вибухонебезпечності предмету, формалізація отриманих даних, рішення окремої задачі з визначення додаткового навантаження активного засобу локалізації, рішення окремої задачі з визначення маси пасивних елементів засобу локалізації, прийняття управлінського рішення, встановлення активної частини засобу локалізації, встановлення пасивних елементів засобу локалізації, знешкодження вибухонебезпечного предмету, оцінка функціональної придатності активного засобу локалізації.

РОЗДІЛ 3. ПЕРЕВІРКА ДОСТОВІРНОСТІ РОЗРОБЛЕНОГО ОПЕРАТИВНО-ТЕХНІЧНОГО СПОСОБУ ЛОКАЛІЗАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЇ ПІРОТЕХНІЧНИМ ПІДРОЗДІЛОМ

3.1 Перевірка достовірності математичної моделі локалізації за допомогою захисного пристрою наслідків надзвичайних ситуацій у разі вибуху малогабаритного небезпечного предмету

Для перевірки достовірності математичної моделі локалізації за допомогою захисного пристрою куполоподібної форми наслідків надзвичайних ситуацій у разі вибуху малогабаритного небезпечного предмету (р.2.3) було виконано розрахунок надлишкового тиску (табл.3.1), який має місце всередині засобу локалізації за різних значень маси заряду в межах її визначення як малий вибухонебезпечний предмет (а саме в діапазоні від 30 до 120 г тротилового еквіваленту).

Таблиця 3.1

Результати розрахунку надлишкового тиску всередині захисного пристрою

m, г	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Δp , кПа	1,565	2,093	2,6	3,087	5,566	4,047	4,52	4,988	5,44	5,902	6,36

Відповідні залежності приведених до мінімального показника надлишкового тиску всередині захисного пристрою, який відповідає масі заряду в 20 г тротилового еквіваленту, що були визначені з межами довірчого інтервалу, розрахованого за критерієм Стьюдента, наведені в табл.3.2.

Таблиця 3.2

Розрахункові значення приведенного показника надлишкового тиску всередині захисного пристрою та межі довірчого інтервалу

m, г	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
$\frac{\Delta p}{\Delta p_{\min}}$	1	1,34	1,66	1,97	2,27	2,58	2,88	3,18	3,47	3,77	4,06
$\alpha=-0,05$	0,95	1,28	1,49	1,77	2,16	2,45	2,73	3,02	3,29	3,58	3,86
$\alpha=+0,05$	1,05	1,47	1,83	2,06	2,38	2,7	3,02	3,34	3,64	3,95	4,26

В ході проведення експериментальних досліджень було проведено 15 вибухів всередині захисного пристрою малих вибухонебезпечних предметів за схемою, яка наведена в табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Схема проведення вибухів всередині захисного пристрою

Маса тротилового еквіваленту, г	Схема підриву															
50	1	2														
60				4	5	6	7	8	9	10						
70												12	13			
100			3									11		14		
120															15	
ДОДАТКОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ,	250	250	750	350	350	350	350	350	350	350	350	750	450	450	750	850

Для визначення надлишкового тиску під час проведення натурних досліджень на засобі локалізації було змонтовано у відповідності до рис.3.1 додаткове обладнання, яке дозволило отримати показники надлишкового тиску, що виникали всередині захисного пристрою, та зафіксувати їх відтерміновано.

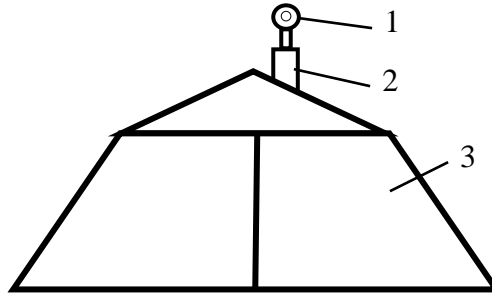


Рисунок 3.1. Схема отримання експериментальних результатів
(1-манометр; 2 – зворотній клапан; 3 – захисний пристрій)

Отримані експериментальні результати наведені в табл.3.4.

Таблиця 3.4

Експериментальні результати визначення надлишкового тиску
всередині захисного пристрою

№ експерименту	1	2	3	4	5	6	7	
Δp , кПа	3,10	3,06	5,52	3,62	3,45	3,4	3,73	
$\frac{\Delta p}{\Delta p_{\min}}$	1,98	1,95	3,53	2,31	2,2	2,38	2,37	
№ експерименту	8	9	10	11	12	13	14	15
Δp , кПа	3,45	3,72	3,51	5,61	4,15	4,21	5,65	6,1
$\frac{\Delta p}{\Delta p_{\min}}$	2,17	2,24	2,27	3,58	2,65	2,69	3,61	3,89

Аналіз отриманих натурних експериментальних результатів (рис.3.2) дозволяє стверджувати, що вони з надійністю 0,95 укладаються в довірчі

інтервали, отримані за критерієм Стьюдента [107] у відповідності до теоретичних припущень.

При цьому висота підльоту (контролювалась засобами автоматичної фото та відео фіксації) захисного пристрою, який був додатково навантажений у відповідності до розробленого в другому розділі оперативно-технічного способу, не перевищувала висоти пасивного обвалування (навантаження).

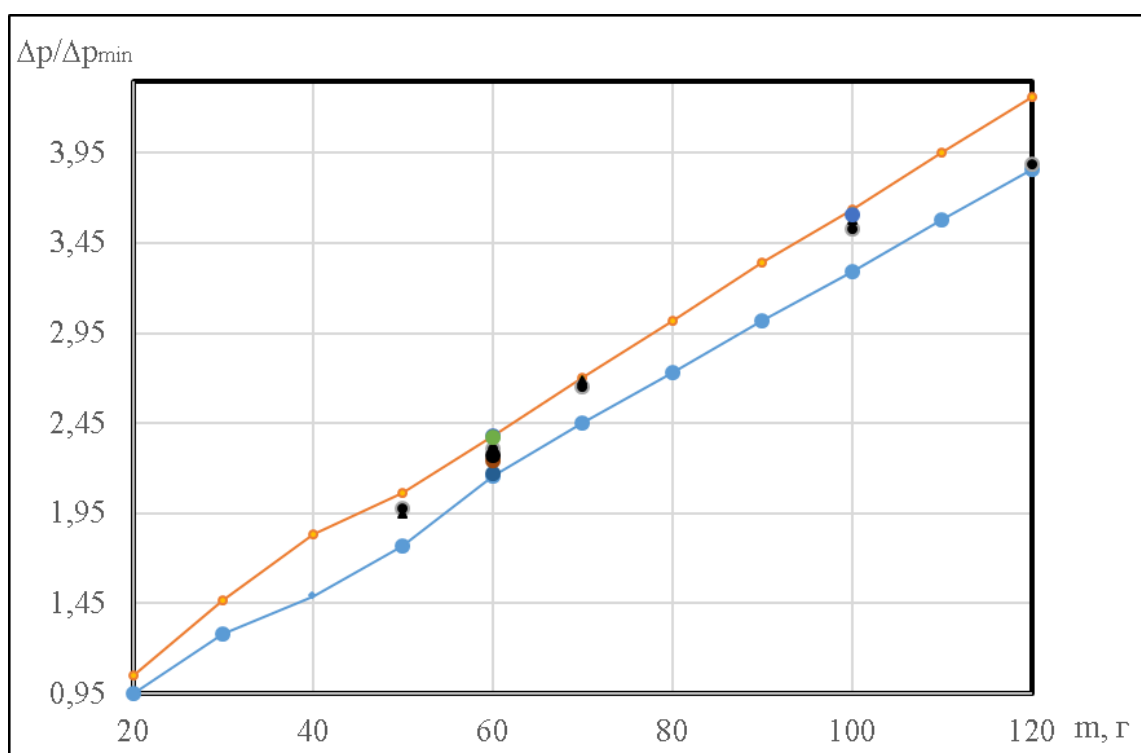


Рисунок 3.2. Перевірка укладання експериментальних результатів в довірчий інтервал

Таким чином, результати натурних експериментів співпадають з результатами розрахунків в частині визначення надлишкового тиску, укладаються в довірчі інтервали, які розраховані з надійністю 0,95 за критерієм Стьюдента, що підтверджує достовірність та надійність розробленої математичної моделі локалізації за допомогою захисного пристрою куполоподібної форми наслідків надзвичайних ситуацій у разі

вибуху малогабаритного небезпечного предмету та запропонованого оперативно-технічного способу.

3.2 Розкриття закономірностей діяльності піротехніків під час локалізації МВНП за допомогою захисного пристрою

Розглядалось виконання особовим складом основних операцій, які забезпечують реалізацію розробленого способу. Зокрема були розглянуті особливості виконання операцій по одяганню піротехніками засобів індивідуального захисту, перенесенню захисного пристрою та додаткового навантаження (у якості одиниці додаткового навантаження використовувався мішок з піском масою 50 кг), а також улаштування захисного пристрою безпосередньо на місці локалізації надзвичайної ситуації поверх вибухонебезпечного предмету.

В експериментальних дослідженнях брали участь випробовувані, які навчаються піротехнічній справі, з числа курсантів Національного університету цивільного захисту України та Навчального центру Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту Державної служби з надзвичайних ситуацій України.

Отримані результати по кожному виду робіт, оскільки у кожному випадку використовувалися вибірки з об'ємом $n = 24 < 30$, були перевірені на нормальність розподілу за критерієм Шапіро-Уїлкі [117].

Для цього, наприклад, стосовно до одягання випробовуваними бронежилету Модуль – 4С в літній час (див. табл. 3.5) спочатку були розраховані середнє значення часу одягання бронежилету

$$\bar{t}_{4C} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{4C_i}}{n}, \quad (3.1)$$

де t_{4C_i} – час одягання бронежилету Модуль – 4С і-им досліджуваним,

с;

середньоквадратичне відхилення

$$\sigma_{t_{4C}} = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (t_{4C_i} - \bar{t}_{4C})^2}, \quad (3.2)$$

та

$$n \cdot m_2 = \sum_{i=1}^n (t_{4C_i} - \bar{t}_{4C})^2 = 759,42, \quad (3.3)$$

де m_2 – вибірковий центральний момент другого порядку.

Таблиця 3.5

Результати одягання бронежилету Модуль – 4С в літній час

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t_{4C_i}, c	44,37	39,7 3	34,4 7	38,9 2	28,4 4	33,3	25,4 2	22,3 2	32,22	26,64
$(t_{4C_i} - \bar{t}_{4C})^2$	123,3 7	64,1 1	46,0 6	46,0 6	24,8 7	23,9 8	7,60	5,23	1,58	1,46
n	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
t_{4C_i}, c	28,53	35,9 5	31,1 4	26,6 4	32,6 7	30,6 7	42,7 3	43,6 5	32,17	38,56
$(t_{4C_i} - \bar{t}_{4C})^2$	0,57	0,02	1,09	6,37	26,3 5	30,1 7	39,7 3	86,5 5	104,5 1	119,7 5
\bar{t}_{4C}, c	33,43									
σ_{4C}, c	6,32									
$n \cdot m_2$	759,42									

Оскільки оцінки t_{4C_i} є результатом обробки незалежних спостережень, вони були розташовані в порядку неспадання і позначені символами $t_{4C_1}, t_{4C_2}, \dots, t_{4C_{n=20}}$. В табл. 3.6 приведена впорядкована серія отриманих значень часу одягання бронежилету Модуль – 4С. Це дозволило обчислити проміжну суму S по формулі:

$$S = \sum_i^k a_{n-i+1} \cdot (t_{4C_{(n-i+1)}} - t_{4C_i}) = 26,98, \quad (3.4)$$

де k – індекс, який має значення від 1 до $n/2 = 12$; a_{n-i+1} – коефіцієнт, який має спеціальні значення для обсягу вибірки n (його значення, що наведені в табл. 3.6, взяті з табл.10 [125]).

Таблиця 11 [118] для рівня значимості $\alpha=0,05$ та $n=20$ дає значення $W_{\text{табл}} = 0,905$. Оскільки

$$W = \frac{S^2}{n \cdot m^2} = \frac{728,04}{759,42} = 0,959 \geq W_{\text{табл}} = 0,905, \quad (3.5)$$

розподіл у відповідності до [118] вважається нормальним.

Розрахунки, аналогічні (2.1)-(2.5), були виконані також для аналізу часу одягання засобів індивідуального захисту піротехніків інших модифікацій (в літній та зимній час), а також бронежилету Модуль – 4С в зимній час.

В узагальненому вигляді отримані результати наведені в табл. 3.7 та на рис. 3.3.

Аналіз результатів (див. табл. 3.7 та рис.3.3) показує, що закономірністю часу одягання захисного одягу піротехніками є нормальна функція розподілу показника, що розглядається, незалежно від модифікації бронежилетів та пори року, коли здійснюється операція, яка розглядається.

Таблиця 3.6

Упорядкована серія отриманих значень часу одягання бронезилету

Модуль – 4С

k	$t_{4C_{(20-k+1)}}$, с	t_{4C_k} , с	$t_{4C_{(20-k+1)}} - t_{4C_k}$, с	a_{n-k+1}	$a_{n-k+1} \cdot (\omega_{л(n-k+1)} - \omega_{лк})$
1	2	3	4	5	6
1	44,37	22,32	22,05	0,4493	9,907065
2	43,65	25,42	18,23	0,3098	5,647654
3	42,73	26,64	16,09	0,2554	4,109386
4	39,73	26,64	13,09	0,2145	2,807805
5	38,92	28,44	10,48	0,1807	1,893736
6	38,56	28,53	10,03	0,1512	1,516536
7	35,95	30,67	5,28	0,1245	0,65736
8	34,47	31,14	3,33	0,0997	0,332001
9	33,3	32,17	1,13	0,0764	0,086332
10	32,67	32,22	0,45	0,0539	0,024255
S					26,98
S ²					728,04

Таблиця 3.7

Узагальнені результати експериментальних досліджень по одяганню засобів індивідуального захисту

	4С (літо)	4С (зима)	БЖ (літо)	БЖ (зима)	БЖЗТ-71 (літо)	БЖЗТ-71 (зима)
\bar{t} , с	33,43	47,68	84,18	92,57	47,71	101,56
σ , с	6,32	8,16	20,31	23,80	11,19	15,94

Наявність оцінок математичних очікувань і середньоквадратичних відхилень часу одягання піротехніками захисного одягу різних модифікацій дозволило виконати перевірку того, наскільки значимо різняться середні значення, отримані по двох незалежних вибірках дослідження часу одягання захисного одягу, використовуючи t-критерій Стьюдента [118].

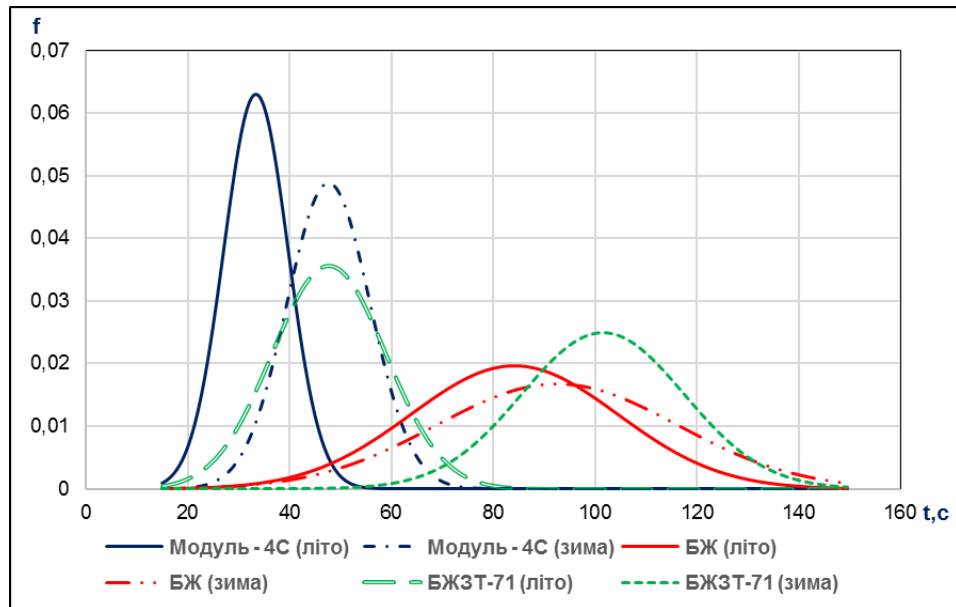


Рисунок 3.3. Розподіл часу одягання захисного одягу піротехніками в залежності від модифікації та пори року виконання операції, що розглядається

В цьому випадку, наприклад для ситуації, коли порівнюється час одягання бронежилету Модуль – 4С літом та зимою, розглядалась гіпотеза

$$H_0: \bar{t}_{4C}(\text{літо}) = \bar{t}_{4C}(\text{зима}) \quad (3.6)$$

та її альтернатива

$$H_1: \bar{t}_{4C}(\text{літо}) \neq \bar{t}_{4C}(\text{зима}), \quad (3.7)$$

яка доводить відмінність середніх значень.

З метою вибору конкретної методики розрахунку t-критерію [28] спочатку була перевірена гіпотеза про рівність дисперсій. У якості критерію для перевірки нуль-гіпотези

$$H_0: \sigma_{4C}(\text{літо}) = \sigma_{4C}(\text{зима}) \quad (3.8)$$

був обраний F-критерій

$$F = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} = \frac{66,59}{39,94} = 1,67, \quad (3.9)$$

де σ_1^2 – більша з оцінок дисперсій в двох вибірках.

При цьому критичне значення $F_{кр}$, яке при рівні значимості $\alpha = 0,05$ та числі ступенів свободи

$$\nu_{4C}(\text{літо}) = n_{\text{літо}} - 1 = 19, \quad \nu_{4C}(\text{зима}) = n_{\text{зима}} - 1 = 19, \quad (3.10)$$

где $n_{\text{літо}} = n_{\text{зима}} = 20$ – кількість досліджуваних, у яких визначалася оцінка часу одягання захисного одягу, дорівнює [28]

$$F_{кр} = F_{\text{табл}} = 2,15. \quad (3.11)$$

Видно, що в розглянутих випадках правомірною визнається нуль-гіпотеза (3.6) та допускається рівність дисперсій при виконанні робіт, що виконуються в однакових модифікаціях захисного одягу за різної пори року.

Виходячи з цього, стандартна помилка різниці S_{4C} , з урахуванням того, що вибірки малого розміру (<30), та число ступенів свободи ν при обчисленні t-критерію розраховуються [110] наступним чином

$$S_{4C} = \sqrt{\frac{(n_{\text{літо}} - 1) \cdot \sigma_{\text{літо}}^2 + (n_{\text{зима}} - 1) \cdot \sigma_{\text{зима}}^2}{n_{\text{літо}} + n_{\text{зима}} - 2} \cdot \left(\frac{1}{n_{\text{літо}}} + \frac{1}{n_{\text{зима}}} \right)} = \quad (3.12)$$

$$= \sqrt{\frac{(20 - 1) \cdot 39,94 + (20 - 1) \cdot 66,59}{20 + 20 - 2} \cdot \left(\frac{1}{20} + \frac{1}{20} \right)} = 2,31;$$

$$n_{\text{літо}} + n_{\text{зима}} - 2 = 38. \quad (3.13)$$

В результаті

$$t_{\text{набл}} = \frac{|\bar{t}_{4C}(\text{літо}) - \bar{t}_{4C}(\text{зима})|}{S_{4C}} = \frac{|33,43 - 47,68|}{2,31} = 6,17. \quad (3.14)$$

Оскільки

$$t_{\text{набл}} = 6,17 > t_{\text{табл}}(\alpha = 0,05) = 2,04, \quad (3.15)$$

можна говорити, що при рівні значимості $\alpha=0,05$ результати, отриманні під час одягання бронежилету Модуль – 4С в літній та зимовий час відрізняються.

Тобто, закономірністю часу одягання захисного одягу піротехніками є нормальні функція розподілу показника, що розглядається, незалежно від модифікації бронежилетів та пори року, коли здійснюється операція, яка розглядається, а також їх значима відмінність між собою. Аналогічним чином були визначені закономірності розподілу швидкостей перенесення захисного пристрою та одиниці додаткового навантаження, а також часу встановлення захисного пристрою поверх МВНП часу улаштування одиниці додаткового навантаження у відповідності до розробленого способу та часу улаштування захисного обвалування за допомогою шести одиниць додаткового навантаження в бронежилетах Модуль–4С. В узагальненому

вигляді отримані результати після обробки у відповідності до (3.1)÷(3.5) наведені в табл.3.4 та на рисунках 3.4÷3.7.

Таблиця 3.8

Узагальнені результати експериментальних досліджень

Показник	Модуль-4С (літо)	Модуль-4С (зима)
1	2	3
Перенесення захисного пристрою		
\bar{v} , м/с	0,299	0,116
σ_v , м/с	0,021	0,009
Перенесення одиниці додаткового навантаження		
\bar{v} , м/с	0,693	0,326
σ_v , м/с	0,100	0,060
Рух без навантаження в засобах індивідуального захисту піротехніка		
\bar{v} , м/с	1,020	0,776
σ_v , м/с	0,158	0,207
Встановлення захисного пристрою поверх малогабаритного вибухонебезпечного предмету		
\bar{t} , с	35,39	59,83
σ , с	6,58	10,23
Улаштування одиниці додаткового навантаження у відповідності до розробленого способу		
\bar{t} , с	14,63	40,62
σ , с	2,17	3,04
Улаштування захисного обвалування з шести одиниць додаткового навантаження		
\bar{t} , с	40,81	51,14
σ , с	5,11	5,16

Крім цього, було виконано порівняння показників, які характеризують час (швидкість) виконання типових операцій піротехніками під час реалізації розробленого способу в залежності від пори року. В табл.3.9 наведені порівняння цих показників під час роботи особового складу в бронежилетах Модуль – 4С в літній та зимовий час.

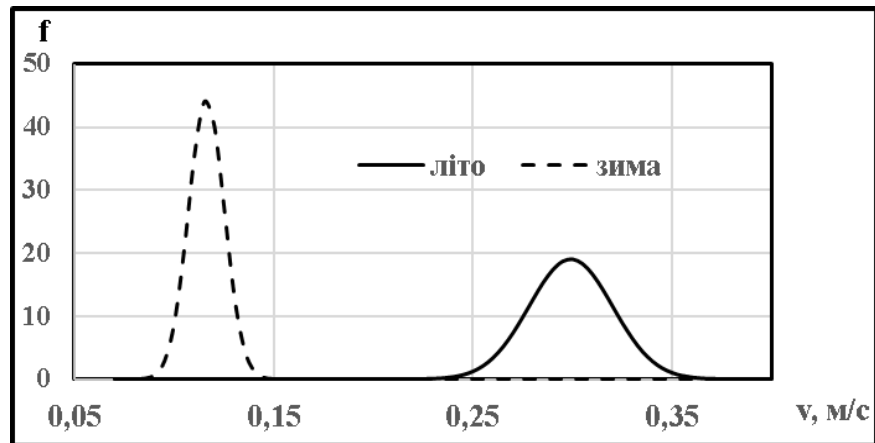


Рисунок 3.4. Розподіл швидкості перенесення захисного пристрою в бронежилетах Модуль-4С в залежності від пори року

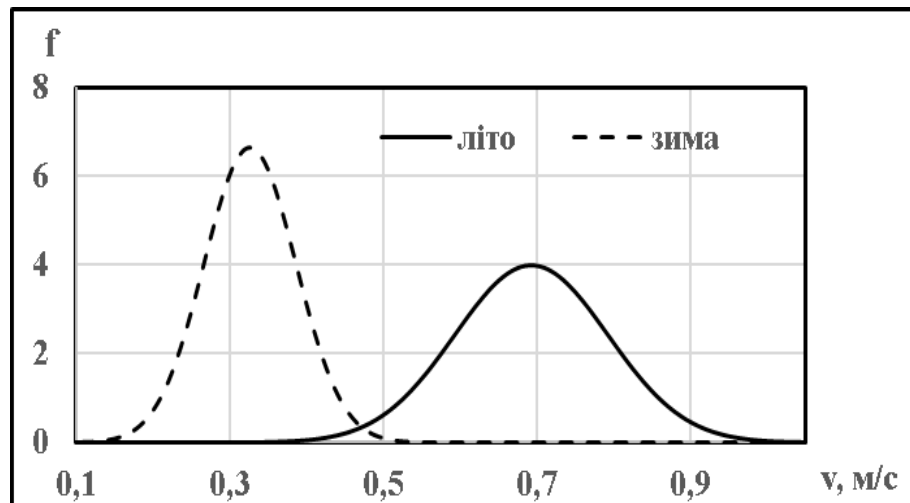


Рисунок 3.5. Розподіл швидкості одиниці додаткового навантаження в бронежилетах Модуль-4С в залежності від пори року

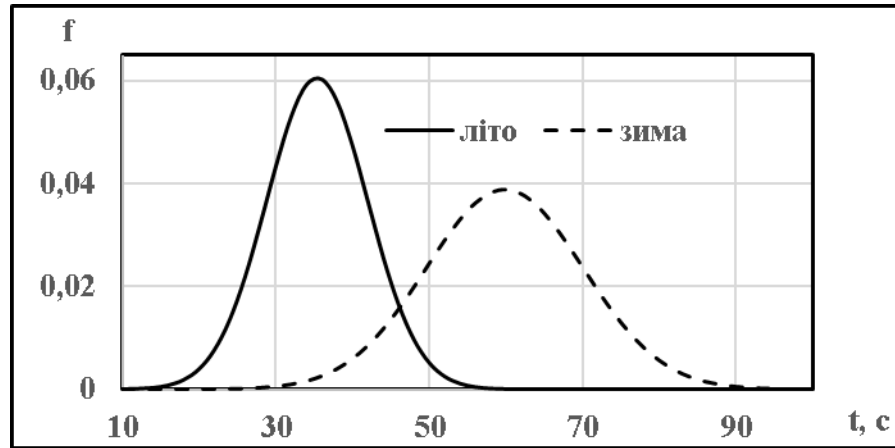


Рисунок 3.6. Розподіл часу встановлення захисного пристрою поверх малогабаритного вибухонебезпечного предмету в бронежилетах Модуль-4С в залежності від пори року

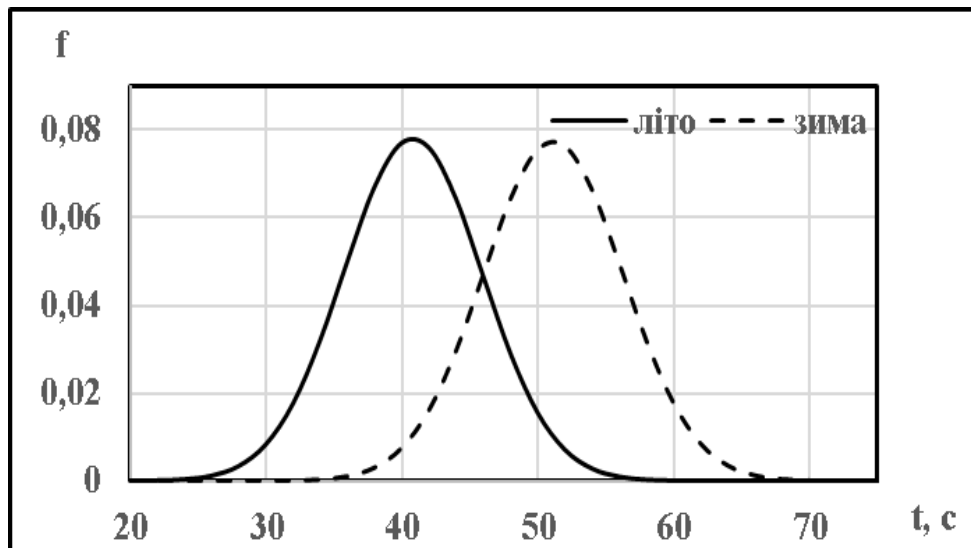


Рисунок 3.7. Розподіл часу улаштування захисного обвалування з шести одиниць додаткового навантаження в бронежилетах Модуль-4С в залежності від пори року

Видно, що вони суттєво відрізняються для всіх можливих типових операцій, які необхідно виконати в процесі реалізації розробленого способу локалізації надзвичайної ситуації за допомогою захисного пристрою куполоподібної форми.

Порівняння показників виконання типових операцій в бронежилетах
 Модуль – 4С в літній та зимовий час

Типова операція	F	F _{кр}	S	υ	t _{набл}	t _{табл} (α = 0,05)
1	2	3	4	5	6	7
Одягання засобу індивідуального захисту	1,67	2,3	2,31	46	6,17	2,01
Перенесення захисного пристрою	0,46	2,3	2,31	46	8,96	2,01
Перенесення одиниці додаткового навантаження	1,02	2,3	2,31	46	6,57	2,01
Рух особового складу в засобах індивідуального захисту	0,96	2,3	2,31	46	4,23	2,01
Встановлення захисного пристрою поверх МВНП	0,56	2,3	2,31	46	8,11	2,01
Улаштування одиниці додаткового навантаження	1,72	2,3	2,31	46	5,95	2,01
Улаштування додаткового обвалування	1,68	2,3	2,31	46	7,57	2,01

Таким чином, закономірністю показників, які характеризують час (швидкість) виконання типових операцій піротехніками під час реалізації розробленого способу, є нормальна функція розподілу показника, що розглядається, незалежно від модифікації бронежилетів та пори року, коли здійснюється операція, яка розглядається, а також їх значимі відмінності між собою. При цьому функції розподілу часу (швидкості) виконання окремих операцій отримані з рівнем значимості 0,05, що дозволяє їх використовувати

для оцінки ефективності розробленого способу локалізації надзвичайної ситуації.

3.3 Оцінка ефективності розробленого способу

Представивши бойову роботу піротехнічного підрозділу під час локалізації малогабаритного вибухонебезпечного предмету у вигляді графічної моделі, математичне очікування $\bar{t}_{бр}$ її тривалості як у випадку розробленого способу (рис.3.6), так і у випадку застосування існуючого способу, коли за допомогою мішків з піском навколо МВНП утворюється обвалування висотою 2,5 м, можна визначити у вигляді суми \bar{t}_i окремих операцій бойової роботи, що належать критичному $L_{кр}$ шляхові

$$\bar{t}_{бр} = \sum_{L_{кр}} \bar{t}_i, \quad (3.16)$$

а дисперсію $\sigma_{бр}^2$ у вигляді суми відповідних дисперсій σ_i^2 часу виконання окремих операцій бойової роботи

$$\sigma_{бр}^2 = \sum_{L_{кр}} \sigma_i^2. \quad (3.17)$$

Для складних варіантів бойової роботи піротехнічного підрозділу, що містять досить велику кількість різноманітних операцій, які підлягають виконанню (а аналіз графічної моделі, наведеної на рис.3.6 свідчить про це), відповідно до центральної граничної теореми [111] можна вважати, що закон розподілу часу бойової роботи буде нормальним незалежно від закону розподілу часу виконання окремих операцій. У якості прикладу для порівняльної оцінки розглядався випадок, коли у якості МВНП буде ручна граната $\Phi-1$ з тротиловим еквівалентом 60 г. В цьому випадку для реалізації

способу необхідно задіяти 7 мішків з піском (масою 60 кг кожний) у якості додаткового навантаження та 6 мішків для встановлення захисного обвалування.

З урахуванням того, що транспортний засіб піротехнічного підрозділу (вантажний автомобіль, який привезе захисний пристрій та мішки з піском для додаткового навантаження та встановлення захисного обвалування) повинен знаходитися на відстані 50 м, елементарні розрахунки показують, що середній час локалізації в бронежилетах Модуль-4С надзвичайної ситуації, пов'язаної з МВНП масою 60 г в тротиловому еквіваленті, за допомогою захисного пристрою літньої пори буде складати 2185,4 с (зимньої – 4082,2 с), а середньоквадратичне відхилення – 52,6 с літньої пори (128,7 с – зимньої). Застосовуючи правило трьох сигм, можна очікувати, що навіть зимою час локалізації надзвичайної ситуації, яка розглядається, не буде більше 75 хвилин.

В той же час, у випадку застосування діючого підходу до локалізації МВНП тільки середній час тільки перенесення 6 тон піску (а це 100 мішків з піском на борту вантажного КАМАЗу) на відстань 50 м займе 12317 с (205 хвилин) в літній час та 22622с (377 хвилин) в зимній (відповідно середньоквадратичні відхилення будуть дорівнювати 127,6 с та 317,9 с).

Відповідно, навіть літом цей час буде не менше 198 хвилин. Тобто, тільки за часом перенесення піску в мішках фактично на порядок скорочується час локалізації малогабаритного вибухонебезпечного предмету.

Таким чином, з рівнем значимості $\alpha=0,01$ можна стверджувати, що розроблений спосіб локалізації надзвичайної ситуації, пов'язаної з малогабаритним вибухонебезпечним предметом, за допомогою захисного пристрою куполоподібної форми на порядок скорочує час роботи піротехнічного підрозділу.

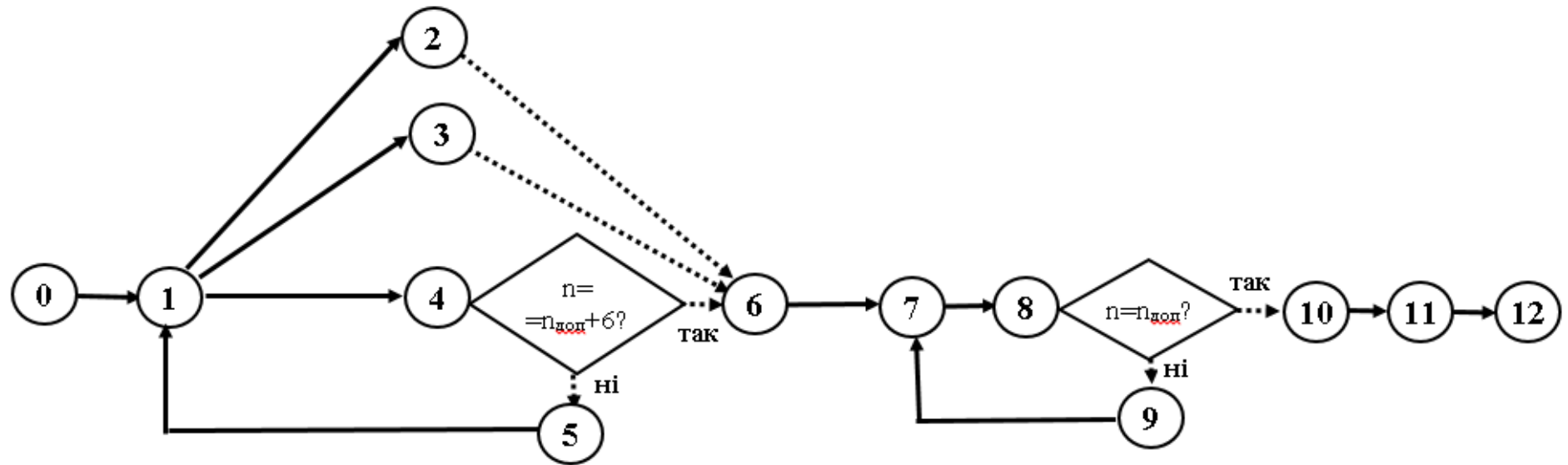


Рис. 3.6. Графічна модель локалізації надзвичайної ситуації, пов'язаної з малогабаритним вибухонебезпечним предметом, за допомогою захисного пристрою куполоподібної форми

Наведені на графічній моделі роботи мають наступний фізичний зміст:

0-1 – одягання засобів індивідуального захисту піротехніків; 1-2 – підготовка МВНП до ліквідації; 1-3 – перенесення захисного пристрою від автомобіля піротехнічної групи до місця знаходження МВНП; 1-4 – перенесення одиниці додаткового навантаження до місця знаходження МВНП; 2-6 (3-6) – фіктивна робота, яка відображає той факт, що підготовка МВНП (робота 1-2) або перенесення захисного пристрою (робота 1-3), а також а також перенесення додаткового навантаження (1-6) можуть виконуватись незалежно друг від друга, але до початку наступної роботи (6-7) обов'язково повинні закінчитися; (4-5) – фіктивна робота, яка відображає той факт, що перенесені не всі елементи додаткового навантаження, які необхідно задіяти для реалізації способу; (4-6) – фіктивна робота, яка відображає факт перенесення до місця знаходження МВНП всіх елементів додаткового навантаження; (6-7) – встановлення захисного пристрою; (7-8) – встановлення елемента додаткового навантаження на захисний пристрій; (8-9) – фіктивна робота, яка відображає той факт, що на захисний пристрій встановлені не всі елементи додаткового навантаження; (8-10) – фіктивна робота, яка відображає факт розміщення на захисному пристрої всіх елементів додаткового навантаження; (10-11) – встановлення захисного обвалування; (11-12) – завершальні операції (повернення піротехнічної групи до транспортного засобу та розміщення в укритті).

Висновки по третьому розділу

1. Результати натурних експериментів співпадають з результатами розрахунків в частині визначення надлишкового тиску, укладаються в довірчі інтервали, які розраховані з надійністю 0,95 за критерієм Стюдента, що підтверджує достовірність та надійність розробленої математичної моделі локалізації за допомогою захисного пристрою куполоподібної форми наслідків надзвичайних ситуацій у разі вибуху малогабаритного небезпечного предмету та запропонованого оперативного-технічного способу.

2. Закономірністю показників, які характеризують час (швидкість) виконання типових операцій піротехніками під час реалізації розробленого способу, є нормальна функція розподілу показника, що розглядається, незалежно від модифікації бронежилетів та пори року, коли здійснюється операція, яка розглядається, а також їх значимі відмінності між собою. При цьому функції розподілу часу (швидкості) виконання окремих операцій отримані з рівнем значимості 0,05, що дозволяє їх використовувати для оцінки ефективності розробленого способу локалізації надзвичайної ситуації.

3. З рівнем значимості $\alpha=0,01$ можна стверджувати, що розроблений спосіб локалізації надзвичайної ситуації, пов'язаної з малогабаритним вибухонебезпечним предметом, за допомогою захисного пристрою куполоподібної форми є більш ефективним, ніж прийнятий на цей час в піротехнічних підрозділах спосіб.

РОЗДІЛ 4. ВАРІАНТИ ВПРОВАДЖЕННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

4.1. Вдосконалення стандартних оперативних процедур щодо ліквідації малогабаритних вибухонебезпечних предметів

Акредитація операцій з протимінної діяльності вимагає знання оцінок часу локалізації НС, на протязі якого буде задіяним особовий склад піротехнічного підрозділу. У випадку НС, пов'язаної з МВНП другої категорії, це буде фактично час до його підриву на місці знаходження. Наявність математичної моделі локалізації за допомогою захисного пристрою наслідків НС у разі вибуху малогабаритного небезпечного предмету, а також отриманих закономірностей діяльності піротехніків та графічної моделі (рис.3.6) дозволяють отримати залежності того, як змінюється час локалізації НС в залежності від маси тротилового еквіваленту МВНП у разі реалізації розробленого способу та пори року.

Крім цього, під час залучення та засобів ЄДСЦЗ України до виконання загального комплексу, пов'язаного з ліквідацією НС, в першу чергу тих, що забезпечують відновлення життєдіяльності об'єкта, де було знайдено вибухонебезпечний предмет, необхідно знати мінімальні та максимальні оцінки бойової роботи безпосередньо піротехнічного підрозділу. Їх можна отримати, використовуючи правило трьох сигм, за результатами оцінювання середнього часу НС, пов'язаної з МВНП як літом, так і зимою.

В узагальненому вигляді такі залежності наведені на рис.4.1. Аналіз отриманого результату показує, що він стає дієвим інструментом штабу робіт по ліквідації НС для оцінювання прогнозних оцінок та планування всього комплексу робіт, який здійснює ЄДСЦЗ України в цілому.

Крім цього, під час навчання населення ризикам небезпек від малогабаритних вибухонебезпечних предметів та оцінювання можливостей ЄДСЦЗ, необхідно передбачати практичне відпрацювання питань щодо

знаходження населення та задіяних елементів системи цивільного захисту в небезпечному місці на безпечній відстані (більше 200 м) на протязі не менше 2,5 годин. Відповідно, не можна говорити і про надання інформації громадам щодо протимінної діяльності, передачу очищеної території та відновлення життєдіяльності об'єкту раніше ніж через 2,5 години.

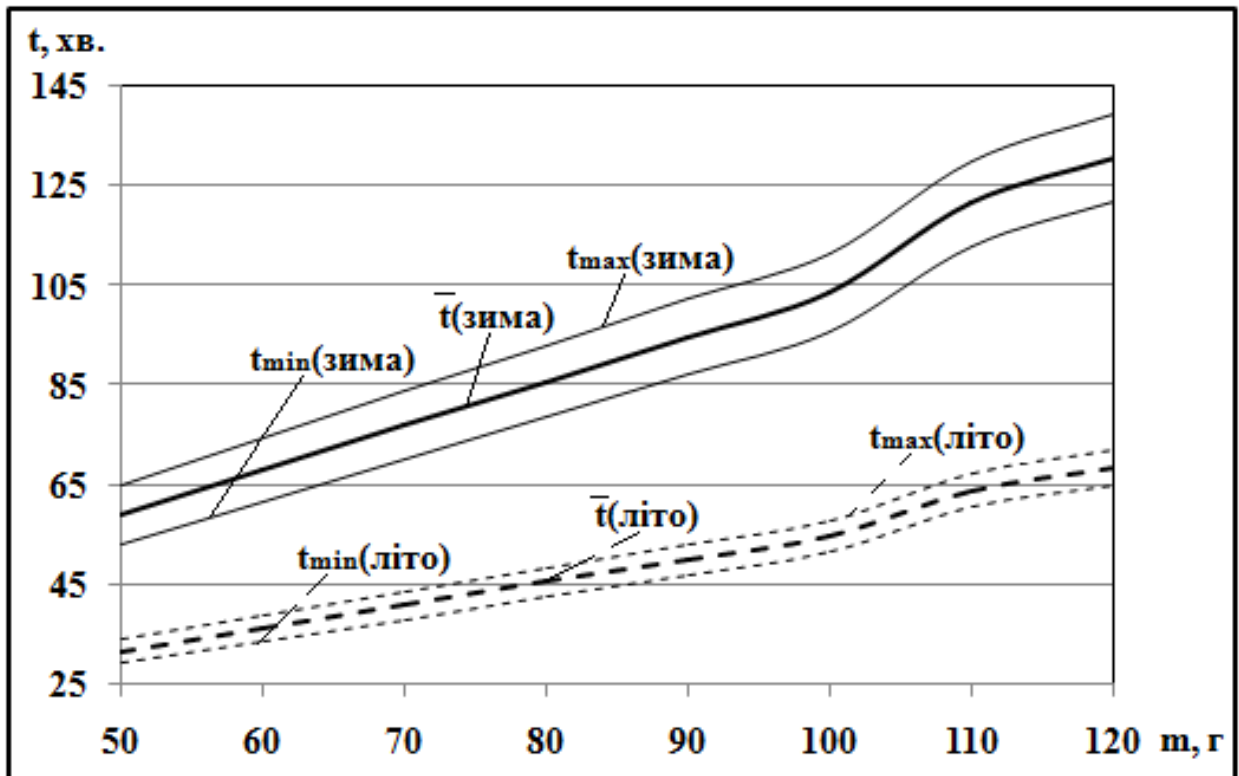


Рис. 4.1. Залежність оцінок часу локалізації надзвичайної ситуації, пов'язаної з малогабаритним вибухонебезпечним предметом, від маси його тротилового еквіваленту

Також, у разі оснащення ПП розробленим захисним пристроєм куполоподібної форми стандартна оперативна процедура, що регламентує порядок оцінки відповідності та акредитації піротехнічних підрозділів ДСНС, повинна включати перевірку того, що штатний вантажний автомобіль обладнано маніпулятором, який є придатним здійснити підйом-спуск захисного пристрою. На базі постійного розміщення ПП повинен бути не

зменшуваний (див. Табл.3.1) запас піску в кількості не менше ніж 21 мішок (масою порядку 60 кг кожний).

Організація навчального процесу особового складу піротехнічних підрозділів в системі ДСНС повинна спиратись як на отримані закономірності (р.3.2) в повсякденній діяльності, так і на виділення не менше 2,5-3 годин у разі проведення тактико-спеціальних навчань, пов'язаних із загрозою вибуху малогабаритних вибухонебезпечних предметів.

Таким чином, 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 ДСНС та цивільних осіб.

4.2. Обґрунтування нормативів для підготовки піротехніків до застосування захисного пристрою

У розглянутому випадку під нормативом розуміється фактична величина часу виконання типової операції особовим складом піротехнічного підрозділу, яка служить підставою для віднесення випробовуваних до однієї з класифікаційних груп і є показником якості розглянутої системи «піротехнік – технічні засоби виконання робіт – надзвичайна ситуація з ВВП». Оскільки розробка нормативів має в своїй основі порівняння результатів одних випробовуваних з результатами інших випробовуваних, то порівняльні норми можуть бути побудовані шляхом віднесення відповідного відсотка розглянутого особового складу до нормативу, який він здатний виконати [125].

З вищевикладеного випливає, що на початковому етапі розробки нормативу необхідно однозначно визначити не тільки параметри розподілу

часу одягання захисного одягу, так і отримати оцінки ймовірностей виконання розглянутого нормативу в заданий час. Обраним варіантом останнього є розрахунок середньозважених оцінок $(\widehat{P}_5, \widehat{P}_4, \widehat{P}_3, \widehat{P}_2)$ відповідних часток (частот) всіх можливих результатів. Ці оцінки відповідають, як це прийнято в більшості підрозділів у даний час, «відмінній», «добрій», «задовільній» або «незадовільній» оцінці.

Параметри, наприклад, розподілів часу одягання захисного одягу були отримані в процесі розкриття закономірностей виконання цієї операції (див. р.3.2), які виконують піротехніки. Так, для одягання бронежилету Модуль –4С (див. рис.3.2) функція щільності розподілу має вигляд

$$f(t) = \frac{1}{6,32 \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left(-\frac{(t - 33,43)^2}{2 \cdot 6,32^2}\right). \quad (4.1)$$

За аналогією з підходом, який застосовується при обґрунтуванні фізкультурних нормативів [113,126], припустимо, що відмінній оцінці відповідає 10% позитивних результатів, а добрій та задовільній по 40% наступних. Тоді

$$t_5 = \bar{t} + \sigma \cdot \Phi^{-1}(0,1) = 33,43 + 6,32 \cdot \Phi^{-1}(0,1) = 25,33 \text{ с}; \quad (4.2)$$

$$t_4 = \bar{t} + \sigma \cdot \Phi^{-1}(0,1 + 0,4) = 33,43 + 6,32 \cdot \Phi^{-1}(0,1 + 0,4) = 33,43 \text{ с}; \quad (4.3)$$

$$t_3 = \bar{t} + \sigma \cdot \Phi^{-1}(0,1 + 0,4 + 0,4) = 33,43 + 6,32 \cdot \Phi^{-1}(0,1 + 0,4 + 0,4) = 41,53 \text{ с}. \quad (4.4)$$

З урахуванням вимог кратності і запам'ятовуваності [114] рекомендуються (див. рис. 4.2) такі нормативи

$$t_5 = 25 \text{ с}; t_5 = 35 \text{ с}; t_5 = 40 \text{ с}. \quad (4.5)$$

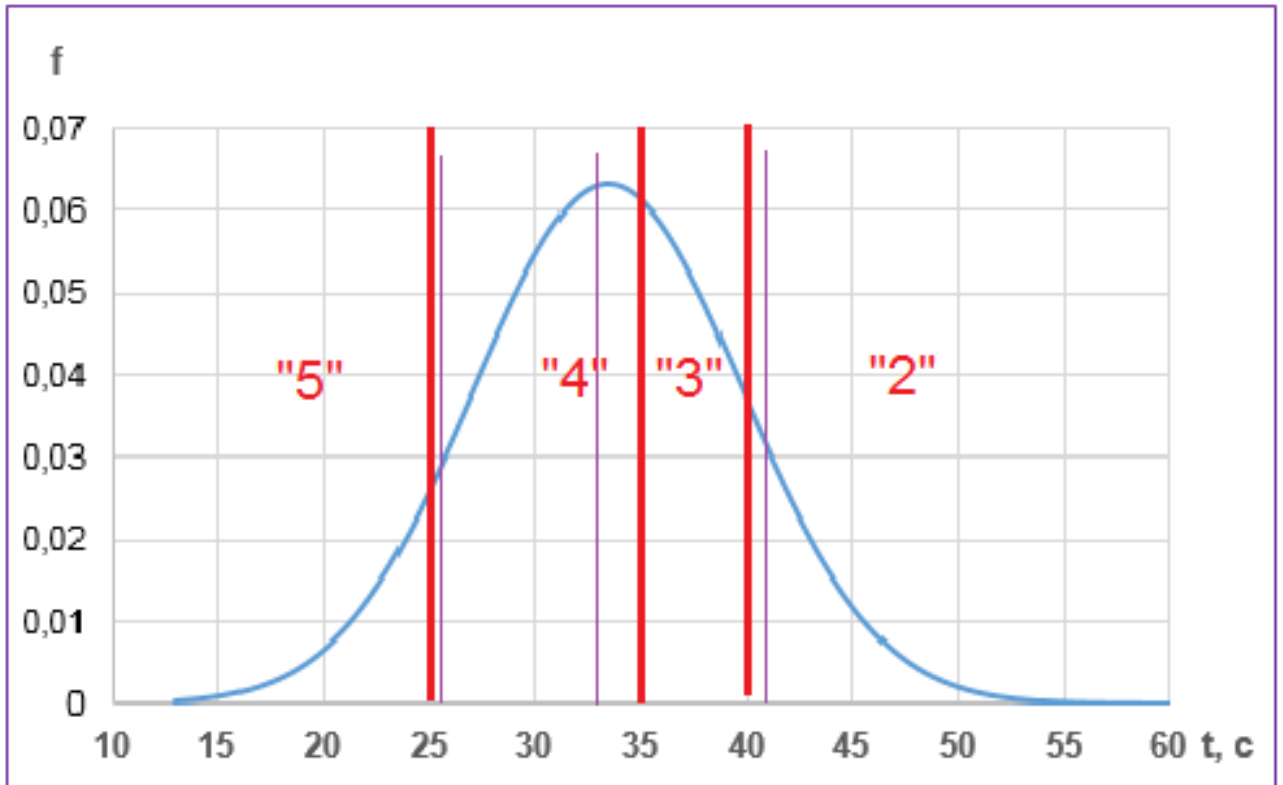


Рис. 4.2. Визначення нормативів для оцінювання якості одягання бронежилету Модуль – 4С літом

Аналогічним чином були визначені нормативи для оцінювання якості одягання бронежилету Модуль–4С зимою та засобів індивідуального захисту піротехніків інших модифікацій (табл.4.1), а також встановлення захисного пристрою поверх малогабаритного вибухонебезпечного предмету, улаштування одиниці додаткового навантаження у відповідності до розробленого способу та улаштування захисного обвалування з шести одиниць додаткового навантаження в бронежилеті Модуль–4С літом та зимою (табл.4.2).

Таблиця 4.1

Визначення нормативів для оцінювання рівня підготовленості піротехніків до одягання засобів індивідуального захисту сапера

	4С (літо)	4С (зима)	БЖ (літо)	БЖ (зима)	БЖЗТ-71 (літо)	БЖЗТ -71 (зима)
Розрахункова оцінка нормативу						
«5»	25,33	37,22	58,15	62,07	33,37	81,13
«4»	33,43	47,68	84,18	92,57	47,71	101,56
«3»	41,53	58,14	110,21	123,07	62,05	121,99
Запропонована оцінка нормативу						
«5»	25	37	60	60	35	80
«4»	35	47	85	90	45	100
«3»	40	57	110	120	60	120

Таблиця 4.2

Визначення нормативів для оцінювання рівня підготовленості піротехніків до застосування розробленого захисного пристрою в бронежилеті Модуль-4С

Оцінка нормативу	«5»		«4»		«3»	
Пора року	літо	зима	літо	зима	літо	зима
1	2	3	4	5	6	7
Встановлення захисного пристрою						
Розрахункова оцінка	27,16	47,05	35,39	59,83	43,62	72,61
Запропонована оцінка	27	47	35	60	43	73
Улаштування елемента додаткового навантаження масою 60 кг						
Розрахункова оцінка	11,93	36,83	14,63	40,62	17,33	44,41
Запропонована оцінка	12	37	15	40	18	43
Улаштування захисного обвалування з восьми елементів додаткового навантаження масою 60 кг						
Розрахункова оцінка	34,43	44,71	40,81	51,14	47,19	57,57
Запропонована оцінка	34	45	41	51	48	57

Таким чином, запропоновано науково-обґрунтовані нормативи для оцінювання у літній та зимовий час якості виконання типових операцій, які забезпечують реалізацію розробленого способу локалізації надзвичайної ситуації, пов'язаної з малогабаритним вибухонебезпечним предметом, за допомогою захисного пристрою куполоподібної форми.

Висновки по четвертому розділу

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 ДСНС та цивільних осіб.

Запропоновано науково-обґрунтовані нормативи для оцінювання у літній та зимовий час якості виконання типових операцій, які забезпечують реалізацію розробленого способу локалізації надзвичайної ситуації, пов'язаної з малогабаритним вибухонебезпечним предметом, за допомогою захисного пристрою куполоподібної форми.

ВИСНОВКИ

Вирішено актуальну науково-практичну задачу в галузі цивільного захисту – розроблено оперативно-технічний спосіб локалізації шляхом використання нового захисного пристрою надзвичайної ситуації, пов'язаної 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 науково-дослідної роботи отримані наступні висновки:

1. Використання вибухових речовин у всьому світі в локальних військових конфліктах, а також при проведенні терористичних актів відродило інтерес як до дослідження вибухів, так і до вивчення способів запобігання або пом'якшення шкоди від застосування вибухових речовин. Існуюча система гуманітарного розмінування як в провідних країнах світу, так і в Україні 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 разі 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.

2. Розроблено захисний пристрій куполоподібної форми та найого основі оперативно-технічний спосіб локалізації надзвичайних ситуацій, пов'язаних з несанкціонованим вибухом малогабаритного предмету, за допомогою якого полягає у визначенні рекомендацій щодо скорочення часу локалізації наслідків надзвичайної ситуації без зниження рівня безпеки особового складу піротехнічного підрозділу. В основі цього лежить аналіз математичної моделі локалізації наслідків надзвичайної ситуації у разі вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету, яка уявляє 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. Використання розробленого ОТС передбачає виконання наступних процедур: експертиза потужності вибухонебезпечності предмету, формалізація отриманих даних, рішення окремої задачі з визначення додаткового навантаження активного засобу локалізації, рішення окремої задачі з визначення маси пасивних елементів засобу локалізації, прийняття управлінського рішення, встановлення активної частини засобу локалізації, встановлення пасивних елементів засобу локалізації,

знешкодження вибухонебезпечного предмету, оцінка функціональної придатності активного засобу локалізації.

3. Перевірка достовірності розробленого ОТС та ефективності його реалізації піротехнічним підрозділом показала, що результати натурних експериментів в частині визначення надлишкового тиску всередині захисного пристрою укладаються в довірчі інтервали, які розраховані за допомогою математичної моделі з надійністю 0,95 за критерієм Стьюдента, а висота підльоту захисного пристрою з визначеним навантаженням не перевищувала висоти захисного обвалування, яке уявляло собою один ряд мішків з піском по периметру захисного пристрою. Оцінка ефективності ОТС, для отримання якої використовувались визначені з рівнем значимості 0,05 закономірності діяльності піротехніків, показала, що з рівнем значимості $\alpha=0,01$ можна стверджувати, що розроблений спосіб локалізації надзвичайної ситуації, пов'язаної з малогабаритним вибухонебезпечним предметом, за допомогою захисного пристрою куполоподібної форми є більш ефективним, ніж прийнятий на цей час в піротехнічних підрозділах спосіб.

4. Розроблено рекомендації по вдосконаленню діючих СОП 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 ДСНС та цивільних осіб, а також запропоновано науково-обґрунтовані нормативи для оцінювання у літній та зимовий час якості виконання типових операцій, які забезпечують реалізацію розробленого способу локалізації надзвичайної ситуації, пов'язаної з малогабаритним вибухонебезпечним предметом, за допомогою захисного пристрою куполоподібної форми.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Zepeda, José Ramón (2009) "OAS—AICMA and Mine-risk Education in Nicaragua," *The Journal of ERW and Mine Action* : Vol. 13 : Iss. 1 , Article 13
2. Keeley, Robert (2009) "Clearing the Falkland-Malvinas Islands," *The Journal of ERW and Mine Action* : Vol. 13 : Iss. 1 , Article 3.
3. Case, Carl (2009) "Comprehensive Action Against Anti-personnel Mines: A Regional Initiative to Address Landmine Issues," *The Journal of ERW and Mine Action* : Vol. 13 : Iss. 1 , Article 6.
4. Zepeda, José Ramón (2009) "OAS—AICMA and Mine-risk Education in Nicaragua," *The Journal of ERW and Mine Action* : Vol. 13 : Iss. 1 , Article 13.
5. Castillo Landazuri, Nelson Romeo (2009) "Mine-risk Education in Ecuador: A Person-to-person Approach," *The Journal of ERW and Mine Action* : Vol. 13 : Iss. 1 , Article 15.
6. Ariaz Rojas, Lina Maria and Lozano Jiménez, Ginna Andrea (2009) "MRE and Community Leader Involvement in Risk-prone Colombia," *The Journal of ERW and Mine Action* : Vol. 13 : Iss. 1 , Article 14.
7. Wheatley, Andy (2009) "ICRC Weapons-contamination Activities in Colombia," *The Journal of ERW and Mine Action* : Vol. 13 : Iss. 1 , Article 11.
8. International Mine Action Standards. Available at: <https://www.mineactionstandards.org/en/>
9. Case, Carl (2009) "Comprehensive Action Against Anti-personnel Mines: A Regional Initiative to Address Landmine Issues," *The Journal of ERW and Mine Action* : Vol. 13 : Iss. 1 , Article 6.
10. Mansfield, Ian (2015) "Humanitarian Mine Action in Afghanistan: A History," *The Journal of ERW and Mine Action* : Vol. 19 : Iss. 3 , Article 10.
11. Harutyunyan, Artyom (2014) "Demining in Remote Areas of Northern Afghanistan," *The Journal of ERW and Mine Action* : Vol. 18 : Iss. 3 , Article 10.

12. JOURNAL, CISR (2009) "The Journal of ERW and Mine Action Issue 13.1," *The Journal of ERW and Mine Action* : Vol. 13 : Iss. 1 , Article 1.
13. JOURNAL, CISR (2013) "The Journal of ERW and Mine Action Issue 17.2," *The Journal of ERW and Mine Action* : Vol. 17 : Iss. 2 , Article 1.
14. Gidayev, Perviz (2010) "The Saloglu Project," *The Journal of ERW and Mine Action* : Vol. 14 : Iss. 1 , Article 7.
15. Crockett, Amy (2010) "Humanitarian Mine Action Training Mission to Sri Lanka," *The Journal of ERW and Mine Action* : Vol. 14 : Iss. 1 , Article 9.
16. Patterson, Ted (2010) "The Performance of Militaries in Humanitarian Demining," *The Journal of ERW and Mine Action* : Vol. 14 : Iss. 1 , Article 11.
17. Brief, News (2010) "Half of Nepali Minefields Cleared," *The Journal of ERW and Mine Action* : Vol. 14 : Iss. 1 , Article 27.
18. Patterson, Ted and Griffiths, Thao (2013) "Assessment of Vietnam's National Mine Action Program," *The Journal of ERW and Mine Action* : Vol. 17 : Iss. 2 , Article 7.
19. Creighton, Michael; Karlsen, Atle; and Qasim, Mohammed (2013) "Cluster Munition Remnant Survey in Laos," *The Journal of ERW and Mine Action* : Vol. 17 : Iss. 2 , Article 6.
20. Mahoney, Amanda; Edwards, Timothy; Lalonde, Kate; Cox, Christophe; Weetjens, Bart; Gilbert, Tekimiti; Tewelde, Tess; and Poling, Alan (2014) "Evaluating Landmine-detection Rats in Operational Conditions," *The Journal of ERW and Mine Action* : Vol. 18 : Iss. 3 , Article 17.
21. Fast, Cynthia; Bach, Håvard; McCarthy, Paul; and Cox, Christophe (2017) "Mine Detecting Rats Make an Impact in Cambodia," *Journal of Conventional Weapons Destruction*: Vol. 21 :Iss. 2 , Article 8.
22. Brief, News (2014) "Tracense Develops New Explosive Detector," *The Journal of ERW and Mine Action* : Vol. 18 : Iss. 3 , Article 18.
23. Tan, Allen D. (2013) "Addressing Underwater Ordnance Stockpiles in Cambodia," *The Journal of ERW and Mine Action* : Vol. 17 : Iss. 2 , Article 12.

24. Rittenhouse, Paul and Aldrich, Lindsay (2017) "Using Mobile Geographic Information Systems to Improve Operational Efficiency, Data Reliability, and Access in Mine Action," *Journal of Conventional Weapons Destruction*: Vol. 21 :Iss. 2 , Article 5.
25. Greene, Christina (2011) "UNIFIL Peacekeeping in Southern Lebanon," *The Journal of ERW and Mine Action* : Vol. 15 : Iss. 1 , Article 1.
26. Sutton, Sean (2015) "MAG: Mine Clearance in Lebanon," *The Journal of ERW and Mine Action* : Vol. 19 : Iss. 3 , Article 4.
27. Caswell, Penelope (2011) "Capacity Building in Western Sahara," *The Journal of ERW and Mine Action* : Vol. 15 : Iss. 1 , Article 5.
28. Aldrich, Lindsay; Fiederlein, Suzanne; and Rosati, Jessica (2015) "Risk Education in Northern Jordan," *The Journal of ERW and Mine Action* : Vol. 19 : Iss. 3 , Article 5.
29. Brief, News (2015) "Landmines in Croatia Pose Threat to Incoming Refugees," *The Journal of ERW and Mine Action* : Vol. 19 : Iss. 3 , Article 16.
30. Skilling, Louise and Zapasnik, Marysia (2017) "Addressing the Explosive Hazard Threat in Northern Syria: Risk Education on Landmines, UXO, Booby Traps, and IEDs," *Journal of Conventional Weapons Destruction*: Vol. 21 :Iss. 2 , Article 14.
31. Djakovic, Damir and CvikiBalić, Katarina (2016) "Explosive Remnants of War Contamination Response in Libya," *Journal of Conventional Weapons Destruction*: Vol. 20 :Iss. 3 , Article 9.
32. Beran, Laurens and Billings, Stephen (2018) "Advanced Geophysical Classification of WWII-era Unexploded Bombs Using Borehole Electromagnetics," *Journal of Conventional Weapons Destruction*: Vol. 22 : Iss. 1, Article 3. Available at: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol22/iss1/3>
33. Mansfield, Ian (2017) "The Early Years of Demining in Bosnia and Herzegovina: Transfer to National Ownership," *Journal of Conventional Weapons Destruction*: Vol. 21: Iss. 1, Article 6. Available at: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol21/iss1/6>

34. Sančanin, Gregor (2017) "Bosnia and Herzegovina: ITF Enhancing Human Security Perspective 20 Years After the Conflict," *Journal of Conventional Weapons Destruction*: Vol. 21: Iss. 1, Article 7. Available at: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol21/iss1/7>
35. Paktian, Faiz (2016) "GICHD's Eastern Europe, Caucasus and Central Asia Outreach Programme," *Journal of Conventional Weapons Destruction*: Vol. 20: Iss.1, Article 8. Available at: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol20/iss1/8>
36. United Nations Mine Action Service (UNMAS). Available at: <https://unmas.org/en>
37. Geneva International Centre for Humanitarian Demining (GICHD). Available at: <https://www.gichd.org>
38. ДСТУ-П ІМАС 01.10:2016 (ІМАС 01.10:2013, ІДТ) Керівництво по застосуванню міжнародних стандартів протимінної діяльності. – 28 с.
39. Про прийняття міжнародних стандартів з протимінної діяльності як національних нормативних документів України. Наказ Українського науково-дослідного навчального центру проблем стандартизації, сертифікації та якості [№ 374 від 10.11.2016](#).
40. ДСТУ-П ІМАС 04.10:2016 (ІМАС 04.10:2014, ІДТ) Словник термінів із розмінування, визначень і скорочень. – 45 с.
41. ДСТУ-П ІМАС 05.10:2016 (ІМАС 05.10:2013, ІДТ) Управління інформацією протимінної діяльності. – 11 с.
42. ДСТУ-П ІМАС 07.30:2016 (ІМАС 07.30:2016, ІДТ) Акредитація організацій та операцій із протимінної діяльності. – 14 с.
43. ДСТУ-П ІМАС 07.40:2016 (ІМАС 07.40:2016, ІДТ) Моніторинг організацій з протимінної діяльності. – 11 с.
44. ДСТУ-П ІМАС 09.11:2016 (ІМАС 09.11:2013, ІДТ) Очищення району ведення бойових дій. – 11 с.
45. ДСТУ-П ІМАС 09.12:2016 (ІМАС 09.12:2012, ІДТ) Очищення територій після вибухів на складах із боєприпасами. – 34 с.

46. ДСТУ-П IMAS 09.30:2016(IMAS 09.30:2014, IDT)Знешкодження боєприпасів. – 34 с.
47. ДСТУ-П IMAS 07.11:2016(IMAS 07.11:2016, IDT)Розблокування територій у процесі ленд – реліз. – 23 с.
48. Neitzey, Nicole (2011) "The Mine Action Technology Workshop," *The Journal of ERW and Mine Action* : Vol. 15 : Iss. 1 , Article 12. Available at: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol15/iss1/12>
49. Simon, Pascal and De Coninck, Stefan (2014) "Quality Management Systems in Mine Action Programs," *The Journal of ERW and Mine Action* : Vol. 18: Iss. 1, Article 12. Available at: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol18/iss1/12>
50. Takahashi, Kazunori; Preetz, Holger; and Igel, Jan (2013) "Influence of Soil Properties on the Performance of Metal Detectors and GPR," *The Journal of ERW and Mine Action* : Vol. 17: Iss. 1, Article 13. Available at: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol17/iss1/13>
51. Smith, Andy (2017) "Using Small Unmanned Aircraft (SUA) in HMA," *Journal of Conventional Weapons Destruction*: Vol. 21 : Iss. 3 , Article 13. Available at: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol21/iss3/13>
52. Keeley, Robert (2017) "Quality Management and Standards for Humanitarian Improvised Explosive Device (HIED) Response Activities," *Journal of Conventional Weapons Destruction*: Vol.21: Iss.3, Article 4. Available at: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol21/iss3/4>
53. Rudat, Howard (2016) "Maximizing the Effectiveness of Mobile Technology," *Journal of Conventional Weapons Destruction*: Vol. 20: Iss. 2, Article16. Available at: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol20/iss2/16>
54. Smith, Andy (2017) "An APT Demining Machine," *Journal of Conventional Weapons Destruction*: Vol. 21: Iss. 2, Article 15. Available at: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol21/iss2/15>
55. Pearson, Harold S. (2016) "Small Caliber De-Armers: An Answer to Explosive Acquisition Problems," *Journal of Conventional Weapons Destruction*:

Vol. 20: Iss. 1, Article 15. Available at: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol20/iss1/15>

56. Pratt, Donald and Torbet, Nick (2018) "The Hybrid Thermal Lance: A Promising New Technique for the Destruction of Landmines and UXO by Deflagration," *Journal of Conventional Weapons Destruction*: Vol. 22: Iss. 2, Article 7. Available at: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol22/iss2/7>

57. Gasser, Russell (2016) "Technology Research in Mine Action: Enough is Enough," *Journal of Conventional Weapons Destruction*: Vol. 20 : Iss. 1, Article 3. Available at: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol20/iss1/3>

58. Carton, Geoff and Grindstaff, Laura (2017) "Refining Explosive Safety Outreach," *Journal of Conventional Weapons Destruction*: Vol. 21: Iss. 3, Article 14. Available at: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol21/iss3/14>

59. Rath, Heinz; Schroder, Dieter; and Twiesselmann, Raymond (2010) "Future Developments Trends in Mechanical-demining Technology," *The Journal of ERW and Mine Action* : Vol. 14: Iss. 1, Article 21. Available at: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol14/iss1/21>

60. Brief, News (2014) "3-D Printed Landmines and Mine Clearance Tools," *The Journal of ERW and Mine Action* : Vol. 18: Iss. 3, Article 20. Available at: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol18/iss3/20>.

61. Keeley, Robert (2017) "Improvised Explosive Devices (IED): A Humanitarian Mine Action Perspective," *Journal of Conventional Weapons Destruction*: Vol. 21: Iss. 1, Article 3. Available at: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol21/iss1/3>

62. Keeley, Robert (2017) "Improvised Explosive Devices (IED): A Humanitarian Mine Action Perspective," *Journal of Conventional Weapons Destruction*: Vol. 21: Iss. 1, Article 3. Available at: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol21/iss1/3>

63. Rhodes, Guy (2017) "Improvised Explosive Devices and the International Mine Action Standards," *Journal of Conventional Weapons*

Destruction: Vol. 21: Iss. 3, Article 3. Available at:
<https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol21/iss3/3>

64. ДСТУ-П IMAS 10.10:2016 (IMAS 10.10:2013, IDT) Безпека трудової діяльності. Загальні відомості. – 20 с.

65. ДСТУ-П IMAS 10.30:2016 (IMAS 10.30:2013, IDT) Засоби індивідуального захисту. – 18с.

66. Xiao T., Horberry T., Cliff D. Analysing mine emergency management needs: a cognitive work analysis approach // *International Journal of Emergency Management (IJEM)*. 2015. Vol. 11, No. 3. P.191–208. URL: <http://www.inderscience.com/offer.php?id=71705>

67. Toan Dang Qua. Train-the-Trainer Trauma Care Program in Vietnam // *Journal of Conventional Weapons Destruction*. 2015. Vol. 19, Issue 1. Article 9. URL: <http://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol19/iss1/9>

68. Smith A. An APT Demining Machine // *Journal of Conventional Weapons Destruction*. 2017. Vol. 21, Issue 2. Article 15. URL: <http://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol21/iss2/15>

69. Hadjadj A., Sado O. Shock and blast wave mitigation // *Shock Waves*. 2013. Vol. 23. P.1–4. doi:<https://doi.org/10.1007/s00193-012-0429-0>

70. Tyas A., Rigby S.E., Clarke S.D. Preface on special edition on blast load characterization // *Int J Prot Struct*. 2014. Vol. 7, Issue 3. P. 302–304. doi: <https://doi.org/10.1177/2041419616666340>

71. Blakeman S.T., Gibbs A.R., Jeyasingham J. A study of mine resistant ambush protected (MRAP) vehicle as a model for rapid defence acquisitions // *MBA Professional Report Monterey Naval School*. December 2008. URL: <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a493891.pdf>

72. Sherkar P., Whittaker A.S., Aref A.J. Modeling the effects of detonations of high explosives to inform blast-resistant design // *Technical Report MCEER-10-0009*. 2010. URL: <http://mceer.buffalo.edu/pdf/report/10-0009.pdf>

73. Armor Thane Reduces the Impact from Bombs and Bullets.
URL:<https://www.armorthane.com/protective-coating-applications/blast-mitigation-protection.htm>

74. Numerical simulation of long duration blast wave evolution in confined facilities /Togashi E., Baum J.D., Mestreau E., Löhner R., Sunshine D.// Shock Waves. 2010. Vol. 20. P. 409–424.doi: <https://doi.org/10.1007/s00193-010-0278-7>

75. Snyman I.M., Mostert F.J., Olivier M. Measuring pressure in a confined space // 27th international symposium on ballistics. April 2013. P. 22–26.
URL: Anthistle, T., Fletcher, D.I. and Tyas, A. (2016) Characterization of blast loading in complex, confined geometries using quarter's symmetries per mental methods. Shock Waves, 26 (6). pp. 749-757. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s00193-016-0621-8>

76. P.D.Smith, G.C.Mays, T.A.Rose, K.G.Teo, B.J.Roberts. Small scale models of complex geometry for blast overpressure assessment. International Journal of Impact Engineering. Volume 12, Issue 3, 1992, p.p. 345-360. doi:[https://doi.org/10.1016/0734-743X\(92\)90112-7](https://doi.org/10.1016/0734-743X(92)90112-7)

77. Edri, I., Savir, Z., Feldgun, V.R., Karinski, Y.S., Yankelevsky, D.Z.: On blast pressure analysis due to a partially confined explosion: I. Experimental studies. Int. J. Protect. Struct. 2(1), 1–20 (2011). doi: <https://doi.org/10.1260/2041-4196.3.3.311>

78. Changgen Feng, Baoming Li. Defence Technology // 1st International Conference on Defence Technology. 21–25 October 2018. Beijing, China. Volume 14, Issue 5, P. 357–642. doi: [https://doi.org/10.1016/S2214-9147\(18\)30442-2](https://doi.org/10.1016/S2214-9147(18)30442-2)

79. Van den Berg A.C. A compilation of codes for numerical simulation of the gas dynamics of explosions // J Loss Prev Process Ind. 2009. Vol. 22. P. 271–278. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2008.07.004>

80. I.G. Simulating geometrically complex blast scenarios /Nikiforakis Cullis N., Frankel P., Blakely P., Bennet P., Greenwood P.// Defence Technol. 201 Vol. 12. P. 134–146. doi: <https://doi.org/10.1016/j.dt.2016.01.005>

81. Numerical study of shock wave mitigation through matrices of solid obstacles / Chaudhuri A., Hadjadj A., Sadot O., Ben-Dor G.// Shock Waves. 2012. doi:<https://doi.org/10.1007/s00193-012-0362-2>

82. Remennikov A.M., Mendis P.A. Prediction of airblast in complex environments using artificial neural networks // WIT transactions on the build environment, structures under shock and impact IX. 2006. Vol. 269. doi:<https://doi.org/10.2495/SU060271>

83. Про упорядкування робіт з виявлення, знешкодження та знищення вибухонебезпечних предметів. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 11 грудня 1999 р. № 2294.

84. Спільний наказ МНС України, Міноборони України, Мінтрансзв'язку України, Адміністрації Держприкордонслужби України від 27.05.2008 N 405/223/625/455 "Про організацію робіт з виявлення, знешкодження та знищення вибухонебезпечних предметів на території України та взаємодію під час їх виконання". Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 4 липня 2008 року за N 591/15282.

85. Про введення у дію Норм медичного постачання органів і підрозділів цивільного захисту МНС лікарськими засобами, виробами медичного призначення та медичною технікою поточного постачання. Затверджено наказом МНС України від 30.11.2006 р. № 760.

86. Про затвердження Інструкції про організацію та здійснення організаційно-штатної роботи в МНС України. Затверджено наказом МНС України від 20.06.2006 р. № 380.

87. Про затвердження Настанови про аварійно-рятувальні машини та плавзасоби спеціального призначення ДСНС України. Затверджено Наказом ДСНС України 24.04.2013 № 184.

88. Барбашин В.В., Назаров О.О., Рютин В.В., Толкунов І.О. Основи організації піротехнічних робіт. Навчальний посібник / Під ред. В.П. Садкового. – Харків: ВРВД НУЦЗУ, 2010. – 352 с., ілюстр.

89. Про затвердження Типових структур відділень піротехнічних підрозділів ДСНС України. Затверджено Наказом ДСНС України 31.05.2013 № 369.

90. Пат. 467 Україна, МПК F42D 5/00, F42D 5/04. Контейнер для транспортування вибухових пристроїв / Величко С.М., Лоторєв В.О., Мошаров І.В., Родіонов В.І., Волгін Л.О., Боримчук М.І.; заявник та патентовласник Державний інженерно-упроваджувальний центр «Спецтехніка» МВС України. - №99041970/К; заявл. 07.04.1999; опубл. 29.12.1999, Бюл. № 8.

91. Пат. US20060260459A1 США, МПК F42D 5/045. Система стримування і спосіб запобігання вибуху в різних умовах навколишнього середовища / JohnDavis; заявник та патентовласник Allen-VanguardCorp. - № 11/379,914; заяв. 24.04.2006; опубл. 23.11.2006.

92. Пат. 2524064 Российская Федерация, МПК F42D 5/045. Взрывозащитная камера / Сырунин М.А., Вишневецкий Е.Д., Чернов В.А., Абакумов А.И., Орешков О.В.; заявитель и патентообладатель Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом» - № 2013116147/03; заявл. 09.04.2013; опубл. 27.07.2014, Бюл. №21.

93. Пат. 2285231 Российская Федерация, МПК F42D 5/04. Устройство для локализации воздействия взрывных механизмов / Рудич Е.Н., Игнатов Ю.В.; заявитель и патентообладатель Рудич Е.Н., Игнатов Ю.В.. - №2004133427/03; заявл. 16.11.2004; опубл. 20.04.2006 Бюл. №11.

94. Пат. 2257537РоссийскаяФедерация, МПК F42B39. Контейнер для локализации взрыва / Абакумов А.И., Русак В.Н., Михайлов А.Л.и др.; заявитель и патентообладатель ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» – № 2004118773/02; заявл. 21.06.2004; опубл. 27.07.2005Бюл. №21.

95. Пат. 2 350 895РоссийскаяФедерация, МПК F42B39/00. Контейнер для взрывоопасного груза / Андреев С.Г., Черница О.А.; заявитель и патентообладатель ФГУП «РОССИЙСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЯДЕРНЫЙ

ЦЕНТР-ВНИИТФ им. ак. Е.И. Забабахина» – № 2007107732/02; заявл. 01.03.2007; опубл. 27.03.2009 Бюл. № 9.

96. Pat. 4027601A USA, Int. C. F42D 5/04. Container for explosive device / Frederick R. Hickerson; assignee: The United States of America as represented by the Secretary of the Army – Appl. No.: 678009 Apr. 19, 1976; date of Patent: 1977-06-07.

97. Pat. 4621559 USA, Int. C. F42B33/00. Detonation chamber / Johnny Ohlson; assignee: Aktiebolaget, Bofors, Sweden – Appl. No.: 688389 Jan. 2, 1985; date of Patent: Nov. 11, 1986.

98. Локализация и обезвреживание взрывоопасных предметов на станциях метрополитена в условиях террористической угрозы: памятка для сотрудников полиции – Москва, 2018 – 46 с.

99. Про затвердження Стандартної оперативної процедури 09.10-12(1)/ДСНС "Порядок проведення органами та підрозділами цивільного захисту очищення (розмінування) територій, забруднених вибухонебезпечними предметами. Оперативне реагування". Затверджено Наказом ДСНС України 08.08.2018 № 461.

100. Власов В.З. Общая теория оболочек и ее приложения в технике.– М.: Гостехиздат, 1949.- 784 с.

101. ДСТУ Б В.2.6-23:2009 Блоки віконні та дверні – Загальні технічні умови.

102. *European Union Terrorism Situation and Trend Report (TE_SAT) 2016*. Режим доступу: <https://www.europol.europa.eu/activities-services/main-reports/european-union-terrorism-situation-and-trend-report-te-sat-2016>

103. Практическое пособие по высшей математике. Типовые расчеты: Учебное пособие. 2-е изд. – Издательский дом "Питер", 2012. – 400 с.

104. НПА ОП 29.6-7.02-95. ВНД 03-95 Керівний документ з безпечної організації виробництва розснарядження і утилізації боєприпасів (РДБОП). Затверджено Наказом Держгірпромнагляду 29.07.2002 № 369.

105. Andreev, S. G., Babkin, Yu. A., Baum, F. A. et al.; Orlenko, L. P. (Ed.)(2002). Fizika vzryiva. Vol. 1. Ed. 3. Moscow: FIZMATLIT, 832.
106. Программный пакет ANSYS. Режим доступа: <https://sites.google.com/site/komputernoemodelirovanie/home/stati/programmnyj-paket-ansys>
107. Орлов А.И. Прикладная статистика / Учебник – М.: Издательство «Экзамен», 2004. – 656 с.
108. Статистические методы. Проверка отклонения распределения вероятностей от нормального распределения : ГОСТ Р ИСО 5479-2002. – [Действующий от 2002-07-01]. Москва : Госстандарт России, 2002. – 31 с. – (Государственные стандарты России).
109. Митропольский А.К. Техника статистических вычислений – Главная редакция физико-математической литературы издательства "Наука", 1971. – 576 с.
110. Халафян А.А. STATISTICA 6 Статистический анализ данных / А.А. Халафян. – М.: 000 «Бином-Пресс», 2007. — 512 с.
111. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Наука, 1962. – 564 с.
112. Розробка стандартних оперативних процедур (СОП) з питань гуманітарного розмінування відповідно до вимог міжнародних стандартів із протимінної діяльності [Текст]: Звіт про НДР (підсумк.)/ НУЦЗУ; кер. Толкунов І.О.; вик.: Стецюк Є.І. [та ін.]. – Харків, 2018. – 130 с. – №ДРО118U001014.
113. Спортивная метрология. Учебник для ин-тов физ. культ./ Под ред. В.М.Зациорского. – М.: ФиС, 1982. – 256 с.
114. Нормативи по пожежно-стройовій підготовці. – К.: УДПО МВС України, 1995. – 14 с.
115. Методичні рекомендації «Порядок виконання нормативів радіаційного та хімічного захисту особовим складом органів управління та підрозділів МНС». Затверджено Наказом МНС України від 15.10.2008 №741.

116. Введение в эргономику / Под ред. В. П. Зинченко. – М., “Сов. радио”, 1974. – 351 с.

117. Стрелец В. М. Оценка эффективности подготовки спасателей к ликвидации чрезвычайных ситуаций с использованием нормативов/ В. М. Стрелец, М. В. Васильев, В. В. Тригуб // Проблемы надзвичайних ситуацій. – 2014. – № 20. – С. 124-131.

118. Ultimate Protection for Bomb Disposal Squad. – Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.oshodefence.com/bds.php>

119. Наказ МНС України від 20.09.2010 № 791 «Про затвердження інструкції з організації та проведення робіт з розмінування місцевості на території України підрозділами та спеціалізованими підприємствами МНС».

120. Toan, Dang Quang (2015) "Train-the-Trainer Trauma Care Programming Vietnam," Journal of Conventional Weapons Destruction: Vol. 19 :Iss. 1, Article 9. – URL: <http://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol19/iss1/9>

121. Smith, Andy (2017) "An APT Demining Machine," Journal of Conventional Weapons Destruction: Vol. 21 :Iss. 2, Article 15. URL: <http://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol21/iss2/15>

122. “Qasef: Escaping the Bombing: The Use of Explosive Weapons in Populated Areas and Forced Displacement: Perspectives from Syrian refugees.” Handicap International (2016). Accessed 19 May 2017. – URL: <http://bit.ly/2qBI5Vu>

123. Torbet, Nick and Thompson, Patrick (2017) "21st Century Survey in Eastern Ukraine and the Use of Technology in Insecure Environments" Journal of Conventional Weapons Destruction: Vol. 21 :Iss. 2, Article 6. – URL: <http://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol21/iss2/6>

124. Tania Xiao. Analyzing mine emergency management needs: a cognitive work analysis approach/ Tania Xiao; Tim Horberry; David Cliff // International Journal of Emergency Management (IJEM), Vol. 11, No. 3, 2015 , pp. 191 – 208. – URL: <http://www.inderscience.com/offer.php?id=71705>

125. Стрелец В.М. Статистический метод обоснования нормативов боевого развертывания пожарно-технического вооружения./ В.М. Стрелец, Т.Б. Грицай // Право і безпека: Науковий журнал. – 2002. – Вип.1 – С. 165-171.

126. Ковалев П.А. Особенности обоснования комплексных нормативов для практических занятий / П.А. Ковалев, Р.А. Нередков, В.М. Стрелец // Проблеми надзвичайних ситуацій. – № 5. – Харків, Фоліо, 2006. – С. 129-133.

Додаток А

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з навчальної
та методичної роботи
доктор технічних наук,
старший науковий співробітник

« 5 » _____ 2021 р.
Юрій КУЩОЧКА



АКТ

впровадження результатів науково-дослідної роботи
«Розробка оперативного-технічного способу локальної ліквідації
малогабаритних вибухонебезпечних предметів»
у навчальний процес

Комісія у складі голови – начальника факультету цивільного захисту кандидата технічних наук, доцента Миколи Удянського та членів: начальника кафедри піротехнічної та спеціальної підготовки кандидата технічних наук, доцента Ігоря Толкунова та старшого наукового співробітника наукового відділу з проблем цивільного захисту та техногенно-екологічної безпеки науково-дослідного центру доктора технічних наук, професора Віктора Стрілеця склала цей акт про те, що результат науково-дослідної роботи «Розробка оперативного-технічного способу локальної ліквідації малогабаритних вибухонебезпечних предметів», а саме, оперативного-технічний спосіб локалізації надзвичайних ситуацій, пов'язаних із загрозою вибуху малогабаритного вибухонебезпечного предмету, за допомогою захисного пристрою куполоподібної форми, використовується під час занять за темою 4.5 «Знешкодження і знищення вибухонебезпечних предметів» Навчальної дисципліни «Організація розмінування об'єктів та місцевості» та за темою 3.6 «Транспортування мін та вибухонебезпечних предметів згідно вимог міжнародних нормативних документів» Навчальної дисципліни «Організація гуманітарного розмінування».

Впровадження отриманих результатів сприяє вдосконаленню у курсантів знань, вмінь та навичок, які є необхідними для забезпечення ефективного та безпечного проведення саперних, піротехнічних та вибухових робіт особовим складом піротехнічних підрозділів ДСНС України.

Голова комісії
кандидат технічних наук, доцент
Члени комісії:
кандидат технічних наук, доцент
доктор технічних наук, професор

 Микола УДЯНСЬКИЙ
 Ігор ТОЛКУНОВ
Віктор СТІЛЕЦЬ

