

УДК 355.614

С. Е. Важинський, к.т.н., доцент, доц. каф. (ORCID 0000-0002-1671-3684)

І. Б. Федюк, викл. каф. (ORCID 0000-0001-8374-2108)

А. М. Чернуха, викл. каф. (ORCID 0000-0003-3604-1149)

Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна

ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ МІСЦЬ ЗБЕРІГАННЯ БОЄПРИПАСІВ ТА ВИБУХОВИХ РЕЧОВИН

Визначені основні параметри системи пожежогасіння арсеналів, складів зберігання боеприпасів та вибухових речовин та шляхи її удосконалення. Останнє дало змогу провести розрахунки кількості та перелік елементів модернізації системи пожежогасіння. Запропоновано функціональну модель модернізованої автоматичної системи пожежогасіння на складах та арсеналах, яка повинна включати комплекс заходів щодо створення додаткових водоймищ, інженерного обладнання території місць зберігання вибухопожеженобезпечних речовин та технічних пристроїв автоматичного пожежогасіння з підвищеними витратами вогнегасної речовина, що повинні працювати в автономному режимі. Особливостями роботи є опис створеної експериментальної установки на випробуванні якої у на лабораторних умовах було підтверджено ефективність запропонованої функціональної моделі модернізованої автоматичної системи пожежогасіння. Аналіз попередніх результатів розрахунків та випробувань підтверджують, що протипожежний захист вибухонебезпечних речовин у місцях їх постійного або тимчасового зберігання, обслуговування та підготовки до транспортування необхідно удосконалити шляхом модернізації системи в цілому. А саме створенням додаткових земельних укріплень, пожежних водоймищ на території зберігання, застосуванням модернізованих автоматизованих систем пожежогасіння в яких використовувати порохові акумулятори тиску. На етапі виникнення пожежі система автоматичного пожежогасіння повинна забезпечити збільшені витрати води на 30%. Надані пропозиції щодо створення умов для ліквідації пожежі на складах і арсеналах при роботах пов'язаних зі зберіганням або утилізацією вибухопожеженобезпечних виробів та речовин термін зберігання та застосування яких закінчився шляхом створення її застосування резервних пожежних водоймищ на небезпечній території. Визначені напрямки удосконалення системи сигналізації про виникнення пожежі та запропоновано використання автоматичної системи пожежогасіння, яка є енергонезалежною, завадостійкою, простою в експлуатації.

Ключові слова: боеприпаси, арсенал, вогнегасна речовина, пороховий акумулятор тиску

1. Вступ

В Україні у лютому 2020 затверджена бюджетна програма «Утилізація боеприпасів, рідинних компонентів ракетного палива, озброєння, військової техніки та іншого військового майна, забезпечення живучості та вибухопожежебезпеки арсеналів, баз і складів Збройних Сил України» [1].

Мета програми: Запобігання техногенних катастроф у місцях зберігання ракет, боеприпасів і рідинних компонентів ракетного палива Збройних Сил України та створення умов, що гарантують безпеку населення та народногосподарських об'єктів у разі виникнення аварійних ситуацій на арсеналах, базах і складах озброєння, ракет і боеприпасів.

На складах боеприпасів та арсеналах України на даний час склалася ситуація, яку можна визначити як критичну і найнебезпечнішу. Це, безумовно, ілюструється тим, що до теперішнього часу не ліквідовані (не утилізовані) та досі зберігаються боеприпаси часів Другої Світової війни, боеприпаси вивезені в 90-х роках ХХ ст. при виводі радянських військ з Німеччини та інших країн Східної Європи, термін зберігання яких давно минув. Все це призводить до підвищеної пожежевибухової небезпеки даних об'єктів. З початком ведення бойових дій на території України, ситуація стала ще більш критичною.

Фактично на сьогоднішній день, як показали події у містах Артемівську (Донецької області), Балаклеї (Харківської області), Сватове (Луганської області), та у селах Новобогданівка (Запорізької області), Калинівка (Вінницької області) і за кордоном, все зводиться до ліквідації наслідків вже після припинення вибухів та пожежі. Збитки від такого роду надзвичайних ситуацій дуже великі; їх неможливо прогнозувати та остаточно визначити.

Задача успішного гасіння пожеж боєприпасів, що супроводжуються вибухами, розлітанням осколків і снарядів (іноді в радіусі від кількох сотень метрів до 30-50 кілометрів, а то і більше) дуже складна. Надлишковий тиск, що утворюється під час вибуху, зносить споруди, перевертає пожежну техніку, яка направляється на гасіння пожежі, від дії надлишкового тиску і розлітання снарядів та осколків утворюються нові осередки пожежі.

Таким чином, на сьогодні є актуальною проблема удосконалення системи пожежогасіння на вибухопожежебезпечних територіях та об'єктах.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Завдання дослідження та розрахунку ефективності пожежогасіння – одна з актуальних, що вирішуються працівниками управління територіальними підрозділами реагування на надзвичайні ситуації [2]. Науковим підґрунтям для розробки окремих рекомендацій з цього напрямку в провідних країнах світу слід вважати низку фундаментальних робіт з моделювання оперативних можливостей аварійно-рятувальних та пожежних підрозділів.

Як зазначено в [3], побудова ефективної системи пожежогасіння на об'єктах де зберігаються або проводяться роботи з вибуховими речовинами є важливим етапом у процесі модернізації системи логістики Міністерства Оборони України та інших силових структур України. Складовими такої системи мають бути інформаційно-аналітичні системи центральних та місцевих органів виконавчої влади, інформаційні служби ДСНС України та технічні засоби. Однак, при цьому, завдання з оцінки створення подібних систем на режимних об'єктах в роботі не розглядається.

В контексті орієнтації України на європейські стандарти в сфері цивільного захисту необхідно розглянути ґрунтовні праці [4], в яких представлені результати досліджень міжнародного колективу науковців щодо інструментальних засобів розв'язання задач оптимізації ресурсів робіт з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій. Цей напрям діяльності має включати узгодження методичного, математичного, інформаційного, програмного забезпечення, протоколів передачі та регламентів зберігання та опрацювання критичної інформації. Однак такий підхід не дозволяє визначити практичні дії на конкретних техногенно-небезпечних об'єктах та поширити запропоновану методологію на всі види робіт пожеж захисного [5] характеру. Складність питання полягає в тому, що військові об'єкти є режимними що до кількості та якісних властивостей небезпечних речовин, що зберігаються, час зберігання також складно визначити. Тому застосування стандартних уніфікованих методик розрахунку та інформаційного забезпечення для військових об'єктів є складною задачею.

Безпосередньо, питанням застосування вже відомих керуючих алгоритмів при вирішенні практичних задач з ліквідації лісових [7] та ландшафтних [8] пожеж. Або як наведено в [8] враховуються специфічні умови виникнення та поширення надзвичайних ситуацій та пожеж. Роботи використовують на детерміновану кіль-

кість особового складу, та не дозволяють створити прогноз щодо необхідного збільшення його чисельності при довгостроковому прогнозі з врахуванням негативного впливу на стан безпеки території чинників природного, техногенного характеру.

Питанням визначення оперативних можливостей пожежних підрозділів, в залежності від ризику природного характеру, присвячена робота [9]. Основним недоліком останньої є конкретизації характеру небезпечної ситуації та неможливість узагальненого застосування отриманих рекомендацій.

В [10] вирішенні практичних задач з ліквідації лісових пожеж. враховуються специфічні умови виникнення та поширення пожеж. Розрахунки базуються на визначеній кількості осіб при ліквідації надзвичайної ситуації, та не дають змоги прогнозувати збільшення технічних засобів та негативний вплив на стан безпеки території чинників воєнного та соціального характеру.

Таким чином, не вирішеною частиною проблеми стосовно підвищення ефективності систем протипожежного захисту є відсутність спеціалізованого інженерного обладнання міст зберігання, енергонезалежних засобів автоматичного пожежогасіння, апаратного, матеріального забезпечення, відповідних систем сигналізації та оповіщення.

3. Мета та завдання дослідження

Метою даного дослідження є визначення шляхів удосконалення системи пожежогасіння та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій в умовах зберігання або проведення робіт з вибуховими та пожежебезпечними речовинами.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні науково-практичні завдання:

1. Визначити параметри удосконалення системи пожежогасіння складів боеприпасів та вибухових речовин.
2. Розробити функціональну модель модернізованої автоматичної системи пожежогасіння на складах та арсеналах.
3. Провести експеримент з оцінки ефективності створеного спеціалізованого пристрою автоматичного пожежогасіння при ліквідації наслідків надзвичайної ситуації.

4. Дослідження параметрів удосконалення системи пожежогасіння складів боеприпасів та вибухових речовин

Стан небезпеки складу боеприпасів чи арсеналу може бути оцінено по чотирьох основних показниках:

- кількість боеприпасів та вибухових речовин, які зберігаються на складі або арсеналі;
- якість (кондиційність) цього боезапасу, його властивості та недосягнення останнього терміну зберігання;
- умови зберігання боезапасу;
- стан забезпечення пожежогасіння.

Аналіз всіх складових компонентів наведених показників свідчить про критичність положення.

Як показала практика гасіння пожеж на складах та арсеналах де знаходяться вибухонебезпечні матеріали та боеприпаси, пожежні підрозділи можуть гасити такого виду пожежі на протязі 8-10 хв., з початку виникнення пожежі, поки не прогорить тара і боеприпаси не почнуть вибухати.

Проведені центральним науково-дослідним інститутом Міністерства Оборони України на Рівненському військовому полігоні в березні 2019 року дослідження виявили, що для пострілів танкової гармати калібром 125 мм, час прогорання тари боєприпаси складає в середньому 15 хв. З цього часу треба вирахувати час на прибуття пожежного підрозділу до місця пожежі та бойового розгортання, у кращому випадку 5 хв., отже час ефективного гасіння не перевищує 3-10 хв., при цьому пожежні стволи подаються особовим складом із-за обвалування, що в багатьох випадках призводить до неефективного попадання водяного струменю в осередок пожежі. З початку вибухів пожежа стає неконтрольованою і єдиний можливий спосіб гасити її – за допомогою пожежної авіації, але це може бути за умовою відповідних метеорологічних умов. Виходячи з вище наведеного, у статті пропонується спосіб розв'язання такої наукової задачі удосконалення пожежної безпеки складів і арсеналів шляхом розробки та впровадження методики пожежогасіння складів боєприпасів та вибухових речовин відкритого та закритого зберігання за допомогою автоматичних установок пожежогасіння нового типу, спроможних ліквідувати пожежі на початковій стадії загорання.

Існуючі на сьогоднішній день системи пожежогасіння класифікуються:

- по ступені автоматизації;
- по виду вогнегасної речовини;
- по способу гасіння;
- по інерційності спрацювання;
- по тривалості дії;
- по виду приводу.

При обґрунтуванні вибору вогнегасної речовини можна керуватися графіками (рис. 1) залежності та зміни температури горіння у вогнищі пожежі класу В, і температури охолодження при подачі різних вогнегасних складових – вогнегасного порошку (ВП), розпиленої води (РВ), піни, CO_2 .

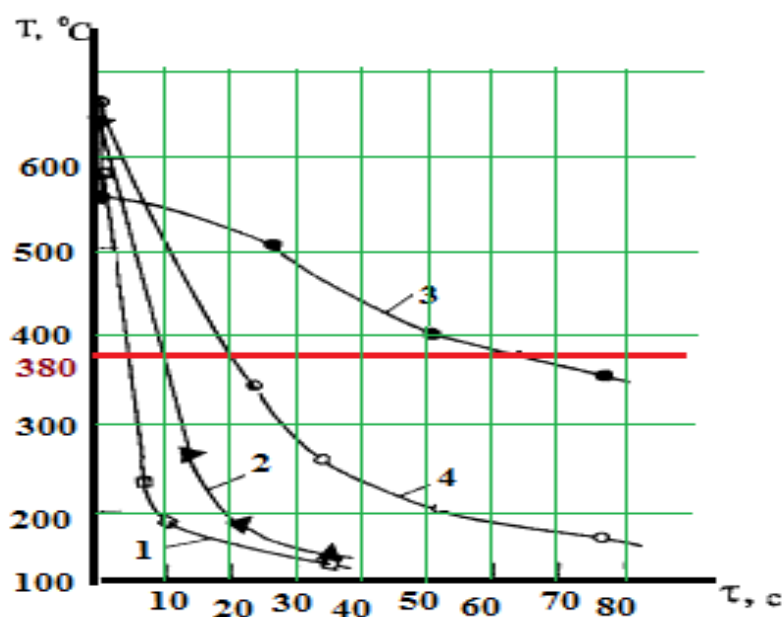


Рис. 1 а Графіки зміни температур вогнища при гасінні різними речовинами: 1 – ОП; 2 – РВ; 3 – піна; 4 – CO_2

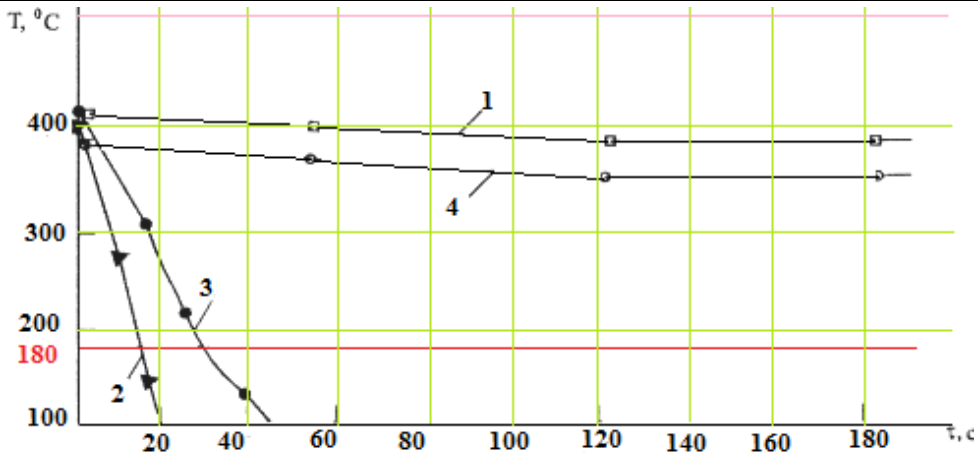


Рис. 1 б Графіки зміни температур вогнища локалізації різними речовинами: 1 – ОП; 2 – РВ; 3 – піна; 4 – CO_2

При визначенні параметрів удосконалення системи пожежогасіння складів боєприпасів та вибухових речовин особлива увага приділяється також застосуванню автоматичних та автоматизованих систем пожежогасіння, які дозволять попередити або значно знизити імовірність розвитку пожежі.

5. Розробка функціональної моделі модернізованої автоматичної системи пожежогасіння на складах і арсеналах

Як показує практика гасіння пожеж боєприпасів, найбільш успішно вони гасяться в дощову погоду, що цілком природньо. В першу чергу це пов'язано з інтенсивним охолодженням водою осередку пожежі та зволоженням прилеглого горючого навантаження, тому за основу для створення автоматичної установки пожежогасіння боєприпасів, як відкритого, так і закритого зберігання пропонуємо розробити та застосувати нову модель дренажної установки пожежогасіння (рис. 2), яка спрацьовує від порохового акумулятору тиску (ПАТ) (на відміну від існуючих) і подає воду одразу на всю площу, що захищаємо, тим самим охолоджує осередок пожежі і зрошує прилегле горюче навантаження.

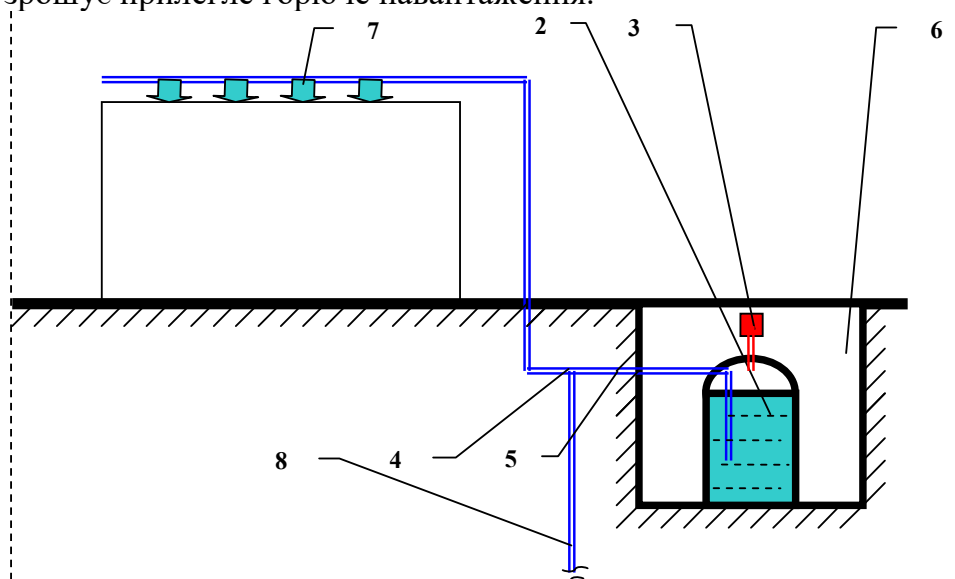


Рис. 2. Схема дренажної установки пожежогасіння з пороховим акумулятором тиску: 1 – штабель боєприпасів; 2 – резервуар з водою; 3 – пороховий акумулятор тиску; 4 – розподільчий клапан; 5 – трубопровід дренажної системи пожежогасіння; 6 – захисна споруда; 7 – дренчер; 8 – трубопровід з насосної станції

Працює установка наступним чином. При виникненні пожежі спрацьовує пороховий акумулятор тиску ПАТ (ПАТ може приводитись в дію: вручну, від струсу при вибуху, а також в результаті плавлення легкоплавкого тросового замка). Порохові газы, які поступають у резервуар, збільшуючись в об'ємі, заповнюють верхню частину резервуару і витісняють воду в трубопровід дренчерної системи пожежогасіння, звідки вона попадає до дренчерів і охолоджує осередок пожежі та зрошує штабель. Резервуар розраховується по ємності на 10 хв. безперервної подачі води, сила тиску порохових газів ПАТу дорівнює 0,7..0,9 МПа.

Запропонована система пожежогасіння є енергонезалежною від зовнішніх електричних систем, значно зменшує ризик поширення пожежі від місця спалаху, забезпечує короткий термін її локалізації, а якщо це неможливо – надає достатню кількість часу для приїзду чергової зміни пожежних.

Відзначимо, що покращення стану забезпечення пожежогасіння на арсеналах та складах вибухових речовин може значно знизити ризик виникнення глобальних надзвичайних ситуацій та зменшити збитки від них у разі їх виникнення.

У випадку, коли розвиток пожежі неможливо припинити шляхом застосування ПАТу, і пожежа набуває глобального розміру, необхідно розташувати при в'їзді на технічну територію складу захищену насосну станцію (рис. 3). Захищена насосна станція призначена для подавання води у осередок пожежі на будь-якій ділянці складу. Безпосередній захист особового складу та самої насосної станції забезпечується завдяки обладнанню захисного капоніру.

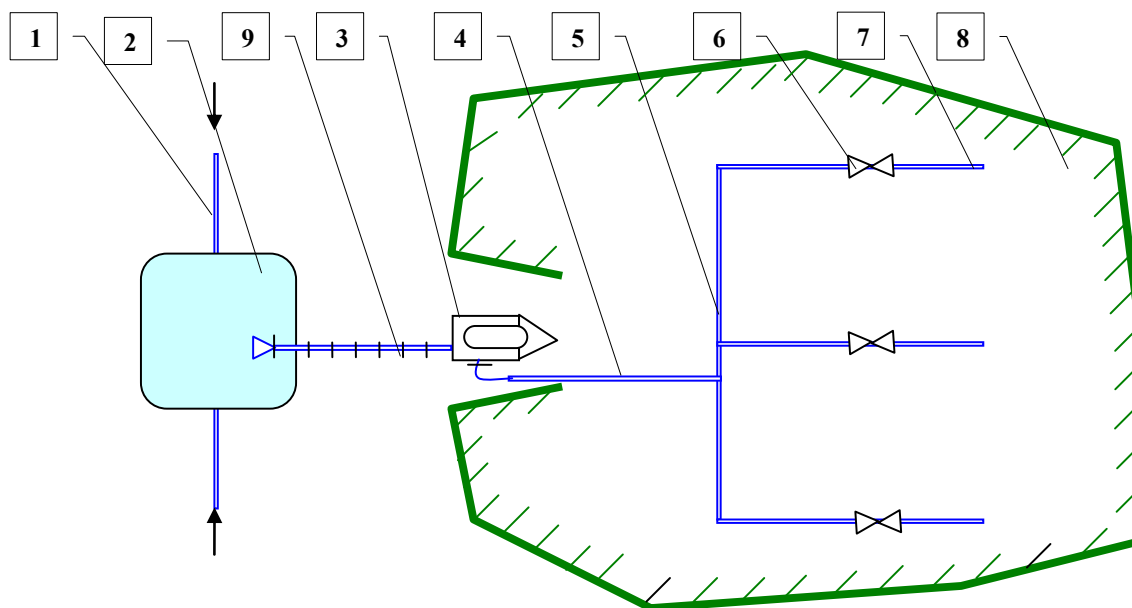


Рис. 3. Захищена насосна станція: 1 – з'єднувальні трубопроводи з сусідніми водоймами; 2 – водойма; 3 – автоцистерна (або мотопомпа ММ-27/100); 4 – пожежний рукав; 5 – розподільчий трубопровід (колектор); 6 – вентилі розподільчого вузла; 7 – трубопровід до дренчерної системи; 8 – захисний капонір

Конструкція капоніру розраховується виходячи з властивостей матеріалу, з якого він може бути зробленим (гомогенна конструкція або гетерогенна) та з можливої потужності вибуху і радіусу зон руйнування.

Для визначення радіусу зон руйнівної дії вибуху у повітрі пропонується формула:

$$R = a_0 \sqrt{\frac{C}{B}}, \quad (1)$$

де R – найбільший радіус зони руйнівної дії вибуху; C – маса заряду; B – товщина стін споруди; a_0 – коефіцієнт, який характеризує конструкцію та матеріал споруди, а також ступінь руйнування, яке очікується.

Запропонована модель може бути конструктивним шляхом вдосконалення протипожежного захисту місць зберігання боєприпасів та вибухових речовин.

6. Експериментальні дослідження з оцінки ефективності створеного спеціалізованого пристрою автоматичного пожежогасіння

При вірному розрахунку потужності системи автоматичного пожежогасіння з використанням ПАТ, правильному розташуванні елементів системи на території складу або арсеналу, вірному розрахунку стійкості захисного капоніру (вірному підбору матеріалів та конструктивного рішення) система пожежогасіння на складах та арсеналах буде значно покращена. Це у свою чергу надасть змогу значно зменшити ризик втрат серед особового складу та техніки пожежного підрозділу, локалізувати надзвичайну ситуацію на початковому етапі її розвитку та значно полегшити її наслідки.

Капонір розраховується виходячи з наступного:

- конструкція та матеріал капоніру повинні забезпечувати безпеку та дієздатність особового складу та пожежної техніки від дії пожежі та вибухів;
- огорожуючи конструкції капоніру повинні забезпечити захист внутрішнього робочого середовища від прямої дії вибуху боєприпасу, яка можлива внаслідок розлітання (розкидання) боєкомплекту після вибуху штабеля.

Наведемо основи розрахунку капоніру, що забезпечить попередні вимоги. В даному випадку у якості захисної конструкції доцільніше використовувати місцеві матеріали, зокрема ґрунти, пісок, щебінь тощо. Причому ґрунт є матеріалом, який застосовується переважно для поглинання вибухової хвилі, а щебінь та пісок (або їх суміші) – як первинне тверде покриття, яке утруднює проникнення боєприпасу всередину ґрунтової обсіпки капоніру.

Вважаємо, що захисною ґрунтовою товщею капоніру являється природна товща породи, яка розташована над покрівлею споруди та забезпечує її захист від дії вражаючих засобів (удар та вибух боєприпасу).

Мінімальний розмір захисної ґрунтової товщі над спорудою визначається за формулою:

$$H_{\text{ст}} = h_{\text{пр}} - \beta r_{\text{руйнув}}, \text{ м}, \quad (2)$$

де $h_{\text{пр}}$ – глибина проникання боєприпасу по нормалі до перешкоди:

$$h_{\text{пр}} = \lambda_1 \lambda_2 K_{\text{пр}} \left(\frac{P}{d^2} \right) V_0 \cos \alpha, \text{ м}, \quad (3)$$

де λ_1, λ_2 – відповідно коефіцієнти форми головної частини та калібру боєприпасу (вибираються виходячи з найбільш потужного боєприпасу на даному арсеналі); d – діаметр заряду, м; $K_{\text{пр}}$ – коефіцієнт опору ґрунту проникненню; P – вага заряду, кг; V_0 – швидкість заряду під час удару, м/с; α – кут зустрічі заряду з перешкодою; β – коефіцієнт запасу, який встановлює безпечну дистанцію від центру вибуху до конструкції капоніру.

Ψ – відстань від центра ваги заряду до низу боєприпасу, м (приймається $\Psi = 0,5d$).

У ході розрахунку необхідно буде визначити глибину проникнення розрахункового боєприпасу в двох або трьохшарове середовище, шари – відповідно щебінь, пісок та ґрунт.

Глибина проникнення у двохшарову перешкоду визначається виходячи з методики “приведених шарів”. Її сутність полягає в тому, що верхній шар замінюється еквівалентною (приведеною) товщиною нижнього шару.

Значення товщини приведенного верхнього шару $H_{I,ПРИВ}$ визначаємо з виразу:

$$H_{I,ПРИВ} = H_I \cdot \frac{K_{ПР.ІІ}}{K_{ПР.І}}, \text{ м}, \quad (4)$$

де H_I – товщина верхнього шару, м; $K_{ПР.ІІ}$ – коефіцієнт опору проникненню для другого шару; $K_{ПР.І}$ – коефіцієнт опору проникненню для першого шару.

Глибина проникнення у нижній шар ($h'_{ПР.ІІ}$), з урахуванням проникнення у верхній шар, визначається за формулою:

$$h'_{ПР.ІІ} = h_{ПР.ІІ} - H_{I,ПРИВ}, \text{ м}, \quad (5)$$

де $h_{ПР.ІІ}$ – глибина проникнення боєприпасу в матеріал нижнього шару без урахування нижнього шару (як у суцільне середовище), м.

Повну глибину проникнення боєприпасу у двохшарове середовище можна визначити за формулою:

$$H_{ПР.2X} = H_I + h'_{ПР.ІІ}, \text{ м}. \quad (6)$$

Для трьохшарової перешкоди ця формула запишеться так:

$$h_{ПР.3X} = h_{ПР.ІІІ} + H_I \left(1 - \frac{K_{ПР.ІІІ}}{K_{ПР.І}} \right) + H_{II} \left(1 - \frac{K_{ПР.ІІІ}}{K_{ПР.ІІ}} \right), \text{ м}. \quad (7)$$

Радіус сфери руйнування визначається за формулою:

$$r_{руйнув} = m_3 K_p \sqrt[3]{C}, \text{ м}, \quad (8)$$

де C – вага заряду вибухівки, кг; K_p – коефіцієнт опору руйнуванню; m_3 – коефіцієнт забивки.

Вірний розрахунок захисної товщі, яка буде технологічно вірно зведена, забезпечить повну безпеку насосної станції, особового складу та пожежної техніки під час виконання бойової задачі.

У ході досліджень проведено експеримент з оцінки ефективності роботи удосконаленої системи пожежогасіння з метою подальшого застосування створеного спеціалізованого пристрою автоматичного пожежогасіння з використанням акумулятора тиску для подавання води в систему пожежогасіння.

Створення системи пожежогасіння яка передбачає удосконалену дренчерну систему та інженерно обладнану захищену від дії вибуху та попадання осколків від вибуху боєприпасів насосна станція було здійснено на випробуваннях на макетному зразку рис. 4.

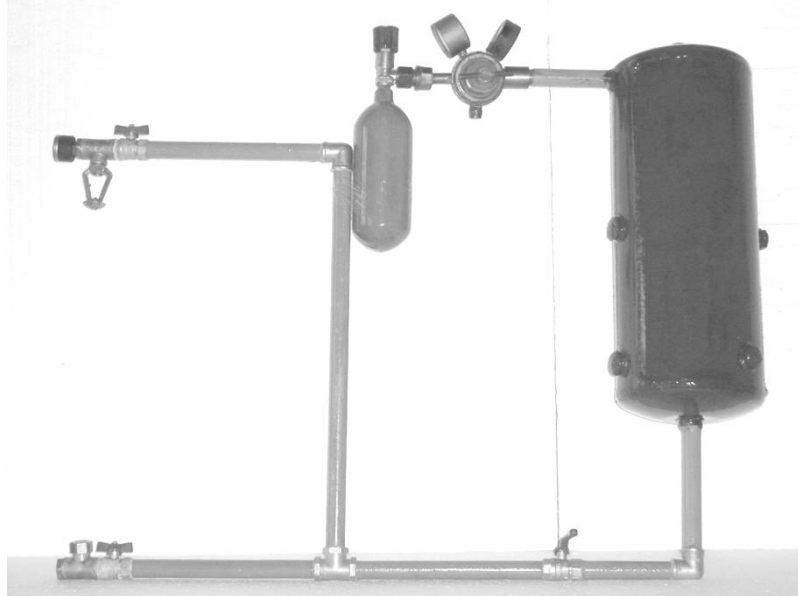


Рис. 4. Макетний зразок порохової дренчерної установки

7. Обговорення результатів застосування функціональної та експериментальної моделей систем пожежогасіння

Використання розрахунків при побудові захищеної насосної станції призначеної для подавання води у осередок пожежі на будь-якій ділянці складу дозволяє здійснити безпосередній захист особового складу та самої насосної станції, Розрахунки показують необхідність збільшення на 10% конструктивних заходів по обладнанню захисного капоніру.

Проведені випробування на макеті порохової дренчерної установки дозволяють зробити низку практичних висновків які підтверджують теоретичну гіпотезу роботи.

Розрахунок потужності системи автоматичного пожежогасіння з використанням ПАТ, розташування елементів системи на території складу або арсеналу, розрахунки стійкості захисного капоніру (підбір матеріалів та конструктивного рішення) дозволяє припинити виникнення та розповсюдження пожежі на протязі перших 2 хвилин виникнення надзвичайної ситуації. Отриманий у ході випробувань результат задовольняє вимоги отриманим в розділі 4, щодо часу гасіння пожежі 10-15 хв.

У загальному промисловому виконанні (вигляді) дренчерна автоматична установка пожежогасіння не може бути ефективно використана для ліквідації пожежі. З метою забезпечення ефективного функціонування системи автоматичного пожежогасіння необхідне застосування автоматичних установок пожежогасіння, які заливають осередок пожежі і прилегле горюче навантаження (створюють «ефект дощу»). Враховуючи стиснутий термін розвитку пожежі, до початку вибухів необхідно створення автоматичної установки пожежогасіння нового типу (приклад рис.4) витрати води у якої повинні бути збільшені на 30% і більше.

В якості вогнегасильної рідини для автоматичної установки пожежогасіння нового типу пропонується вода, оскільки вона є найбільш оптимальною вогнегаси-

льною речовиною, враховуючи її відносну дешевизну в порівнянні з іншими засобами гасіння пожеж. Крім того, установка має сухотрубний вивід, а сама вона заглиблена та захищена від температурного впливу. Оскільки вода є речовиною, яка практично не стискається, скид рідини у систему може відбуватися тільки завдяки стисненню повітря у балоні – резервуарі автоматичної установки пожежогасіння.

При розробці нової системи пожежогасіння потрібно, щоб її функціональна та конструктивна схема легко могла бути запроектована для будь-якого типу території складів вибухових речовин та арсеналів.

Оскільки система розраховується на довготривалу дію у режимі “спостереження” пожежі вона повинна мати захист від впливу кліматичних умов (вплив температур та ін.), а також від механічних ушкоджень при роботі транспорту по об’єкту та від впливу вибухів при надзвичайній ситуації, що пов’язана з вибуховою небезпекою.

Практичне застосування наведених схем інженерного обладнання та розрахунків щодо удосконалення системи водопостачання для пожежезахисту дозволить обґрунтовано проводити роботи по підвищенню безпеки експлуатації небезпечних об’єктів Міністерства Оборони України.

8. Висновки

1. Визначено параметри удосконалення системи пожежезахисту складів боєприпасів та вибухових речовин яка складається з запропонованої схеми побудови захисної споруди укриття (капоніру) розміри якої визначаються розрахунком, системи пожеже захист, яку необхідно проектувати комбінованою з двох підсистем – автоматичного пожежогасіння та неавтоматичної сухотрубною підсистеми, та системи протипожежного водопостачання, що має проектуватися з врахуванням можливості прямого ураження системи боєприпасами при пожежі з вибухами, а також можливості ураження системи завдяки впливу ударної хвилі у ґрунті.

2. Розроблена функціональну модель модернізованої автоматичної системи пожежогасіння на складах та арсеналах та визначені формульні залежності для розрахунку параметрів системи пожежогасіння. Наведені розрахунки обумовлюють збільшення розмірів наявних фортифікаційних споруд на 20%, використання додаткових пожежних водоймищ. Особливостями такої моделі є можливість застосування її у якості базової для розрахунку прогностичних показників побудови нових та модернізації існуючих об’єктів.

3. Проведені експериментальні випробування з оцінки ефективності створеного спеціалізованого пристрою автоматичного пожежогасіння при ліквідації наслідків надзвичайної ситуації, підтвердили можливість застосування модернізованої системи пожежогасіння. Використання системи автоматичного пожежогасіння з використанням ПАТ, розташування елементів системи на території складу або арсеналу, розрахунки стійкості захисного капоніру (підбір матеріалів та конструктивного рішення) дозволяють припинити виникнення та розповсюдження пожежі на протязі перших 2 хвилин виникнення надзвичайної ситуації. Отримані у ході випробувань результати задовольняють вимозі до часу гасіння пожежі 10-15 хв.

Література

1. Про затвердження паспорта бюджетної програми «Утилізація боєприпасів, рідинних компонентів ракетного палива, озброєння, військової техніки та іншого військового майна, забезпечення живучості та вибухопожежобезпеки арсе-
Civil Security. DOI: 10.52363/2524-0226-2021-33-22

налів, баз і складів Збройних Сил України». Наказ Міністерства Оборони України № 66 від 27.02.2020 // Офіційний вісник України. Київ. Вип. 4. 2020. С. 230–243. URL: https://www.mil.gov.ua/66_hm.pdf

2. 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>

3. Djakovic, Damir and CvikiBalić, Katarina. Explosive Remnants of War Contamination Response in Libya // Journal of Conventional Weapons Destruction. 2016. V. 20. Is. 3. Art. 9. URL: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol20/iss3/9/>

4. Beran, Laurens and Billings, Stephen. Advanced Geophysical Classification of WWII-era Unexploded Bombs Using Borehole Electromagnetics // Journal of Conventional Weapons Destruction. 2018. V. 22. Is. 1. Art. 3. URL: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol22/iss1/3>

5. Computer Based Decision Support Tools for Helicopter mission Planing in Disaster Relief and Military Operatons. NATO Research and Technology Organization. 2019 Technical Report No TR-SAS-045. URL: [https://www.sto.nato.int/publications/\\$\\$TR-SAS-045-ALL](https://www.sto.nato.int/publications/$$TR-SAS-045-ALL)

6. Effective system of early warning and response to emergencies and natural situations. 2018. URL: http://old.ac-rada.gov.ua/img/files/EUROSAI/Presentation_Yatsiuk_ukr.pdf

7. Keeley, Robert. Quality Management and Standards for Humanitarian Improvised Explosive Device (HIED) Response Activities // Journal of Conventional Weapons Destruction. 2017. V. 21. Is. 3. Art. 4. URL: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol21/iss3/4>

8. Pearson, Harold S. Small Caliber De-Armers: An Answer to Explosive Acquisition Problems // Journal of Conventional Weapons Destruction. 2016. V. 20. Is. 1, Art. 15. URL: <https://commons.lib.jmu.edu/cisrjournal/vol20/iss1/15>

9. Geneva International Centre for Humanitarian Demining (GICHD). URL: <https://www.gichd.org>

10. 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>

S. Vazhynskiy, PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department

I. Fedyuk, Lecturer of the Department

A. Chernukha, Lecturer of the Department

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

IMPROVING FIRE PROTECTION OF AMMUNITION AND EXPLOSIVES STORAGE AREAS

The main parameters of the fire extinguishing system of arsenals, ammunition and explosives storage warehouses and ways of its improvement are determined. The latter made it possible to calculate the number and list of elements of modernization of the fire extinguishing system. A functional model of a modernized automatic fire extinguishing system in warehouses and arsenals is proposed, which should include a set of measures to create additional reservoirs, engineering equipment for explosive substances storage facilities and technical devices for automatic fire extinguishing with high costs of extinguishing agent. The peculiarities of the work are the description of the created experimental installation on the test of which the efficiency of the offered functional model of the modernized automatic fire extinguishing system was confirmed in laboratory conditions. Analysis of preliminary results of calculations and tests confirm that fire protection of explosives in places of their permanent or temporary storage, maintenance and preparation for transportation must be improved by upgrading the system as a whole. Namely, the creation of additional land fortifications, fire reservoirs on the territory, the use of modernized automated

fire extinguishing systems in which to use powder pressure accumulators. At the stage of fire, the automatic fire extinguishing system must provide an increase in water consumption by 30%. Proposals are made to create conditions for fire fighting in warehouses and arsenals during works related to storage or utilization of explosive products and substances, the term of storage and use of which has expired by creating and using reserve fire reservoirs in the dangerous area. The directions of improvement of the fire alarm system are determined and the use of the automatic fire extinguishing system, which is energy - independent, noise-resistant, and easy to operate, is proposed.

Keywords: ammunition, arsenal, fire extinguishing agent, powder pressure accumulator

References

1. On approval of the passport of the budget program «Utilization of ammunition, liquid components of rocket fuel, weapons, military equipment and other military property, survivability and explosion fire safety of arsenal's, bases and warehouses of the Armed Forces of Ukraine» (2020). Order of the Ministry of Defense of Ukraine from № 66, 230–243. Retrieved from https://www.mil.gov.ua/66_hm.pdf
2. Sherkar, P., Whittaker, A. S., Aref, A. J. (2010). Modeling the effects of detonations of high explosives to inform blast-resistant design // Technical Report MCEER-10-0009. Retrieved from <http://mceer.buffalo.edu/pdf/report/10-0009.pdf>
3. Djakovic, Damir and CvikiBalić, Katarina (2016). Explosive Remnants of War Contamination Response in Libya // Journal of Conventional Weapons Destruction, 20, 3, 9. Retrieved from <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol20/iss3/9/>
4. Beran, Laurensand Billings, Stephen (2018). Advanced Geophysical Classification of WWII-era Unexploded Bombs Using Borehole Electromagnetics // Journal of Conventional Weapons Destruction, 22, 1, 3. Retrieved from <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol22/iss1/3>
5. Computer Based Decision Support Tools for Helicopter mission Planing in Disaster Relief and Military Operatons. NATO Research and Technology Organization / 2019 Technical Report No TR-SAS-045. Retrieved from [https://www.sto.nato.int/publications/\\$\\$TR-SAS-045-ALL](https://www.sto.nato.int/publications/$$TR-SAS-045-ALL)
6. Effective system of early warning and response to emergencies and natural situations / 2018. Retrieved from http://old.ac-rada.gov.ua/img/files/EUROSAT/Presentation_Yatsiuk_ukr.pdf
7. Keeley, Robert (2017). Quality Management and Standards for Humanitarian Improvised Explosive Device (HIED) Response Activities // Journal of Conventional Weapons Destruction, 21, 3, 4. Retrieved from <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol21/iss3/4>
8. Pearson, Harold S. (2016). Small Caliber De-Armers: An Answer to Explosive Acquisition Problems // Journal of Conventional Weapons Destruction, 20, 1, 15. Retrieved from <https://commons.lib.jmu.edu/cisrjournal/vol20/iss1/15>
9. Geneva International Centre for Humanitarian Demining (GICHD). Retrieved from: <https://www.gichd.org>
10. New Technique for the Destruction of Landmines and UXO by Deflagration // Journal of Conventional Weapons Destruction, 22, 2, 7. Retrieved from: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol22/iss2/7>

Надійшла до редколегії: 12.02.2021

Прийнята до друку: 16.04.2021