Хайлов В.Б., Чеботар В.І., Бориц В.В. Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ МАЛИХ КУМУЛЯТИВНИХ ЗАРЯДІВ ДЛЯ ЗНЕШКОДЖЕННЯ БОЄПРИПАСІВ

У статті представлені результати дослідження можливостей застосування малих кумулятивних зарядів для знешкодження (руйнування) боєприпасів під час виконання розмінувальних робіт або під час їх утилізації. Розглянуто склад та конструкція малих кумулятивних зарядів МКЗ-1, МКЗ-2 та МКЗ-3, розроблених ТОВ “Вогняна варта”. Досліджено можливість збудження у зарядах вибухового перетворення при надзвуковому і дозвуковому встановленому проникненні кумулятивного струменя з метою знищення боєприпасів різних типів (без повної детонації) та проведено порівняння з даними, отриманими за результатами експерименту.

Ключові слова: очищення забруднених територій, кумулятивний заряд, кумулятивний струмінь, фокусна відстань, глибина пробою, ефективна довжина кумулятивного струменя.

Постановка проблеми. Внаслідок ракетно-артилерійських обстрілів, ведення мінної війни російсько-терористичними угрупованнями на сході України вибухонебезпечними предметами (далі – ВНП) забруднена значна територія Донецької та Луганської областей.

Забрудненість території України ВНП, ліквідація наслідків вибухів на арсеналах (базах, складах) Збройних Сил України визначає великий обсяг завдань та робіт з виявлення, знешкодження та знищення ВНП.

Складність та небезпека виконання вищевказаних завдань та робіт визначає необхідність широкого використання спеціальних підривних зарядів, з метою знищення боєприпасів різних типів без повної детонації, чим створити умови для забезпечення безпеки місцевому населенню і військовим. Одним із шляхів вирішення даної проблеми є застосування малих кумулятивних зарядів (далі – МКЗ), як зарядів-ліквідаторів для знешкодження (руйнування) боєприпасів (мінометних мін різних калібрів; артилерійських снарядів; авіаційних бомб; інженерних боєприпасів; реактивних снарядів; ракет).

Актуальність дослідження. Вибухові роботи при очищенні територій від ВНП проводяться, як правило, в складних умовах.

З метою визначення обсягів і характеру виконання завдань з розмінування місцевості (об’єктів) від ВНП, а також зменшення площ, що вважаються забрудненими ВНП, проводиться їх інженерна розвідка.

В ході проведення інженерної розвідки визначаються ВНП II категорії, які знищуються на місці групами розмінування. Тому, виконання вибухових робіт вимагає створення надійної системи застосування вибуху з комплексним урахуванням особливостей конкретної технології та безпеки робіт. Для забезпечення повної безпеки для людей і об’єктів необхідно ретельно відпрацьовувати безпечну технологію ведення вибухових робіт, які повинні виконуватися в суворій відповідності до вимог “Єдиних правил безпеки при вибухових роботах” [1], а також розробленої, погодженої та затвердженої документації. Вона включає вибір раціональних та ефективних параметрів технології виконання робіт, прогноз впливу ударних і сейсмічних хвиль вибуху і дальності розльоту осколків та фрагментів ВНП, що підриваються, розробку способів і засобів зі зниження шкідливих ефектів вибухів та їх локалізацію.

З іншого боку, постає нагальна потреба щодо підвищення ефективності використання вибухових матеріалів (далі – ВМ), оскільки промисловістю України вони майже не

виробляються, що в свою чергу породжує складну науково-технічну проблему, яка полягає у розробці та удосконаленні технологій, які дозволяти б виконувати максимальні об'єми робіт при мінімальних витратах ВМ, тому проведення досліджень в цій сфері є своєчасним і актуальним.

У статті приведено результати випробувань дослідних зразків малих кумулятивних зарядів МКЗ-1, МКЗ-2 та МКЗ-3, розроблених ТОВ “Вогняна варта” у якості зарядів-ліквідаторів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На теперішній час по вибуховим технологіям наявна достатньо велика кількість літературних джерел та досліджень, які охоплюють питання проведення підривних робіт у будівництві, у гірничій промисловості та військовій справі [2-10]. При проведенні вказаних робіт застосовують подовжені та зосереджені кумулятивні заряди (ЛКЗ-80, КФЗ-Т, КФЗ, шнурові КЗ, кумулятивні перфоратори, газокумулятивні та інші) [2-6].

Проте, практично відсутня література та публікації по проведенню підривних робіт із застосуванням спеціальних кумулятивних зарядів з вибуховою технологією знищення боєприпасів різних типів без повної детонації для очищення територій від ВНП.

Явище кумуляції почало вивчатися досить давно, але залишилися деякі технологічні та інженерні аспекти, які потребують подальшого дослідження, оскільки заряди вибухових речовин, що мають кумулятивну виїмку, все більше використовуються у різних галузях, у тому числі при проведенні робіт з очищення забруднених територій від ВНП.

Викладення основного матеріалу. Під час проведення випробувань дослідних зразків малих кумулятивних зарядів МКЗ-1, МКЗ-2 та МКЗ-3, розроблених ТОВ “Вогняна варта” у якості ліквідаційних зарядів було досліджено можливість збудження у зарядах вибухової речовини (далі – ВР) вибухового перетворення при надзвуковому та дозвуковому проникненню кумулятивного струменя з метою знищення боєприпасів різних типів без повної детонації.

При створенні МКЗ, фахівцями ТОВ “Вогняна варта”, для визначення ефективності дії МКЗ та визначення фізичних процесів вибухових перетворень при надзвуковому та дозвуковому проникненню кумулятивного струменя (далі – КС) було визначено масу ВР $M_{вр}$, зреагувавши при швидкості КС понад критичну (2650 м/с – 5750 м/с), шляхом проведення співвідношення її з масою, витисненою у процесі проникнення КС у заряд ВР відповідно до методу викладеного у [2]. Враховуючи, що діаметр каверни d_k дорівнює $4,5 d$, отримуємо масу зреагувавши ВР за наступною формулою

$$M_{вр} = 5\pi d^2 L \rho_0,$$

де d – діаметр КС, L – глибина створення каверни, ρ_0 – початкова щільність ВР.

За результатами теоретичних досліджень визначено, що маса зреагувавши ВР заряду, який підривається, менше 10 % загальної кількості ВР заряду.

Проведені теоретичні дослідження і розраховані фізичні моделі надали можливість, виходячі з характеристик ударно-хвильової чутливості, динамічного стискання та термодинамічних характеристик ВР, здійснити оцінку поведінки зарядів ВР при встановлюваному проникненню у них КС, визначити критичну характеристику КС, необхідну для ініціювання детонації та відповідно здійснити оцінку маси ВР, яка зреагувала при проникненні КС у заряд без ініціювання детонації.

Під час проведення випробувань досліджено поведінку зарядів ВР при впливі на них КС, запропоновано та обґрунтовано використання кумулятивних зарядів у якості зарядів-ліквідаторів для вибухового руйнування конструкцій і приладів, споряджених ВР, без збудження детонації у їх спорядженні.

Відсутність детонації у заряді ВР при впливі КС зовсім не означає, що ВР стала інертною. Практично завжди окрема частина ВР реагує позовж траєкторії проникнення КС.

У створених МКЗ застосовується спосіб вибухового руйнування вибухонебезпечних предметів, які споряджені ВР, містяться у збудженні в їх спорядженні недетонаційних затухаючих низькопорядкових вибухових процесів (далі – НПВП), при проходженні яких достатньо швидко реагує невелика кількість ВР, що призводить до руйнування та викиду із оболонки заряду ВР або руйнуванню оболонки на великі фрагменти, наприклад, як ті, що наведені на рисунку 1.

Рис.1. Результат підриву 125 мм танкового снаряду, корпус зруйнувало на великі та середні фрагменти, залишків вибухової речовини немає

Загальні переваги запропонованого способу містяться у мінімізації впливу на навколишнє середовище, оскільки ВВП, які підлягають знищенню, як правило, знаходяться у ґрунті або воді (наприклад, міни або снаряди, що не вибухнули). Заряд-ліквідатор повинен забезпечити збудження НПВП у заряді ВР, який заключений в оболонку та розміщений у такому середовищі.

Також, за результатом проведених досліджень встановлено, що найбільш перспективним та універсальним засобом дистанційного збудження НПВП у такому заряді ВР є вплив високошвидкісної металевої КС.

Фахівцями ТОВ “Вогняна варта” розроблена серія малих кумулятивних зарядів, кожний з яких має свої конструктивні особливості. МКЗ виготовлені згідно ТУ У 20.5-41411770-011:2019 та призначені для виконання підривних робіт, у тому числі за знешкодження та знищення ВВП. Конструкція МКЗ (Рис.2) включає сталевий корпус закритий з торців – з однієї сторони облицюванням, а з іншої – кришкою. Корпус споряджений зарядом пластичної ВР “Блискавка-1”. В кришку вкручена заглушка, яка формує гніздо під детонатор (електродетонатор ЕД-8Ж або детонуючий шнур з капсулем-детонатором КД №8А), за допомогою якого ініціюється виріб.

Рис.2 – Малий кумулятивний заряд МКЗ:

1 – кришка; 2 – корпус; 4 – облицювання; 5 – заглушка; 6 – ВР “Блискавка-1”

Кожний МКЗ комплектується штативом за допомогою якого МКЗ встановлюється на фокусній відстані від об'єкту підриву (Рис.3). Розрахункова відстань встановлюється за допомогою лінійки, шляхом загинання її кінця до заданої довжини (Рис.3).

Рис.3. Малий кумулятивний заряд МКЗ з штативом:
1 – МКЗ; 2 – детонатор; 3 – лінійка; 4 – штатив

Випробування з перевірки дослідних зразків малих кумулятивних зарядів МКЗ-1, МКЗ-2, МКЗ-3 у якості зарядів-ліквідаторів проводилось методом натурного експерименту. В ході випробувань було досліджено застосування МКЗ з метою ініціювання боєприпасів на відстані 30-50 мм та руйнування оболонки боєприпасів без повної детонації: для МКЗ-1, МКЗ-2 на відстані 250-400 мм, для МКЗ-3 на відстані 200-400 мм.

Враховуючи те, що в зарядах МКЗ, розроблених ТОВ “Вогняна варта” застосовуються виїмки конічна і полусфера, при цьому облицювання виїмок здійснюється із заліза, l_{ef} – ефективна довжина кумулятивного струменя буде становити:

$$l_{ef} \approx 3l_0, \quad (2)$$

де l_0 – довжина твірної виїмки.

За результатами випробувань, ефективна довжина кумулятивного струменя склала для МКЗ-1 і МКЗ-2 – 61,50 мм (конусні виїмки), для МКЗ-3 – 33,11 мм (виїмка полусфера), а оптимальна фокусна відстань – від 40 мм.

Результати проведених випробувань свідчать, що МКЗ-1 має пробивну здатність на фокусній відстані не менше 49,9 мм, МКЗ-2 не менше 40 мм, МКЗ-3 не менше 35 мм та передає детонацію ВР вибухонебезпечних предметів на вказаних відстанях, при цьому, есперементальним шляхом встановлено, що в деяких випадках на фокусних відстанях 40 мм кумулятивний струмінь втрачав щільність і після пробиття корпусів боєприпасів розривався та затухав, внаслідок чого МКЗ не передавав детонацію вибуховій речовині боєприпасів, що призводило до руйнування оболонки на крупні фрагменти.

Отримані експериментальні результати підтвердили теоретичні дослідження, причому в деяких випадках перевищили розрахункові характеристики.

Висновки. За результатами досліджень підтверджена ефективність використання МКЗ як заряду-ліквідатора для знешкодження (руйнування) боєприпасів під час виконання розмінувальних робіт або їх утилізації. Розроблені МКЗ відповідають вимогам, що висуваються до сучасних засобів знешкодження боєприпасів і мають задовільні перспективи подальшого вдосконалення щодо зменшення маси ВР при збільшенні ефективності застосування. До переваг МКЗ можна віднести малу масу ВР, можливість розкриття сталевих корпусів, можливість знешкодження підривників боєприпасів без детонації основного заряду та передачу детонації на вищевказаних відстанях.

У той же час, з метою вдосконалення виробів існує необхідність зменшення вибухових пристроїв, проведення подальших експериментальних досліджень з визначення оптимальної фокусної відстані та доцільності застосування кумулятивних воронок не тільки

конусного, а й еліпсоїдного, гіперболоїдного, суміщеного типів і зарядів таких як ударне ядро, W-образного типу та інших.

Накопичений досвід є підставою для подальших наукових досліджень з метою обґрунтування нових, вузько спеціалізованих боєприпасів (наприклад, для знешкодження ВВП на глибині до 1,5 м у ґрунті, воді та інших місцях).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Єдині правила безпеки при вибухових роботах: НПАОП 0.00-1.17-92. – [Чинний від 1992-03-25]. – Київ: Держспоживстандарт України, 1992. – 87 с. – (Національний стандарт України).
2. Физика взрыва; под ред. Л.П. Орленко. – 3-е изд., исправленное. – В 2. т. Т. 2.– М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – С. 193-309. – ISBN 5-9221-0220-6.
3. Взрывные технологии: учебник для вузов / В.В. Селиванов, И.Ф. Кобылкин, С.А. Новиков. – 2 – е изд., перераб. и дополн. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. – 519, [1] с.: ил. 304-322. – ISBN 978- 5-7038-3992-8.
4. Технологія та безпека виконання підривних робіт : навч. посіб. для ВНЗ / В.В. Соболев, Р.М. Терещук, О.Є. Григор'єв ; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Дніпро : НГУ, 2017. – 314 с. – С. 212-238. - ISBN 978–966–350–654–8.
5. Веремеев Ю.Г. Современные мины [Електронний ресурс] / Юрий Григорьевич Веремеев // Анатомия армии. – Режим доступа до ресурсу: <http://army.armor.kiev.ua/engineer/ingener.shtml>.
6. Демідчик Ф.А. Виконання завдань інженерного забезпечення у збройних конфліктах та миротворчих операціях: навчальний посібник / Ф.А. Демідчик, С.В. Мальченко, О.В. Ситнік. – Кам'янець-Подільський: КПНУ ім. І.Огієнка, 2014. – 184 с.
7. Ударные и детонационные волны. Методы исследования / И.Ф. Кобылкин, В.В. Селиванов, В.С. Соловьев, Н.Н. Сысоев. – 2-ое изд., перераб. и дополн. – М.: Физматлит, 2004. – 367 с.
8. Ударные волны и экстремальные состояния вещества; под ред. В.Е. Фортова и др. – М.: Наука, 2000. – 425 с.
9. Свойства конденсированных веществ при высоких давлениях и температурах; под ред. Р.Ф. Трунина. – Арзамас-16: Изд. ВНИИЭФ, 1992. – 398 с.
10. Высокоскоростные ударные явления; под ред. В.Н. Николаевского. – М.: Мир, 1973. – 245 с.

Хайлов Володимир Борисович

начальник науково-дослідного відділу
Державного науково-дослідного інституту
випробувань і сертифікації озброєння та
військової техніки, Чернігів, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-4386-7208>
+380462-67-94-29

Чеботар Валерій Іванович

науковий співробітник Державного науково-
дослідного інституту випробувань і
сертифікації озброєння та військової
техніки, Чернігів, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-5034-0383>
+380462-67-94-29

Volodymyr Khailov

Chief of Section of State Scientific Research
Institute of Armament and Military Equipment
Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-4386-7208>
+380462-67-94-29

Valerie Chebotar

Researcher of State Scientific Research Institute
of Armament and Military Equipment
Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-5034-0383>
+380462-67-94-29

Борщ Вячеслав Вікторович

старший науковий співробітник Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна

<https://orcid.org/0000-0002-8851-4553>

+380462-67-94-29

Vyacheslav Borshch

Senior research of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0002-8851-4553>

+380462-67-94-29

**ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF USING SMALL CUMULATIVE CHARGES
TO NEUTRALIZE AMMUNITION**

V Khailov, V Chebotar and V Borshch

The article presents the results of a study of the possibilities of using small cumulative charges to neutralize (destroy) ammunition during demining operations or during their disposal. The relevance of research is proved and the efficiency of using small cumulative charges as liquidators' charges for neutralization (destruction) of ammunition during demining works or during their utilization is confirmed. The authors analyzed research and publications on explosive technologies, which cover the issues of blasting in construction, mining and military field. The basic principles of theoretical substantiation of the behavior of explosive charges at the established penetration of a cumulative jet, determination of critical characteristics of a cumulative jet necessary for initiation of detonation and estimation of mass of the reacted explosive at penetration of a cumulative jet into a charge without initiation of detonation are given. The composition and construction of small cumulative charges "MKZ-1", "MKZ-2", "MKZ-3" developed by OOO "Vognyana Varta" are considered. The results of field experiments during which the behavior of explosive charges under the influence of cumulative jet was studied. The use of cumulative charges as liquidators for explosive destruction of structures and devices equipped with loaded explosives without excitation of detonation are proposed and substantiated. According to the results of research, the effectiveness of the use of MKZ for neutralization (destruction) of ammunition during demining works or during their utilization is confirmed. It is proved that the developed MKZ meet the requirements for modern means of ammunition disposal and have satisfactory prospects for further improvement in reducing the mass of the explosive while increasing the effectiveness of the application.

Keywords: demining operations, cumulative charge, cumulative jet, focal distance, depth of penetration, effective length of cumulative jet.