

УДК 504.05

М.І. Адаменко¹, С.Є. Селіванов²¹Харківська державна академія фізичної культури, Харків²Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, Харків

ОСНОВИ РОЗРАХУНКУ МЕЖ ЕКОЛОГІЧНОГО ВПЛИВУ НАЙБІЛЬШ ВАЖЛИВИХ ЧИННИКІВ УРАЖЕННЯ АВАРІЙ НА АРСЕНАЛАХ ТА СКЛАДАХ ВИБУХОВИХ РЕЧОВИН

У статті запропоновані основи розрахунку меж екологічного впливу на довкілля найбільш важливих чинників ураження аварій на арсеналах та складах вибухових речовин – вибухової хвилі та розлітання осколків.

Ключові слова: екологічний вплив, аварія, вибухові речовини.

Вступ

Актуальність теми. Вибухопожежні надзвичайні ситуації на складах вибухових речовин та арсеналах України, які мали місце за останні роки, доводять актуальність заходів щодо забезпечення екологічної безпеки на подібних об'єктах.

Постановка проблеми. Проблема забезпечення екологічної безпеки діяльності складів вибухових речовин ускладнена тим, що необхідно чітко визначити межі екологічного впливу на довкілля арсеналів, складів вибухових речовин та боєприпасів при аварії на них.

Попередні дослідження та вивчення літератури. Ця проблема знайшла відображення у багатьох нормативних документах та законодавчих актах і широко обговорюється у науковій та науково-практичній літературі та пресі[1-8]

Отже, постає **наукова задача** щодо розрахунку меж екологічного впливу на довкілля найбільш важливих чинників ураження аварій на арсеналах та складах вибухових речовин – вибухової хвилі та розлітання осколків.

Розв'язання задачі

Вибух штабелю боєприпасів супроводжується виділенням енергії $E_{\text{виб.}}$ у результаті утворюється N осколків, які розлітаються в різні сторони. У такій ситуації важливо знати верхні межі імпульсу та швидкості, які може мати осколок. Верхня межа імпульсу осколку дозволить знайти його максимальну пробійну здатність, а верхня межа швидкості визначає максимальну відстань, на яку може відлетіти осколок від місця вибуху.

При вибуху виконуються закони збереження імпульсу та енергії. Закон збереження імпульсу з урахуванням того, що штабель до вибуху знаходився у стані спокою, записується у вигляді

$$\sum_{i=1}^N \vec{P}_i = 0, \quad (1)$$

де \vec{P}_i – імпульс i -го осколку.

Із закону збереження енергії витікає

$$E_{\text{виб.}} = \sum_{i=1}^N \frac{P_i^2}{2m_i}, \quad (2)$$

де m_i – маса i -го осколку.

Знайдемо можливі значення імпульсу конкретного осколку, якому припишемо індекс 1.

Сукупність всіх інших $N - 1$ осколків, які залишилися, будемо розглядати як одну систему, імпульс, енергія та маса якої відповідно дорівнюються

$$\vec{Q}_{N-1} = \sum_{i=2}^N \vec{P}_i; \quad E_{N-1} = \sum_{i=2}^N \frac{P_i^2}{2m_i}; \quad M_{N-1} = \sum_{i=2}^N m_i. \quad (3)$$

Закони збереження (1), (2) з урахуванням (3) записуються у вигляді

$$\vec{P}_1 = -\vec{Q}_{N-1}; \quad (4)$$

$$E_{\text{виб.}} = \frac{P_1^2}{2m_1} + E_{N-1}. \quad (5)$$

Для системи $N - 1$ осколків введемо систему центру інерції, в якій повний імпульс $N - 1$ осколків дорівнюється нулю. З перетворення імпульсу при переході від однієї інерціальної системи відліку до іншої витікає, що система центру інерції пересувається відносно лабораторної системи відліку, де штабель до вибуху покоївся, зі швидкістю

$$\vec{V}_{\text{ц}} = \frac{\vec{Q}_{N-1}}{M_{N-1}} \quad (6)$$

Згідно перетворенню енергії маємо

$$E_{N-1} = E_{\text{ц}} + \frac{M_{N-1} V_{\text{ц}}^2}{2} \quad (7)$$

де

$$E_{\text{ц}} = \sum_{i=2}^N \frac{m_i v_{\text{ц}i}^2}{2} - \quad (8)$$

енергія $N - 1$ осколків у системі центру інерції, $v_{\text{ц}i}$ – швидкість i -го осколку в системі центру інерції.

Другий доданок у правій частині рівняння (7) з урахуванням закону збереження імпульсу (4) записується у вигляді

$$\frac{M_{N-1} V_{\text{ц}}^2}{2} = \frac{Q_{N-1}^2}{2M_{N-1}} = \frac{P_1^2}{2M_{N-1}}. \quad (9)$$

Підстановка вираження (7) з урахуванням (8) та (9) в закон збереження енергії (5) дає

$$E_{\text{вз}} = \frac{P_1^2}{2m_1} + \sum_{i=2}^N \frac{m_i v_{\text{ці}}^2}{2} + \frac{P_1^2}{2M_{N-1}}. \quad (10)$$

З рівняння (10) отримуємо можливі значення імпульсу P_1 та швидкості v_1 осколку 1, який розглядається:

$$P_1 = \sqrt{\frac{2m_1 M_{N-1}}{M_{N-1} + m_1} \left(E_{\text{виб}} - \sum_{i=2}^N \frac{m_i v_{\text{ці}}^2}{2} \right)}; \quad (11)$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{2M_{N-1}}{m_1 (M_{N-1} + m_1)} \left(E_{\text{виб}} - \sum_{i=2}^N \frac{m_i v_{\text{ці}}^2}{2} \right)}. \quad (12)$$

Функції (11) та (12) аргументів $v_{\text{ці}}$ змінюються від нульових значень до максимальних $P_{1\text{max}}$ та $v_{1\text{max}}$, які досягаються, коли $v_{\text{ці}} = 0$ для усіх можливих значень $i = 1, 2, \dots, (N - 1)$. При цьому всі $N - 1$ осколків, за виключенням осколку 1, пересуваються відносно лабораторної системи відліку з однією й тією ж швидкістю, що дорівнює $\vec{V}_{\text{ц}}$.

Випишемо кінцеві вираження для максимальних значень імпульсу та швидкості осколку

$$P_{1\text{max}} = \sqrt{\frac{2}{M} m_1 (M - m_1) E_{\text{виб}}}; \quad (13)$$

$$v_{1\text{max}} = \sqrt{\frac{2}{M} \frac{M - m_1}{m_1} E_{\text{виб}}}. \quad (14)$$

де $M = \sum_{i=1}^N m_i$ – маса всіх N осколків.

Функція $v_{1\text{max}}(m_1)$ монотонно росте при зменшенні маси осколку m_1 . Функція $P_{1\text{max}}(m_1)$ при $m_1 = \frac{M}{2}$ має максимальне значення, яке дорівнює

$$P_{1\text{max}}^{(\text{max})} = \sqrt{\frac{M}{2} E_{\text{виб}}}. \quad (15)$$

Вираження (13) та (15) визначають максимальну пробійну здатність осколку. Максимальна відстань, на яку може відлетіти осколок від місця вибуху, розраховується виходячи з результату (14) так, як це робиться у балістиці для снаряду з масою m_1 , який вилетів зі ствола гармати зі швидкістю $v_{1\text{max}}$ під заданим кутом до горизонту.

Радіус ефективної дії повітряної ударної хвилі, небезпечної для навколишніх об'єктів, як показують теоретичні розрахунки і практичні спостереження, може досягати, за відомих умов, дуже великої величини, причому він завжди у багато разів перевершує радіус небезпечної дії осколків та інших продуктів детонації, що розлітаються при вибуху. Розглянемо початкові передумови для його вирахування.

Якщо відбувається повна детонація вибухової речовини, а всі інші умови вибуху найбільш сприятливі, то кількість енергії E , що виділилася при вибу-

ху, приблизно рівна:

$$E \approx QC. \quad (16)$$

де Q – питома енергія даної вибухової речовини, тобто кількість енергії, що міститься в одиниці ваги ВР;

C – маса заряду.

З іншого боку, кількість енергії, що виділилася при вибуху заряду, може бути виражено у вигляді кінетичної енергії руху продуктів детонації, тобто

$$E = mv^2/2, \quad (17)$$

де m – маса продуктів детонації;

v – швидкість розльоту продуктів детонації.

Механічна дія вибуху заряду може бути виражена або величиною тиску на фронті ударної хвилі або величиною повного імпульсу вибуху I , який дорівнює кількості руху продуктів детонації, тобто

$$I = mv. \quad (18)$$

З порівняння величин E і I виходить, що:

$$E = \frac{mv^2}{2} = \frac{m^2 v^2}{2m} = \frac{I^2}{2m},$$

звідки

$$I = \sqrt{2mE}. \quad (19)$$

Величина часу дії вибуху яка спостерігається на практиці, за О.Е.Власовим [9], рівна:

$$\tau = 0,5\sqrt[3]{C} \cdot 10^{-3}, \quad (20)$$

а за М.А.Садовським [10]:

$$\tau = \sqrt[3]{C} \cdot \sqrt{r} \cdot 10^{-3} \quad (21)$$

де C – маса заряду;

r – відстань від центру вибуху.

Для визначення радіусів зон руйнівної дії вибуху в повітрі іноді рекомендують формулу, яка враховує вплив на радіус руйнування не тільки маси заряду, а й товщини стін споруди зберігання:

$$R = a_0 \sqrt{\frac{C}{B}} \quad (22)$$

де R – найбільший радіус зони руйнівної дії вибуху

C – маса заряду;

B – товщина стін споруди;

a_0 – коефіцієнт, що характеризує конструкцію і матеріал споруди, а також ступінь очікуваного руйнування.

Як наслідок, з формули (22) можна зробити висновки, що, розраховавши сумарну масу заряду (C) для кожного окремого сховища, можливо понизити найбільший радіус зони руйнівної дії вибуху шляхом додаткового зміцнення вже наявних захисних конструкцій.

Незважаючи на те, що, як вже вказувалося раніше, радіус ефективної дії повітряної ударної хвилі, як показують теоретичні розрахунки і практичні спостереження, завжди у багато разів перевершує радіус небезпечної дії осколків та інших продуктів детонації, що розлітаються при вибуху, необхідна враховувати дію обох чинників ураження. Ця необхідність обумовлена різницею між їх екологічними наслідками

Висновок

Використання сукупності двох наведених розрахунків дає можливість повного визначення меж екологічного впливу на довкілля найбільш важливих чинників ураження аварії на арсеналах та складах вибухових речовин.

Список літератури

1. Сильвестрович С.И. Взрывчатые вещества и условия их безопасного хранения / С.И. Сильвестрович. – М.: Промстройиздат, 1967. – 100 с.

2. Украинские склады боеприпасов могут взорваться в любую минуту [Электронный ресурс] / Режим доступа к ресурсу: <http://www.ntn.tv/ru/print/news/ukraine/05/05/24/1341.html>.

3. Книш В. Утилізація надлишкових боеприпасів – проблема загальнонаціональна / В. Книш // Народна армія. – 8 червня 2004 року.

4. Ежегодник СИПРИ 2001. Вооружения, разоружения и международная безопасность. – М., 2002. – 1047 с.

5. Ліпкан В.А. Національна безпека України: нормативно-правові аспекти забезпечення / В.А. Ліпкан. – К., 2003. – 180 с.

6. Мартынюк В.Ф. Защита окружающей среды в чрезвычайных ситуациях: учеб. пособ. для вузов / В.Ф. Мартынюк, Б.Е. Прусенко. – М.: Нефть и газ, 2003. – 336 с.

7. Мастрюков Б.С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: учебн. для вузов. – М.: Академия, 2003. – 338 с.

8. Безопасность жизнедеятельности: учебн. для вузов / под ред. Э.А. Арустамова. – М.: Дашков и Ко, 2004. – 496 с.

9. Власов О.Е. К основам теории разрушения горных пород действием взрыва / О.Е. Власов // Вопросы теории разрушения горных пород действием взрыва. – М.: АН СССР, 1958. – С. 44-61.

10. Садовский, М.А. Сейсмика взрывов и сейсмология / М.А. Садовский // «Изв. АН СССР». Физика Земли. – 1987. – № 11. – С. 3-13, 34-42.

Надійшла до редколегії 24.09.2010

Рецензент: д-р військ. наук, проф. І.О. Кириченко, Академія внутрішніх військ МВС України, Харків.

ОСНОВЫ РАСЧЕТА ПРЕДЕЛОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ВЛИЯНИЯ НАИБОЛЕЕ ВАЖНЫХ ФАКТОРОВ ПОРАЖЕНИЯ АВАРИЙ НА АРСЕНАЛАХ И СОСТАВАХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

М.И. Адаменко, С.Е. Селиванов

В статье предложены основы расчета границ экологического влияния на окружающую среду наиболее важных поражающих факторов аварий на арсеналах и складах взрывчатых веществ – взрывной волны и разлета осколков.

Ключевые слова: экологическое влияние, авария, взрывчатые вещества.

THE BASES OF LIMITS CALCULATION OF ECOLOGICAL INFLUENCE OF THE MOST ESSENTIAL FAILURES DEFEAT FACTORS ON ARSENALS AND COMPOSITIONS OF EXPLOSIVES

M.I. Adamenko, S.Ye. Selivanov

In the article bases of calculation of borders of ecological influence on the environment of the most essential striking factors of failures on arsenals and powder-houses - explosive wave and to flying away of fragments are offered.

Keywords: ecological influence, failure, explosives.