УДК 355.12

М.І. Адаменко

Науково-дослідний, проектно-конструкторський та технологічний інститут мікрографії, Харків

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ МАКСИМАЛЬНИХ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВІДСТАНЕЙ ПРИ ВИБУХУ ШТАБЕЛЮ БОЄПРИПАСІВ

У статті запропонована загальна методика розрахунку максимальної відстані розльоту та пробійної здатності осколків снарядів при вибуху штабелю боєприпасів.

розрахунок максимальної відстані розльоту, штабель боєприпасів, осколки снарядів

Вступ

Забезпечення профілактики та ліквідування надзвичайних ситуацій, які пов'язані з пожежами та вибухами на арсеналах і складах вибухових речовин, є актуальною проблемою для сучасної Української держави.

Про актуальність цієї проблеми, окрім іншого, свідчить її широке обговорення в пресі, наукових дискусіях і публікаціях, низка урядових документів [1 – 7].

Однією з важливих науково-практичних задач, у руслі цієї проблеми, є визначення безпечних відстаней для розміщення або евакуації особового складу при вибуху, а також визначення максимальної пробійної сили осколків і боєприпасів для розрахунку захисних споруд цивільної оборони, які розташовані на території арсеналу [1, 5].

Основний матеріал

Розглянемо розв'язання поставленої науково-практичної задачі.

Вибух штабелю боєприпасів супроводжується виділенням енергії $E_{виб}$.

В результаті утворюється N осколків, які розлітаються в різні сторони. В 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

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

де $\vec{P}_i$ – імпульс і-го осколку.

З закону збереження енергії витікає

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

де m_i - маса і-го осколку.

Знайдемо можливі значення імпульсу якого-небудь 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:

$$\vec{Q}_{N-1} = \sum_{i=2}^{N} \vec{P}_i ;$$

$$E_{N-1} = \sum_{i=2}^{N} \frac{P_i^2}{2m_i} ; \qquad (3)$$

$$M_{N-1} = \sum_{i=2}^{N} m_i .$$

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

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

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

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

$$\vec{V}_ц = \frac{\vec{Q}_{N-1}}{M_{N-1}} . \qquad (6)$$

Згідно перетворенню енергії маємо

$$E_{N-1} = E_ц + \frac{M_{N-1} V_ц^2}{2} , \qquad (7)$$

де

$$E_ц = \sum_{i=2}^{N} \frac{m_i v_{цi}^2}{2} - \qquad (8)$$

 © М.І. Адаменко

енергія N – 1 осколків в системі центру інерції, а $v_{ці}$ – швидкість і-го осколку в системі центру інерції.

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

$$\frac{M_{N-1}V_ц^2}{2} = \frac{Q_{N-1}^2}{2M_{N-1}} = \frac{P_1^2}{2M_{N-1}}. \qquad (9)$$

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

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

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

$$P_1 = \sqrt{\frac{2m_1M_{N-1}}{M_{N-1}+m_1}\left(E_{виб} - \sum_{i=2}^{N}\frac{m_i v_{ці}^2}{2}\right)}; \qquad (11)$$

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

Функції (11) та (12) аргументів $v_{ці}$ змінюються від нульових значень до максимальних P_{1max} та v_{1max}, які досягаються, коли $v_{ці} = 0$ для усіх можливих значень i = 1, 2, ... ,.(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 $\vec{V}_ц$.

Випишемо кінцеві вираження для максимальних значень імпульсу та швидкості осколку:

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

$$v_{1max} = \sqrt{\frac{2}{M}\frac{M-m_1}{m_1}E_{виб}}, \qquad (14)$$

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

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

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

Вирази (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 в балістиці для снаряду з масою m_1, який вилетів зі стволу гармати з швидкістю v_{1max} під заданим кутом до горизонту.

Висновок

Виконання розрахунків пробійної здатності осколків снарядів та максимальної відстані їх розльоту, на основі запропонованої методики, дозволить визначити безпечну відстань для розміщення або евакуації особового складу при вибуху, а також розраховувати необхідні параметри захисних споруд цивільної оборони, які розташовані на території арсеналу.

Список літератури

1. Адаменко М.І., Гелета О.В., Квітковський Ю.В., Росоха В.О., Федюк І.Б. Безпека зберігання вибухових речовин та боєприпасів. – Х., 2005. – 337 с.

2. Методика оцінки збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру, затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 15 лютого 2002 року № 175 (із змінами).

3. Класифікація надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру за їх рівнями відповідно до постанови Кабінету Міністрів України від 24.03. 2004 № 368 Постанова Кабінету Міністрів України від 11 липня 2002 року № 956 "Про ідентифікацію та декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки".

4. Перелік об'єктів машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки, визначений постановою Кабінету Міністрів України від 15 жовтня 2003 року № 1631 (із змінами).

5. Перелік видів діяльності та об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку, затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 27 липня 1995 року № 554 (із змінами).

6. Перелік особливо небезпечних підприємств, припинення діяльності яких потребує проведення спеціальних заходів щодо запобігання заподіянню шкоди життю та здоров'ю громадян, майну, спорудам, навколишньому природному середовищу, затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 6 травня 2000 року № 765 (із змінами).

7. Постанова КМ України від 15 лютого 2002 р. N 175 (із змінами, внесеними згідно з Постановою КМУ N862 (#241297) від 04.06.2003) Про затвердження Методики оцінки збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру.

Надійшла до редколегії 27.02.2007

Рецензент: д-р військ. наук, проф. І.О. Кириченко, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.