

Збройна боротьба: теорія, забезпечення, досвід

УДК 614.8

Г.В. Іванець, Є.І. Стецюк, М.П. Букін

Національний університет цивільного захисту України, Харків

ДОСЛІДЖЕННЯ ДІЇ УДАРНОЇ ХВИЛІ НА ОРГАНІЗМ САПЕРІВ ПРИ НЕСАНКЦІОНОВАНОМУ ВИБУХУ РУЧНИХ ПРОТИПІХОТНИХ ГРАНАТ

Однією із основних причин отримання травм чи загибелі саперів під час виконання функціональних обов'язків з очищення місцевості від вибухонебезпечних предметів (ВНП) є дія ударної повітряної хвилі. У статті проведено дослідження дії ударної хвилі на організм саперів при несанкціонованому вибуху ручних протипіхотних гранат, що знешкоджуються.

Ключові слова: вибухонебезпечні предмети, піротехнічні підрозділи, ударна хвиля, ручна протипіхотна граната, надлишковий тиск, ушкодження.

Вступ

Загальна постановка проблеми. Унаслідок двох світових війн територія України залишається забрудненою вибухонебезпечними предметами. Так наприклад, тільки в Хмельницькій області за 2007 – 2008 роки знешкоджено та знищено вибухонебезпечних предметів: у 2005 році – 2572 од., у 2006 році – 339 од., у 2007 році – 628 од., у 2008 році – 344 од. Тільки за період з 1996 по 2008 рік внаслідок необережного поводження з боєприпасами та їх підриві постраждало 229 осіб (з них 57 дітей), у тому числі загинуло 100 та поранено 129 осіб [3].

Розв'язання даної проблеми ускладнюють техногенні катастрофи, пов'язані з боєприпасами (пожежі та вибухи на складах, базах, арсеналах боєприпасів). Незважаючи на заходи, які вживаються підрозділами ДСНС для запобігання загибелі та травмування громадян внаслідок вибухів боєприпасів, в Україні продовжують траплятися нещасні випадки.

Однією із основних причин отримання травм чи загибелі особового складу піротехнічних підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту ДСНС України під час виконання функціональних обов'язків з очищення місцевості від вибухонебезпечних предметів (ВНП) у відповідності до даних статистики є наслідком дії ударної повітряної хвилі та високошвидкісного проникнення осколків [4, 5]. Крім того, слід врахувати і дію вибуху заряду вибухової речовини (ВР) на ґрунт, оскільки ця обставина суттєво впливає на успішне виконання завдань по очищенню місцевості від ВНП. Дослідження впливу перелічених факторів на саперів підрозділів оперативно-рятувальної служби під час безпосереднього виконання робіт щодо знешко-

дження ВНП, зокрема ручних протипіхотних гранат, з метою запобігання одержання пошкоджень є одним із важливих завдань на сьогодні.

Аналіз літератури. Аналіз останніх досліджень і публікацій показує, що достатньо детально за останні роки розглядалися питання щодо захисту саперів піротехнічних підрозділів від високошвидкісного ударного навантаження (ураження осколками ручних протипіхотних гранат чи кулями) при проведенні операцій по очищенню територій від ВНП.

Особливо детально вимоги щодо міцних до удару матеріалів, зокрема для захисних жилетів та шоломів, розглянуто у [2, 6]. Так, захисні жилети класу захисту II А тестуються на удар із швидкістю 340 – 365 м/с кулею калібром 9 мм із сферичною носовою частиною [6]. Небезпечні конфігурації стосовно співвідношення мас та швидкостей уламків у відповідності до частоти відповідних пошкоджень приводяться у [2]. Але питанням дослідження дії ударної повітряної хвилі на організм сапера, зокрема при знешкодженні ручних протипіхотних гранат, приділено недостатньо уваги. У зв'язку з цим виникає необхідність дослідження наслідків дії ударної повітряної хвилі на організм сапера при виконанні ним функціональних обов'язків безпосередньо на місці при знешкодженні ручних протипіхотних гранат з метою удосконалення засобів захисту від дії не тільки високошвидкісного проникнення осколків, але і ударної повітряної хвилі.

Метою роботи є дослідження впливу ударної повітряної хвилі на організм сапера при несанкціонованому вибуху ручних протипіхотних гранат при їх знешкодженні для подальшого удосконалення індивідуального бронезахисту піротехнічних підрозділів ДСНС України.

Викладення матеріалів досліджень

При інтенсивному імпульсному навантаженні (типу вибуху або удару) різних суцільних середовищ (газ, рідина, тверде тіло) в останніх виникають ударні хвилі (УХ), за допомогою яких здійснюється передача механічної енергії поблизу джерела імпульсного навантаження. УХ виникають перед тілом, що рухається в середовищі (газ, рідина, тверде тіло) з надзвуковою швидкістю. Гальмування надзвукового потоку середовища супроводжується появою УХ. У всіх розглянутих випадках виникають області руху середовища, обмежені поверхнями, на яких всі параметри середовища (ρ , p , u , T та ін.) стрибком міняють свої значення. Ці поверхні розриву параметрів середовища називають фронтами УХ або "ударними хвилями".

Існують два типи УХ – прямі й косі. Якщо напрямок швидкості потоку середовища u перпендикулярний до поверхні фронту УХ, то така УХ називається прямою, якщо цей напрямок не перпендикулярний до поверхні фронту УХ, то УХ називається косою. Швидкість фронту УХ $D > u$, і він переміщається в газі та рідині з надзвуковою швидкістю, а у твердих тілах УХ можуть переміщатися як з надзвуковою, так і з дозвуковою швидкістю.

Поразка людини внаслідок дії ударних хвиль пов'язана із травмуванням різних частин тіла. При цьому окремі органи можуть по-різному реагувати на вплив УХ. Наприклад, барабанні перетинки мають дуже маленький період власних коливань, тому їхню реакцію на вплив УХ можна оцінювати за критерієм максимального надлишкового тиску у хвилі [2].

Зв'язок між максимальним надлишковим тиском у хвилі Δp_{ϕ} (кПа) і ймовірністю ушкодження барабанних перетинок людини W описується як

$$W = 0,881 \cdot \lg \Delta p_{\phi} - 1,323. \quad (1)$$

Помноживши ймовірність (1) на сто, одержимо відсоток ушкодження барабанних перетинок у групі людей, однаково вилучених від місця вибуху. Границя тимчасової втрати слуху відповідає тиску $\Delta p_{\phi} = 1,5-2$ кПа, нижній поріг ушкодження барабанних перетинок 34-45 кПа, а 50% ймовірність розриву перетинок – приблизно 100 кПа.

Найбільш чутливі до вражаючої дії УХ органи людини, що відрізняються великою різницею в щільностях сусідніх тканин, у першу чергу це легені та органи слуху (табл. 1).

Наведена відстань

$$R^* = r / \sqrt[3]{m}.$$

Істотний вплив на ураження людини робить її орієнтація щодо падаючої хвилі та навколишніх об'єктів. Найбільші ушкодження при мінімальних значеннях тиску та імпульсу падаючої УХ одержує людина, що має орієнтацію по нормалі до падаючої вибухової хвилі.

Таблиця 1

Характерні види ушкодження людини ударною хвилею

Ушкодження	Δp , кПа	R^* , м·кг ^{-1/3}
Баротравма легенів середньої ваги	150 – 200	< 2,2
Контузія внутрішніх органів і центральної нервової системи	450 – 500	< 1,4
Розрив барабанної перетинки	35 – 45	< 4,5
Тимчасова втрата слуху	> 2	–

R^* – наведена відстань.

При вибухах великих зарядів, людину можна розглядати як єдиний об'єкт і в якості критерію ураження використовувати критичний тиск в УХ, значення якого залежно від імовірності летального результату наведені в табл. 2 [2].

Таблиця 2

Критичний тиск поразки людини ударною хвилею

Імовірність летального результату	0,99	0,75	0,5	0,25	0,1
Δp_{ϕ} , кПа	500	370	320	280	250

При вибуху зосередженого заряду ВР на поверхні ґрунту в повітрі діаметр воронки в ґрунті можна розрахувати по формулі:

$$d = 0,763 \cdot (m/K_T)^{1/3}, \quad (2)$$

де d – діаметр воронки, м; m – маса заряду ВР, кг; K_T – коефіцієнт питомої витрати ВР (табл. 3).

Таблиця 3

Значення питомої витрати вибухової речовини K_T

Найменування ґрунтів і скельних порід	K_T , кг/м ³
Свіженасипана, пухка земля	0,37 – 0,47
Рослинний ґрунт	0,47 – 81
Супісок	0,80 – 1,10
Суглинок	0,97 – 1,19
Пісок щільний або вологий	1,19 – 1,27
Глина	1,17 – 1,28
Сипучий пісок	1,51 – 1,69
Міцні глини, льос, крейда	1,28 – 1,5
Міцні піщаники й вапняки	1,36 – 2,0
Бетон будівельний	2,0 – 2,6

Варто враховувати, що для мерзлих глин, суглинків, супісків і інших зв'язаних ґрунтів значення питомої витрати ВР K_T (кг/м³), наведені в табл. 3, збільшується в 1,5 рази.

В табл. 4 приведені розрахункові дані діаметру воронки для різних ґрунтів і скельних порід при вибуху деяких типів гранат (2).

Алгоритм визначення надлишкового тиску на фронті ударної хвилі такий [1]:

Таблиця 4

Діаметр воронки в метрах для різних ґрунтів і скельних порід

Типи гранат	Маса бойового заряду, кг	Розрахункові дані діаметру лійки (м)									
		Пухка земля	Рослин. ґрунт	Супісок	Суглинок	Пісок щільний або вологий	Глина	Сипучий пісок	Міцні глини, льос, крейда	Міцні піщаники й вапняки	Бетон
Граната Ф1	0,06	0,42	0,38	0,32	0,3	0,28	0,28	0,26	0,28	0,27	0,24
Граната РГН	0,114	0,52	0,48	0,399	0,37	0,35	0,35	0,32	0,34	0,33	0,29
Граната РГО	0,092	0,48	0,44	0,37	0,35	0,33	0,33	0,3	0,32	0,31	0,27
Граната РГД 5	0,106	0,5	0,46	0,388	0,365	0,34	0,34	0,314	0,33	0,325	0,28
Граната РГ 42	0,120	0,53	0,49	0,41	0,38	0,36	0,36	0,33	0,35	0,34	0,3

а) визначається радіус заряду:

$$r_0 = \sqrt[3]{C}/18,7 \quad (r_0 = \sqrt{C_y}/70),$$

де r_0 – радіус заряду (м); C – вага сферичного заряду (кг); C_y – погонна вага циліндричного заряду (кг/м).

б) визначається відносна відстань до точки спостереження:

$$r/r_0,$$

де r_0 – радіус заряду (м); r – відстань від центра вибуху заряду до точки спостереження (м).

Визначається максимальний тиск у хвилі стиснення:

$$p_m/p_1 = \Pi \cdot (r_0/r)^\alpha = \Pi / (r/r_0)^\alpha,$$

де Π, α – характеристики ґрунту, p_1 – початковий тиск в точці спостереження (для міжнародної стандартної атмосфери $p_1 = 0,1 \cdot 10^6$ Па).Очевидно, якщо відношення $p_m/p_1 \leq 1$, тоді надлишковий тиск в точці спостереження не спостерігається. В іншому випадку надлишковий тиск в точці спостереження дорівнює $\Delta p_\phi = p_m - p_1$.Характеристики Π, α для різних ґрунтів наведені в табл. 5 [1].

Таблиця 5

Характеристики хвиль стиснення для ґрунтів

Ґрунт	Π	α
Водонасичений пісок	68200	2,5
Піщаний ґрунт	92000	3,3
Суглинок	65000	3,3
Глина	65500	2,8
Льос	16400	2,8

В табл. 6 наведені розрахунки надлишкового тиску Δp_ϕ на відстані 1 м від центру вибуху заряду до точки спостереження. Слід зазначити, що на відстані 25 м надлишковий тиск у фронті ударної хвилі не спостерігається.В табл. 7 наведені розрахунки ймовірності ушкодження барабанних перетинок людини W у відсотках (1). В табл. 8 приведені можливі види ушкодження людини досліджуваними ручними протипіхотними гранатами для різних видів ґрунтів.

Таблиця 6

Розрахунки надлишкового тиску Δp_ϕ на відстані 1 м від центру вибуху заряду до точки спостереження

Типи гранат	Надлишковий тиск Δp_ϕ (кПа) на відстані 1 м до точки спостереження				
	Водонасичений пісок	Піщаний ґрунт	Суглинок	Глина	Льос
Граната Ф1	332,5	–	–	30,2	–
Граната РГН	638,4	–	13,3	137,1	–
Граната РГО	517,5	–	–	94,1	–
Граната РГД 5	594,9	–	5,3	121,5	–
Граната РГ 42	670,7	–	19,3	148,7	–

Таблиця 7

Ймовірність ушкодження барабанних перетинок людини

Типи гранат	Ймовірність ушкодження барабанних перетинок людини (%)				
	Водонасичений пісок	Піщаний ґрунт	Суглинок	Глина	Льос
Граната Ф1	89,9	–	–	–	–
Граната РГН	100	–	–	60	–
Граната РГО	100	–	–	41,6	–
Граната РГД 5	100	–	–	51,4	–
Граната РГ 42	100	–	–	59,1	–

Аналіз отриманих результатів (табл. 4, 6, 7, 8) показує, що УХ при вибуху гранат є одним із ймовірних факторів ураження особового складу піротехнічних підрозділів при проведенні робіт щодо знешкодження їх.

Найбільший надлишковий тиск у фронті УХ для всіх типів ручних протипіхотних гранат при їх підриві виникає тоді, коли ґрунт уявляє собою водонасичений пісок. В цьому випадку ймовірність ураження барабанних перетинок людини складає від 89,9% до 100%, велика ймовірність контузії внутрішніх органів і центральної нервової системи, а також одержання баротравм середньої ваги. Ймовірність летального результату W в цьому випадку складає від 0,5 до 1 в залежності від типу ручної протипіхотної гранати. Якщо ґрунт уявляє собою суглинок чи глину, то цілком ймовірні тимчасова втрата слуху, розрив барабанних перетинок та баротравма легенів середньої ваги.

Види ушкоджень людини досліджуваними ручними протипіхотними гранатами для різних видів ґрунтів

Типи гранат	Можливі види ушкодження людини				
	Водонасичений пісок	Піщаний ґрунт	Суглинок	Глина	Льос
Граната Ф1	Баротравма легенів середньої ваги, ймовірність летального результату 0,5	–	–	Тимчасова втрата слуху	–
Граната РГН	Контузія внутрішніх органів і центральної нервової системи, ймовірність летального результату 0,9999	–	Тимчасова втрата слуху	Розрив барабанної перетинки	–
Граната РГО	Контузія внутрішніх органів і центральної нервової системи, ймовірність летального результату 0,999	–	–	Розрив барабанної перетинки	–
Граната РГД 5	Контузія внутрішніх органів і центральної нервової системи, ймовірність летального результату 0,999	–	Тимчасова втрата слуху	Розрив барабанної перетинки	–
Граната РГ 42	Контузія внутрішніх органів і центральної нервової системи, ймовірність летального результату 1,0	–	Тимчасова втрата слуху	Баротравма легенів середньої ваги	–

Все це свідчить про необхідність застосування захисного одягу саперами піротехнічних підрозділів при безпосередньому виконанні робіт з розмінування чи знищення ВВП на місцевості, зокрема при знешкодженні ручних протипіхотних гранат.

Висновки

Проведені дослідження і розрахунки показали, що УХ при вибуху ручних протипіхотних гранат є одним із ймовірних факторів ураження особового складу піротехнічних підрозділів при проведенні робіт щодо знешкодження їх. При цьому коли ґрунт уявляє собою водонасичений пісок ймовірність ураження барабанних перетинки людини складає від 89,9% до 100%, велика ймовірність контузії внутрішніх органів і центральної нервової системи, а також отримання баротравм середньої ваги. Ймовірність летального результату W в цьому випадку складає від 0,5 до 1 в залежності від типу ручної протипіхотної гранати. Якщо ґрунт уявляє собою суглинок чи глину, то цілком ймовірно тимчасова втрата слуху, розрив барабанних перетинки та баротравма легенів середньої ваги. Все це є підставою для удосконалення бронезахисних засобів саперів піротехнічних підрозділів при безпосередньому ви-

конанні робіт щодо розмінування чи знищення ВВП на місцевості, зокрема при знешкодженні ручних протипіхотних гранат, не тільки від дії високошвидкісного проникнення осколків, але і ударної повітряної хвилі.

Список літератури

1. Саламахин Т.М. Физические основы механического действия взрыва и методы определения взрывных нагрузок: учебн. / Т.М. Саламахин. – М., ВИА, 1974. – 255 с.
2. Орленко Л.П. Фізика вибуху і удару: Навчальний посібник для вузів / Л.П. Орленко. – М. ФІЗМАТЛІТ, 2006 – 304 с. – ISBN – 5- 9221- 0638- 4.
3. Цільова соціальна програма протимінної діяльності Хмельницької області на 2009 – 2014 роки. – Хмельницький, 2009.
4. Кодекс цивільного захисту України / Відомості Верховної Ради, 2013, № 34-35, ст. 458.
5. Емельянов В.М. Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях / В.М. Емельянов. – М., 2002. – С. 279-289.
6. Фізика вибуху / Под ред. Л.П. Орленко. – 3-е изд, исправленное. В 2 т. – М.: Физматлит, 2004. – 1488 с.

Надійшла до редколегії 28.11.2014

Рецензент: д-р техн. наук, ст. наук співр. О.М. Соболев, Національний університет цивільного захисту України, Харків.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УДАРНОЙ ВОЛНЫ НА ОРГАНИЗМ САПЕРОВ ПРИ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОМ ВЗРЫВЕ ПРОТИВОПЕХОТНЫХ ГРАНАТ

Г.В. Иванец, Е.И. Стецюк, Н.П. Букин

Одной из основных причин получения травм или гибели саперов во время выполнения функциональных обязанностей по очищению местности от взрывоопасных предметов (ВОП) является действие ударной воздушной волны. В статье проведено исследование действия ударной волны на организм сапера при несанкционированном взрыве обезвреживаемых ручных противопехотных гранат.

Ключевые слова: взрывоопасные предметы, пиротехнические подразделения, ударная волна, ручная противопехотная граната, избыточное давление, повреждения.

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF SHOCK WAVES ON THE BODY SAPPER UNAUTHORIZED EXPLOSION ANTIPERSONNEL GRENADES

G.M. Ivanets, E.I. Stetsyuk, N.P. Bukin

One of the main causes injury or death to the sappers during functional responsibilities to rid the area of explosive ordnance (EO) is the action the shock wave of air. The paper investigated the action of the shock wave on the body the sapper at the non-sanctioned anti-explosion neutralizes handmade grenades.

Keywords: explosives, pyrotechnic unit, the shock wave, hand antipersonnel grenade overpressure, damage.