

УДК 623.565.33

О. Г. Водчиць, С. Н. Єгоров, В. М. Павільч, В. В. Афанасьєв

## МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИБУХОВИХ ПРИСТРОЇВ ОБ'ЄМНО-ДЕТОНУЮЧОЇ ДІЇ

Розглядається один з методів оцінювання ефективності вражаючої дії об'ємно-детонуючого вибухового пристрою по різних об'єктах. Наведені деякі результати розрахунків.

**Постановка проблеми.** Боєприпаси об'ємного вибуху прийняті на озброєння збройних сил багатьох країн більше 20 років тому, проте, спеціальна теорія вибуху і методика оцінювання ефективності таких боєприпасів у відкритих джерелах практично відсутні.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Зазначеним питанням присвячена праця І. А. Балаганського та Л. А. Мержиєвського "Действия средств поражения и боеприпасов" [3].

**Виклад основного матеріалу.** Використовуючи матеріали відкритих джерел [1; 3...6], автори спробували їх систематизувати і дати наближену оцінку ефективності дії боєприпасів об'ємно-детонуючого вибуху по цілях різного типу.

Об'ємний вибух – процес поширення реакції вибухового перетворення у великих об'ємах паливоповітряних сумішей (ППС), який супроводжується формуванням у навколишньому середовищі вибухових хвиль.

Для створення об'ємно-детонуючої суміші використовують вибухові речовини на основі вуглеводнів (бутан, пропан, пропилен і т. ін.), що перебувають у зрідженому стані [2; 4].

Основним етапом вибухового перетворення ППС є детонація. Швидкість фронту детонаційної хвилі у ППС сягає 1500 ... 1600 м/с, а тиск  $P = 15 \dots 20 \cdot 10^5$  Па [3].

Масова швидкість газового потоку, яка спрямована в бік руху хвилі, дорівнює 600 ... 800 м/с [4].

Одним із недоліків боєприпасів об'ємного вибуху є те, що детонація ППС можлива тільки за наявності її певної концентрації в хмарі.

Крім того, за умов сильного вітру, дощу, в гірській місцевості на висотах більше 1500 м над рівнем моря ППС практично не формується.

Основними частинами штатного вибухового пристрою є: контейнер з паливною сумішшю, розривний заряд, детонатори для ініціювання ППС, підривач, гальмівний парашут.

Схема вибухового пристрою та схема його дії показана на рис. 1, 2.

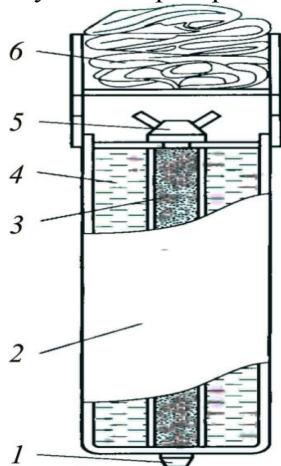


Рис. 1. Схема вибухового пристрою:  
1 – підривач; 2 – контейнер з ППС; 3 – розривний заряд; 4 – паливний заряд; 5 – детонатори;  
6 – гальмівний парашут

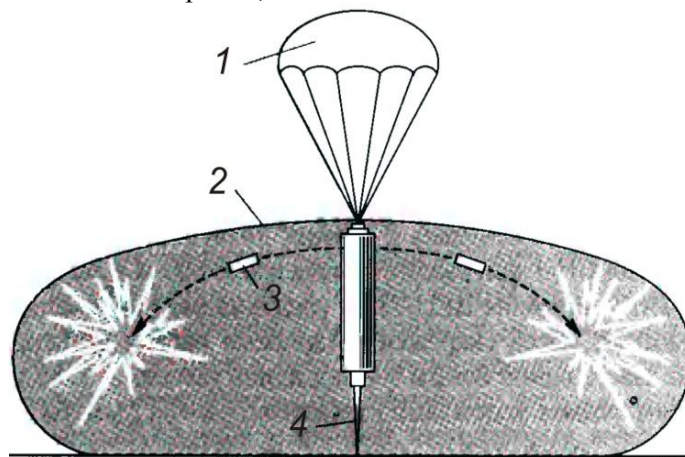


Рис. 2. Схема дії вибухового пристрою:  
1 – гальмівний парашут; 2 – хмара ППС; 3 – детонатори;  
4 – відбійний пристрій для забезпечення підриву ППС у повітрі

Оцінимо ефективність дії вибухового пристрою із зрідженим паливом по різних об'єктах за критерієм надлишкового тиску на відстані від точки вибуху боєприпасу. Вихідні дані:

- тип паливної суміші – газ бутан;
- кількість суміші – 100 кг;
- питома енергія теплоти вибуху – 10340 ккал/кг.

Використовуючи принцип подібності, за основу візьмемо формулу Садовського [1]. Тоді надлишковий тиск  $\Delta P_n$  на відстані  $R$ , м від центра вибуху може бути розрахований за такою апроксимаційною залежністю [3]:

$$\Delta P_n = P_0 \left[ 0,249 \left( \frac{\sqrt[2]{E_{y.xв}}/P_0}{R} \right) + 0,313 \left( \frac{\sqrt[2]{E_{y.xв}}/P_0}{R} \right)^2 + A \exp \left( \frac{R-R_0}{0,15R_0} \right)^2 \right], \quad (1)$$

де  $P_0$  – атмосферний тиск на висоті вибуху;  $E_{y.xв}$  – енергія ударної хвилі;  $R$  – відстань від точки вибуху;  $R_0$  – радіус сфери вибуху;  $A$  – деяка константа.

У процесі розрахунків третій доданок формули (1) не враховуватимемо через те, що на відстані більше радіуса сфери вибуху  $R > 1,5 R_0$  він практично не впливає на результат.

Енергія ударної хвилі  $E_{y.xв}$  розраховується за такими формулами:

$$E_{y.xв} = \eta \cdot \xi \cdot E_0; \quad (2)$$

$$E_0 = G \cdot Q, \quad (3)$$

де  $E_0$  – повна енергія вибуху;  $G$  – маса суміші;  $Q$  – питома енергія теплоти вибуху;  $\eta \approx 0,42$  – коефіцієнт корисної дії детонаційного вибуху;  $\xi \approx 0,15$  – коефіцієнт повної реакції палива.

Коефіцієнти  $\eta, \xi$  задані в [3].

Тоді  $E_{y.xв} = 68900$  ккал.

Розрахунки проведено для стандартних умов атмосфери та двох вибухів: 1) на висоті  $H_1 = 0$  м,  $t_0 = 15^\circ\text{C}$ ,  $P_0 = 1,013 \cdot 10^5$  Па; 2) на висоті  $H_2 = 2000$  м,  $t_0 = 3^\circ\text{C}$ ,  $P_0 = 0,74 \cdot 10^5$  Па.

Результати розрахунків функції  $\Delta P_n = f(R)$  наведені на графіках рис. 3.

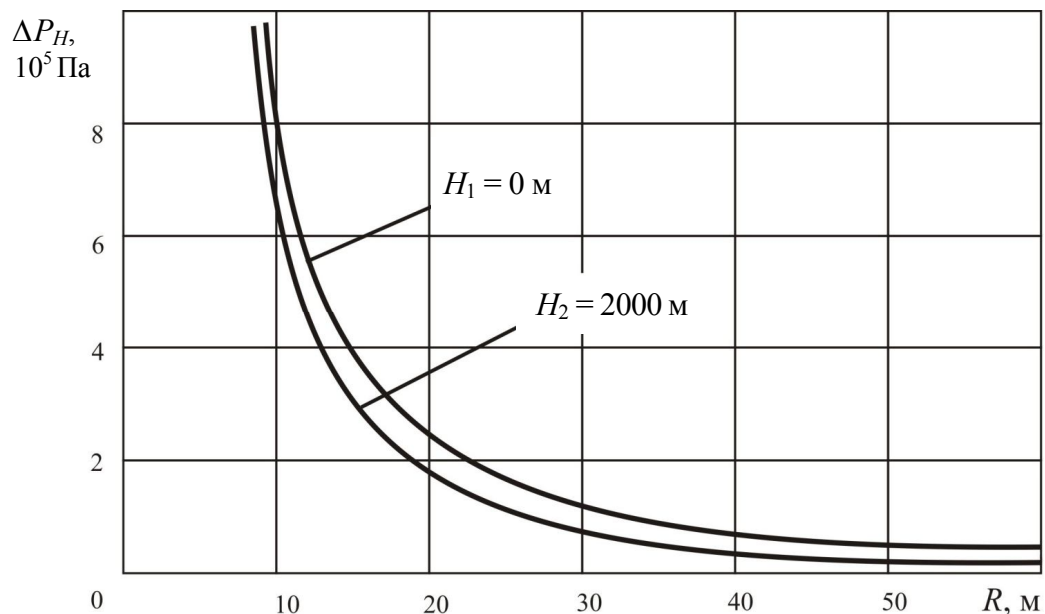


Рис. 3. Функції залежності тиску у фронті ударної хвилі від відстані до точки вибуху

Використовуючи результати розрахунків надлишкового тиску  $\Delta P_n = f(R)$  у фронті ударної хвилі і дані щодо ймовірності ураження залежно від величини надлишкового тиску [4], визначимо відстані від центра вибуху до об'єкта ураження та ступені ураження людини. Отримані дані щодо ймовірності летального наслідку для людини за різних умов бойового застосування та тривалість дії ударної хвилі за умови, що швидкість руху її фронту рівномірна від центра вибуху до моменту, коли надлишковий тиск зменшиться до безпечного значення ( $\Delta P_n < 0,98 \cdot 10^5$  Па), наведені у табл. 1.

Т а б л и ц я 1

Умови бойового застосування Імовірність летального наслідку	$\Delta P_H, 10^5 \text{ Па}$	$R_H = 0 \text{ м}$	$R_H = 2000 \text{ м}$	Тривалість дії ударної хвилі, с
0,99	5,0	13	10	0,009
0,75	3,7	16	13	0,011
0,50	3,2	17	15	0,012
0,25	2,8	18	17	0,013
0,10	2,5	19	18	0,014

Найбільш чутливими до ураження хмарию ППС є барабанні перетинки. Значення критичного тиску на органи слуху людини наведені у табл. 2 [3].

Т а б л и ц я 2

Ступені ураження	$\Delta P_H, 10^5 \text{ Па}$
Тимчасова втрата слуху	$\leq 1,5 \dots 2,0$
Нижній поріг ураження барабанної перетинки	$\leq 34 \dots 35$
Розрив барабанної перетинки з імовірністю $P \approx 0,5$	$\geq 100$

Використовуючи графіки (див. рис. 3) та дані табл. 1, можна зробити висновок, що на відстані від 0 до 60 м від центра вибуху, залежно від величини надлишкового тиску, органи слуху людини будуть травмовані з різним ступенем ураження.

Для повноти оцінювання вражаючої дії вибухових пристроїв об'ємно-детонуючої дії на об'єкт ураження за критерієм надлишкового тиску виконано розрахунки для маси палива 200 та 300 кг і висоти бойового застосування  $H_1 = 0 \text{ м}$  і  $H_2 = 2000 \text{ м}$  над рівнем моря. Результати розрахунків наведені на рис. 4 та 5.

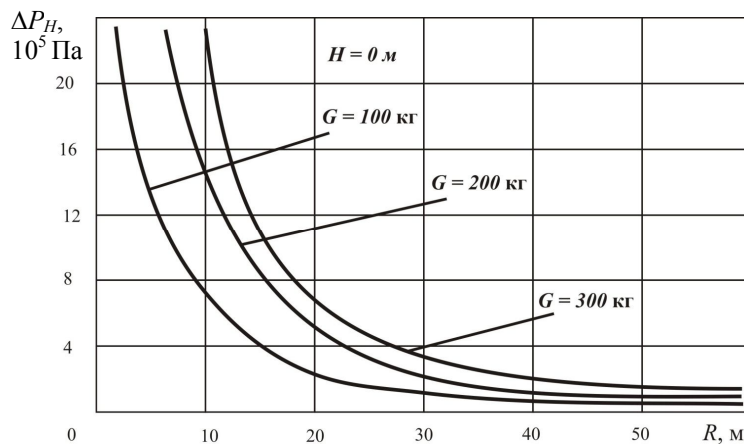


Рис. 4. Залежність  $\Delta P_H$  від маси палива за умови бойового застосування боєприпасу на висоті  $H_1 = 0 \text{ м}$

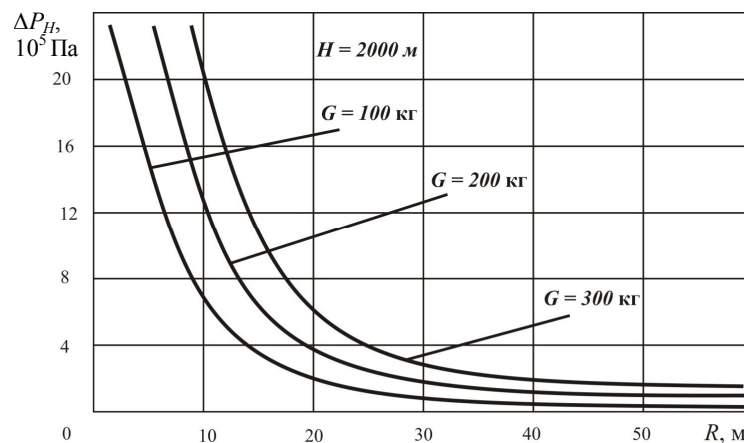


Рис. 5. Залежність  $\Delta P_H$  від маси палива за умови бойового застосування боєприпасу на висоті  $H_2 = 2000 \text{ м}$

Аналізуючи отримані функції, можна зробити висновок, що у разі спрацювання вибухового пристрою на  $H_1 = 0$  м і збільшення маси заряду  $G$  до 300 кг радіус суцільного ураження людського організму збільшується у 1,5 разу і досягає 35 м ( $\Delta P_n \geq 2,5 \cdot 10^5$  Па).

У випадку спрацювання вибухового пристрою з масою заряду  $G = 300$  кг на висоті  $H_2 = 2000$  м радіус ураження також збільшується до 32 м (майже у 1,5 разу).

Природно, що критична відстань надлишкового тиску ( $\Delta P_n \geq 0,98 \cdot 10^5$  Па) у випадку дії на органи слуху також збільшується.

Наприклад, при  $H_1 = 0$  м та  $G = 300$  кг радіус дорівнює 80 ... 100 м, а при  $H_2 = 2000$  м і  $G = 300$  кг радіус дорівнює 50 ... 60 м.

Характер зміни надлишкового тиску  $\Delta P_n$  ударної хвилі, незалежно від висоти і потужності вибуху, описується функцією, що є кубічною гіперболою типу  $y = 1/x^3$ . Криві функції підпорядковані принципу подібності і є еквідистантними.

### **Висновки**

1. Величини надлишкового тиску ударної хвилі залежать від умов бойового застосування боєприпасів (висота, маса заряду, тип ППС, температура повітря, атмосферні умови).

2. У середньому радіус дії надлишкового тиску на людський організм, за якого спостерігаються ураження різного ступеня важкості (для боєприпасів, розглянутих у цій статті), знаходиться в межах 20 ... 35 м, а ушкодження органів слуху спостерігаються у радіусі 50 ... 90 м.

3. Запропонований авторами статті підхід може бути використаний для оцінювання ефективності боєприпасів об'ємно-детонуючої дії, в яких використовують однорідні вуглеводні речовини (бутан, пропан, пропилен та ін.).

4. Запропонований метод оцінювання ефективності боєприпасів об'ємно-детонуючої дії дає можливість під час планування військових операцій визначити кількість необхідних сил і засобів або оцінити завдані супротивнику втрати у вигляді живої сили та інших об'єктів.

### **Список використаних джерел**

1. Дорофеев А. Н. *Авиационные боеприпасы* / А. Н. Дорофеев, А. П. Морозов, Р. С. Саркисян. – М. : ВВИА им. Н. Е. Жуковского, 1987. – 445 с.
2. Водчиць О. Г. *Авіаційні засоби ураження* / О. Г. Водчиць, С. Н. Єгоров, В. М. Павільч. – К. : НАУ, 2008. – 128 с.
3. Балаганский И. А. *Действия средств поражения и боеприпасов* / И. А. Балаганский, Л. А. Мержиевский. – Новосибирск : НГТУ, 2004. – 406 с.
4. *Средства поражения и боеприпасы* / под. ред. В. В. Селиванова. – М. : МГТУ им. Баумана, 2008. – 984 с.
5. Щербинин Р. *Перспективные боевые части высокоточного оружия США* / Р. Щербинин // *Зарубежное военное обозрение*. – 2010. – № 4. – С. 58–63.
6. Дремов А. *Разработка в США специализированных взрывчатых смесей для авиационных средств поражения* / А. Дремов // *Зарубежное военное обозрение*. – 2010. – № 10. – С. 60–62.

*Стаття надійшла до редакції 15.04.2011 р.*