

УДК 623.565.33

Водчиць О. Г., кандидат технічних наук, доцент, декан факультету НАУ

*Сгоров С. Н., кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,
завідувач кафедри НАУ*

Павільч В. М., кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри НАУ

МЕТОД ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИБУХОВИХ ПРИСТРОЇВ ОБ'ЄМНО-ДЕТОНУЮЧОЇ ДІЇ.

Розглядається один з можливих методичних підходів оцінки ефективності вражаючої дії об'ємно - детонуючого вибухового пристрою по різних об'єктах та приведені деякі результати розрахунків.

Боеприпаси об'ємного вибуху прийняти на озброєння Збройними Силами багатьох країн більш 20 років, але не дивлячись на це, спеціальна теорія вибуху і методика оцінки ефективності боеприпасів у відкритому друці практично не зустрічалася.

У відкритих джерелах ці матеріали були опубліковані у праці І.А.Балаганського та Л.А. Мержиєвського «Дія засобів ураження та боеприпасів» [3].

Використовуючи матеріали відкритих джерел [1, 3, 4, 5, 6], авторами була зроблена спроба систематизувати матеріали і надати наближену оцінку ефективності дії боеприпасів об'ємно-детонуючого вибуху по цілях різного типу.

Об'ємний вибух – це процес розповсюдження реакції вибухового переутворення у великих об'ємах паливо-повітряних сумішей (ППС), який супроводжується формуванням в навколишньому середовищі вибухових хвиль.

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

Основним етапом вибухового перетворення ППС є детонація. Значення

параметрів на фронті детонаційної хвилі в ППС досягає 1500 ... 1600 м/с, а тиск $P = 15 \dots 20 \cdot 10^5 \text{ Па}$ [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 може відбутися тільки при наявності певної концентрації ППС в хмарі, тобто одне з умов виникнення хімічної реакції палива з повітрям в певному співвідношенні.

Крім того, при сильному вітрі, дощу, в умовах гірської місцевості на висотах більше 1500 м над рівнем моря ППС практично не формується.

Основними складовими штатного пристрою є: контейнер з паливною сумішшю; розривний заряд; детонатори для ініціювання ППС; підривач; гальмівний парашут.

Схема вибухового пристрою (як варіант) та його схема дії показана на рис. 1, 2.

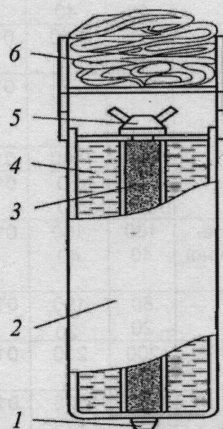


Рис. 1.

1 – підривач, 2 – контейнер з ППС,
3 – розривний заряд, 4 – паливний заряд, 5 – детонатори, 6 – гальмівний парашут

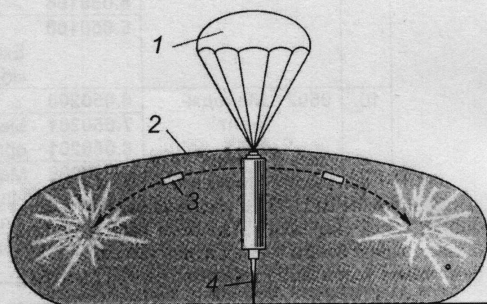


Рис. 2.

1 – гальмівний парашут, 2 – хмара ППС,
3 – детонатори, 4 – відбійний пристрій для забезпечення підриву ППС у повітрі

Здійснимо оцінку ефективності дії вибухового пристрою з зрідженим паливом по різних об'єктах за критерієм надлишкового тиску в залежності від відстані від точки вибуху боеприпасу за такими вихідними даними:

- тип паливної суміші – газ «Бутан»;
- кількість суміші – 100 кг;
- питома енергія теплоти вибуху – $Q = 10340$ Ккал/кг.

Використовуючи принцип подібності за основу розрахункової формули приймемо формулу Садовського [1]. Тоді, надлишковий тиск ΔP_n в залежності від відстані R , м від центру детонаційного вибуху може бути розрахований за такою апроксимаційною залежністю [3]:

$$\Delta P_n = P_0 \left[0,249 \left(\frac{\sqrt[3]{E_{y.xs.}/P_0}}{R} \right) + 0,313 \left(\frac{\sqrt[3]{E_{y.xs.}/P_0}}{R} \right)^2 + A \exp \left(\frac{R-R_0}{0,15R_0} \right)^2 \right] \quad (1)$$

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

В процесі розрахунків третю складову формули (1) враховувати не будемо, внаслідок того, що на відстань вибуху більше радіусу сфери вибуху $R > 1,5 R_0$ дана складова практично не впливає на результати розрахунків.

Енергія ударної хвилі $E_{y.xs.}$ розраховується за такою формулою:

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

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

де E_0 – повна енергія вибуху; G – маса суміші;

$\eta \approx 0,42$ – коефіцієнт корисної дії детонаційного вибуху;

$\xi \approx 0,15$ – коефіцієнт повної реакції палива.

Коефіцієнти η, ξ задані в [3].

Тоді $E_{y.xs.} = 68900$ Ккал.

Розрахунки проведено для стандартних умов атмосфери, при тому що вибух

здійснюється на висоті $H_1 = 0$, $t_0 = 15^\circ \text{C}$, $P_0 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$ і на висоті $H_1 = 2000$ м, $t_0 = 3^\circ \text{C}$, $P_0 = 0,74 \cdot 10^5 \text{ Па}$

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

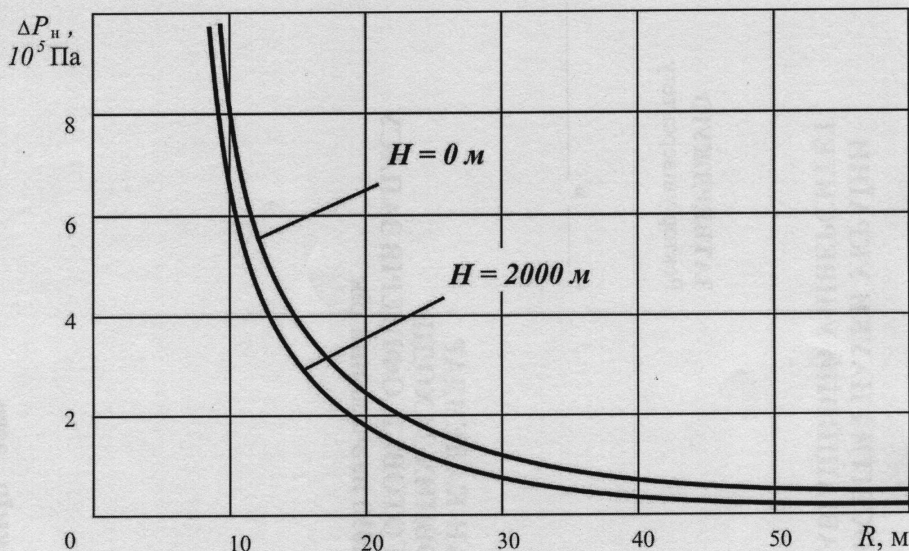


Рис. 3. Функції залежності тиску у фронті ударної хвилі від відстані до точки вибуху для $H_1 = 0$ та $H_1 = 2000 \text{ м}$

Використовуючи результати розрахунків надлишкового тиску $\Delta P_n = f(R)$ у фронті ударної хвилі і данні, які приведені у [4], щодо імовірності ураження в залежності від величини надлишкового тиску, визначимо відстані від центру вибуху до об'єкту ураження та ступені ураження людини. Отримані данні, щодо імовірності летального наслідку людини у результаті розрахунку для різних умов бойового застосування, а також час дії ударної хвилі, при умовах, що швидкість руху фронту ударної хвилі рівномірна від центру вибуху до моменту, коли надлишковий тиск зменшиться до безпечного значення, $\Delta P_n < 0,98 \cdot 10^5 \text{ Па}$ приведені у табл. 1.

Таблиця 1

	Імовірність летального наслідку людини, P_i (для різних умов бойового застосування)				
	0,99	0,75	0,50	0,25	0,1
Надлишковий тиск, $\Delta P_n, 10^5 \text{Па}$	5,0	3,7	3,2	2,8	2,5
$R_H = 0 \text{ м}$	13	16	17	18	19
$R_H = 2000 \text{ м}$	10	13	15	17	18
Час дії ударної хвилі, с.	0,009	0,011	0,012	0,013	0,014

При ураженні хмарою ППС на організм людини найбільш руйнівою є барабанні перетинки. Критичний тиск дії на органи слуху людини приведені у табл. 2 [3].

Таблиця 2

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

Використовуючи дані результатів надлишкового тиску (рис. 3) та за даними табл. 1 можна зробити висновок про те, що на відстані від 0 до 60 м від центру вибуху в залежності від величини надлишкового тиску органу слуху людини буде травмовані з різною ступінню ураження.

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

Аналізуючи отримані функції, можна уявити, що при спрацюванні вибухового пристрою на $H_1 = 0$ і збільшенні маси заряду до $G = 300 \text{ кг}$ радіус суцільного ураження людського організму збільшується у 1,5 рази і досягає 35 м. ($\Delta P_n \geq 2,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$).

Одночасно при спрацюванні вибухового пристрою на $H = 2000 \text{ м}$ і масі заряду $G = 300 \text{ кг}$ радіус ураження також збільшується до 32 м майже в 1,5 рази.

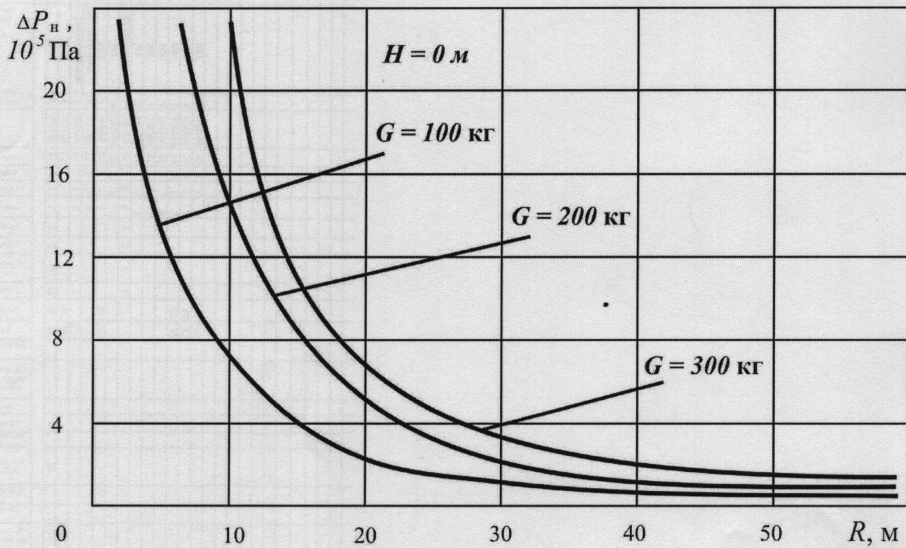


Рис. 4

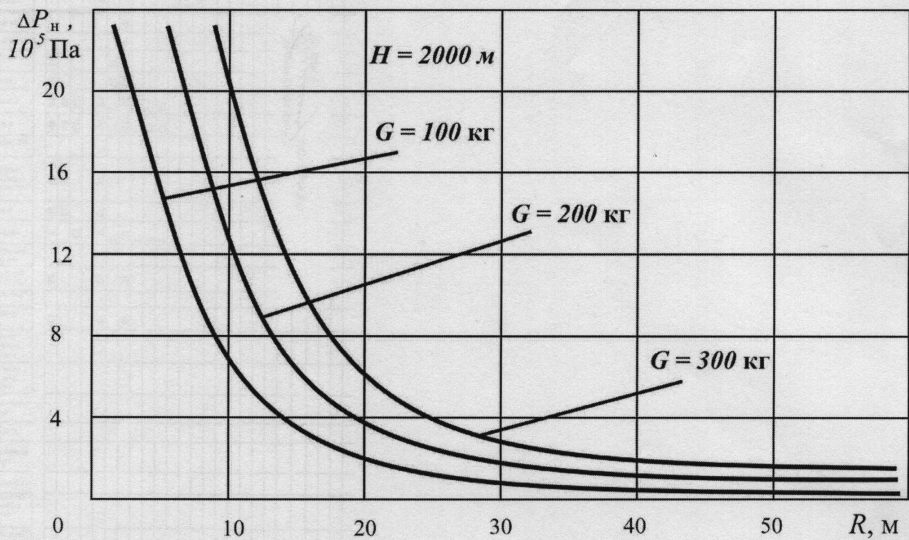


Рис. 5

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

Так, при $H_I = 0$ м і $G = 300$ кг, радіус дорівнює 80 ... 100 метрів, а при $H_I = 2000$ м і $G = 300$ кг – 50 ... 60 метрів.

Характер зміни надлишкового тиску ΔP_n ударної хвилі, незалежно від висоти і потужності вибуху, являє собою функцію, яка описується кубічною гіперболою типу $Y = 1/X^3$. Криві функції підпорядковані принципу подібності і являють собою еквідистантні криві.

Висновки

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

2. В середньому радіус дії надлишкового тиску на людський організм, при якому спостерігається ураження різного ступеня важкості (для боеприпасів, які розглянуто в цій статті), знаходиться в межах 20 ... 35 метрів, а ушкодження органів слуху – 50 ... 90 метрів.

3. Запропонований авторами статті підхід може бути використаний для оцінки ефективності боеприпасів об'ємно-детонуючої дії для однорідних вуглеводних речовин (бутан, пропан, пропилен та інші).

4. Запропонований підхід щодо оцінки ефективності боеприпасів об'ємно-детонуючої дії дає можливість під час планування військових операцій визначити потрібність наряду сил і засобів або здійснити оцінку нанесення збитків супротивнику у вигляді живої сили та інших об'єктів на полі бою.

Література

1. Дорофеев А.Н., Морозов А.П., Саркисян Р.С.. Авиационные боеприпасы. – М: ВВИА им. Н. Е. Жуковского. – 1987. – 445 с.
2. Водчиць О. Г., Єгоров С. Н., Павільч В. М. Авіаційні засоби ураження. – Київ: НАУ, 2008. – 128 с.
3. Балаганский И. А., Мержиевский Л. А. Действия средств поражения и боеприпасов. – Новосибирск: НГТУ, 2004. – 406 с.
4. Средства поражения и боеприпасы.// Под. ред. Селиванова В. В. – М.:

МГТУ им. Баумана, 2008. – 984 с.

5. Щербинин Р. Перспективные боевые части высокоточного оружия США.// Зарубежное военное обозрение. 2010, №4, с. 58 - 63.

6. Дремов А. Разработка в США специализированных взрывчатых смесей для авиационных средств поражения.// Зарубежное военное обозрение. 2010, №10, с. 60 - 62.