

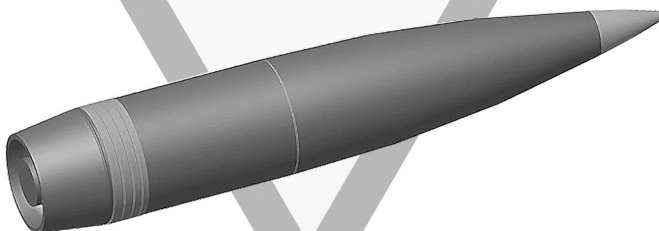
**Методика оцінювання  
ефективності дії  
осколково-фугасного  
снаряда по наземних цілях**

# Анотація

Військова навчально-методична публікація розроблено групою фахівців Науководослідного центру ракетних військ і артилерії.

---

**МЕТОДИКА  
ОЦІНЮВАННЯ  
ЕФЕКТИВНОСТІ ДІЇ  
ОСКОЛКОВО-ФУГАСНОГО  
СНАРЯДА  
ПО НАЗЕМНИХ  
ЦІЛЯХ**



Видавництво  
«Центр учбової літератури»  
Київ – 2024

УДК 623.451.4

М 54

**Методика оцінювання ефективності дії осколково-фугасного снаряда по наземних цілях.** — Київ: «Центр учбової літератури», 2024. — 46 с.

**ISBN 978-611-01-3169-8**

Військова навчально-методична публікація розроблено групою фахівців Науково-дослідного центру ракетних військ і артилерії у складі: П.ПОЛЕНИЦЯ, кандидат технічних наук, доцент (керівник розроблення); І.НАУМЕНКО, кандидат військових наук, старший науковий співробітник; А.ЛІЦМАН, кандидат технічних наук; Д.НЕСТЕРОВ, науковий співробітник науково-дослідного відділу спільно з ракетними військами і артилерії Командування Сухопутних військ Збройних Сил України та Центром оперативних стандартів і методики підготовки Збройних Сил України, а також погоджено із заінтересованими органами військового управління ЗС України.

ISBN 978-611-01-3169-8

© «Центр учбової літератури», 2024.

## ЗМІСТ

	ВСТУП	5
	ОСНОВНІ ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ	6
	ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	7
1	ОСКОЛКОВА ДІЯ ОСКОЛКОВО-ФУГАСНОГО СНАРЯДА ПО НАЗЕМНИХ ЦІЛЯХ	9
1.1	Перелік і обґрунтування типових наземних цілей	9
1.1.1	Класифікація і перелік цілей	9
1.1.2	Моделювання об'єктів техніки як цілей при експрес-оцінюванні уражаючої дії осколково-фугасного снаряда	11
1.1.3	Фізична і математична модель завдання	14
1.1.3.1	Кількість, вага і форма осколків	14
1.1.3.2	Напрямок і швидкість розльоту осколків	16
1.1.3.3	Енергетичні характеристики осколків при зустрічі з цілью	18
1.1.3.4	Розподіл осколків в області розльоту	20
1.1.3.5	Ймовірність ураження цілі	23
2	ДІЯ ПОВІТРЯНОЇ УДАРНОЇ ХВИЛІ	24
3	УДАРНА ДІЯ ОСКОЛКОВО-ФУГАСНОГО СНАРЯДА	27
3.1	Загальні відомості про ударну дію боєприпасів	27
3.2	Диференціальне рівняння руху боєприпасу у перешкоді (фізична і математична модель)	27
3.3	Опір перешкоди проникненню	29
3.4	Залежність для розрахунку параметрів ударної дії боєприпасів по ґрунту	30
	ФУГАСНА ДІЯ ОСКОЛКОВО-ФУГАСНОГО СНАРЯДА	32
4.1	Загальні відомості про фугасну дію	32
4.2	Фугасна дія під час вибуху боєприпасу в ґрунті (фізична і математична модель)	32
5	ОПИС МЕТОДИКИ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІЇ ОСКОЛКОВО-ФУГАСНОГО СНАРЯДА ПО НАЗЕМНИХ ЦІЛЯХ	35
5.1	Опис вхідних даних	35
5.1.1	Опис вхідних даних, які необхідні для оцінювання усіх видів уражаючої дії снаряда	35
5.1.2	Опис вхідних даних, які необхідні для оцінювання осколкової дії снаряда	36
5.1.3	Опис вхідних даних, які необхідні для оцінювання уражаючої дії ударної хвилі	36
5.1.4	Опис вхідних даних, які необхідні для оцінювання ударної та фугасної дії снаряда	36
5.2	Опис вихідних даних	36

5.3	Опис сталих	37
6	ЗАКЛЮЧНА ЧАСТИНА	37
Додатки:		
1	Опис функціонування алгоритму	38
2	Алгоритм визначення умовної ймовірності ураження цілі	40
	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ (ДЖЕРЕЛ)	46

## ВСТУП

Залежно від задач, що вирішуються ракетними військами і артилерією, використовують різні типи ракет (з фугасними або касетними бойовими частинами) та артилерійських боєприпасів (осколкові, осколково-фугасні, бетонобійні, кумулятивні, запальні та інші боєприпаси основного призначення, а також низку боєприпасів спеціального призначення). Боєприпаси артилерії основного призначення мають різні типи підричників: ударні, дистанційні, радіо-підричники, такі, що мають установку на осколкову, фугасну і сповільнену дію. Якщо вирішити задачу оцінювання уражаючої дії бойових частин ракет і боєприпасів артилерії (далі – артилерійських боєприпасів) по різних цілях, можна визначити для кожної цілі тип бойової частини, снаряд, підричник та його установку, які забезпечать найбільше ураження даної цілі. Результати оцінювання уражаючої дії артилерійських боєприпасів використовуються також для оцінювання ефективності нанесення ракетних ударів (вогню артилерії) та відпрацювання практичних рекомендацій з ураження цілей.

Для розрахунку очікуваної ефективності осколкової дії конкретного снаряда необхідно провести як теоретичні розрахунки так і попередні полігонні підриви боєприпасів, які дозволять розрахувати зони, що будуть уражені та інші параметри ефективності. Практичні полігонні випробування боєприпасів потребують значних затрат часу та матеріальних засобів на їх підготовку та проведення. Теоретичні розрахунки наразі значно спрощують цей процес та заощаджують час.

Тому, для скорочення часу на проектування, а також для вибору оптимальних параметрів конструкції артилерійських боєприпасів розроблено Методику оцінювання ефективності дії осколково-фугасних снарядів без проведення попередніх полігонних випробувань.

## ОСНОВНІ ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ

Уражаюча дія осколково-фугасних снарядів (ОФС), споряджених звичайною вибуховою речовиною, характеризується уражаючими факторами:

**Осколкова дія** – уражаюча дія осколків, які утворюються при розриві снаряда та розлітаються зі значними швидкостями;

**Дія повітряної ударної хвилі** – область сильно стисненого повітря, яка розповсюджується від центру вибуху у всіх напрямках зі швидкістю, дещо більшою за швидкість звуку;

**Фугасна дія** – руйнівна дія, яка спричиняється головним чином руйнівною силою ударної хвилі, що утворюється під час вибуху в навколишньому середовищі, а також в безпосередній близькості від снаряда, який розірвався, силою продуктів детонації та осколками снаряда;

**Ударна дія** – нанесення ушкоджень цілі внаслідок удару, проникнення боеприпаса або частини його в об'єкт на певну глибину або пробиття об'єкта і ушкодження всієї його конструкції в цілому від струсу.

Основні характеристики осколкової дії осколково-фугасного снаряда:

**Осколкове поле** – область, в якій осколки здатні уразити ціль;

**Убійний осколок** – осколок, здатний уразити ціль;

**Щільність убійних осколків** – кількість останніх, розподілених на одиницю площі, перпендикулярній напрямку розльоту осколків;

**Убійний інтервал** – відстань від точки розриву боеприпаса, на якому осколок залишається убійним;

**Убійна швидкість** – мінімальна швидкість, при якій осколок є убійним;

**Осколковість** – здатність корпусу боеприпаса дробитись на осколки, наділені певною вагою, швидкістю і розподілом в області розльоту.



## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

Скорочення та умовні позначення	Повне словосполучення та поняття, що скорочуються
1	2
ОФС	Осколково-фугасний снаряд
ВР	Вибухова речовина
ЛБТ	Легкоброньована техніка
УД	Ударна дія
ПУХ	Повітряна ударна хвиля
N	Загальна кількість осколків, які утворюються під час вибуху боєприпаса
d	Калібр корпусу боєприпаса, дм
L	Довжина корпусу боєприпаса, дм
m <sub>0</sub>	Маса вибухової речовини, кг
M <sub>г</sub> , M <sub>ц</sub>	Маса головної та циліндричної частин корпусу боєприпаса, кг
m <sub>г</sub> , m <sub>ц</sub>	Маса вибухової речовини в головній та циліндричній частинах корпусу, кг
ψ	Відносне звуження матеріалу корпусу, %
M <sub>к</sub>	Маса корпусу, кг
D	Швидкість детонації, м/с
N <sub>г</sub>	Кількість осколків масою даної вагової групи
q	Вага осколку, г
Q <sub>сн</sub>	Маса снаряда, кг
S <sub>М</sub>	Середня площа поперечного перетину осколка, см <sup>2</sup>
γ	Щільність матеріалу осколка, г/см <sup>3</sup>
V <sub>р</sub>	Швидкість розльоту осколків, м/с
V <sub>с</sub>	Швидкість падіння снаряда, м/с
V	Початкова швидкість осколка, м/с
V <sub>В</sub>	Швидкість зустрічі осколка з ціллю, м/с
λ	Коефіцієнт наповнення снаряда
β	Кут між віссю снаряда та напрямком польоту осколка на ціль, град.
β'	Кут, який характеризує напрямок польоту осколків, град
θ <sub>с</sub>	Кут падіння снаряда, град.
ρ <sub>В</sub>	Щільність повітря, кгс с <sup>2</sup> /м <sup>4</sup>
g	Прискорення сили тяжіння, м/с <sup>2</sup>
R <sub>0</sub> ( R)	Відстань від точки вибуху боєприпаса до цілі при наземному (повітряному) розриві, м
x	Координати положення цілі відносно точки розриву по осі ОХ, м

1	2
$z$	Координати положення цілі відносно точки розриву по осі OZ, м
$h$	Координати положення цілі відносно точки розриву по висоті, м
$\alpha$	Кут між напрямком стрільби та напрямком на ціль, град.
$c_x$	Аеродинамічний коефіцієнт лобового опору осколка
$E_{уд}$	Питома кінетична енергія осколка при зустрічі з ціллю, кг/см <sup>2</sup>
$E_{уб}$	Питома убійна енергія осколка, кг/см <sup>2</sup>
$\Delta i$	Щільність осколків у і-тому кульовому поясі, оск/м <sup>2</sup>
$n_i$	Відносна кількість осколків, яка припадає на і-тий кульовий пояс, %
$c$	Відносна кількість убійних осколків
$\Delta c$	Кількість убійних осколків, яка припадає на уразливу площу цілі
$h_{ст. экв}$	Товщина перешкоди, еквівалентна сталій, мм
$F_{л}$	Сила лобового опору (гальмівна сила, яка визначає рух боєприпаса у перешкоді)
$F_{б}$	Бічна сила, яка визначає кривизну траєкторії снаряда у перешкоді
$M_{\theta 0}$	Момент, який повертає боєприпас відносно центру маси
$I_y$	Екваторіальний момент інерції снаряда
$\delta$	Кут нутації, град
$V_{п}$	Швидкість снаряда у перешкоді, м/с
$\sigma (\epsilon)$	Міцнісна складова опору перешкоди
$\epsilon$	Швидкість деформації
$k$	Коефіцієнт форми головної частини
$\rho_{п}$	Щільність матеріалу перешкоди, кг/м <sup>3</sup>
$\rho_{вв}$	Щільність вибухової речовини, кг/м <sup>3</sup>
$S$	Площа зіткнення, м <sup>2</sup>
$A, B$	Коефіцієнт, який враховує властивості перешкоди
$H$	Висота головної частини корпусу боєприпаса, дм
$\tau$	Час спрацювання підривника від моменту зустрічі снаряда з перешкодою, с
$l$	Шлях, який долає снаряд у перешкоді від моменту зустрічі до моменту спрацювання підривника, м
$H_{в}$	Глибина воронки, м
$R_{в}$	Радіус воронки, м
$W_{в}$	Об'єм воронки, м <sup>3</sup>
$k_r$	Коефіцієнт, який характеризує властивості перешкоди
$S_y$	Уразлива площа цілі, м <sup>2</sup>

# 1. ОСКОЛКОВА ДІЯ ОСКОЛКОВО-ФУГАСНОГО СНАРЯДА ПО НАЗЕМНИХ ЦІЛЯХ

## 1.1. Перелік і обґрунтування типових наземних цілей

### 1.1.1. Класифікація і перелік цілей

Усі об'єкти на полі бою та в тилу противника, які підлягають ураженню артилерією, прийнято називати цілями. Цілі поділяються на одиночні (елементарні) і групові.

Груповими прийнято називати цілі, які складаються з сукупності одиночних (елементарних) цілей, розташованих на обмеженій площі.

Під елементарною ціллю слід розуміти таку одиночну ціль, яку неможливо розділити на частини без порушення її фізичної цілісності. Так, наприклад: взводний опорний пункт, артилерійська батарея, колона автомашин, спостережний пункт – групові цілі; танк, солдат, гармата, бронетранспортер – одиночні цілі. Кількісне співвідношення можливих цілей наведено в Таблиці 1.1. [2].

Таблиця 1.1.

Відносна кількість найбільш важливих цілей  
у тактичній (20-30 км) глибині оборони противника

Найменування цілей	Відносна кількість, %
Танки	16,0
Бронетранспортери і бойові машини піхоти	48,0
Самохідні артилерійські установки	4,5
Самохідні мінометні установки	7,0
Пускові установки ПТКР	5,1
Пускові установки ЗРК	6,7
Вертольоти на посадочних майданчиках	7,8
Радіолокаційні станції	4,8

За своїм характером наземні цілі класифікуються:

**а) жива сила розташована відкрито:**

- 1) стоячи;
- 2) лежачи;
- 3) стоячи, лежачи в засобах індивідуального захисту (ЗІЗ).

**б) жива сила укрита (у тому числі у ЗІЗ):**

- 1) в окопах, траншеях і ходах сполучення;
- 2) у бліндажах і щілинах;
- 3) у бойових машинах піхоти;
- 4) у бронетранспортерах.

**в) військова техніка, розташована:**

- 1) відкрито;
- 2) в окопах;

**3) в укриттях.**

**3а) не броньована:**

- пускові установки;
- причіпні гармати;
- міномети;
- радіолокаційні станції польової артилерії і наземної розвідки;
- автомобільний і залізничний транспорт;
- вертольоти на посадкових майданчиках.

**3б) легкоброньована:**

- самохідні гармати і міномети;
- бойові машини піхоти і бронетранспортери;
- установки ПТРК, РСЗВ тощо;
- рухомі командні і спостережні пункти.

**3в) бронетанкова техніка.**

г) фортифікаційні споруди, стаціонарні споруди різного призначення, комунікації:

1) окопи, траншеї, ходи сполучення, укриття для бойової техніки і транспортних засобів;

2) бліндажі, схованки, підземні сховища, кабельні лінії;

3) наземні споруди, висотні кабельні лінії, комунікації;

4) дровоті загорождення;

5) мінні поля.

Завдання артилерії полягає в ураженні сукупності одиночних цілей (елементів бойової обстановки) або окремо взятих цілей.

Виходячи з того, що ОФС завдають ураження головним чином осколками, які утворюються при їх розриві, вони призначені для ураження розташованої відкрито або за легкими укриттями живої сили, неброньованої і легко броньованої техніки.

Застосування ОФС при установці підричника на осколкову дію по цілях, перерахованих у п. 3в і 4, малоефективне.

Тому «Правилами стрільби і управління вогнем артилерії» [3] передбачено їх застосування для ураження цілей, перерахованих в п. 1 – 3б.

Здатність цілей зберігати боєздатність при впливі на них уражаючих факторів різна і носить вибірковий характер. Ціль більше уразлива до одного уражаючого фактора, не обов'язково буде також уразлива до іншого. Уразливість цілі до кожного з уражаючих факторів характеризується своєю системою критеріїв.

Основними критеріями оцінювання ефективності осколкової дії ОФС є: *наведена зона осколкового ураження* – площа, на межі якої ймовірність ураження не нижче заданої, середньої ймовірності ураження заданої цілі.

Кожна елементарна ціль має свою *уразливу площу осколкового ураження*, яка залежить від:

**а) її геометричних розмірів;**

**б) ступеня захищеності;**

**в) кутів нахилу елементів броньового захисту.**

### 1.1.2. Моделювання об'єктів техніки як цілей при експрес-оцінюванні уражаючої дії ОФС

Експрес-оцінювання уражаючої дії боєприпасів калібру 122-152-мм призначена для попереднього аналізу і узагальнення. Вона дає можливість визначати уразливую площу легкоброньованої техніки (ЛБТ).

Ця модель дозволяє врахувати особливості ЛБТ як цілей, які мають два рівня перешкод: броня і власне уразливий елемент (УЕ), що знаходиться в легко броньованому просторі. Відомо, що для ураження ЛБТ необхідно не тільки влучання в ціль і пробиття броні осколком, але і виведення з ладу відповідного УЕ з урахуванням його власної стійкості до пробивної дії осколків.

Враховуючи зазначене, пропонується можливий спосіб моделювання легко броньованих об'єктів як цілей, які уражаються артилерією, шляхом зведення до обмеженої кількості усіх характеристик, які детально описують зазначені цілі. За основу при цьому необхідно взяти уявлення всієї цілі у вигляді деякого еквівалентного паралелепіпеда [5].

Еквівалентний паралелепіпед має представляти дві взаємопов'язані підмоделі:

**а) габаритно-розмірну** – для врахування прямого влучання;

**б) об'ємно-площадкову (еквівалентну)** – для врахування осколкової дії.

*Габаритно-розмірна* підмодель – це габаритний паралелепіпед, пряме влучання в який забезпечує ураження цілі з ймовірністю 1,0.

*Об'ємно-площадкова* підмодель будується на базі габаритного паралелепіпеду і забезпечує формування узагальнених характеристик захищеності:

$S_{ц}$  – площа проекції цілі на площину, перпендикулярну напрямку польоту осколків;

$h_{ст.екв}$  – товщина перешкоди, еквівалентної сталевій, яка характеризує бронезахист;

$K_S$  – коефіцієнт приведення площі цілі, який визначає ступінь зменшення площі проекції до уразливої.

Величина проекції площі цілі на грані еквівалентного паралелепіпеда обчислюється за формулою:

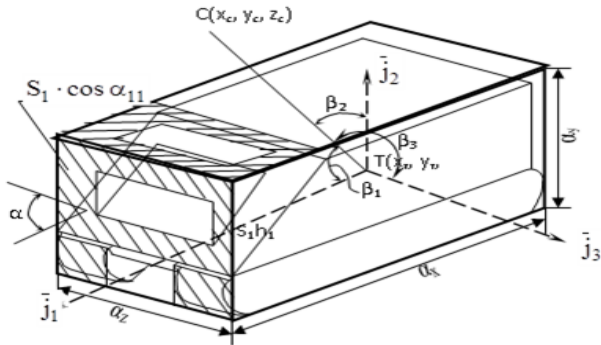
$$S_{гj} = \sum_{i=1}^I S_i \cdot \cos \alpha_{ij}, \quad (1)$$

де  $I$  – кількість бронелістів;

$S_{гj}$  – площа проекції цілі на  $j$ -у грань паралелепіпеда;

$S_i$  – площа  $I$ -го бронеліста;

$\alpha_{ij}$  – кут між нормаллю до  $i$ -того бронеліста та нормаллю до  $j$ -ї грані паралелепіпеда.



**Рисунок 1** – схема проектування бронелістів на грані еквівалентного паралелепіпеда.

Величина проекції “видимої” площі цілі на площину, перпендикулярну напрямку польоту осколків, знаходиться з вираження:

$$S_{ц} = \sum_{j=1}^5 S_{ij} \cdot \cos \beta_j, \quad (2)$$

де  $\beta_j$  – кут між нормаллю до  $j$ -тої грані та прямою, яка пов’язує точку розриву  $C(x_c, y_c, z_c)$  з центром цілі  $T(x_t, y_t, z_t)$  при  $\beta_j$  більше або рівним 90 градусів приймається  $\cos \beta_j = 0$ , так як у цьому випадку осколкове поле не вражає ціль [5].

На Рисунок 1 відображено проекцію “видимої” площі лобової частини цілі на передню і верхню грані паралелепіпеда. Аналогічно визначаються проекції бічних, задньої і верхньої частин цілі відповідно на бічні, задню і верхню грані паралелепіпеда.

Кожна грань характеризується також товщиною броні. Враховуючи вираз (1), отримуємо:

$$h_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^I h_i \cdot S_i}{S_{ij}}, \quad (3)$$

де  $h_i$  – товщина  $i$ -го бронеліста.

Сумарна середня товщина перешкоди “видимої” проекції цілі, враховуючи вираз (2), вираховується як:

$$h_{cp} = \frac{\sum_{j=1}^5 h_{ij} \cdot S_{ij}}{S_{ц}}, \quad (4)$$

Для перешкоди з алюмінієвих сплавів еквівалентна товщина сталевій перешкоди обчислюється за формулою [5].

$$h_{cm.эKB} = \frac{h_{ал} \gamma_{ал}}{3\gamma_{cm}}, \quad (5)$$

де  $\gamma_{cm}, \gamma_{ал}$  – щільність сталі та алюмінієвого сплаву відповідно ( $г/см^3$ ).

Коефіцієнт приведення площі  $K_S$  слід розглядати як комплексний параметр, який враховує:

- а) “заповнення” об’єму цілі УЕ;
  - б) ступінь уразливості елементів, яка визначається коефіцієнтом заповнення елементів  $K_3$  і їх уразливістю від осколкової дії  $K_U$ ;
  - в) вплив, який наноситься ураженням елемента на уразливість цілі, з урахуванням дублювання елементів (гіпотез ураження).
- Він може бути виражений залежністю [5]:

$$K_S = \left[ \sum_{m=1}^M \left( \frac{W_m^{(T)} K_{zm} K_{ym}^{1.5}}{W_0} \right) \right]^{\frac{2}{3}} + \left[ \sum_{n=1}^N \left( \frac{W_{zn}^{(T)}}{W_0} \right) \right]^{\frac{2}{3}}, \quad (6)$$

- де  $M, N$  – кількість недубльованих УЕ та груп дубльованих УЕ;  
 $W_0$  – загальний броньований об’єм;  
 $W_m^{(T)}$  – об’єм  $m$ -го УЕ, який знаходиться поза броньовим простором;  
 $W_{zn}^{(T)}$  – об’єм  $n$ -тої групи УЕ, який знаходиться всередині ЛБТ (наприклад двигун, радіостанції, жива сила тощо);  
 $K_{zm}$  – коефіцієнт заповнення  $m$ -го УЕ, який розраховується за формулою:

$$K_{zm} = \frac{W_{yз}}{W}, \quad (7)$$

- де  $W_{yз}$  – об’єм уразливого елемента;  
 $W$  – загальний об’єм відсіку, у якому знаходиться УЕ;  
 $K_{ym}$  – коефіцієнт уразливості  $m$ -го УЕ, який розраховується за формулою [5]:

$$K_y = 10^{-\frac{K_E h_{ст.экв}}{\alpha_k}}, \quad (8)$$

де

$$K_E = 0,1 K_M \left[ 0,66 + 0,34 \frac{800}{V_b} \right] (a + b_v)^2, \quad (9)$$

- де  $K_M, a$  і  $b$  – коефіцієнти, які характеризують матеріал перешкоди (для сталевих перешкод  $K_M = 225$  кг/см<sup>2</sup>,  $a = 0,6$ ,  $b = 5,5 \cdot 10^{-4}$  с/м);  
 $V_b$  – швидкість зустрічі осколка з ціллю (м/с);  
 $\alpha_k$  – коефіцієнт, який визначається характеристиками конкретного ОФС, значення якого наведено в Таблиці 1.2.

Таблиця 1.2.

Коефіцієнт енергетичного розподілу осколкових полів ОФС

Коефіцієнт	Тип ОФС	
	122-мм	152-мм
$\alpha_k$ кг/см <sup>2</sup>	$-2,92 \cdot 10^2$	$-2,77 \cdot 10^2$

За формулою (9) були проведені розрахунки коефіцієнта  $K_E$ , результати яких наведено в Таблиці 1.3.

Таблиця 1.3.

**Значення енергетичного коефіцієнта пробиття  
для сталевих перешкод ( $K_E$ )**

$V_b$ , м/с	600	800	1000	1200	1400	1600	1800
$K_E$ , кгм/см <sup>2</sup> *мм	21,7	24,3	27,7	31,7	36,1	40,9	46,2

З рівняння (8) випливає, що коефіцієнт уразливості ( $K_y$ ) залежить від типу ОФС та швидкості зустрічі осколка з цілью (Таблиця 1.4.) [5].

Таблиця 1.4.

**Коефіцієнт уразливості елементів цілі залежно від товщини еквівалентної сталевий перешкоди та відносної швидкості зустрічі осколків з цілью  $V/V_{max}$ .**

h ст. екв. перешкод, мм	122-мм ОФС ( $V_{max} = 1400$ м/с)			152-мм ОФС ( $V_{max} = 1180$ м/с)			Середнє значення
	1,0	0,8	0,5	1,0	0,8	0,5	
	1,0	0,75	0,79	0,85	0,76	0,81	
5,0	0,24	0,31	0,44	0,26	0,34	0,47	0,33
10,0	0,06	0,09	0,19	0,07	0,11	0,22	0,10
12,0	0,04	0,06	0,14	0,04	0,07	0,19	0,09
15,0	0,02	0,03	0,10	0,02	0,04	0,13	0,05

З урахуванням вищевикладеного було проведено розрахунки уразливої площі цілі.

1.1.3. Фізична та математична модель задачі

1.1.3.1. Кількість, вага та форма осколків

Загальна кількість осколків, які утворюються під час вибуху боєприпаса, визначається експериментальним шляхом або за емпіричними залежностями.

Однією, з найбільш зручних, емпіричних залежностей для визначення кількості осколків є залежність [2]:

$$N = 1.6 \frac{m_0}{d^2} \cdot \frac{L}{d} C_{mk} \left[ 20 - 0.153(\psi - 20) - 0.0018(8500 - \bar{D}) + 22 \left( 0.7 - \frac{m_u}{m_h} \right) + 1.44 \left( 2.1 - \frac{\beta_u}{\beta_h} \right) \right]$$

$$\beta_u = \frac{m_u}{M_u}; \beta_{ц} = \frac{m_{ц}}{M_{ц}}; C_{mk} = \frac{M_k}{d^3}, \quad (10)$$

де  $N$  – загальна кількість осколків, які утворюються під час вибуху боєприпаса;

$d, L$  – калібр та довжина корпусу боєприпаса, дм;

$m_0$  – маса вибухової речовини, кг;

$M_{ц}, M_u$  – маса головної та циліндричної частини корпусу;

$\Psi$  – відносне звуження матеріалу корпусу, %;



$M_k$  – маса корпусу, кг;

$D$  – швидкість детонації вибухової речовини, м/с.

З [11]  $\Psi$  для різних матеріалів має значення:

чавун В4 45-5 – 0 %

сталь 60 – 35 %.

Наближені методи прогнозування розподілу осколків за вагою базуються на статистичному обробленні експериментальних даних. Розподіл осколків за масами для ОФС з природним дробленням корпусу добре описується так званою залежністю Розина-Рамлера [7]:

$$N_q = N \cdot e^{1 - \left(\frac{q}{q_0}\right)^n}, \quad (11)$$

де  $N_q$  – кількість осколків, масою рівною або більшою  $q_0$ ;

$N$  – загальна кількість осколків, які утворюються під час вибуху боєприпаса;

$q_0$  – мінімальна в розподілі маса осколка, яка дорівнює 0,5 г;

$q$  – вага осколка, більша ніж  $q_0$ ;

$n$  – стала величина.

Аналіз масових розподілів вказує, що сумарна маса осколків, вагою вищою за 0,5 г, складає 0,9 від маси корпусу, звідси випливає, що [5]

$$q_{cp} = \frac{1000Q_{ch} \left(1 - \frac{m_0}{Q_{ch}}\right) \cdot 0.9}{N}, \quad (12)$$

де  $Q_{ch}$  – маса боєприпаса, кг.

За результатами дослідних підривів боєприпасів для осколків, маса яких дорівнює або перевищує 0,5 г, складає 0,25...0,3. У цьому випадку з виразу (11) отримаємо:

$$n = \frac{0.79}{I_n q_{cp} + 0.69}, \quad (13)$$

Форма осколків різноманітна і залежить від багатьох факторів. Наприклад, встановлено, що корпус зі сталістого чавуну дробиться на осколки більш правильної форми ніж корпус зі сталі. Для проведення балістичних і інших розрахунків введено поняття про параметри форми осколка і середньої площі поперечного перетину осколка.

Середня площа поперечного перетину осколка визначається на підставі припущення про рівномірне положення осколків в польоті. Звідки слідує [2]:

$$S_M = \frac{ab + bc + ac}{2}, \quad (14)$$

де  $a, b, c$  – середні розміри довжини, ширини та товщини осколка;

$S_M$  – середня площа поперечного перетину осколка.

У роботі [8] для ОФС природнього дроблення було запропоновано залежність для визначення  $S_M$ , яку будемо використовувати у подальших розрахунках:

$$S_M = 1.831 \left( \frac{q}{\gamma} \right)^{\frac{2}{3}}, \quad (15)$$

де  $\gamma$  – щільність матеріалу осколка, г/см<sup>3</sup>;  
1, 831 – коефіцієнт форми осколка.

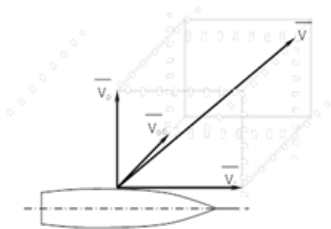
### 1.1.3.2. Напрямок та швидкість розльоту осколків

При розриві нерухомого снаряда, осколок отримує початкову швидкість  $V_p$ , яка спрямована, як правило, по нормалі до поверхні снаряда.

Розрив снаряда у дійсних умовах стрільби відбувається за наявності деякої поступальної та обертальної швидкості самого снаряда. Відповідно до швидкості, яку отримує осколок від підривного заряду  $V_p$ , додається поступальна  $V_c$  та обертальна  $V_{об}$  швидкості снаряда.

Сумарна початкова швидкість  $V$  визначається за правилом складання векторів (Рисунок 2):

$$\vec{V} = \vec{V}_p + \vec{V}_c + \vec{V}_{об};$$



**Рисунок 2** – напрямок сумарної початкової швидкості розльоту осколка.

Середнє значення швидкості осколків від вибухового заряду в основному залежить від кількості та якості вибухової речовини. Для ОФС  $V_p$  можна розрахувати за формулою [9]:

$$V_p = \frac{\bar{D}}{2.83 \sqrt{\frac{1}{v} - 0.5}}, \quad (17)$$

де  $v$  – коефіцієнт наповнення, розрахований за формулою:

$$v = \frac{m_0}{Q_{сн}}, \quad (18)$$



[Перейти на сайт →](#)