

УДК 534.222, 621.7

В.П. Греков, А.А. П'янков, Ю.А. Ткаченко

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

## ПІДХІД ДО ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ БОЙОВОГО ОСНАЩЕННЯ БОЄПРИПАСІВ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ДЛЯ УРАЖЕННЯ БРОНЬОВАНИХ ЦІЛЕЙ З АКТИВНИМ ЗАХИСТОМ

У статті представлено обґрунтування застосування боєприпасів типу «ударне ядро» і приведена методика розрахунку їх масово-геометричних параметрів, що дозволяють виконувати бойові завдання з ураження броньованої техніки. Приведена методика розрахунку параметрів заряду вибухової речовини і кумулятивного облицювання бойового елемента типу «ударне ядро» та забезпечує пробій броні заданої товщини і динамічної твердості.

**Ключові слова:** заряд, що формує «ударне ядро»; комплекси активного захисту БТ.

### Вступ

**Постановка завдання.** Для боротьби з броньованою технікою (БТ) застосовуються спеціальні протитанкові засоби (ПТЗ) – протитанкові керовані реактивні снаряди (ПТКР), протитанкові гармати з броньобійними і кумулятивними снарядами, протитанкові засоби піхоти і інженерні засоби.

Одночасно з ними швидко розвиваються і способи захисту БТ від засобів ураження (комплекси активного захисту (КАЗ) і динамічного захисту (ДЗ)), що мають високу ефективність.

Необхідність подолання засобів КАЗ БТ привела до створення бойових елементів (СПБЕ), що самопріцілюються, із зарядами, що формують "ударне ядро" (УЯ), які по ефективності перевищують кумулятивні боєприпаси (БП). Бойова ефективність СПБЕ забезпечується параметрами кумулятивного заряду (КЗ), що формує далекобійний вражаючий елемент, типом неконтактного підривного пристрою і способом орієнтації бойового елемента (БЕ) при його автономному польоті.

**Аналіз публікацій** [1, 2] і інших джерел інформації, наявної у розпорядженні авторів, показує, що рішення задачі створення методики розрахунку параметрів заряду вибухової речовини (ВР) і кумулятивного облицювання СПБЕ із зарядами, що формують УЯ, та забезпечують пробій броні заданої товщини і динамічної твердості є актуальним.

**Мета статті** – обґрунтування застосування СПБЕ із зарядом, що формує УЯ і розроблення методики отримання кореляційної залежності глибини пробиття перешкоди від характерних розмірів кумулятивного заряду і кумулятивного облицювання.

### Основна частина

Комплекси КАЗ засобів захисту БТ включають у свій склад радіолокаційні станції (РЛ), системи управління і системи озброєння, що вражають ПТКР осколками [1].

Основні ТТХ КАЗ приведені в табл. 1.

Таблиця 1

Основні ТТХ основних КАЗ

Параметр	«Арена»	«Заслін»
Країна/фірма виготівник	РФ/КБМ	Україна
Об'єкт установки	ОБТ, БМП	ОБТ, БМП, БТР
Маса, кг	1100	50 - 130
Засоби виявлення	РЛ	РЛ
Тип перехоплюваних ПТЗ	ПТКР, РПГ	ПТКР, РПГ
Спосіб дії	Бічний удар	Бічний удар
Скритність роботи	–	Забезпечена
Сектор захисту, град.	По азимуту	+ 140
	По куту	-6, +20
Захист від атаки згори	Обмежена	Забезпечена
Кількість секторів, град.	12×15	За вимогою
Швидкодія, с.	0,07	0,001-0,005
Кількість БЕ	12	8 (і більше)

КАЗ танка "Дрізд" (1983 р.) збільшує живучість в 2 – 3 рази і має швидкості ПТКР, що вражаються, і ПГ 70 – 700 м/с при вірогідності ураження ПТЗ не менше 0,7. Комплекс активного захисту танка "Арена" показаний на рис. 1.

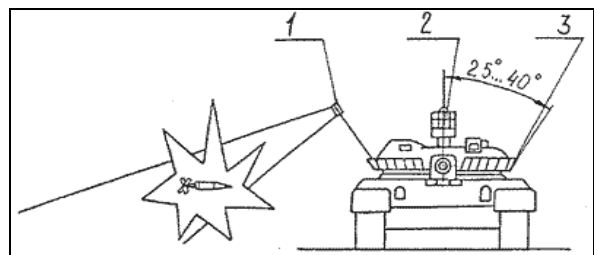


Рис. 1. Комплекс активного захисту танка "Арена": 1 – захисний боєприпас; 2 – радар; 3 – пускова шахта

На рис. 2 представлений сучасний КАЗ танка "Заслін". Швидкість перехоплюваних цілей до 1200 м/с. Забезпечує захист від боєприпасів, що атакують зверху. Швидкодія сучасних КАЗ досягає 0,001 – 0,005 с, вони забезпечують захист від широкого спектру ПТЗ, підвищуючи виживання танка у багато разів. Завдання з подолання сучасних КАЗ стає актуальною.

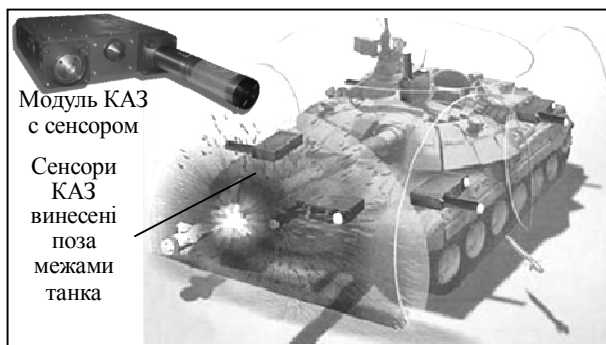


Рис. 2. Схема роботи і модуль з сенсором КАЗ танка "Заслін"

### 1. Обґрунтування застосування СПБЕ із зарядом, що формує "ударне ядро" для ураження бронетехніки

Рівень захисту броньованого автомобіля відповідно до (ГОСТ Р 50963-96): лобова і кормова проекції – 6 клас; інші проекції – 6 клас. Захист від осколків протипіхотних мін – 0,6 ТНГ. Листи полу 4 – 6 мм, кормовий лист 16 мм. Товщина броні верхньої проекції танків – не більше 50...70 мм. Швидкодія сучасних КАЗ досягає 0,001 – 0,005 с.

З урахуванням вимог до товщини пробиття броні і швидкодії в якості основи конструкції бойового оснащення високоточних боєприпасів, що використовуються для ураження типових цілей з активним захистом згори або збоку доцільним є використання боєприпасів з зарядами, що формують УЯ.

Заряди, що формують УЯ пробиває броню завтовшки (0,5 – 0,8) діаметру заряду на дистанції сотень калібрів. Маса «заперешкодних» осколків в 7 разів перевищує масу елемента. Калібри суббоєприпасів, що самоприцілюються, вибираються з урахуванням динамічного або екранного захисту верхньої проекції броньованих об'єктів.

На рис. 3 приведена схема формування компактного елемента типу УЯ і його дія по броньованій перешкоді кінцевої товщини КЗ.

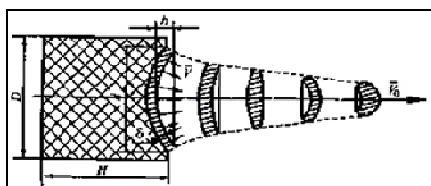


Рис. 3. Схема формування компактного елемента типу "ударне ядро"

Прикладом ПТЗ, вражаючого БТ УЯ являється протитанкова ракета Tow-2В.

### 2. Математична модель бойової частини "ударне ядро"

Розрахункова схема для визначення швидкості метання низького кумулятивного облицювання (КО) і глибини пробиття броні представлена на рис. 4.

Прийняті позначення: швидкість детонації заряду ТГ-50  $D=7750$  м/с; щільність ВР  $\rho_{vv}=1,8$  г/мм<sup>3</sup>; щільність КО  $\rho_{ko}=16,6$  г/мм<sup>3</sup>; висота заряду  $h$ , мм;

висота активної частини заряду  $h_a=0,44 \cdot h$ , мм; діаметр заряду  $d$ , см; товщина КО дорівнює  $h_o=(0,03 - 0,06) \cdot d$  мм від діаметру усього заряду; коефіцієнт навантаження  $\beta = h_a \cdot \rho_{vv} / (h_o \cdot \rho_{ko})$ ; кількість шарів  $S=10$ . Динамічна твердість, яка приймається як питома енергія витіснення матеріалу  $H_d=4,2$  ГПа (для броні середньої твердості 4.0 – 4.4 ГПа).

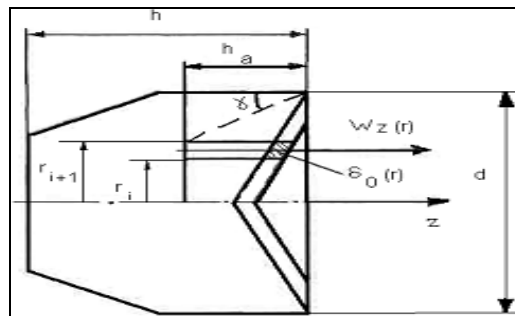


Рис. 4. Розрахункова схема

Осьова складова швидкості  $W_z$  метання елемента облицювання

$$W_z = 0,354 \cdot D \cdot (3 \cdot \beta / (3 + \beta))^{0.5} \quad (1)$$

Маса  $i$ -го компактного вражаючого елемента, що утворюється з  $i$ -го елемента низького конічного кумулятивного облицювання прирівнюється до маси плоского кільця з внутрішнім  $r(i)$  і зовнішнім  $r(i+1)$  радіусами

$$m_{ko}(i) = \rho_{ko} \cdot h_o \cdot \pi \cdot (r_{i+1}^2 - r_i^2) \quad (2)$$

Експериментальний коефіцієнт, що визначає форму кратера і рівний відношенню його діаметру до глибини  $(1.6...1.7) \cdot k_\phi = 1,65$ . При об'ємному характері взаємодії вражаючого елемента типу УЯ з перешкодою кінцевої товщини і значним проявом ефектів відколу, товщина перешкоди, що пробивається дещо більше, ніж глибина кратера в нескінченній перешкоді. Товщина пробиваної броні  $i$ -м компактным вражаючим елементом

$$b(i) = (1 + 0,15 \cdot W_z) \cdot L_i \quad (3)$$

$$\text{де } L_i = (3 \cdot m_{ko,i} / (\pi \cdot H_d \cdot k_\phi^2))^{1/3} \cdot W_z^{2/3}$$

Глибина пробою броні  $i$ -м шаром КО для прийнятих параметрів приведена на рис. 5. Кінцева товщина броні, що пробивається, для прийнятих вихідних даних  $b_{пе} = \sum b_i = 101,036$  мм.

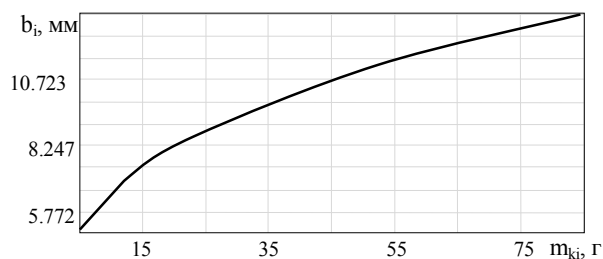


Рис. 5. Залежність глибини бронепробиття від маси  $i$ -го елемента КО

### 3. Кореляційна модель бойової частини "ударне ядро"

Регресійна модель залежності глибини пробиття бронепробиття бойової частини – ударне ядро від діаметру заряду, висоти заряду і товщини КО отримана методом активного повнофакторного експерименту типу 2<sup>k</sup>, де k кількість чинників (k = 3) [3]. Кількість експериментів N = 23 = 8. У табл. 2 показано кодування чинників.

Таблиця 2

Чинники і інтервали їх варіювання

Інтервал варіювання і рівень чинників	X <sub>1</sub> , діаметр заряду	X <sub>2</sub> , висота заряду	X <sub>3</sub> , товщина КО
Нульовий рівень x <sub>i</sub> = 0	85	125	3,5
Інтервал варіювання δ <sub>i</sub>	35	25	1,5
Нижній рівень x <sub>i</sub> = - 1	50	50	2
Верхній рівень x <sub>i</sub> = + 1	120	150	5

Кореляційна залежність глибини пробиття перешкоди від природних розмірів кумулятивного заряду і кумулятивного облицювання:

$$b_{\text{по}} = 22,222 + 0,326 \cdot d_1 - 0,035 \cdot h_1 - 2,14 \cdot \delta + 0,001 \cdot d_1 \cdot h_1 + 0,013 \cdot d_1 \cdot \delta_1 + 0,027 \cdot h_1 \cdot \delta_1. \quad (4)$$

Модель адекватна, коефіцієнт кореляції  $\text{corr}(y, Y) = 0,998$ . По (4) отримані параметри БП (див. табл. 3) і графіки інтерпретації кореляційної залежності товщини пробою броні від параметрів БЕ представлені на рис. 6, придатні для проектування боеприпасу із зарядом, що формує УЯ.

### Висновки

1. В якості бойового оснащення боеприпасів для ураження БТ з активним захистом найдоцільніше використовувати заряди формувальні УЯ.

2. Математична і регресійна моделі бойової частини УЯ дозволяють вибрати параметри цих боеприпасів.

### ПОДХОД К ОБОСНОВАНИЮ ПАРАМЕТРОВ БОЕВОЙ ОСНАСТКИ БОЕПРИПАСОВ, КОТОРЫЕ ПРИМЕНЯЮТСЯ ДЛЯ ПОРАЖЕНИЯ БРОНИРОВАННЫХ ЦЕЛЕЙ С АКТИВНОЙ ЗАЩИТОЙ

В.Ф. Греков, А.А. Пьянков, Ю.А. Ткаченко

*В статье представлено обоснование применения боеприпасов, формирующих компактные поражающие элементы типа «ударное ядро» и приведена методика расчета их массово-геометрических параметров, позволяющих выполнить боевую задачу по поражению бронированной техники. Приведена методика расчета параметров заряда ВР и кумулятивной облицовки боевого элемента с зарядом, формирующим «ударное ядро» обеспечивающего пробой брони заданной толщины и динамической твердости.*

**Ключевые слова:** заряд, формирующий «ударное ядро»; комплексы активной защиты БТ.

### THE APPROACH TO THE SUBSTANTIATION OF PARAMETERS OF FIGHTING EQUIPMENT OF THE AMMUNITION APPLIED TO DEFEAT OF THE ARMOUR PURPOSES WITH ACTIVE PROTECTION

V.P. Grekov, A.A. Pjankov, Yu. A.Tkachenko

*In article the substantiation of application of explosively formed penetrator (EFP) for strike armour vehicles is presented and the calculation procedure of their parameters is resulted. The calculating procedures of explosive and cumulative facing parameters of a fighting element with EPF for providing penetrate the armor of a given thickness and dynamic hardness is resulted.*

**Keywords:** explosively formed penetrator, active protection of armored vehicles.

Таблиця 3

Масив вибору параметрів боеприпасу

№	Глибина пробою, мм	Вес СФЗ, г	Вес ВР, г	Вес КО, г
1	39,58	197,53	166,9	30,63
2	40,24	243,47	166,9	76,58
3	49,98	531,32	500,7	30,63
4	56,36	577,27	500,7	76,58
5	79,95	1138,0	961,33	176,43
6	72,13	1402,0	961,33	441,1
7	89,59	3060,0	2884,0	176,43
8	101,04	3325,0	2884,0	441,1

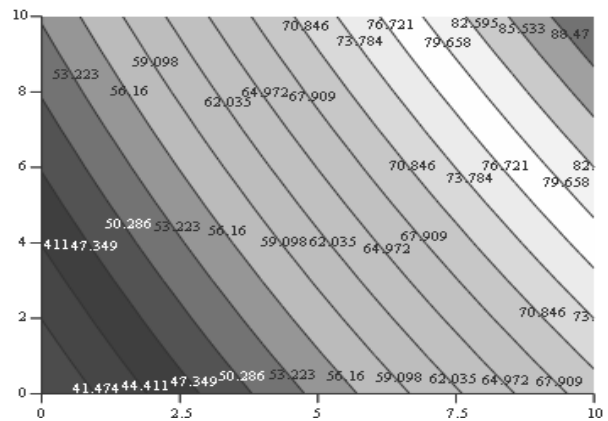


Рис. 6. Графіки залежностей товщини пробою броні від параметрів БЕ при товщині До рівної 5 мм

### Список літератури

1. Средства поражения и боеприпасы / А.В. Бабкин, В.А. Велданов, Е.Ф. Грязнов и др.; под общ. ред. В.В. Селиванова. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 984 с.
2. Андреев С.Г. Физика взрыва: в 2 т. / С.Г. Андреев, А.В. Бабкин, Ф.А. Баум. – М.: Физматлит, 2002. – 823 с.
3. Матялис А.П. Математическое моделирование и оптимизация производственных и технологических процессов: уч. пособ. / А. П. Матялис. – Томск: ТПУ, 1999. – 94 с.

Надійшла до редколегії 22.12.2015

**Рецензент:** канд. техн. наук, доц. Ю.М. Агафонов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.