

## АНАЛІЗ МЕТОДУ ПОБУДОВИ ВИБУХОВОГО ЗАХИСТУ Й МОЖЛИВОСТЕЙ ЇХ ТЕХНІЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ

І.Б. Чепков

(Харківське конструкторське бюро з машинобудування імені О.О. Морозова)

*Проаналізовані методи та фізичні явища, які супроводжують функціонування захисних пристроїв бойових броньованих машин. Встановлено, що для досягнення суттєвого підвищення захисту, необхідне вирішення актуальної наукової проблеми з розвитку теорії вибухового кумулятивного захисту.*

### *вибуховий кумулятивний захист, захисні пристрої динамічного типу*

**Вступ.** Методологічні аспекти побудови захисних пристроїв динамічного типу (ЗПДТ) через низку причин перебувають в початковій стадії розвитку. Відсутність єдиної методології призвела до появи великої розмаїтості підходів до побудови ЗПДТ. Це, у свою чергу, породило широку номенклатуру методів побудови і, як наслідок, велику кількість розроблених ЗПДТ. Аналіз тенденцій технічної реалізації ЗПДТ показує наявність двох сформованих у цей час напрямів:

*Перший напрям*, історично раніший, був сформульований А.Ф. Іоффе [1], П.Т. Алексеевим, І.А. Битенським [2], Г.В. Мироновим, М.Д. Булановим [3] і розвивався в роботах Б.В. Войцеховського В.Л. Істоміна [4] і А.І. Платова, Д.А. Рототаєва [5 – 7]. Основним елементом цієї схеми динамічного захисту є плоский заряд вибухової речовини (ВР), плакований з одного або двох боків тонкими металевими пластинами, які після ініціювання ВР кумулятивним струменем, що занурюється в перешкоду, метаються одна назустріч, а інша влід кумулятивному струменю (рис. 1, 2).

Зазначеній схемі властиві деякі недоліки. По-перше, захисний заряд повинен мати досить велику довжину, тому що довжина зруйнованого струменя пропорційна довжині заряду, отже заряд містить велику масу ініційованого одночасно ВР. По-друге, після взаємодії з кумулятивним струменем більшість площі об'єкта, яка була захищена ЗУДТ, втрачає захисні властивості.

Ефективність захисту плоским елементом залежить від місця його розташування. Найбільша ефективність досягається при розміщенні елемента на досить великій відстані від зовнішньої поверхні броні. Однак у цьому випадку разом зі збільшенням габаритів об'єкта, що захищається, система захисту стає уразливою для багатьох засобів поразки, включаючи осколко-

ві, фугасні, броньбійні й малі кумулятивні снаряди. Так, наприклад, фугасний снаряд, який розплющується, або обстріл зі скорострільної гармати можуть вивести з ладу об'єкт захисту без наскрізної поразки за рахунок одночасного підриву великої кількості плоских захисних зарядів і збудження в броні потужної ударної хвилі.

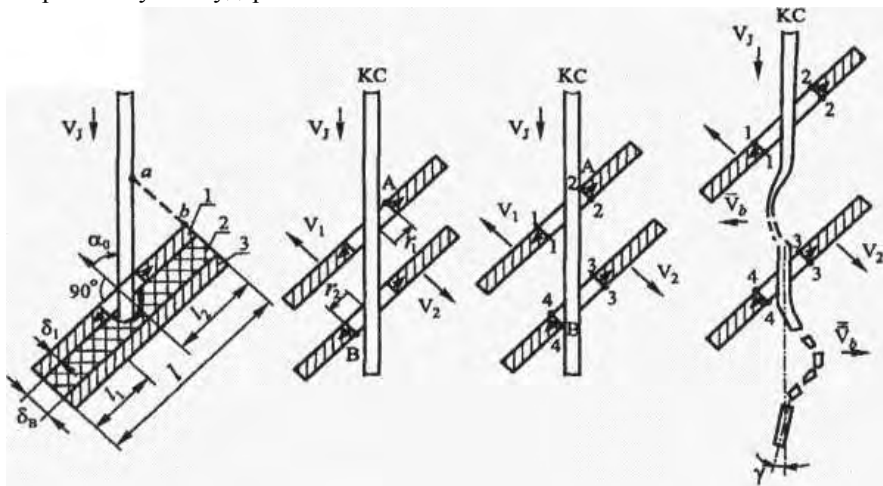


Рис. 1. Принципова схема дії ЗПДТ заснованих на металні фрагментів продуктами вибуху:  $V_j$  – швидкість кумулятивної струї;  $V_1, V_2$  – швидкість пластин;  $V_b$  – швидкість елемента кумулятивної струї під впливом пластини

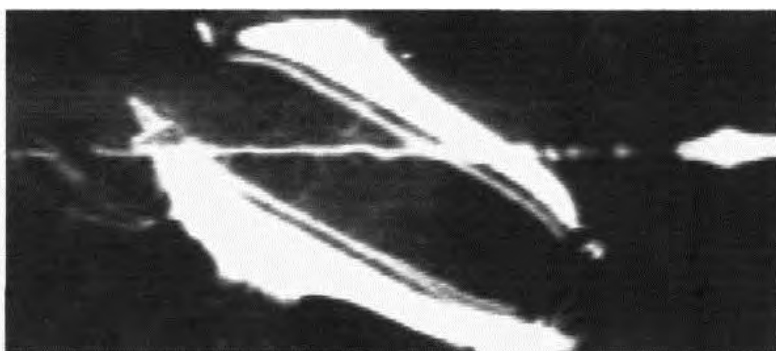


Рис. 2. Рентгенограма процесу взаємодії кумулятивного струменя з металевими пластинами, які містить заряд ВР

Багатошарова система плоских елементів також неідеальна певною мірою. Два сусідніх шари необхідно розносити на достатню відстань для захисту кожного із шарів від ініціювання ударом пластини елемента, що спрацював. Подібну схему захисту доцільно застосовувати як навісний варіант динамічного захисту при модернізації застарілих зразків бронетанкової техніки.

Включення плоских елементів динамічного захисту в конструкцію рознесеної броні дозволяє значно зменшити уразливість системи захисту від побічних засобів поразки. Однак таке місце розташування зменшує ефективність захисту, тому що шляхи розльоту пластин обмежені лобовою й тильною броньовими плитами, і пов'язане зі складністю ремонту. Використання в складі рознесеної броні багатошарової системи плоских елементів пов'язане з підривом великої маси ВР у замкненому об'ємі конструкції, що може підсилювати негативну дію вибуху на об'єкт захисту.

Утворення полів захисту, що перетинаються шляхом рознесення плоских елементів зі зсувом у різних рівнях неможливо через ініціювання зарядів одного рівня розігнаними пластинами іншого. Зниження чутливості застосовуваного в елементах ВР практично нездійсненно, тому що нижня межа чутливості визначається за надійним ініціюванням кумулятивним струменем. Одним з можливих варіантів такої технічної реалізації є елементи підривного захисту 4С20,4С22 і елементи *Blaizer* (ІМІ, Ізраїль).

Другий напрям у розробці методів захисту сформульований Ю.А. Тришеним [8], де запропонована концепція коміркової броні. Коміркова конструкція відкриває додаткові можливості використання динамічного способу захисту, які пов'язані з локалізацією зарядів ВР. З появою коміркової броні виникла фізична класифікація механізмів руйнування кумулятивного струменя - способів захисту [9], так, наприклад, якщо елемент заповнений інертним матеріалом із зарядом ВР у ньому, то комірка працює в рамках так званого гідродинамічного способу (рис. 3).

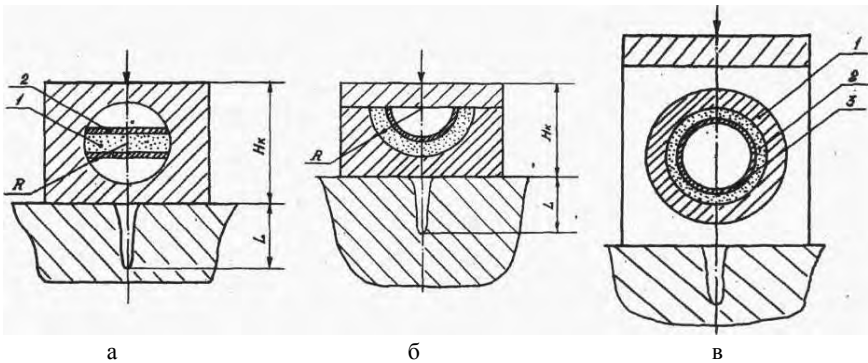


Рис. 3. Схеми розміщення зарядів ВР в комірках ЗПДТ: а – в сферичній порожнині розміщений плоский заряд ВР; б – напівсферична порожнина з напівсферичним зарядом ВР; в – сталеві кулі (1, 3) з динамічними елементами (2) в об'ємі між лицьовими й тильними сталевими листами

Якщо внутрішня поверхня комірки плакована шаром ВР (1, рис. 3, а, б) і шаром інертного матеріалу (2, рис. 3, а, б) й має пусту центральну порож-

нину, то це так звана динамічна комірка і тощо. У кожному разі, окремий елемент захисту споряджається значно меншою кількістю ВР. Ефективність захисту досягається за рахунок генерації кумулятивної течії облицювань на кумулятивний струмінь, який занурюється. Оскільки лінійні розміри комірок малі, то мала ймовірність повторного ураження. При цьому зберігаються високі міцності й захисні властивості коміркової броні від підкаліберних, бронебійних і фугасних снарядів. Високу ефективність мають комірки, у

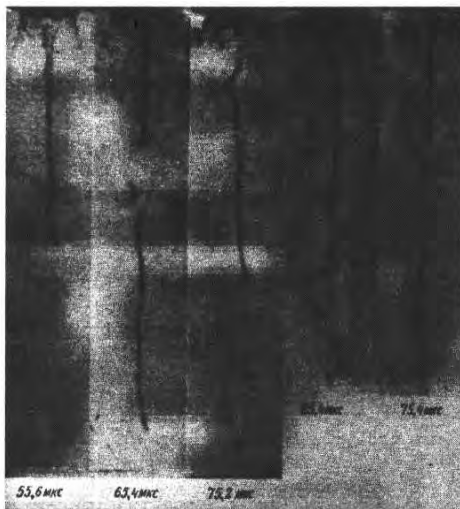


Рис. 4. Рентгенограма процесу взаємодії кумулятивної струї з ячеїстим ЗПДТ

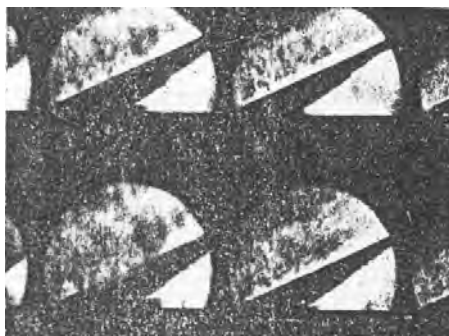


Рис. 5. Рентгенограма процесу формування кумулятивної течії під час зіткненні встановлених під кутом пластин ЗПДТ

яких захисним зарядом ВР збуджується кумулятивна течія облицювання в напрямку струменя, що занурюється (рис. 4). Встановлено, що коміркова динамічна броня містить мінімальну масу ВР, який ініціюється кумулятивним струменем, що дозволяє необхідним способом розмістити комірку, зменшуючи уразливість об'єкта й практично виключаючи руйнування комірки при детонації ВР в комірці. Введення повітряних проміжків між динамічними комірками у варіантах рознесеної броні поліпшує протикумулятивну стійкість і істотно зменшує масові характеристики конструкції.

Наявність кумулятивної течії облицювання в напрямку струменя, що занурюється, яка виникає в процесі детонації вибухової речовини захисного заряду встановлена й при функціонуванні ЗПДТ із пластинами, які метаються (рис. 5).

В околі точки контакту при зіткненні встановлених під кутом пластин, як і при схлопуванні кумулятивних оболонок, розвиваються настільки високі тиски, що міцності властивості металів

стають несуттєвими, і у вузькій зоні, пов'язаній з поверхнею контакту, спостерігається кумулятивна течія. У силу другорядності даного явища при

функціонуванні ЗПДТ з пластинами, які метаються, і неістотністю внеску в підвищення протиснарядної стійкості кумулятивні течії не знайшли теоретичного обґрунтування. Однак аналіз стану й перспектив розвитку ЗПДТ [10 – 12] свідчить про необхідність більш глибокого вивчення явищ, що виникають при функціонуванні ЗПДТ.

Існує інша *{третій напрямок}* принципова можливість створення ЗПДТ зі спрямованим використанням продуктів вибуху. В основу її можуть бути покладені особливості руйнування кумулятивного струменя, сформованого протитанковим засобом (ПТЗ), при русі. Створенням умов, при яких починають відбуватися процеси розтягання й розриву КС у зв'язку з розвитком поверхневих збурень і порушення суцільності в струмені є першочерговим завданням побудови кумулятивного захисту. Аналіз роботи [13] показує, що, прикладаючи до кумулятивного струменя енергію не більше 2,8 ... 18,3 кДж із боку ЗПДТ, можна досягти істотного (до 90%) зниження її бронепробиття. Але серійний елемент ЗПДТ (елемент ДЗ 4С20, 4С22) при  $t_{ВВ} = 0,26$  кг виділяє енергію  $E_{ВВ} = 1,25$  МДж, при цьому на ПТЗ спрямовано 660 кДж, з них 72,7% – кінетична енергія пластини, 27,3% – продуктів вибуху і ударної хвилі [14], що свідчить про неефективну витрату енергії заряду ВР ЗПДТ.

Таким чином, з огляду на особливості поведінки кумулятивного струменя ПТЗ і можливість керування енергією, яка виділяється при вибуховому впливі, можуть бути отримані умови, коли за рахунок послідовного впливу продуктів вибуху на ПТЗ буде забезпечений істотний приріст стійкості. Зниження проникної здатності бойового елемента ПТЗ може бути досягнуто шляхом цілеспрямованої одночасної або послідовної дії факторів форсування процесу руйнування, розриву й дестабілізації бойового елемента ПТЗ, а також збільшення часу впливу енергії, виділяємої при функціонуванні ЗПДТ.

Одним з відомих способів керування енергією, яка виділяється при вибуховій реакції, є кумуляція. За рахунок кумулятивного ефекту, що формується ЗПДТ, здійснюється істотне підвищення місцевої дії вибуху в одному (необхідному) напрямку (рис. 6, де 1 – протитанковий засіб; 2 – кумулятивний струмінь ПТЗ; 3 – подовжений кумулятивний заряд; 4 – плоский кумулятивний струмінь; 5 – детонаційний ланцюг; 6 – корпус ЗПДТ) [15, 16].

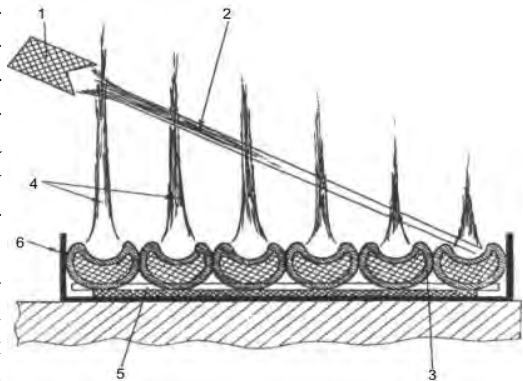


Рис. 6. Спрощена схема взаємодії кумулятивного захисту із кумулятивним струменем ПТЗ

Даний ефект досягається за рахунок використання порожнини у виді кумулятивної виїмки, що при ініціюванні заряду ВР (рис. 7, а) формує кумулятивний струмінь (плоский струмінь), який спрямований на бойовий елемент ПТЗ, цим самим впливаючи на нього й створюючи умови струмової нестійкості кумулятивного струменя (рис. 7, б). Процес взаємодії й наступного руйнування, розриву й дестабілізації бойового елемента ПТЗ здійснюється безпосередньо на броньовій перешкоді.

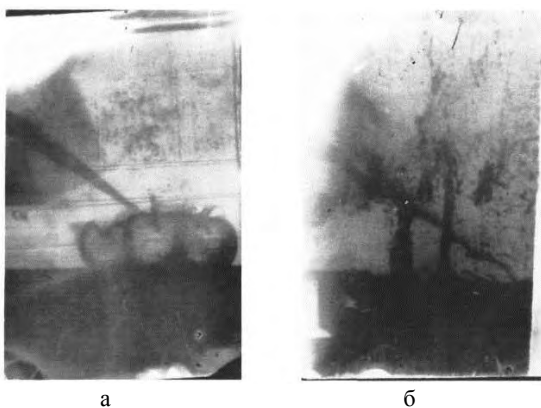


Рис. 7. Рентгенограми процесу ініціювання (а) та взаємодії (б) кумулятивної струї із кумулятивним ЗПДТ

Відповідно до цього напряму, виходячи з узагальнення розглянутих методів побудови ЗПДТ і проблемної ситуації в цілому, для досягнення суттєвого підвищення захисту необхідно вирішення актуальної *наукової проблеми* з розвитку теорії вибухового кумулятивного захисту, яка дозволить встановити природу фізичних процесів, які забезпечують підвищення ефективності захисних пристроїв бойових броньованих машин від впливу всієї номенклатури традиційних протитанкових засобів.

Встановлення природи фізичних явищ дозволить сформувати технічний вигляд вибухового кумулятивного захисту ББМ, а також створить перспективи для впровадження кумулятивного захисту в оборонну промисловість України, що приводить до висновку про доцільність нового напряму в технічній реалізації ЗПДТ у виді кумулятивного захисту, який призначений для оснащення ББМ. Цей висновок підтверджують дослідження, проведені в бронетанковій галузі, і прийняття на озброєння пристроїв кумулятивного захисту "Ніж".

Виходячи з вищевикладених засновків, доцільно створення методології побудови кумулятивного захисту, який відноситься до зброї нетрадиційної дії та призначений для підвищення захисту ББМ.

**Висновок.** Проаналізовані методи та фізичні явища, які супроводжують функціонування захисних пристроїв бойових броньованих машин. Встановлено, що для досягнення суттєвого підвищення захисту, необхідне вирішення актуальної наукової проблеми з розвитку теорії вибухового кумулятивного захисту.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Экспериментальные данные и соображения к вопросу о конструктивной броне / Под ред. проф. А.Ф. Иоффе. – М.: Минтрансмаши СССР, 1946. – 208 с.
2. Алексеев П.Т., Бытенский И.А. О возможности использования энергии ВВ для поражения КСП // Труды ЦНИИ-48. – Л., 1949. – Вып. 1 (42). – С. 41 – 48.
3. Миронов Г.В., Буланов М.Д. Использование синхронизированного контрвзрыва для защиты брони // Труды ЦНИИ-48. – Л., 1949. – Вып. 2 (43). – С. 29 – 34.
4. Войцеховский Б.В., Истомин В.Л. Динамическая антикумулятивная защита // Физика горения и взрыва. – 2000. – Т. 36, № 6. – С. 87 – 90.
5. Живучесть навесной динамической защиты / Е.В. Кирющенко, Д.А. Рототаев и др. // Вестник бронетанковой техники. – 1987. – № 7. – С. 17 – 19.
6. Влияние толщины пластины на эффективность динамической защиты / Е.В. Кирющенко, Н.А. Капитанов, Д.А. Рототаев, В.А. Григорян // Вестник бронетанковой техники. – 1991. – № 11. – С. 22 – 26.
7. Кирющенко Е.В., Платов А.И., Рототаев Д.А. Расчет взаимодействия бронебойного подкалиберного снаряда с преградой включающей динамическую защиту // Вестник бронетанковой техники. – 1990. – № 3. – С. 19 – 23.
8. О схемах динамической защиты / Г.С. Ардюков, А.И. Валишев, В.И. Лаптев, Ю.А. Тришин // Взрыв, удар, защита. Инф. бюллетень Института гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО АН СССР. – 1985. – Вып. 16. – С. 23 – 29.
9. Ардюков Г.С., Валишев А.И. Взаимодействие кумулятивной струи с некоторыми защитными элементами // Инф. бюллетень ИГ СО АН СССР, ВУЗ № 14. – Новосибирск. – 1981.
10. Чепков И.Б. Классификация защитных устройств динамического типа // Артиллерийское стрелковое вооружение: Междунар. научн. техн. сб. – К.: НТЦ АСВ. – 2004. – № 3. – С. 24 – 28.
11. Чепков И.Б. К вопросу о методологии защитных устройств динамического типа // Артиллерийское стрелковое вооружение: Междунар. научн. техн. сб. – К.: НТЦ АСВ. – 2004. – № 4. – С. 14 – 18.
12. Чепков И.Б., Латицкий С.В. Основные направления и проблемы совершенствования взрывных защитных устройств // Артиллерийское стрелковое вооружение: Междунар. научн. техн. сб. – К.: НТЦ АСВ. – 2005. – № 2. – С. 25 – 29.
13. Королев С.В., Маресев М.И., Рототаев Д.А. Оценка энергетических соотношений процесса взаимодействия кумулятивной струи с динамической защитой // Боеприпасы. – 1988. – № 1. – С. 36 – 39.
14. Бодров С.А., Королев С.В. Оценка воздействия боеприпаса динамической защиты на легкобронированную ВГМ // Вестник бронетанковой техники. – 1991. – № 4. – С. 28 – 30.
15. Баум Ф.А., Станюкович К.П., Шехтер Б.И. Физика взрыва. – М.: Физматгиз, 1959. – 710 с.
16. Майер В.В. Кумулятивный эффект в простых опытах. – М.: Наука, 1989. – 192 с.

Надійшла 12.10.2005

**Рецензент:** доктор физико-математических наук, профессор Е.Д. Прилепский, Харьковський університет Воздушних Сил ім. І. Кожедуба.