

Algorithms – from Ant Colonies to Artificial Ants. – Brussels, 2000. – P. 13-21.

17. Дудин П. А. Гибридные алгоритмы муравьиной колонии для идентификации параметров нечетких систем: автореф. канд. дис. на соиск. уч. степени канд. техн. наук: спец. 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» / П.А. Дудин. – 2011. – 25 с.

18. Juang Chia-Feng. *Combination of Particle Swarm and Ant Colony Optimization Algorithms for Fuzzy Systems Design* / Juang Chia-Feng // *Fuzzy Systems.* – February 2010. – P. 195-208.

19. Паклин Н.Б. Адаптивные модели нечеткого вывода для идентификации нелинейных зависимостей в сложных системах: дис. канд. техн. наук: 05.13.18 / Паклин Николай Борисович. – Ижевск, 2004. – 167 с.

20. Бешелев С.Д. Математико-статистические методы экспертных оценок / С.Д. Бешелев, Ф.Г. Гурвич. – М.: Статистика, 1980. – 263 с.

21. Ротштейн А.П., Штовба С.Д. Идентификация нелинейной зависимости нечеткой базой знаний с нечеткой обучающей выборкой / А.П. Ротштейн, С.Д. Штовба // *Кибернетика и системный анализ.* – 2006. – № 2. – С. 17–24.

22. Штовба С.Д. Навчання нечіткої бази знань за вибіркою нечітких даних / С.Д. Штовба // *Штучний інтелект.* – 2006. – № 4. – С. 560–570.

23. Штовба С.Д. Настройка нечеткой модели по обучающей выборке с нечетким выходом / С.Д. Штовба // *Кибернетика и системный анализ.* – 2007. – № 3. – С. 26–32.

24. Zimmerman H.J. *Fuzzy set theory and its applications* / H.J. Zimmerman. – Kluwer Academic Publishers, 3rd ed. – 1996. – 435 p.

Рецензент: М.Ю. Яковлев, д.т.н., с.н.с., Академия сухопутных войск, Львов.

ПРО ВИБІР СПОСОБУ НАВЧАННЯ НЕЧІТКОЇ МОДЕЛІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО ОЗБРОЄННЯ

О.М. Купріненко

Проведено аналіз існуючих методів настроювання нечітких моделей та оцінка можливостей їх застосування для настроювання параметрів нечітких моделей функціонування перспективного озброєння.

Ключові слова: перспективне озброєння, нечітка модель, настроювання параметрів, навчальна вибірка.

ON THE CHOICE OF THE METHOD OF SETTINGS FOR FUZZY MODEL OF THE ADVANCED WEAPONS OPERATION

O. Kuprinenko

The analysis of existing methods of fuzzy set models study and assessment of the possibility of their application in the study of future weapons fuzzy models operation has been carried out.

Keywords: advanced weapons, fuzzy model, parameters setting, training set.

УДК 623.451.4.081.23 : 623.562.3

О.Ю. Ларін

Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки ЗС України, Київ

АНАЛІЗ СТАНУ ТА ПРОБЛЕМ РОЗВИТКУ БРОНЕБІЙНО-ПІДКАЛІБЕРНИХ БОЄПРИПАСІВ

В роботі надається характеристика сучасного стану бронейно-підкаліберних снарядів до 120-мм та 125-мм танкових гладкоствольних гармат. Розглянуті питання впливу конструкції активних частин бронейно-підкаліберних снарядів на їх бронепробивну здатність. Визначені проблеми розвитку цього типу боєприпасів.

Ключові слова: бронейно-підкаліберний снаряд, комбінована броня, бронейний сердечник, здатність до бронепробиття.

Броньовано-підкаліберні снаряди (БПС) разом з кумулятивними боеприпасами є основними засобами ураження броньованих об'єктів. Незважаючи на стрімке зростання могутності сучасних засобів ураження кумулятивної дії броньовано-підкаліберні снаряди залишаються невід'ємною складовою боекомплектів танків і гармат протитанкової артилерії. Цьому сприяє відносно слабка «чутливість» БПС, у порівнянні з кумулятивними боеприпасами, до різного роду деструктивних впливів з боку броньового, динамічного та активного захисту. Так, здатність до бронепробиття сучасних БПС на багат шарових структурах захисту знижується у 3-5 разів менше, ніж у кумулятивних боеприпасів, та практично не зменшується зі збільшенням куту зустрічі з бронєю (включно до 50° при використанні моноблочних сердечників) [1]. Традиційний, на сьогоднішній день, компонент системи захисту – динамічний захист (реактивна броня) має менший вплив на бронепробивну здатність броньовано-підкаліберних снарядів, ніж на кумулятивний струмінь, а при невеликих ударних швидкостях БПС динамічний захист може не спрацювати взагалі. Великі значення швидкості, а також міцність конструкції БПС знижують ефективність дії по них активних систем захисту, які в останній час інтенсивно розвиваються та набувають розповсюдження. На користь броньовано-підкаліберних снарядів говорить той факт, що вони мають потужну заброньову дію.

На озброєнні ЗС України знаходяться БПС для 125-мм гладкоствольної гармати типу Д-81: ЗВБМ7, ЗВБМ8, ЗВБМ9, ЗВБМ11, ЗВБМ12, ЗВБМ13, ЗВБМ17; з активними частинами відповідно: ЗБМ-15, ЗБМ-17, ЗБМ-22, ЗБМ-26, ЗБМ-29, ЗБМ-32, ЗБМ-42, які розроблено та виготовлено ще за часів Радянського Союзу. Характеристики цих снарядів наведено у табл. 1 [2, 3].

Найбільш могутнім серед них є БПС ЗВБМ17 шифр «Манго» (індекс активної частини ЗБМ-42), але незважаючи на більшу початкову швидкість, він своєю здатністю до бронепробиття значно поступається сучасним 120-мм БПС армій провідних країн світу (табл. 2).

Постановка проблеми

В останні роки практика проведення наукових досліджень та дослідно-конструкторських робіт в галузі підвищення здатності до бронепробиття кінетичних засобів ураження висунула ряд складних наукових та практичних проблем у створенні броньовано-підкаліберних снарядів підвищеної могутності для гладкоствольних танкових гармат. Основу цих проблем складають протиріччя в теорії та практиці розробки та вдосконалення БПС, до яких слід віднести:

поступове зростання тактико-технічних вимог до бронепробивної здатності боеприпасів кінетичної дії, яке пов'язано з постійним підвищенням рівня захисту броньованих об'єктів і обмеженнях щодо можливості її підвищення шляхом збільшення калібру боеприпасу та подовження броньованого сердечника;

необхідність збільшення початкової швидкості активної частини броньовано-підкаліберних снарядів і неможливість підвищення максимального тиску газів за умови забезпечення цілісності ствола та боеприпасу;

потреба у зменшенні довжини танкової гармати задля: забезпечення меншої вразливості від дії спеціалізованих засобів ураження та осколків; зменшення амплітуди та частоти коливачь ствола при пострілі; полегшення умов роботи стабілізатора озброєння і необхідності збільшення її довжини для більш повного використання енергії порохових газів;

Таблиця 1

Основні характеристики 125-мм БПС, які знаходяться на озброєнні ЗС України

Індекс ГРАУ активної частини	Індекс ГРАУ пострілу	Рік прийняття на озброєння	Загальна вага пострілу, кг	Початкова швидкість, м/с	Бронепробиття гомогенної броні на 2000 м при куті зустрічі 0°/60°, мм	Характеристики активної частини		
						Довжина, мм/ Діаметр, мм	Вага активної частини (без УВ), г	Матеріал броньованого сердечника
ЗБМ-15	ЗВБМ-7	1972	20,0	1780	310/120	548 / 42	3840	ВНЖ
ЗБМ-17	ЗВБМ-8	1972	20,0	1780	290/110	558 / 42	3900	ВНЖ
ЗБМ-22	ЗВБМ-9	1976	20,2	1760	380/170	558 / 44	4420	ВНЖ
ЗБМ-26	ЗВБМ-11	1982	20,43	1720	410/200	558	4800	ВНЖ
ЗБМ-29	ЗВБМ-12	1983	—	1692...1700	430/210	560	4850	збіднений уран
ЗБМ-32	ЗВБМ-13	1985	—	1692...1700	500/250	480	4850	збіднений уран
ЗБМ-42	ЗВБМ-17	1986	20,43	1692...1700	600/300	574	4750	ВНЖ

ВНЖ – сплав вольфраму з 3–10% нікелю та заліза (або нікелю та міді).

Таблиця 2

Основні характеристики 120-мм БПС, які знаходяться на озброєнні армій провідних країн

Індекс снаряда (країна)	Рік прийняття на озброєння	Загальна вага пострілу, кг	Довжина снаряда, мм	Початкова швидкість V_0 , м/с	Швидкість на дальності 2 км V_2 км, м/с	Бронепробиття гомогенної броні на дальності 2 км при куті зустрічі $0^\circ / 60^\circ$	Характеристики активної частини		
							Вага, кг	Довжина, мм / Діаметр, мм	Матеріал сердечника
DM33F1 (Німеччина)	1987	19	978	1650	1500	550 / 270-280	7,3	532 / 28	ВНЖ
DM-43A1 (Німеччина)	1994	19,5	—	1740	—	590 / 320-350	7,2	508 / 21	ВНЖ
DM53 (L44) (Німеччина)	1996	21,4	—	1670	—	700 / 300-320	8,35	—	ВНЖ
DM53 (L55) (Німеччина)	2001			1750	—	760 / —			
M827 (США)	1979	19,7	884	1650	—	450 / 260	7,2	— / 38	збіднений уран
M829 (США)	1987	18,7	935	1675	1560	552 / 270-280	7,0	602/27	збіднений уран
M829A1 (США)	1991	20,7	984	1573	—	610 / 350	8,2	780/24,2	збіднений уран
M829A2 (США)	1994	7,3	—	1680	—	730 / 370	—	— / 24,2	збіднений уран
M829A3 (США)	2003	—	—	—	—	765 / 400	—	—	збіднений уран
OFL120 F1-A (Франція)	1994	20,5	984	1790	—	590 / 270-290	7,3	—	ВНЖ
OFL120 F2 (Франція)	1997	20,5	984	1740	—	647 / —	7,8	—	збіднений уран
OFL120 G1 (Франція)	—	18,7	977	1650	1525	— / 270-290	6,3	— / 26	ВНЖ
CL3069 (Ізраїль)	1994	20	939	1650	—	570 / 225	7,3	526/24,2	ВНЖ

широке розповсюдження на зразках бронетехніки захисних пристроїв динамічного типу і підвищення чутливості цього типу захисту до спрацювання від БПС при збільшенні ударних швидкостей;

необхідність застосування в конструкції БПС твердосплавних важких сердечників для забезпечення високої бронепробивної здатності і невисока стійкість цих матеріалів до динамічних навантажень, що діють на активну частину під час її руху у каналі ствола;

потреба у системному підході до створення бронебійно-підкаліберних снарядів підвищеної могутності для ураження сучасних важко броньованих цілей на підставі науково обґрунтованих методів проектування і відсутність теоретичних основ комплексного обґрунтування вимог до БПС.

Для ситуації з розробкою вітчизняного БПС характерно ще й додаткове ускладнення – обмеження максимальної довжини снаряда. Це пов'язане з тим, що на танках українського виробництва застосовано автоматичне заряджання гармати, і габаритні обмеження боєприпасів

задаються виходячи з конструкції конвеєрів механізмів (автоматів) заряджання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Специфікою кінетичних засобів ураження є те, що головним показником їх могутності є наявна на момент зустрічі з перешкодою кінетична енергія. Але важливими також є конструкція цього типу боєприпасу та матеріали, які застосовуються. Саме вони визначають механізм, за яким буде відбуватися процес проникнення. Додатково на це накладаються особливості взаємодії бойка з перешкодою при різних швидкостях зустрічі, що витікає з хвильової природи процесів руйнування. Ще більшу невизначеність у процес моделювання проникнення вносить багат шаровість захисних сучасних конструкцій (комбінована броня). У порівнянні з кумулятивними боєприпасами на сьогоднішній день відсутня узагальнена модель, що з достатньою точністю може прогнозувати результати взаємодії усієї існуючої номенклатури кінетичних засобів ураження з різними типами броньових перешкод. Найбільш розповсюдженим підходом з вирішення

питань розрахунку проникнення бойка в перешкоду є створення моделей, що орієнтовані на вузький діапазон параметрів як самого індентора, так і броні. Основою таких моделей є емпіричні залежності, отримані в результаті численних випробувань [4].

Актуальною є також проблема порівняння здатності до бронепробиття боєприпасів кінетичної дії на різних перешкодах. Загальноприйнятою у світі практикою для оцінки бронепробивної здатності є можливість ураження гомогенної сталеві броні середньої твердості при кутах зустрічі 0° та 60° . Ця методика прийнята і для кумулятивних засобів ураження, що надає можливість оцінювати могутність броней різних типів. Але при застосуванні такого підходу щодо оцінки бронепробивної здатності різних за типом перешкод виникають певні проблеми. Наочно це демонструє різниця між здатністю до бронепробиття кінетичних та кумулятивних боєприпасів у еквівалентній товщині гомогенної броні, що наводиться у характеристиках броні сучасних танків.

Для оцінки відповідності характеристик бронейно-підкаліберних снарядів тактико-технічним вимогам, що до них висуваються, в першу чергу необхідно визначитись з параметрами перешкоди, для подолання якої вони призначені. Головне призначення БПС – ураження важкоброньованих цілей, до яких в першу чергу відносяться танки. Найкращими з них за критерієм захищеності вважаються танки «Абрамс» (США) та «Леопард-2» (Німеччина) різних модифікацій. Заради досягнення відповідного рівня захисту конструктори пішли на значне підвищення ваги, при цьому доля захисту у загальній масі цих зразків склала рекордне значення – понад 58%. Традиційно, ще з часів Другої світової війни, на танках застосовують диференціювання товщини броні та задають максимально можливі кути нахилу для броньових листів з найбільш небезпечних напрямків обстрілу. Реалізацію цього підходу демонструє наведена на рис. 1 схема бронювання М1А2 [5].

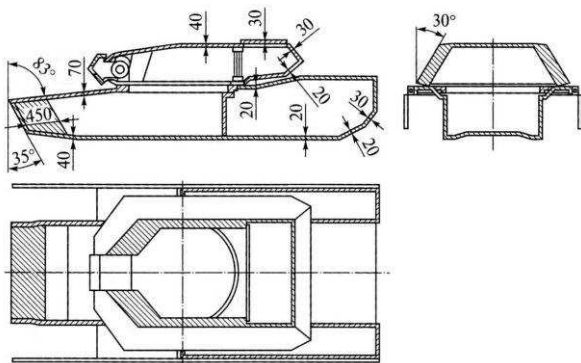


Рис. 1. Схема броньового захисту танка М1А2 «Абрамс»

Розвиток засобів ураження кумулятивної дії примусив розробників шукати нові способи захисту

для забезпечення необхідної стійкості в умовах вагово-габаритних обмежень. Таке рішення було знайдене у вигляді комбінованої броні. Серед матеріалів, що застосовуються в середніх шарах, найчастіше зустрічається кераміка, яка має кращу за інші матеріали стійкість при взаємодії зі значними кутами зустрічі. Для забезпечення захисту від бронейно-підкаліберних снарядів зі значним подовженням шари кераміки повинні мати достатню товщину. Приклади сучасних схем комбінованої броні наведено на рис. 2 [6] та 3 [5].

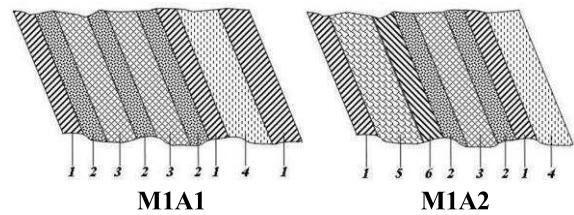
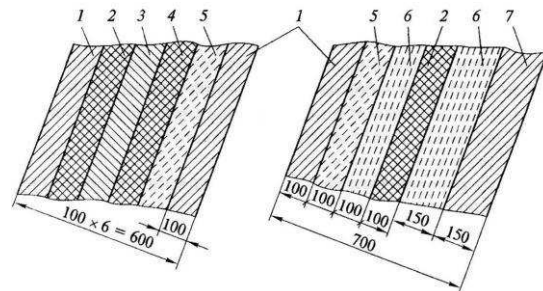


Рис. 2. Схеми броньових модулів лобових конструкцій танків М1А1 та М1А2 «Абрамс»:

- 1 – броньова сталь; 2 – пружний прошарок;
- 3 – металокераміка; 4 – армована пластина;
- 5 – вбудований динамічний захист;
- 6 – сплав сталі та урану



«Леопард-2А1» «Леопард-2А5»

Рис. 3. Схеми броньових модулів лобових конструкцій танків «Леопард-2А1» та «Леопард-2А4»:

- 1 – броньова сталь; 2 – кераміка; 3 – алюмінієвий сплав;
- 4 – вуглецеве волокно; 5 – тефлон;
- 6 – тефлон з вуглецевим волокном

З аналізу приведеної стійкості основного бронювання танків до впливу основних типів засобів ураження можливо зробити висновки, що захисна здатність комбінованої броні до дії БПС менша, ніж до дії кумулятивних засобів ураження. Це обумовлено різним рівнем деструктивного впливу з боку багатшарової броні на БПС та кумулятивні боєприпаси, а також меншою довжиною шляху, який проходить сердечник бронейно-підкаліберного снаряда і кумулятивний струмінь (КС). Завдяки високій швидкості головної частини КС (9...10 км/с) процес її проникнення у перешкоду подібний до гідродинамічного, і рух добре описується гідродинамічною моделлю (проникнення рідкого струменя у рідину) [6]. За чисельними даними випробувань, досвідом бойового застосування кумулятивних

боєприпасів та згідно з моделлю кумулятивний струмінь проникає у перешкоду практично по прямій, яка є подовженням її траєкторії до входу у броню.

Товщина перешкоди, яка пробивається стосовно броньових деталей, що мають конструктивний кут нахилу, визначається з виразу $b/\cos\alpha$, де b – товщина перешкоди (відстань між лицевою та тильною поверхнями перешкоди); α – кут зустрічі снаряда з бронею (кут між нормаллю до поверхні перешкоди та дотичною до траєкторії руху снаряда в точці влучення) [1, 7]. Це визначення застосовується для усіх типів бронебійних боєприпасів.

Швидкості взаємодії бронебійно-підкаліберних снарядів з перешкодою у порівнянні з кумулятивними засобами ураження значно менші, завдяки чому рух бронебійного сердечника може бути змінений внаслідок впливу зусиль, що виникають як реакція броні на проникнення. У зв'язку з цим більш детально зупинимось на механізмі взаємодії сердечників БПС різних типів з комбінованою бронею при великих кутах зустрічі.

Твердосплавні (жорсткі) сердечники БПС до їх повного занурення у перешкоду знаходяться під дією денормалізуючих зусиль, що обумовлені сприйманням сердечником як жорстким тілом повної реакції броні. Завдяки цьому при кутах зустрічі більше $60...70^\circ$ (кут α) під час обстрілу БПС з твердосплавними сердечниками спостерігається частковий або повний рикошет. При менших кутах зустрічі, коли проникнення все ж відбувається, на кінцевих ділянках траєкторії сердечника, в перешкоді відбувається його нормалізація. Механізм цього процесу полягає в особливостях руху сердечника через перешкоду. У зв'язку з порушенням тильної суцільності перешкоди її опір, як правило, різко знижується до нуля ще до моменту виходу вершини головної частини сердечника з перешкоди. Тому сердечник при пробитті зі значними кутами змінює напрямку руху в бік зони з меншим опором, що проявляється у вигляді його нормалізації (рис. 4) [1].

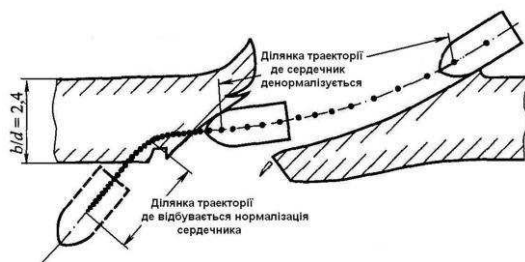


Рис. 4. Розрахункова траєкторія жорсткого (недеформувального) сердечника при пробитті відносно товстої сталевій бронеперешкоді ($\alpha = 60^\circ$)

Але це вже не може компенсувати подовження траєкторії на початковій ділянці проникнення. Якщо

перешкода багатшарова, то процес нормалізації сердечника відбувається на кожній сталевій бронеперешкоді (рис. 5) [1].

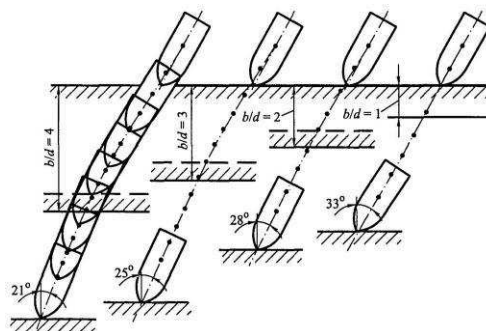


Рис. 5. Розрахункова траєкторія жорсткого сердечника при пробитті сталевих бронеперешкод різної товщини та у заперешкодному просторі ($\alpha = 30^\circ$)

На відміну від твердосплавних сердечники, що спрацьовуються, мають інший механізм взаємодії з перешкодою при значних кутах зустрічі. Завдяки своєрідному пластичному шарніру в зоні контакту сердечника, що спрацьовується, сприймають денормалізуючі зусилля, що обумовлені лише динамічною межею текучості матеріалу самого сердечника, тобто у 5-6 разів менші. За цією причиною на початкових етапах проникнення, коли стрижень ще незначно спрацьовується і його момент інерції, який опирається кутовому розвороту, суттєво більший, ніж у компактного жорсткого сердечника, його денормалізація навіть при кутах зустрічі $60...70^\circ$ не перевищує 1° . На кінцевих ділянках траєкторії сердечника, що спрацьовується, при пробитті тильних шарів перешкоди відбувається його нормалізація, що суттєво зменшує шлях у перешкоді. Як показали дослідження, при косому пробитті довжина траєкторії сердечника що спрацьовується, практично дорівнює довжині траєкторії при пробитті за нормаллю і майже однакова при усіх кутах зустрічі [7].

Мета статті

Для оцінки стану та проблем розвитку бронебійно-підкаліберних боєприпасів необхідно визначити вплив конструкції активних частин БПС та матеріалів, що застосовуються, на здатність до бронепробиття. Необхідно також враховувати особливості процесу взаємодії різних конструкцій снарядів з існуючими типами броні.

Основний матеріал

Характер залежності захисної горизонтальної товщини броні $b/\cos\alpha$ для БПС, що мають оперення типу APFSDS (Armour Piercing Fin Stabilized Discarding Sabot), може свідчити про конструктивне виконання корпусу активної частини. Зазвичай, залежності стійкості броні до впливу моноблочних

сердечників, що спрацьовуються, виготовлених з високолегованих сталей, які пройшли термічну обробку для отримання заданої твердості матеріалу по довжині, мають тенденцію до повільного зростання, включно до кутів рикошету з екстремумом в інтервалі значень $70...75^\circ$. Прикладом такого боєприпасу може бути радянський БПС до 125-мм гладкоствольної гармати марки ЗБМ9 (рис. 6а).

Якщо бронепробивна здатність снаряда при малих кутах зустрічі суттєво вища, ніж при більших, потім при $\alpha = 15...30^\circ$ різко зменшується і знов повільно зростає, то можливо стверджувати, що у складі корпусу активної частини, який спрацьовується, знаходиться твердосплавний (карбидвольфрамовий або урановий) сердечник, який розташовано ближче до головної частини снаряда. До БПС цього типу відносяться ЗБМ15 (рис. 6б) [2] та ЗБМ22.

Графічне відображення цих залежностей представлено на рис. 7 [1]. Якщо залежність $b/\cos\alpha = f(\alpha)$ вказує на мінімальну різницю у бронепробивній здатності при малих та великих кутах зустрічі, то скоріше за все це свідчить про

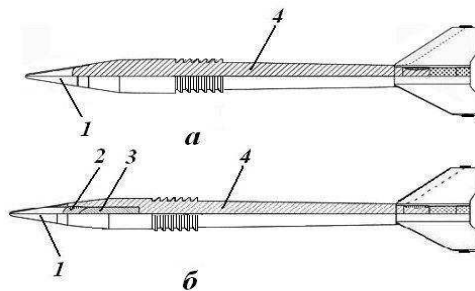


Рис. 6. Активні частини бронейно-підкаліберних снарядів радянського виробництва: а – ЗБМ9; б – ЗБМ15; 1 – балістичний наконечник; 2 – бронейний наконечник; 3 – бронейний твердосплавний сердечник; 4 – корпус

вдало спроектований сердечник, що спрацьовується, який залучає переваги цього типу інденторів при великих кутах зустрічі та завдяки особливостям конструкції має покращену здатність до бронепробиття при малих кутах

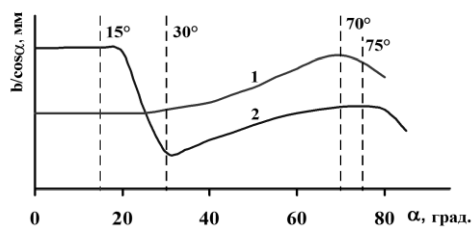


Рис. 7. Залежності $b/\cos\alpha = f(\alpha)$ для бронейно-підкаліберних снарядів:

1 – з моноблочним сердечником, що спрацьовується;
2 – з твердосплавним (жорстким) сердечником у головній частині корпусу

З метою вирівнювання кривої залежності товщини броні, що пробивається $b/\cos\alpha = f(\alpha)$, розроблено ряд технічних рішень. Одним з варіантів є прийняття конструктивних заходів зі штучного подовження сердечника завдяки використанню об'ємів балістичного наконечника. Наприклад, в ізраїльському БПС М111 це досягається встановленням у просторі під балістичним наконечником набору циліндричних стрижнів, які утворюють ступінчастий конус перед основним корпусом. Вони не зв'язані жорстко один з одним та з корпусом. В інших конструкціях (наприклад, в БПС NP105) з цією метою використовується сам балістичний наконечник, виконаний суцільним разом з корпусом, але з кільцевою проточкою в основі наконечника, що забезпечує нормальне проникнення основного корпусу при зіткненні під кутом, у той же час поліпшуючи умови входу корпусу в броню при малих кутах зустрічі. Радянськими конструкторами ця задача вирішувалась шляхом розташування твердосплавного сердечника у хвостовій частині (БПС ЗБМ26 (рис. 8) [2]). При такій конструкції сердечник рухається у напрямку вектора швидкості снаряда протягом усього часу взаємодії, що забезпечує на останньому етапі його ефективне проникнення. Снаряд такої конструкції характеризується плавною залежністю $b/\cos\alpha = f(\alpha)$ при незначній різниці товщин, які пробиваються при малих та великих кутах взаємодії [1].

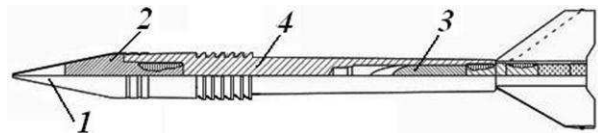


Рис. 8. Активна частина бронейно-підкаліберного снаряда радянського виробництва ЗБМ26.

Позначення див. на рис. 6

На сьогоднішній день найбільш поширеною конструкцією бронейно-підкаліберних снарядів стали боєприпаси з великим подовженням l/d . Якщо у радянських БПС до 90-х років цей параметр складав усього $10...12$, то для БПС НАТО він був значно більшим: $l/d \approx 19...24$. Аналіз конструкцій новітніх APFSDS свідчить про сталу тенденцію щодо подальшого збільшення подовження (рис. 9). Так, для M829A1 (США) він вже складає $l/d = 32$.

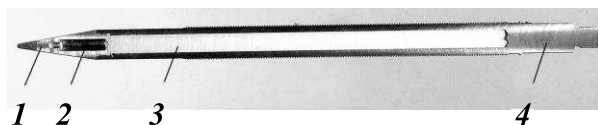


Рис. 9. Активна частина бронейно-підкаліберного снаряда типу APFSDS DM33 (Німеччина) у розрізі:

1 – балістичний наконечник; 2 – бронейний наконечник; 3 – бронейний сердечник з вольфрамового сплаву; 4 – сталевий корпус

Тенденція зростання подовження пояснюється тим, що для забезпечення найбільшої броне пробивної здатності конструктори намагаються створити якомога більший питомий тиск, що утворює снаряд на перешкоду. З цих самих міркувань в якості матеріалу бронебійних сердечників застосовуються важкосплавні сердечники зі сплавів вольфраму (ВНЖ) та зі збідненого урану.

При виготовленні сердечників застосовуються сплави вольфраму з 3...10 % нікелю та заліза (або міді). Для виготовлення твердосплавного сердечника готується суміш тонко подрібненого вольфраму та порошку сплаву нікель-залізо (нікель-мідь), з якої після спікання формується матриця. Застосування холодної формовки, холодної ковки, штамповки та термічної обробки значно поліпшує механічні властивості. Густина сплаву коливається в межах від 16,8 до 18,5 г/см³.

Збіднений уран (*DU – depleted uranium*), як відомо, є відходами, що утворюються під час виготовлення уранового палива для атомних реакторів та ядерної зброї. Він складається з ізотопу U_{238} та менш ніж 0,3 % радіоактивного ізотопу U_{235} . Для виготовлення сердечників використовується сплав збідненого урану з 2 % молібдену або з 0,75 % титану. Відомий також сплав УНЦ (уран-нікель-цинк), який застосовувався у радянських БПС. Густина сплавів з *DU* близько 19 г/см³. Деталі зі сплавів збідненого урану можуть бути отримані литтям та підлягають термічній обробці за звичайною технологією [8]. Важливим для військового застосування збідненого урану є його пірофорність.

Питання, який з цих двох матеріалів є найкращим для виготовлення бронебійних сердечників, є суперечливим, тому що окрім забезпечення бронепробивної здатності необхідно враховувати ще комплекс питань, серед яких: вартість вихідного матеріалу, умови зберігання боєприпасів, наслідки застосування для екології та багато інших. На озброєнні практично усіх розвинених країн є БПС як зі сплавів вольфраму, так і зі збідненим ураном (див. табл. 1, 2).

Першим радянським БПС з сердечником зі збідненого урану був ЗБМ29. В подальшому, після відпрацювання конструкції устрою, що веде, було розроблено БПС ЗБМ32 з активною частиною, яка мала монолітний сердечник зі сплаву на основі збідненого урану (рис. 10).

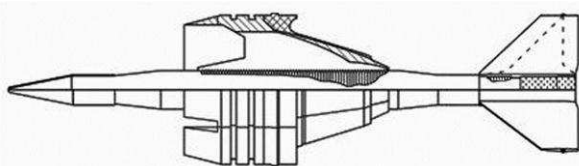


Рис. 10. Бронебійно-підкаліберний снаряд радянського виробництва ЗБМ29

Вдалою спробою вирішення питання подолання броні танків третього покоління радянськими конструкторами був БПС ЗБМ42 (рис. 11). Активна частина цього снаряда має складну конструкцію, яка містить в собі суцільний балістичний та бронебійний наконечник, бронебійний демпфер та два сердечники великого подовження з вольфрамового сплаву. Сердечники закріплені у корпусі снаряда оболонкою з легкоплавкого сплаву. Під час пробиття оболонка плавиться, що дозволяє сердечникам здійснити вхід у канал пробиття, не витрачаючи енергію на відділення від корпусу [2].

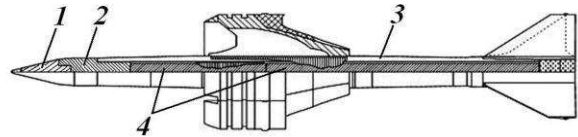


Рис. 11. Бронебійно-підкаліберний снаряд радянського виробництва ЗБМ42:

- 1 – суцільний балістичний та бронебійний наконечник;
- 2 – бронебійний демпфер;
- 3 – легкоплавка оболонка; 4 – бронебійні сердечники з вольфрамового сплаву

Але досягнути бронепробивної здатності БПС НАТО так і не вдалось. Однією з головних проблем, яка ускладнила роботу радянських конструкторів, стало обмеження максимальної довжини снаряда, пов'язане із застосуванням автоматичного заряджання гармати. Труднощі також викликало застосування твердосплавних матеріалів, які з одного боку забезпечували значне бронепробиття, а з іншого боку є дуже критичними до динамічних навантажень, що діють на активну частину під час розгону у каналі ствола гармати.

Висновки

Таким чином, актуальним науковим завданням є комплексне обґрунтування параметрів бронебійно-підкаліберних снарядів, практична реалізація яких дає можливість суттєво підвищити технічні характеристики БПС з урахуванням заданих обмежень за габаритами та міцністю.

З цією метою необхідно вирішити наступні задачі параметричного синтезу внутрішніх параметрів бронебійно-підкаліберних снарядів, які є областю технічних вимог до них:

задачу параметричного синтезу нульового рівня, яка полягає у визначенні множин вихідних значень внутрішніх параметрів (область значень технічних характеристик), які відповідають вектору вихідних параметрів;

задачу параметричного синтезу першого рівня, яка полягає у накладенні області змін внутрішніх параметрів, що дозволяються, на всю область вихідних значень внутрішніх параметрів та визначенні їх раціональних значень (технічні вимоги до бронебійно-підкаліберних снарядів), значення яких відповідають вектору вихідних параметрів;

задачу параметричного синтезу другого рівня, яка полягає у виборі номінальних значень внутрішніх параметрів, при яких забезпечується

максимальне збільшення ймовірності ураження заданої номенклатури важкоброньованих цілей у визначених умовах бойового застосування;

задачу параметричного синтезу третього рівня, яка полягає у виборі сукупності параметрів озброєння, до боєкомплекту якого планується включити БПС, що розробляється;

задачу параметричного синтезу четвертого рівня, яка полягає у передбаченні втрати можливості ураження заданої номенклатури важкоброньованих цілей у зв'язку з покращенням їх рівня захисту.

Список літератури

1. Григорян В.А., Белобородько А.Н., Дорохов Н.С. и др. Частные вопросы конечной баллистики [Под ред. В.А. Григоряна]. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 592 с.

2. Бокомплект отечественных танков Т-64/72/80/90 БОПС (Бронейные оперенные подкалиберные снаряды) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bvti.narod.ru>

3. Tank Protection Levels [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://collinsj.tripod.com/protect.htm>

4. Захаров В.М., Хорев И.Е., Корнеев А.И. О расчете бронепробиваемости в широком диапазоне скорости встречи // Оборонная техника. – 1975. – № 8. – С. 27-32.

5. Григорян В.А., Юдин Е.Г., Терехин И.И. и др. Защита танков [Под ред. В.А. Григоряна]. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 327 с.

6. Хитрик В.О., Куля Б.М., Стариков В.П., Чепков И.Б., Васильковский М.И. Перспективы защиты основного танка // Сборник научных трудов. – К.: ЦНИИ ВВТ ВС Украины, 1998. – № 1. – С. 8-13.

7. Балаганский И.А., Мерзиевский Л.А. Действие средств поражения и боеприпасов: Учебник. – Новосибирск: Изд-во НГТ, 2004. – 408 с.

8. Смирнов Л.И. Основы проектирования оперенных снарядов к гладкоствольным артиллерийским орудиям. Учебное пособие. – Л.: Изд-во ЛМИ, 1990. – 137 с.

Рецензент: С.В. Лапицький, д.т.н., проф., Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки ЗС України, Київ.

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ПРОБЛЕМ РАЗВИТИЯ БРОНЕБОЙНО-ПОДКАЛИБЕРНЫХ БОЕПРИПАСОВ

А.Ю. Ларин

В работе дана оценка современного состояния бронейно-подкалиберных снарядов для 120-мм и 125-мм танковых гладкоствольных пушек. Рассмотрены вопросы влияния конструкции активных частей бронейно-подкалиберных снарядов на их бронепробивную способность. Определены проблемы развития этого типа боеприпасов.

Ключевые слова: бронейно-подкалиберный снаряд, комбинированная броня, бронейный сердечник, способность к бронепробитию.

THE ANALYSIS OF A CONDITION AND DEVELOPMENT PROBLEMS ARMOUR PIERCING FIN STABILIZED DISCARDING SABOT SHELL

A. Larin

The estimation of a modern condition armour piercing fin stabilized discarding sabot shell for 120 mm and 125 mm tank smoothbore guns is in-process given. Questions of effect of a design of active units APFSDS on them penetration are observed. Problems of development of this type of an ammunition are defined.

Keywords: fin stabilized discarding sabot, composite armour, armour-piercing, armour penetration.

УДК 623.62+621.391.037

Е.В. Лучук¹, П.О. Міроненко², А.О. Попов³, О.Ю. Смольков²

¹Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

²Національний університет оборони України, Київ

³Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки, Київ

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ОЦІНКА ЗАВАДОЗАХИЩЕНОСТІ СУЧАСНИХ І ПЕРСПЕКТИВНИХ СИСТЕМ ЗВ'ЯЗКУ ТА ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ

Розглянута методика експериментальної оцінки завадозахищеності сучасних та перспективних систем зв'язку та передачі інформації. Визначені показники завадозахищеності угруповання засобів зв'язку та передачі інформації. Показані особливості експериментальної оцінки завадозахищеності цифрових систем зв'язку та передачі інформації.

Ключові слова: засоби зв'язку та передачі інформації, завадозахищеність, завадостійкість