

УДК 623.56

В.А. ГОЛУБ, канд. техн. наук, І.Б. ЧЕПКОВ, д-р техн. наук,  
А.Ю. ЛАРІН, О.М. КУПРІНЕНКО, С.П. БІСИК, кандидати техн. наук  
(Цент. научно-дослідний ін-т озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)

## ДОСЛІДЖЕННЯ КУТІВ ПРЕЦЕСІЇ ТА НУТАЦІЇ КУЛЬ СТРЕЛЕЦЬКОЇ ЗБРОЇ ПІСЛЯ ПРОБИТТЯ ПЕРЕШКОД

Наведено результати експериментальних досліджень впливу тонких сталевих перешкод на значення кутів нутації куль стрілецької зброї. Отримано залежності кутів прецесії і нутації від відстані після перешкод різної товщини. На основі отриманих результатів доведено перспективність використання в конструкції броньового захисту бойових колісних машин пристроїв, у яких реалізовано принцип попереднього впливу на кулі ще до початку їхньої взаємодії з броньовими деталями корпусу.

Приведены результаты экспериментальных исследований влияния тонких стальных преград на значения углов нутации пуль стрелкового оружия. Получены зависимости углов прецессии и нутации от расстояния после преград различной толщины. На основе полученных результатов доказана перспективность использования в конструкции броневой защиты боевых колесных машин устройств, в которых реализован принцип предварительного воздействия на пули еще до начала их взаимодействия с броневыми деталями корпуса.

**Постановка проблеми.** Традиційні методи підвищення стійкості бойових машин до дії кінетичних боєприпасів, що передбачають збільшення товщини броньових листів, установку їх під кутом, використання комбінованої і рознесеної броні, практично себе вичерпали й не призводять до суттєвого підвищення захищеності в заданих масогабаритних обмеженнях. Одним з перспективних напрямків вирішення проблеми підвищення рівня захисту від куль стрілецької зброї є застосування додаткових захисних пристроїв, що забезпечують зменшення бронепробивної здатності куль шляхом впливу на них ще до початку взаємодії з броньовими деталями корпусу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідженню впливу кута нутації на рівень бронепробивної здібності боєприпасів присвячено багато публікацій, серед яких основоположними є роботи [1–3]. У той же час, питанням побудови броньового захисту з використанням підходу, який засновано на застосуванні тонких сталевих перешкод, що встановлюються перед основною бронєю, в цілях підвищення рівня балістичного захисту бойових колісних машин (БКМ) достатньої уваги не приділялося [4].

**Метою статті** є аналіз результатів експериментальних досліджень шляхом оцінки впливу перешкод на параметри руху куль стрілецької зброї; отримання залежностей динаміки зміни кутів прецесії і нутації куль від параметрів перешкоди; визначення перспектив використання в конструкціях розроблюваних або модернізованих зразків БKM елементів захисту, які побудовано на принципі попереднього впливу на кулю, що приводить до збільшення кута нутації.

**Основний матеріал.** Для визначення параметрів руху куль стрілецької зброї після пробиття перешкод за проведення експериментальних досліджень була використана методика, що застосована для артилерійських снарядів [5–7]. Вона полягає в тому, що відпалені в печі аркуші паперу, так звані «свідки», розташовуються послідовно на певній відстані один від одного на шляху руху кулі для отримання чітких відбитків, за допомогою яких представляється можливим визначити її положення й орієнтацію в просторі. Перед проведенням аналізу для кожного типу кулі будується таражний графік залежності  $\delta =$

© В.А. ГОЛУБ, І.Б. ЧЕПКОВ, А.Ю. ЛАРІН, О.М. КУПРІНЕНКО, С.П. БІСИК, 2014

$= f\left(\frac{b}{a}\right)$ , після чого визначаються кути прецесії і нутації за відбитком, який залишено кулею в «свідку» (рис. 1). Наприклад, при отриманні круглого отвору кут нутації становить  $0^\circ$ , а якщо довжина пробоїни дорівнює довжині кулі —  $90^\circ$ .

На віддалені 35 м від балістичної установки встановлювалась рамна конструкція, на якій закріплювались досліджувані перешкоди й «свідки».

У передній частині рамної конструкції на затискачах, що регулюються по висоті, закріплювалась перешкода, вплив якої на параметри руху кулі досліджували. Перешкода удавала з себе металевий лист зі сталі Ст3 товщиною 0,7; 1,0; 1,5; 2,5; 3,0; 4,0 і 4,5 мм, а також лист броньової сталі марки 2П товщиною 5,0; 6,5 і 10 мм. Після неї розміщувались «свідки», закріплені на відстанях: 120; 220; 300; 400; 500; 600; 700; 780; 900 і 1000 мм. У разі пробиття «свідка» в ньому залишається чітка пробоїна (рис. 2), по розташуванню й розмірам якої можна визначити величину кута нутації і прецесії.

Відстань, з якої велася стрільба, було вибрано з розрахунку, що початковий кут нутації, який одержується кулею при вильоті зі ствола, зменшується до постійної величини, що обумовлена опором повітря, на відстані 4000–6000 калібрів [4]. Перед перешкодою для фіксації величини кута нутації до взаємодії також встановлювався «свідок». «Свідки» закріплювались за допомогою канцелярських ґвоздиків у верхній частині посередині листа з зображенням цілі, щоб він під дією сили тяжіння займав вертикальне положення.

Експериментальні дослідження проводилися з використанням патронів 5,45×39 з кулями ПС і ПП, 7,62×39 з кулею ПС і 7,62×54 з кулями ЛПС і Б-32.

Зовнішній вигляд деформованих куль ПС 5,45×39 після пробиття перешкод наведено на рис. 3. Також за результатами дослідження зловлених залишків перешкод встановлено, що розмір «пробки» зростає зі збільшенням товщини перешкоди.

У результаті обробки пробоїн в «свідках» (рис. 4) було отримано дані значень кутів

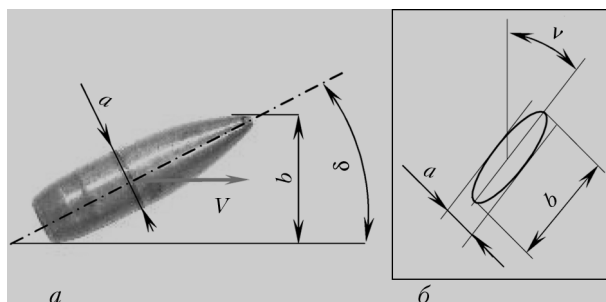


Рис. 1. Схеми: побудови таражного графіка (а); визначення кутів прецесії і нутації за відбитком на папері (б);  $b$  — довжина проекції кулі на вертикальну площину — довжина відбитка в «свідку»;  $a$  — діаметр кулі — ширина відбитка в «свідку»;  $V$  — вектор миттєвої швидкості кулі;  $\delta$  — кут нутації;  $\nu$  — кут прецесії

прецесії і нутації на певних відстанях за перешкодою (рис. 5). Швидкість прецесії, що отримана, має лінійний характер, а розподіл похибки даних, що отримані, має нормальний характер (рис. 4, в). Спостережуване розсіювання значень було обумовлено зміщенням «свідків», що викликано осколками, які рухалися зі швидкістю більшою, ніж швидкість кулі.

Аналіз залежностей (рис. 5), які отримано для кулі ПС патрона 5,45×39, свідчить про те, що кут прецесії після пробиття перешкоди товщиною 1,0 мм більше, ніж після перешкод товщиною 0,7 і 1,5 мм. У разі порівняння результатів взаємодії з перешкодами товщиною 2,5 і 1,5 мм встановлено, що після пробиття перешкоди товщиною 2,5 мм кут нутації спочатку менше, ніж після товщини 1,5 мм, а на кінцевій ділянці траєкторії стає більшим.

Вид деформованих куль ПП патрона 5,45×39 після пробиття перешкод (матеріал яких є Ст3 товщиною 0,7; 1,5 і 2,5 мм), наведено на рис. 6.

Аналіз залежностей (рис. 7), які отримано для кулі ПП патрона 5,45×39, свідчить про те, що кут прецесії після пробиття перешкоди товщиною 1,5 мм більше, ніж після — 0,7 мм. При порівнянні результатів взаємодії з перешкодами товщиною 2,5 і 1,5 мм встановлено, що після пробиття 2,5 мм кут нутації має менші значення, а на кінцевій ділянці траєкторії більші значення, ніж після пробиття 1,5 мм.

Вид деформованих куль ПС патрона 7,62×39 після пробиття перешкод зі сталі Ст3

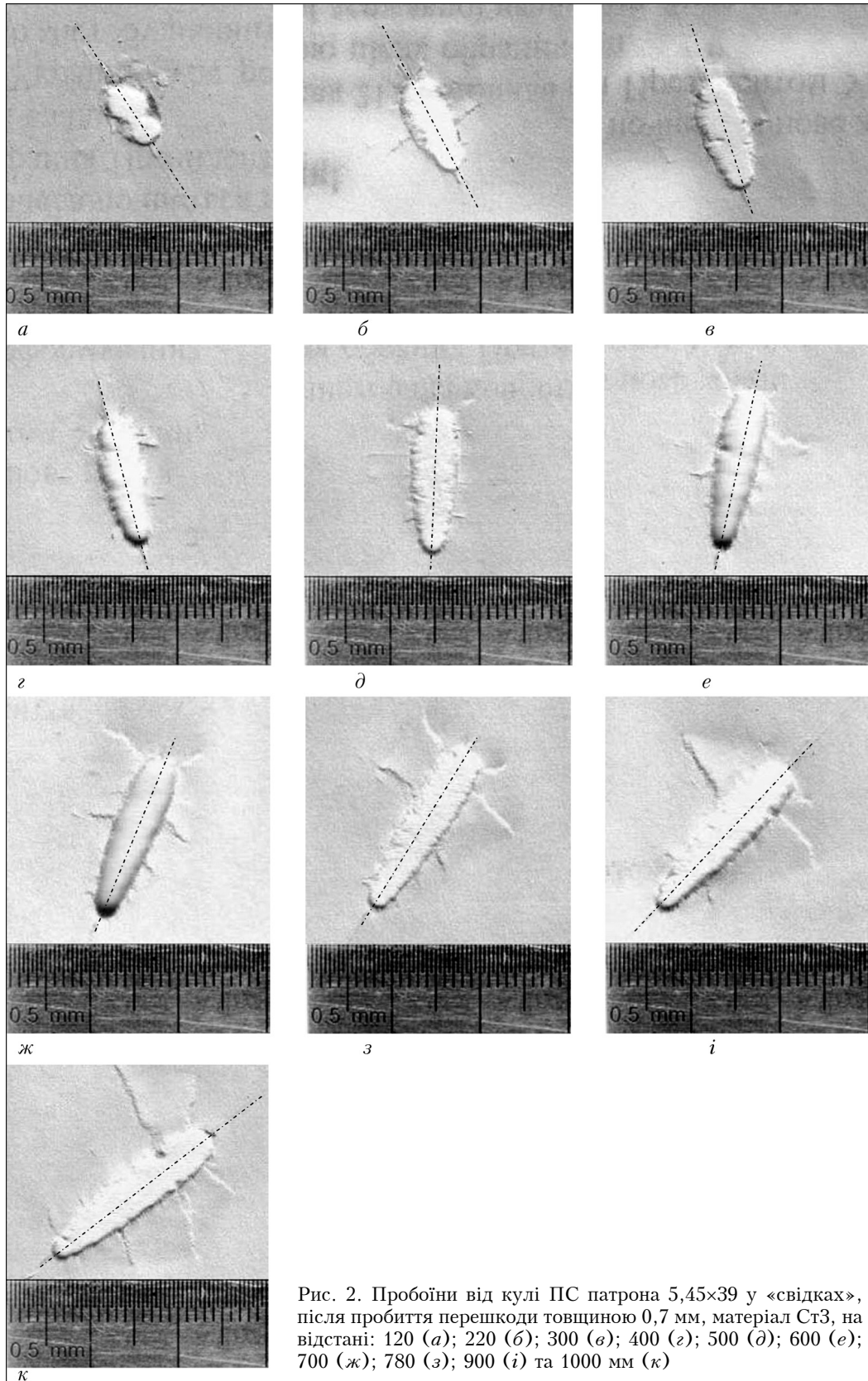


Рис. 2. Пробієни від кулі ПС патрона 5,45×39 у «свідках», після пробиття перешкоди товщиною 0,7 мм, матеріал Ст3, на відстані: 120 (а); 220 (б); 300 (в); 400 (г); 500 (д); 600 (е); 700 (ж); 780 (з); 900 (і) та 1000 мм (к)

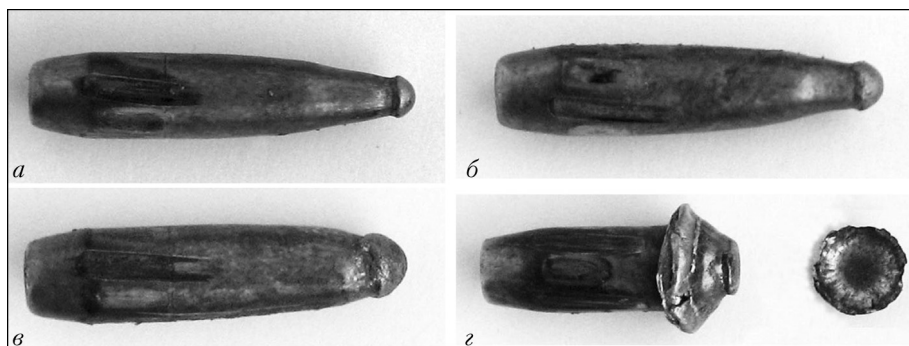


Рис. 3. Зовнішній вигляд деформованих куль ПС 5,45×39 після пробиття різних перешкод зі сталі СтЗ: *a* – 0,7; *б* – 1,0; *в* – 1,5; *г* – 2,5 мм

товщиною 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 і 4,5 мм наведено на рис. 8.

Аналіз залежностей (рис. 9), які отримано для кулі ПС патрона 7,62×39, свідчить про те, що після пробиття 2,0 мм перешкоди кут прецесії більше, ніж після перешкод із товщиною 1,0 і 3,0 мм. Для перешкоди 1,0 мм на початковій ділянці кут нутації більше, ніж для 2,0; 3,0 і 4,0 мм, а на кінцевій — менше.

Кут нутації для перешкод товщиною 2,0 і 4,5 мм має екстремум, яке викликано втратою осової симетрії кулею (після пробиття 2,0 мм) й сердечником (після пробиття 4,5 мм), що обумовлено збільшенням сили аеродинамічного опору.

Вид деформованих куль ЛПС патрона 7,62×54 після пробиття перешкод зі сталі СтЗ

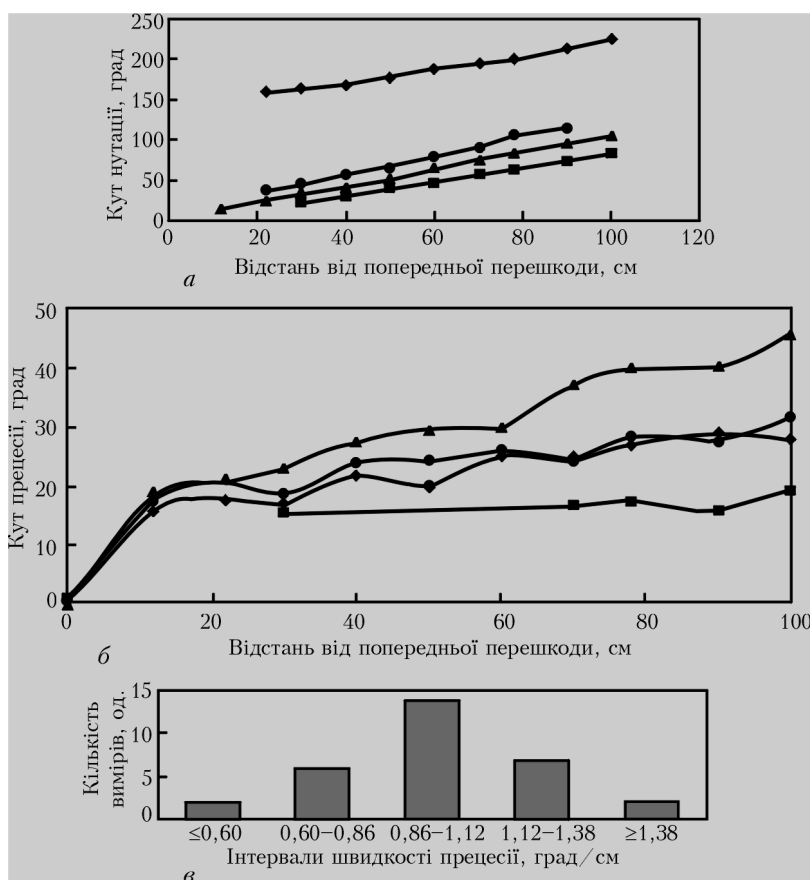


Рис. 4. Результати дослідження зміни кута нутації і прецесії кулі ПС патрона 5,45×39 після пробиття перешкоди 0,7 мм, матеріал СтЗ: *a* — залежність кута нутації від відстані після перешкоди; *б* — залежність кута прецесії від відстані після перешкоди; *в* — гістограма розподілу швидкості прецесії

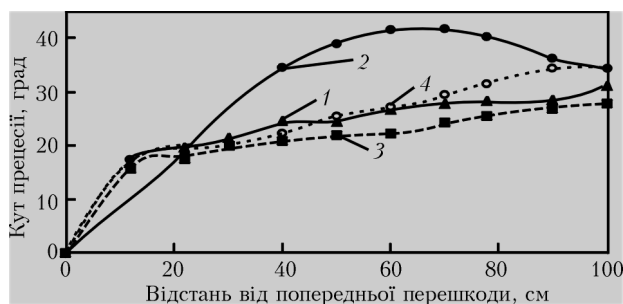


Рис. 5. Узагальнені результати дослідження кута нутації кулі ПС патрона 5,45×39 після пробиття перешкод зі сталі Ст3 різної товщини: 1 – 0,7; 2 – 1,0; 3 – 1,5; 4 – 2,5 мм

товщиною 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 і 4,5 мм, наведено на рис. 10.

Аналіз залежностей (рис. 11), які отримано для кулі ЛПС патрона 7,62×54 свідчить про те, що кут прецесії після пробиття перешкоди товщиною 4,5 мм має в 2 рази більші значення, ніж для перешкоди товщиною 3,8 мм.

Вид деформованих куль Б-32 патрона 7,62×54 і їхніх бронебійних сердечників після

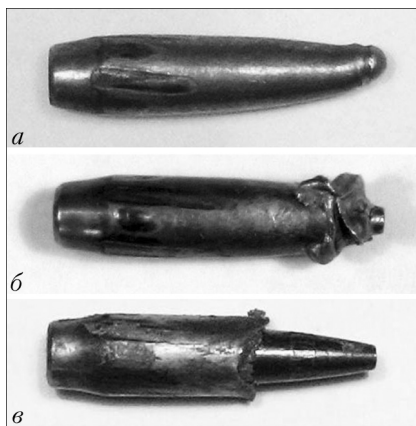


Рис. 6. Вид деформованих куль ПП патрона 5,45×39 після пробиття перешкод зі Ст3 завтовшки: а – 0,7; б – 1,5; в – 2,5 мм

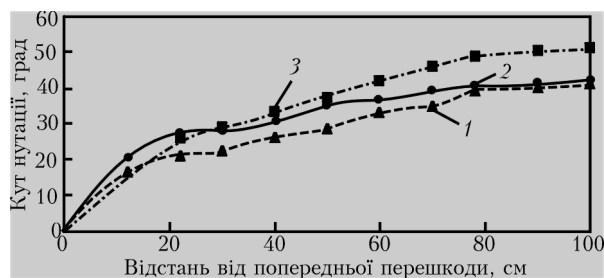


Рис. 7. Узагальнені результати дослідження кута нутації кулі ПП патрона 5,45×39 після пробиття перешкод зі сталі Ст3 різної товщини: 1 – 0,7; 2 – 1,5; 3 – 2,5 мм

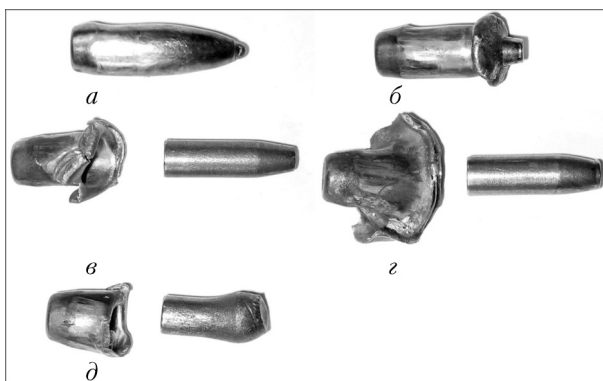


Рис. 8. Вид деформованих куль ПС патрона 7,62×39 після пробиття перешкод зі сталі Ст3 товщиною: а – 1,0; б – 2,0; в – 3,0; г – 4,0; д – 4,5 мм

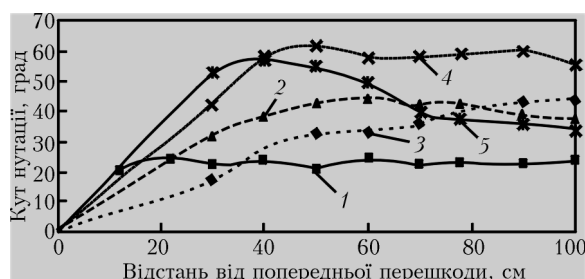


Рис. 9. Узагальнені результати дослідження кута нутації кулі ПС патрона 7,62×39 після пробиття перешкод зі сталі Ст3 різної товщини: 1 – 1,0; 2 – 2,0; 3 – 3,0; 4 – 4,0; 5 – 4,5 мм

пробиття перешкод зі сталі Ст3 товщиною а – 1,0; б – 3,0; в – 4,5 мм і броні 2П товщиною г – 5,0; д – 6,5 і е – 10 мм наведено на рис. 12.

Аналіз залежностей (рис. 13), які отримано для кулі Б-32 патрона 7,62×54, свідчить про те, що кут прецесії після пробиття переш-

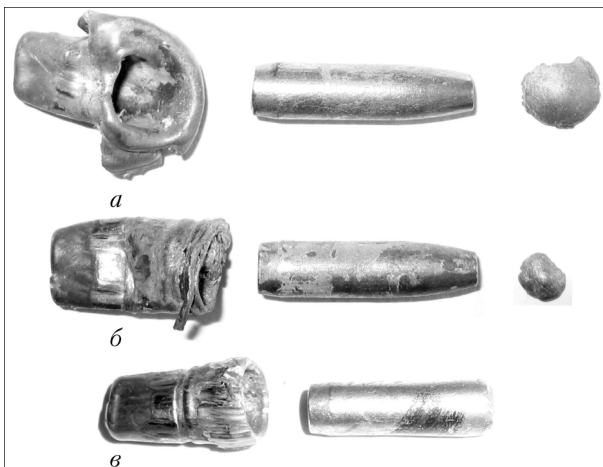


Рис. 10. Вид деформованих куль ЛПС патрона 7,62×54 після пробиття перешкод зі сталі Ст3 завтовшки: а – 2,5; б – 3,8; в – 4,5 мм

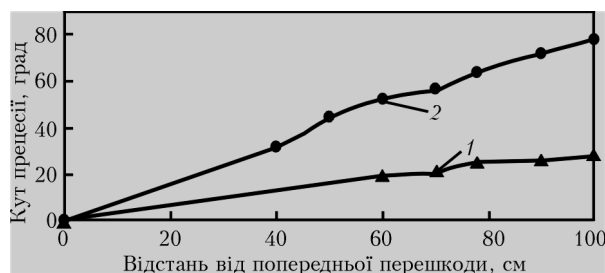


Рис. 11. Узагальнені результати дослідження кута нутації кулі ЛПС патрона 7,62×54 після пробиття перешкод зі сталі Ст3 різної товщини: 1 – 3,8; 2 – 4,5 мм

коди товщиною 4,0 мм більше, ніж після перешкод товщиною 4,5 і 5,0 мм. Після перешкоди 1,0 мм на початковій ділянці кут нутації більше, ніж після неї товщиною 2,0; 3,0; 4,0; 4,5 і 5,0 мм, а на кінцевій — менше.

## Висновки

1. Проведено експериментальні дослідження зміни значень кутів нутації куль стрілецької зброї при русі по траєкторії на видаленні 35 м. Встановлено, що кут нутації знаходиться в межах проекції відбитка сердечника на «свідках» і його величина не перевищує 2–6°. Наявність початкового кута нутації перед взаємодією з перешкодою призводить до значного розкиду параметрів руху деформованих куль після її пробиття.

2. Розроблено методику, відповідно до якої проведено експериментальні дослідження параметрів руху куль ПС і ПП патрона 5,45×39; куль ПС патрона 7,62×39; куль ЛПС і Б-32 патронів 7,62×54 після пробиття тонких сталевих, а для кулі Б-32 патрона 7,62×54 і броньових перешкод різної товщини. Вперше отримано залежності кутів прецесії і нутації від відстані після перешкод різної товщини.

3. Експериментальні залежності, що отримано, свідчать про перспективність використання в конструкції броньового захисту БКМ пристроїв, у яких реалізовано принцип попереднього впливу на кулі ще до початку їхньої взаємодії із броньовими деталями корпусу з метою збільшення кута нутації. Загальна маса такого броньового захисту, за попередньою оцінкою, буде менше еквівалентної по стійкості гомогенної броні. 🚫

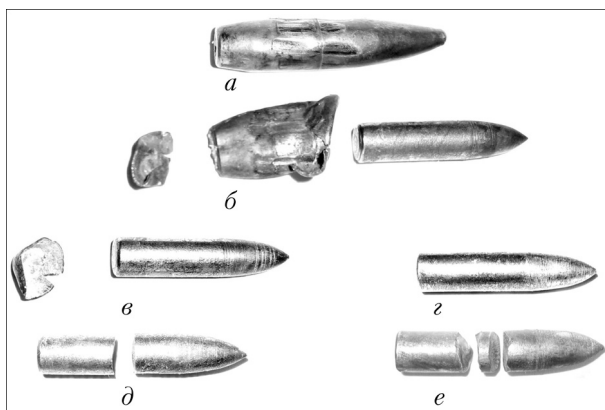


Рис. 12. Вид деформованих куль Б-32 патрона 7,62×54 і їхніх бронейних сердечників після пробиття перешкод зі сталі Ст3 товщиною: а – 1,0; б – 3,0; в – 4,5 мм і броні 2П товщиною: з – 5,0; д – 6,5; е – 10 мм

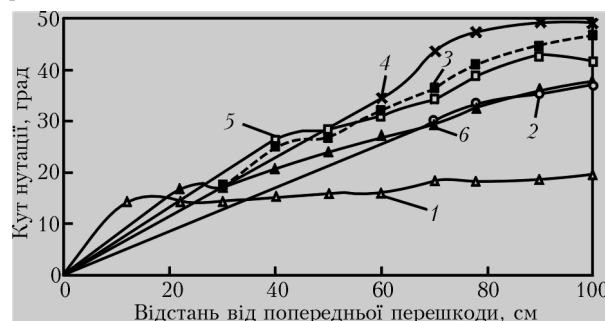


Рис. 13. Узагальнені результати дослідження кута нутації кулі Б-32 патрона 7,62×54 після пробиття перешкод зі сталі Ст3 різної товщини: 1 – 1,0; 2 – 2,0; 3 – 3,0; 4 – 4,0; 5 – 4,5; 6 – 5,0 мм

## Список літератури

1. Зукас Дж.А., Николас Т., Свифт Х.Ф. и др. Динамика удара; пер. с англ. — М.: Мир, 1985. — 296 с.
2. Горельский В.А. Численное моделирование трехмерной задачи взаимодействия нутящих снарядов с бронепреградами / В.А. Горельский, И.С. Максимов, И.Е. Хорев, Н.Т. Югов // Боеприпасы. — 1987. — № 2. — С. 3–6.
3. Экспериментальные данные и соображения к вопросу о конструктивной бронне / [А.И. Иоффе, В.Л. Куприенко, Ф.Ф. Витман и др.]. — М.: Минтрансаш, 1946. — 208 с.
4. Ларин А.Ю. Повышение стойкости противопульной брони за счет увеличения угла нутации кинетического боеприпаса до его взаимодействия с преградой / А.Ю. Ларин, И.Б. Чепков // Артиллерийское и стрелковое вооружение. — 2005. — № 1. — С. 36–39.
5. Шкворников П.Н. Экспериментальная баллистика. Приборы и методы баллистических измерений / П.Н. Шкворников, Н.М. Платонов. — София, 1976. — 392 с.
6. Кирилов В.М. Патроны стрелкового оружия / В.М. Кирилов, В.М. Сабельников. — М.: ЦНИИ информация, 1980. — 372 с.
7. Шаповров Ю.Н. Внешняя баллистика / Ю.Н. Шаповров. — К.: КВАИУ, 1968. — 522 с.
8. Nennstiel R. How do bullets fly? / R. Nennstiel // AFTE Journal. — 1996. — 28, № 2. — С. 104–143.