

## Висновки

В результаті роботи розроблено методику отримання залежностей значення балістичного коефіцієнта від кута кидання артилерійського снаряда. Застосування розробленої методики дозволить проводити моделювання поступального руху при довільних кутах кидання.

Отримано можливість компактного зберігання даних значень балістичного коефіцієнта артилерійського снаряда.

## Список літератури

1. Братченко Г.Д., Гончарук А.А. Методика отримання аналітичних залежностей для спрощеного моделювання поступального руху балістичних об'єктів в

РЛС розвідки вогневих позицій // Збірник наукових праць ОІСВ, № 10. – Одеса: ОІСВ, 2004. – С. 21–24.

2. Барабаш Ю.Л., Братченко Г.Д., Гончарук А.А. Математична модель та результати моделювання сигнального розпізнавання й визначення координат гармат в РЛС розвідки вогневих позицій // Вісник Київського Національного університету ім. Т. Шевченка. – Київ: Київський університет, 2005. – № 10. – С. 6-9.

3. Вентцель Д.А., Шапиро Я.М. Внешняя баллистика. Часть первая. – М.: Государственное издательство оборонной промышленности, 1939. – 209 с.

4. Чернозубов А.Д., Кириченко В.Д. и др. Внешняя баллистика. Часть 1. – М.: Типография ВАИА, 1954. – 463 с.

5. Внешняя баллистика. Таблицы. Часть 3. – М.: Типография ВАИА, 1954. – 136 с.

**Рецензент:** Ю.В. Шабатура, д.т.н., проф., завідувач кафедри електромеханіки та електроніки, Академія сухопутних військ, Львів.

## МЕТОДИКА ПОЛУЧЕНИЯ ЗАВИСИМОСТИ БАЛЛИСТИЧЕСКОГО КОЭФФИЦИЕНТА АРТИЛЛЕРИЙСКОГО СНАРЯДА ОТ УГЛА БРОСАНИЯ

А.А. Гончарук, С.В. Бондаренко

В статье приводится методика получения зависимости значения баллистического коэффициента (БК) от угла бросания артиллерийского снаряда при различных значениях начальных скоростей с помощью данных таблиц стрельбы определенных артиллерийских систем. Отличие предлагаемой методики от известных заключается в том, что она позволяет получить аналитические зависимости БК для всех углов бросания при одной начальной скорости для разных артиллерийских пушек. Практическое значение методики заключается в том, что полученные с её помощью аналитические зависимости позволяют ускорить процесс моделирования поступательного движения артиллерийского снаряда.

**Ключевые слова:** баллистический коэффициент, аппроксимация, полиномы, математическое моделирование.

## METHOD OF RECEIPT OF DEPENDENCE OF ARTILLERY SHELL BALLISTIC COEFFICIENT FROM THE CORNER OF CASTING

A. Honcharuk, S. Bondarenko

In the article a method of receipt of dependence of ballistic coefficient (BC) value, obtained from the angle of throwing artillery shell at different values of muzzle velocities by tables of firing of the certain artillery systems is examined. The difference of suggested method from known is that it allows to get analytical dependences of BC for all angles of throwing at one initial velocity for different artillery cannons. The practical value of method is that analytical dependences got allow to accelerate the process of artillery shell forward movement.

**Keywords:** ballistic coefficient, approximation, polynomials, mathematical modeling.

УДК 623.4.0164; 623.437.01

В.А. Голуб

Центральний науково-дослідний інститут ОВТ ЗС України, Київ

## ВИЗНАЧЕННЯ ЗАКОНУ РОЗПОДІЛУ СЕРЕДНЬОЇ КІЛЬКОСТІ ВЛУЧЕНЬ В АВТОМОБІЛЬ БАГАТОЦІЛЬОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

У статті проведено визначення законів розподілу кількості влучень в автомобіль багатоцільового призначення при його обстрілі зі стрілецької зброї та математичні очікування кількості влучень при обмеженні часу обстрілу. При цьому враховано нечіткі значення швидкості руху автомобіля та дальності, з якої здійснюється обстріл, відхилення умов стрільби від нормальних та рівень підготовленості особового складу. Результати моделювання дають можливість обґрунтувати рекомендації щодо впровадження конструктивних заходів для підвищення живучості.

**Ключові слова:** обстріл, кількість влучень, модель обстрілу, час ураження, умови стрільби, підготовленість стрільців.

## Вступ

**Постановка проблеми.** Досвід використання автомобілів багатоцільового призначення (АБП) у бойових діях в Афганістані [1], Чечні [2], миротворчих операціях в Іраку [3] свідчить про значну їх уразливість від стрілецької зброї, що призводить до втрат особового складу.

В той же час забезпечити повну захищеність АБП в сучасних умовах інтенсивного розвитку засобів ураження неможливо. Тому вирішення цієї проблеми полягає в досягненні такого рівня захищеності АБП, який дозволяє не втратити рухомість та працездатність зразків АБП при обстрілах зі стрілецької зброї калібру до 7,62 мм включно та осколків фугасів і мін.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** На сьогодні основні напрями досліджень щодо обґрунтування рівня захищеності спрямовані на покращення властивостей матеріалів, що застосовуються для створення броньового захисту [5–7], та визначення кола завдань, які мають виконуватися автомобілями з підвищеним рівнем захисту [4]. Однак питання оцінки середньої кількості влучень у типових бойових ситуаціях залишається поза увагою.

Математична модель обстрілу, наведена у [8], дає можливість визначити середню кількість влучень при фіксованій дальності обстрілу та швидкості руху АБП у нормальних умовах.

**Мета статті.** Визначення параметрів розподілу середньої кількості влучень в АБП з урахуванням варіювання дальності обстрілу, швидкості руху, часу вогневого ураження та відхилення умов стрільби від нормальних.

## Основний матеріал

У реальних умовах бойового застосування дальність обстрілу, швидкість руху та час вогневого ураження є нечіткими, умови стрільби відрізняються від нормальних.

Дальність обстрілу може бути визначена із аналізу застосування зразків в умовах локальних війн і конфліктів останніх десятиліть. Основна маса уражень здійснювалася на відстанях 300–400 м, однак відомі випадки обстрілів із менших та більших відстаней. Тому приблизна функція щільності розподілу значень дальності обстрілу може бути представлена залежністю, наведеною на рис. 1.

Максимальна швидкість руху є конструктивним показником зразка. Однак при русі у колоні вона буде значно меншою. Для зразків, що перебувають на озброєнні ЗС України, в середньому вона складає 30–40 км/год. Тому приблизна функція щільності розподілу значень

швидкості руху може бути представлена залежністю, що представлена на рис. 2.

Середня кількість влучень в АБП із конкретного зразка стрілецької зброї  $n$  визначається відповідно до [8] у вигляді залежностей

$$n = f(V, D), \quad (1)$$

де  $V$ ,  $D$  – швидкість руху АБП та дистанція обстрілу.

Однак отримані таким чином залежності не враховують ймовірність руху АБП із заданою швидкістю  $P_V$  та ймовірність обстрілу АБП на заданій дистанції  $P_D$ , а сімейство залежностей середньої кількості влучень від декількох факторів та фіксованих інших не є інформативним. Тому результати розрахунків представимо у вигляді множини  $S$

$$S = (n, P) = (f(V, D), P_V P_D), \quad (2)$$

де  $P = P_V P_D$  – ймовірність попадання в АБП відповідної кількості куль.

Множина  $S$  містить кількість елементів  $j$  з однаковими значеннями середньої кількості влучень  $n$ , тому є можливість здійснити перетворення  $S \rightarrow S'$ , де відсутні повтори  $n$ , а  $P' = \sum_j P_j$ . Результат перетворення може бути

представлений у вигляді залежності, наведеної на рис. 3.

Наявність значної кількості влучень (права межа розподілу) пояснюється існуванням варіантів обстрілу АБП, який рухається з мінімальною швидкістю, на мінімальних дистанціях, але зазвичай час вогневого ураження планується мінімальним, що дає можливість завдання максимальних втрат при відсутності протидії. Залежності щільностей розподілів значень середньої кількості влучень при часі обстрілу 10–50 с наведені на рис. 4.

Однак реальні умови бойового застосування озброєння та військової техніки відрізняються від нормальних (температура повітря  $+15^\circ\text{C}$ , атмосферний тиск 765 мм рт.ст., вітер відсутній) і можуть бути представлені щільностями розподілів температури та барометричного тиску повітря і швидкості вітру. Їх визначення здійснюється шляхом аналізу метеорологічних даних на території України. Дані за 2010 рік по Києву наведені на рис. 5–7.

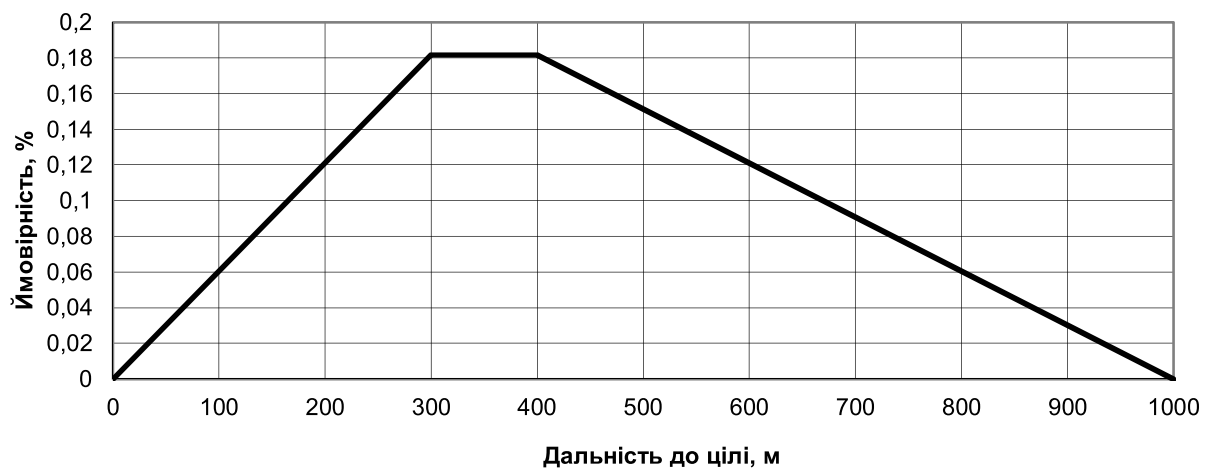


Рис. 1. Щільність розподілу значень дальності обстрілу

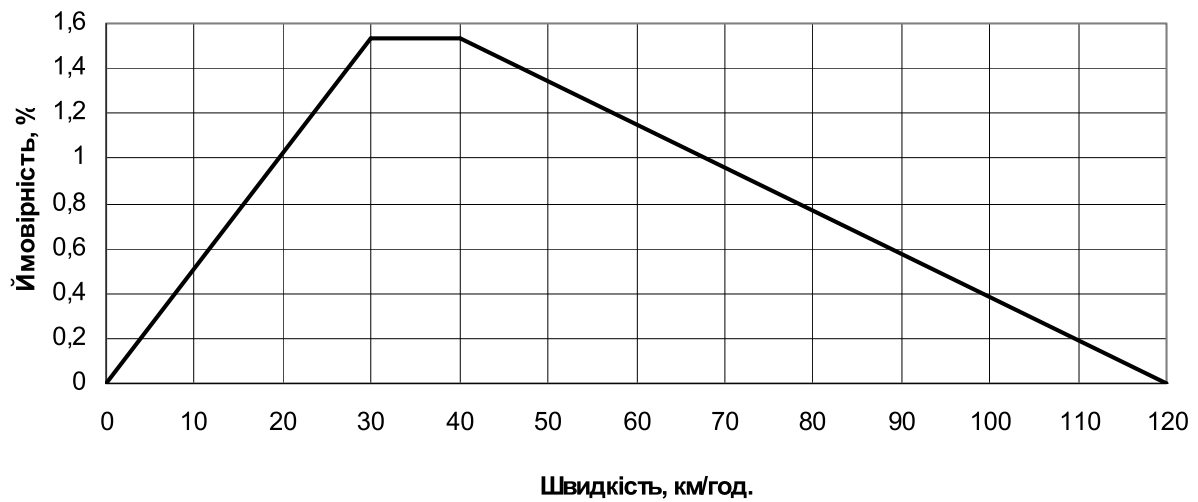


Рис. 3. Щільність розподілу значень середньої кількості влучень при необмеженому часі обстрілу

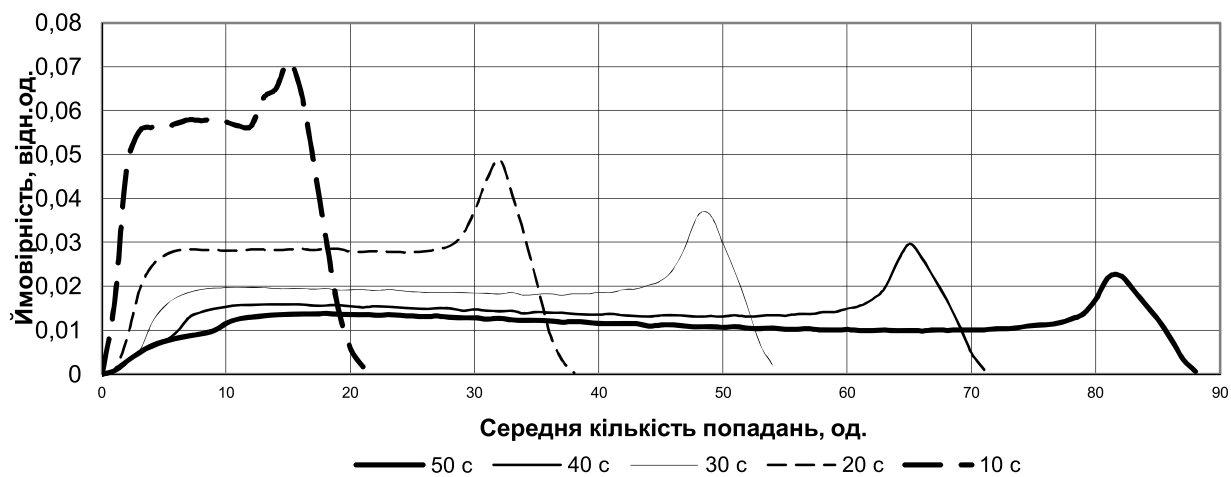


Рис. 4. Щільність розподілу значень середньої кількості влучень при обмеженні часу обстрілу

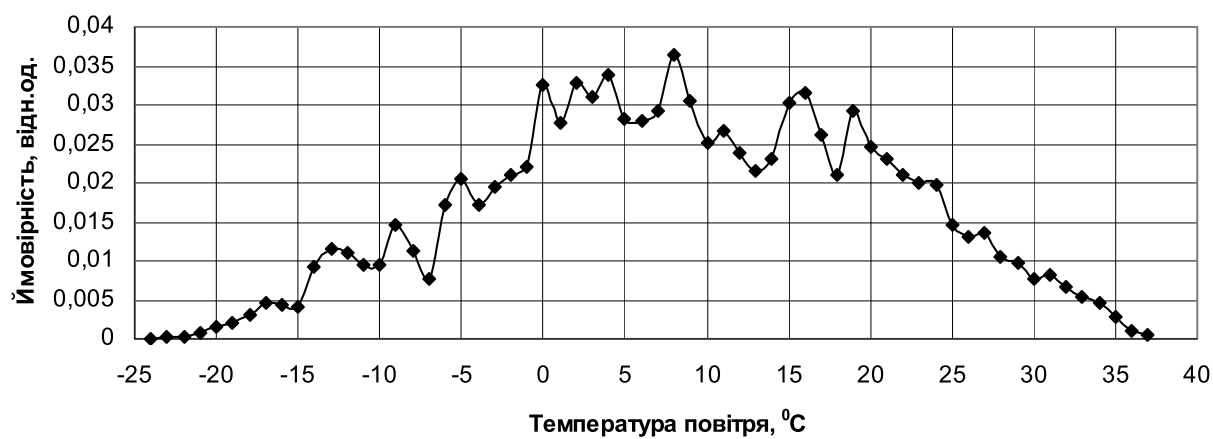


Рис. 5. Щільність розподілу значень температури повітря

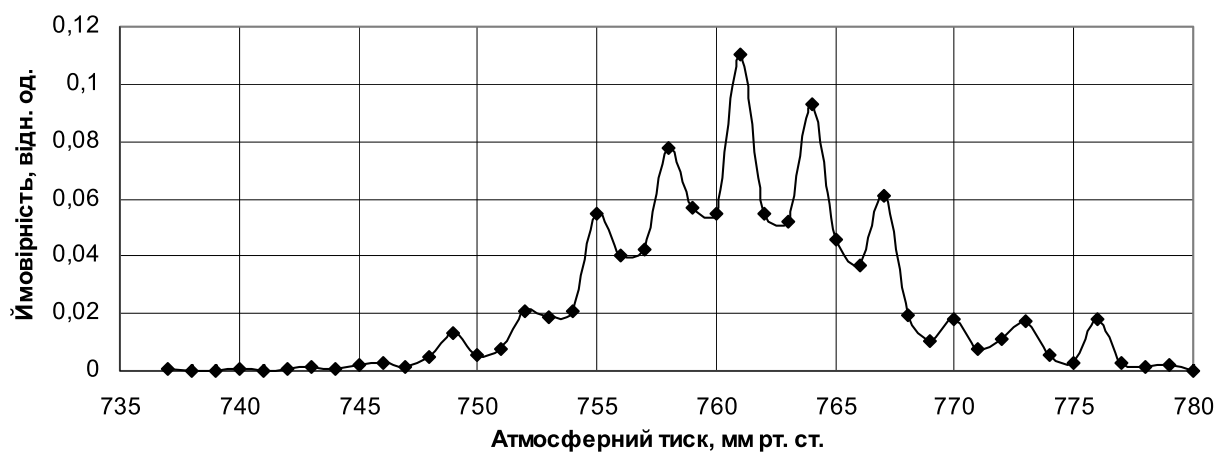


Рис. 6. Щільність розподілу значень атмосферного тиску

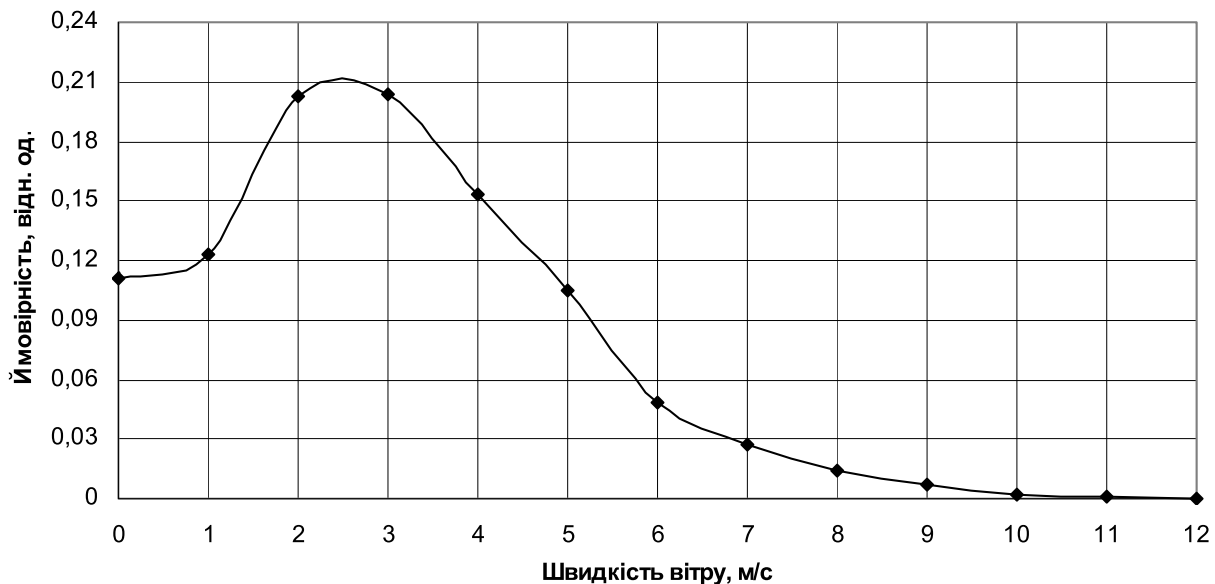


Рис. 7. Щільність розподілу значень швидкості вітру

Зазначені відхилення частково враховуються при стрільбі. Відхилення температури повітря від  $+15^{\circ}\text{C}$  враховуються введенням середньої похибки визначення температури повітря, що складає  $5^{\circ}\text{C}$ , та вибором точки прицілювання на верхньому краю цілі при температурі нижчій за  $0^{\circ}\text{C}$  і збільшенням установки прицілу на одну поділку при температурі нижче, ніж мінус  $25^{\circ}\text{C}$ . Регресійна залежність відхилення точки попадання  $G_T$  при зміні температури  $T$  на  $1^{\circ}\text{C}$  визначається залежністю (3):

$$G_T = \left( \frac{-0,293 + 0,011D - 5,566E -}{-5D^2 + 1,953E - 7D^3} \right) / 1000. \quad (3)$$

Похибка стрільби  $E_T$  та відхилення середньої точки влучення від точки прицілювання  $M_T$  визначаються залежностями (4).

$$E_T = 5G_T,$$

$$M_T = \begin{cases} (T-15)G_T(0,119+9,67E-3D-1,916E-5D^2+1,852E-8D^3)D/1000, & \text{якщо } T < -25^{\circ}\text{C}; \\ (T-15)G_T(0,119+9,67E-3D-1,916E-5D^2+1,852E-8D^3)D/2000, & \text{якщо } -25^{\circ}\text{C} < T < 0^{\circ}\text{C}; \\ (T-15)G_T, & \text{якщо } T > 0^{\circ}\text{C}. \end{cases} \quad (4)$$

Барометричний тиск  $P$  при підготовці даних для стрільби зі стрілецької зброї не враховується. Тому відхилення середньої точки влучення від точки прицілювання  $M_P$  при зміні тиску на 1 мм рт. ст. визначаються залежністю (5)

$$M_P = (760 - P) * \left( \frac{-0,111 + 3,339E - 3D -}{-1,757E - 5D^2 + 5,387E - 8D^3} \right) / 1000. \quad (5)$$

Відхилення швидкості вітру від нульового значення враховується введенням середньої похибки визначення швидкості вітру без приладів 1,5 м/с у подовжньому  $E_{VY}$  та поперечному  $E_{VZ}$  напрямках, що визначаються залежностями (6).

$$E_{VY} = 1,5 \left( \frac{-0,646 + 0,028D - 1,589E -}{-4D^2 + 2,618E - 7D^3} \right) / 1000, \quad (6)$$

$$E_{VZ} = 1,5 \left( \frac{3,697 - 0,198D + 1,815E -}{-3D^2 - 1,439E - 7D^3} \right) / 1000.$$

Напрямок вітру вважатимемо випадковою величиною із рівномірним розподілом у діапазоні 0...360.

Під час приведення зброї до нормального бою відхилення середньої точки влучення від точки прицілювання, викликане деривацією  $M_D$ , компенсується повністю, а на дальностях більше 100 метрів залишається відхилення, яке при практичній стрільбі не враховується (7).

$$M_D = \left( \begin{array}{l} -0,101 + 4,085E - 3D - 8,947E - \\ -6D^2 + 5,976E - 8D^3 \end{array} \right) / 100. \quad (7)$$

У військах, особливо в умовах бойових дій, зброя внаслідок зносу в процесі експлуатації буде мати меншу початкову швидкість кулі порівняно з табличною. В середньому у зброї, що використовується в бойових діях, падіння початкової швидкості можна прийняти рівним 2-3% від табличних значень. Закон розподілу вважатимемо рівномірним у діапазоні 0...5%. У такому випадку відхилення середньої точки влучення від точки прицілювання, обумовлене падінням початкової швидкості кулі  $M_{V0}$ , визначаються залежністю (8).

$$M_{V0} = 7,15Z \left( \begin{array}{l} 0,141 - 8,956E - 3D + 5,48E - \\ -5D^2 + 2,946E - 8D^3 \end{array} \right) / 1000. \quad (8)$$

Таким чином, сумарні величини відхилень по висоті  $M_Y$  та напрямку  $M_Z$  визначаються наступними виразами:

$$M_Y = M_T + M_p - M_{V0}, \quad (9)$$

$$M_Z = M_D.$$

Залежності щільностей розподілів значень середньої кількості влучень з урахуванням відхилення умов стрільби від нормальних та при часі обстрілу 10–50 с наведені на рис. 8.

Крім відхилення умов стрільби від нормальних на середню кількість влучень велике значення має рівень підготовленості особового складу. Результати практичних стрільб свідчать, що низька підготовленість стрільців призводить до збільшення похибок підготовки стрільби і збільшення розсіювання куль порівняно з табличними у 2,5 раза. Закон розподілу коефіцієнта рівня підготовленості вважатимемо рівномірним у діапазоні 1...2,5. Залежності щільностей розподілів значень середньої кількості влучень при часі обстрілу 10–50 с з урахуванням відхилення умов стрільби від нормальних і рівня підготовленості стрільців наведені на рис. 9.

Результати визначення значень середньої кількості влучень можуть бути представлені у вигляді залежностей математичних очікувань кількості влучень від часу вогневого ураження, наведених на рис. 10.



Рис. 8. Щільність розподілу значень середньої кількості влучень з урахуванням відхилення умов стрільби від нормальних та обмеження часу обстрілу

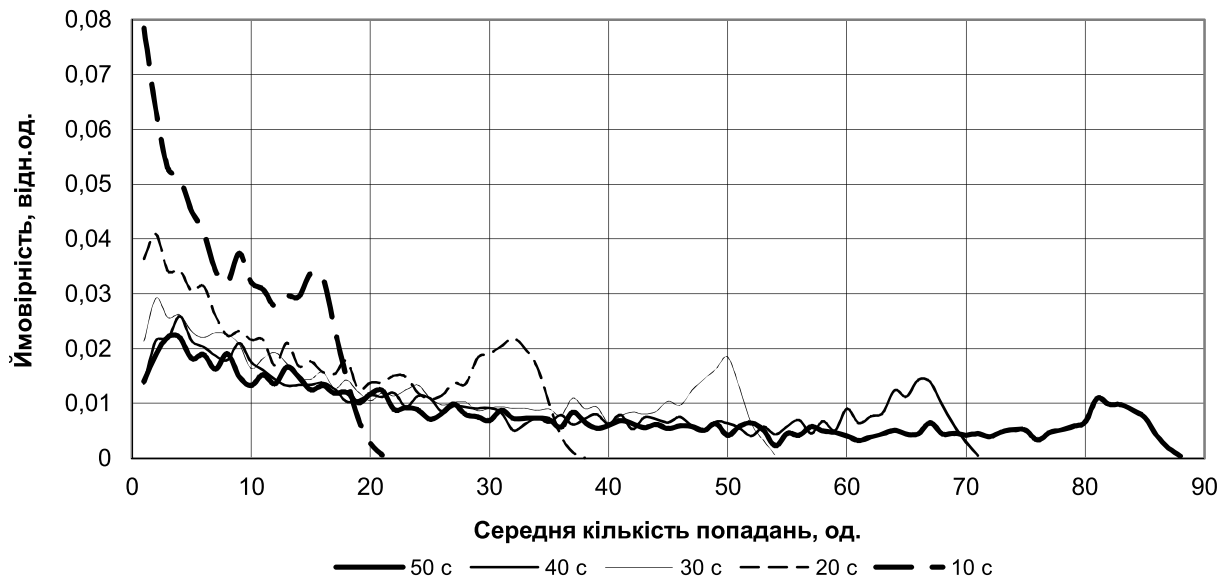


Рис. 9. Щільність розподілу значень середньої кількості влучень з урахуванням відхилення умов стрільби від нормальних, обмеженні часу обстрілу та підготовленості стрільців

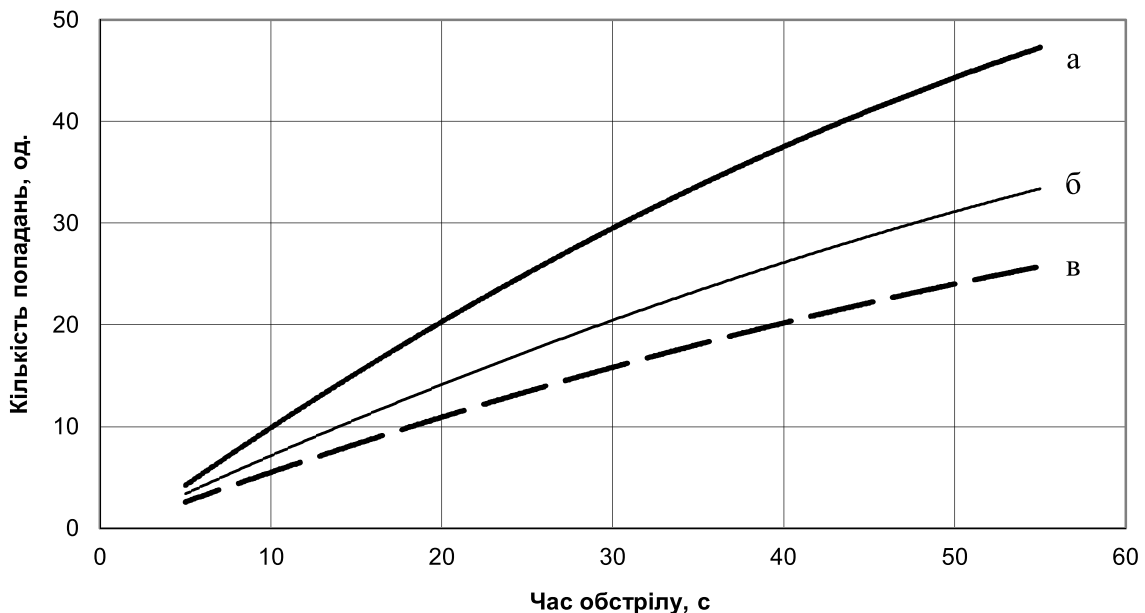


Рис. 10. Математичні очікування кількості влучень в АБП:  
а – при нормальних умовах; б – при відхиленні умов стрільби від нормальних;  
в – з урахуванням підготовленості стрільців

## Висновки

1. Кількість уражень, що може бути здійснена одним стрільцем при тривалості обстрілу 40 с, складає 20-38 і свідчить про високу ймовірність ураження навіть АБП з підвищеним рівнем захищеності, а при обстрілі декількома стрільцями – гарантоване ураження.

2. Аналіз результатів розрахунків показує, що співвідношення між максимальною і мінімальною кількостями влучень в АБП в залежності від умов стрільби та підготовленості стрільців складає 1,8 раза.

3. В умовах значної кількості влучень встановлення додаткових броньових елементів для

збереження рухомості є недоцільним. Додаткові броньові елементи необхідно встановлювати тільки для захисту водія та екіпажу, а підвищення живучості АБП необхідно здійснювати за рахунок конструктивних заходів без збільшення спорядженої маси або збільшення її незначною мірою.

## Список літератури

1. *Боевое применение вооружения и военной техники в горно-пустынной местности Афганистана.* – М.: Воениздат, 1990. – 232 с.
2. Болтунов М. *Боевой опыт Чеченской войны.* – М.: Яуза, Эксмо, 2008. – 320 с.
3. *Інформаційно-аналітичні матеріали: Експлуатація бронетанкового озброєння та військової техніки в*

умовах спекотного пустельного клімату Республіки Ірак// Миротворча діяльність Збройних Сил України та досвід застосування підрозділів Збройних Сил України в операції багатонаціональних сил зі створення умов стабільності та безпеки в Республіці Ірак. – К.: ННДЦ ОТ і ВБ України, 2005. – 400 с.

4. Чорний М.В. Обґрунтування пропозицій щодо визначення необхідного рівня захисту автомобілів багатоцільового призначення в залежності від характеру та місця виконання ними завдань / М.В. Чорний, О.М. Курпінченко, В.А. Голуб // Системи озброєння і військова техніка. – 2010. – № 2(22). – С. 182-187.

5. Семенов В. Золотые грабли, или чем IVECO лучше «Тигра» / В. Семенов // Техника и вооружение. – 2010. – № 12. – С. 2-12.

6. Корчак Ю.В. Бронирование военной автомобильной техники / Ю.В. Корчак, А.В. Сошников, Р.В. Реулов // Военная мысль. – 2010. – № 10. – С. 41-46.

7. Бобров Б.И. Определение оптимального соотношения толщины стальных слоев в композитной 3-слойной броне / Б.И. Бобров, А.А. Кондратьев, Н.Н. Морозов, В.Е. Никитин // Вестник бронетанковой техники. – 1989. – № 12. – С. 22-24.

8. Голуб В.А. Влияние габаритных размеров и скорости руху автомобіля багатоцільового призначення на ефективність його обстрілу зі стрілецької зброї / В.А. Голуб // Збірник наукових праць ЦНДІ ОВТ ЗСУ. – 2011. – № 18. – С. 83-90.

**Рецензент:** А.В. Гурнович, д.т.н., с.н.с., начальник науково-дослідного управління розвитку озброєння та військової техніки Сухопутних військ ЦНДІ ОВТ ЗС України, Київ.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАКОНА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДНЕГО КОЛИЧЕСТВА ПОПАДАНИЙ В АВТОМОБИЛЬ МНОГОЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В.А. Голуб

*В статье проведено определение законов распределения количества попаданий в автомобиль многоцелевого назначения при его обстреле из стрелкового оружия и математические ожидания числа попаданий при ограничении времени обстрела. При этом учтены нечеткие значения скорости движения автомобиля и дальности, с которой осуществляется обстрел, отклонение условий стрельбы от нормальных и уровень подготовленности личного состава. Результаты моделирования дают возможность обосновывать рекомендации по внедрению конструктивных мероприятий по повышению живучести.*

**Ключевые слова:** обстрел, количество попаданий, модель обстрела, время поражения, условия стрельбы, подготовленность стрелков.

## LAW OF DISTRIBUTION OF AVERAGE NUMBER OF HITS IN THE MULTI-PURPOSE VEHICLE

V. Holub

*In the article the definition of the laws of distribution of hits in the multi-purpose vehicle during its engagement by small arms and mathematical expectations of the number of hits while limiting the time of firing. At the same time take into account fuzzy values of vehicle speed and distance with which the shooting, the deviation from the normal firing conditions and level of training of personnel. The results of the simulation make it possible to justify the recommendation to implement meaningful measures to improve survivability.*

**Keywords:** shooting, the number of hits, the model of fire, the time of fire, firing conditions, preparedness shooters.

УДК 519.876.5

В.І. Грабчак<sup>1</sup>, В.М. Супрун<sup>2</sup>, А.М. Заскока<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

<sup>2</sup> Сумський державний університет, Суми

## АНАЛІТИЧНА МОДЕЛЬ БОЮ МІЖ ПРОТИДІЮЧИМИ УГРУПОВАННЯМИ

*В статті представлена аналітична модель бою між протидіючими угрупованнями, динаміка якої описується системою лінійних диференціальних рівнянь. Знайдений у явному вигляді розв'язок системи диференціальних рівнянь, при відповідних початкових умовах. Отримані розрахункові формули для визначення середніх чисельностей бойових одиниць протидіючих сторін, що збереглися на будь-який момент часу ведення бою, та встановлена функціональна залежність між їх середніми чисельностями.*