

Дослідження моделі виконання вогневого завдання снайпером з обмеженням щодо ураження сторонніх осіб

Investigation of a Sniper Fire-Mission Execution Model with Restrictions on Collateral Injury to Bystanders

Олександр Біленко

доктор технічних наук, професор, професор кафедри, e-mail: bai69@ukr.net, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6007-3330>

Денис Асанов

Corresponding author: ад'юнкт, e-mail: a.feris32@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0038-2059>

Oleksandr Bilenko

Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Department, e-mail: bai69@ukr.net, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6007-3330>

Denys Asanov

Corresponding author: PhD student, e-mail: a.feris32@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0038-2059>

Національна академія Національної гвардії України, м. Харків, Україна

National Academy of the National Guard of Ukraine

Received: June 18, 2026 | Revised: June 28, 2026 | Accepted: June 30, 2026

УДК: 623.4

DOI: <https://doi.org/10.33445/sds.2026.16.3.11>

Мета дослідження. Проаналізувати модель виконання вогневого завдання снайпером сил безпеки з обмеженням щодо недопущення ураження сторонніх осіб та встановити закономірності впливу основних параметрів стрільби на ймовірність успішного виконання завдання.

Методи дослідження. Використано математичне моделювання, параметричний аналіз, чисельні розрахунки, порівняльний аналіз і графічну інтерпретацію залежностей. Досліджено вплив купчастості стрільби, відстані до цілі, зміщення контрольної точки та кількості пострілів на ефективність виконання вогневого завдання.

Результати дослідження. Визначено, що найбільш керованими чинниками є положення контрольної точки та кількість пострілів. Показано, що підвищення купчастості стрільби і зменшення дистанції підвищують ймовірність успішного виконання завдання. Встановлено асиметричний вплив зміщення контрольної точки та існування оптимальної кількості пострілів, яка максимізує інтегральну ймовірність виконання вогневого завдання.

Теоретична цінність дослідження. Розвинено математичні моделі оцінювання ефективності снайперських вогневих завдань шляхом інтеграції критерію безпеки сторонніх осіб.

Практична цінність дослідження. Результати можуть бути використані для підготовки снайперів, вибору точки прицілювання, визначення раціональної кількості пострілів та обґрунтування вимог до снайперської зброї.

Оригінальність/цінність дослідження. Запропоновано комплексний аналіз моделі, що одночасно враховує ефективність ураження цілі та безпеку сторонніх осіб.

Обмеження/майбутні дослідження. Модель побудовано для заданих умов і не враховує динаміку реальної бойової обстановки. Подальші дослідження доцільно спрямувати на її експериментальну верифікацію та розширення з урахуванням додаткових факторів ризику.

Тип статті. Теоретична.

Purpose. To analyse a sniper fire-mission execution model for security forces under the constraint of preventing collateral injury to bystanders and to determine how key shooting parameters influence the probability of successful mission accomplishment.

Method. The study employs mathematical modelling, parametric analysis, numerical calculations, comparative analysis, and graphical interpretation of the obtained relationships. The effects of shooting accuracy, target distance, aiming point displacement, and the number of shots on mission effectiveness are investigated.

Findings. The aiming point position and the number of shots were identified as the most controllable factors affecting mission effectiveness. Improved shooting accuracy and reduced engagement distance increase the probability of successful mission accomplishment. An asymmetric effect of aiming point displacement was revealed, and an optimal number of shots that maximises the overall probability of mission success was determined.

Theoretical implications. The study advances mathematical models for evaluating sniper fire-mission effectiveness by incorporating the criterion of bystander safety into the assessment framework.

Practical implications. The findings can be applied to sniper training, aiming point selection, determination of the optimal number of shots, and the justification of technical requirements for sniper weapon systems.

Originality/value. The study presents a comprehensive analysis of a fire-mission execution model that simultaneously accounts for target engagement effectiveness and bystander safety.

Limitations/Future research. The model is based on predefined tactical conditions and does not account for the dynamics of real combat environments. Future research should focus on experimental validation of the model and its extension to incorporate additional operational risk factors.

Paper type. Theoretical article.

Ключові слова: вогневе завдання; ефективність стрільби; сили безпеки; ймовірність ураження цілі; сторонні особи; снайпер.

Key words: Fire Mission; Shooting Effectiveness; Security Forces; Probability of Target Engagement; Bystanders; Sniper.

Вступ

На снайперів сил безпеки (СБ) покладається виконання широкого спектра завдань, зокрема знешкодження озброєного злочинця, який забарикадувався, звільнення заручників, протидія повітряному тероризму, припинення захоплення потягів, автобусів та інших транспортних

засобів, затримання особливо небезпечних злочинців, забезпечення захисту високопосадових осіб і важливих свідків тощо [1, 2]. Частина зазначених завдань виконується за наявності заручників або сторонніх осіб (далі – СО), які перебувають у напрямку стрільби.

Очевидно, що ураження СО під час виконання снайпером сил безпеки вогневого завдання є неприпустимим, оскільки діяльність сил безпеки спрямована на забезпечення захисту життя і здоров'я людини, а також охорону її прав, свобод і законних інтересів [3]. Водночас такі вогневі завдання повинні виконуватися з максимальною ефективністю, насамперед із високою надійністю та оперативністю, що мають унеможливити застосування злочинцем зброї, вибухових пристроїв або вчинення інших суспільно небезпечних дій.

Таким чином, під час виконання завдань силами безпеки виникають ситуації, які потребують ураження цілі з виключно високою ймовірністю успіху за одночасного забезпечення безпеки СО. Аналіз традиційних підходів і поглиблене дослідження спеціальних моделей виконання вогневих завдань можуть дати змогу виявити раніше не враховані резерви підвищення ймовірності успішного виконання специфічних вогневих завдань снайперами сил безпеки.

Огляд літератури

На сьогодні питанням забезпечення ефективності стрільби приділяється значна увага.

Так, у статті [4] експериментально досліджено вплив положення стрільця на похибку наведення та ймовірність влучення в ціль. Установлено, що зміна положення для стрільби істотно впливає на величину похибки наведення і, відповідно, на результуючу ймовірність влучення. Отримані результати підтверджують, що точність виконання вогневого завдання суттєво залежить не лише від балістичних характеристик зброї, а й від умов ведення вогню та стійкості положення стрільця.

У роботах [5–6] досліджено вплив стресових умов і тривожності на поведінку поліцейських, процес прийняття рішень та результативність стрільби працівників поліції з різним рівнем підготовки. Установлено, що підвищення рівня тривожності призводить до зниження точності стрільби та збільшує схильність до передчасного або помилкового прийняття рішення щодо застосування зброї. Водночас більш досвідчені працівники демонструють вищу точність стрільби та кращий контроль візуальної уваги в умовах психоемоційного напруження. Показано, що ефективність застосування зброї в умовах ризику визначається не лише її технічними характеристиками, а й психофізіологічним станом і рівнем підготовленості стрільця до дій в умовах дефіциту часу та небезпеки.

У статті [7] проаналізовано точність стрільби працівників поліції під час реальних випадків службового застосування зброї. Установлено, що показники фактичної влучності в умовах реальних інцидентів є суттєво нижчими, ніж під час навчальної стрільби. Зроблено висновок, що в реальній обстановці ризик промаху та супутнього ураження сторонніх осіб є об'єктивно значущим, що підтверджує актуальність розроблення методики забезпечення безпечності застосування зброї.

У роботі [8] досліджено когнітивні помилки під час стрільби, які виникають під впливом невизначеності обстановки, недостатньої поінформованості та складності ситуації. Установлено, що навіть за належного рівня технічної підготовки можливе виникнення помилок, які призводять до ураження небажаних цілей. Отримані результати свідчать про необхідність урахування когнітивної складової під час розроблення методики забезпечення заданих показників ефективності та безпечності виконання вогневого завдання.

У статтях [9, 10] обґрунтовано необхідність підвищення безпечності застосування стрілецької зброї силами охорони правопорядку та визначено шляхи розв'язання цього завдання. Розроблено критерії оцінювання безпечності застосування стрілецької зброї. Установлено, що дієвими шляхами підвищення безпечності її застосування є зниження

енергетичних характеристик кулі до мінімально достатнього рівня та максимальне скорочення відстані, на якій вона зберігає забійну дію.

У роботі [11] розроблено алгоритм обґрунтування раціональних значень технічних характеристик кінетичної зброї з обмеженою відстанню дії, який дає змогу забезпечити необхідні тактичні характеристики, а саме задану дію уражального елемента по цілі із заданими параметрами в установленому діапазоні відстаней із надійністю та безпечністю не нижче визначених значень.

Статтю [12] присвячено проблемі забезпечення заданої дульної швидкості уражальних елементів для кінетичної зброї не смертельної дії. Запропоновано спосіб підвищення стабільності дульної швидкості уражальних елементів, не пов'язаний зі звуженням допусків на виготовлення елементів спорядження патронів, що дає змогу підвищити надійність виконання вогневого завдання.

У статтях [13–15] висвітлено особливості вогневих завдань, які виконує снайпер сил охорони правопорядку, та визначено шляхи підвищення ефективності їх виконання, зокрема за рахунок визначення раціональної кратності оптичного прицілу, а також шляхом зменшення кута вильоту кулі та узгодження його величини з кутом поля зору прицілу.

У роботі [16] визначено перелік технічних характеристик зброї та функціональних характеристик стрільця, які мають спільний і суттєвий вплив на результати виконання вогневих завдань, а також встановлено структуру взаємозв'язків між ними. Сформульовано завдання, розв'язання яких дасть змогу забезпечити задану ефективність стрільби шляхом формування вимог до технічних характеристик зброї з урахуванням функціональних характеристик стрільця.

У роботі [17] розроблено модель виконання вогневого завдання снайпером сил безпеки з обмеженням щодо ураження сторонніх осіб.

Таким чином, традиційні моделі виконання вогневих завдань здебільшого не враховують наявності сторонніх осіб і не містять відповідних обмежень щодо їх ураження. Розроблена у праці [17] модель виконання вогневого завдання снайпером сил безпеки з обмеженням щодо ураження сторонніх осіб враховує зазначені чинники та обмеження, а отже є складнішою порівняно з традиційними моделями. Тому її дослідження є доцільним для виявлення нових ефектів і закономірностей, не властивих традиційним моделям виконання вогневих завдань.

Методологія дослідження

Для досягнення мети дослідження необхідно встановити залежності показників ефективності виконання вогневого завдання від параметрів його виконання.

До таких параметрів відносяться: розміри цілі (висота Y_c та ширина Z_c); коефіцієнт фігурності цілі K_{fc} ; координати центру цілі Y_{cc} , Z_{cc} ; розміри зони ураження сторонньої особи (висота Y_{co} та ширина Z_{co}); коефіцієнт фігурності зони ураження K_{fco} ; координати центру цієї зони Y_{cco} , Z_{cco} ; відстані до цілі X_c та СО X_{co} ; показники технічної купчастості стрільби зброї (середньоквадратичні відхилення (СКВ) координат точок влучення від осей розсіювання по висоті σ_{my} та боковому напрямку σ_{mz}); показники сумарної помилки наведення зброї на ціль (СКВ координат точок наведення від осей розсіювання по висоті σ_{ny} та боковому напрямку σ_{nz}); кількість влучень у ціль, що призводить до її ураження K_c ; кількість влучень у сторонню особу, що призводить до її ураження K_{co} ; кількість пострілів по цілі n . Лінійні параметри розсіювання влучень можуть бути замінені кутовими σ'_{my} , σ'_{mz} , σ'_{ny} , σ'_{nz} та, відповідно, σ'_y , σ'_z . Крім того, до вихідних даних варто додати зсув контрольної точки (КТ), а отже, і середньої точки влучень у ціль (СТВ) відносно центру цілі (по висоті ΔY_c та боковому напрямку ΔZ_c).

Для отримання залежностей показників ефективності виконання вогневого завдання від вказаних вище параметрів скористаємося моделлю виконання вогневого завдання снайпером сил безпеки з обмеженням щодо ураження сторонніх осіб [17].

Результати

Зазначена модель зв'язує вказані вище параметри виконання вогневого завдання снайпера з показниками ефективності стрільби, а саме ймовірностями влучення у ціль $P_{\text{ц}}$ та СО $P_{\text{со}}$, ймовірностями ураження цілі $W_{\text{ц}}$ та сторонньої особи $W_{\text{со}}$, а також ймовірністю виконання вогневого завдання в цілому $W_{\text{ввз}}$.

Моделю складає наступна сукупність виразів [17]:

$$W_{\text{ввз}} = W_{\text{ц}} \cdot W_{\text{со}} = \left(1 - \left(1 - \frac{P_{\text{ц}}}{K_{\text{ц}}}\right)^n\right) \cdot \left(1 - \frac{P_{\text{со}}}{K_{\text{со}}}\right)^n, \quad (1)$$

$$P_{\text{ц}} = \left[\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{y_{\text{ц}}}} \int_0^{Y_{\text{ц}}} e^{-\frac{(y-M_{y_{\text{ц}}})^2}{2\sigma_{y_{\text{ц}}}^2}} dy \right] \times \left[\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{z_{\text{ц}}}} \int_0^{Z_{\text{ц}}} e^{-\frac{(z-M_{z_{\text{ц}}})^2}{2\sigma_{z_{\text{ц}}}^2}} dz \right] \times K_{\phi_{\text{ц}}}, \quad (2)$$

$$P_{\text{со}} = \left[\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{y_{\text{со}}}} \int_0^{Y_{\text{со}}} e^{-\frac{(y-M_{y_{\text{со}}})^2}{2\sigma_{y_{\text{со}}}^2}} dy \right] \times \left[\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{z_{\text{со}}}} \int_0^{Z_{\text{со}}} e^{-\frac{(z-M_{z_{\text{со}}})^2}{2\sigma_{z_{\text{со}}}^2}} dz \right] \times K_{\phi_{\text{со}}}, \quad (3)$$

$$\sigma_{y_{\text{ц}}} = \sqrt{\sigma_{m_{y_{\text{ц}}}}^2 + \sigma_{n_{y_{\text{ц}}}}^2}, \quad (4) \quad \sigma_{z_{\text{ц}}} = \sqrt{\sigma_{m_{z_{\text{ц}}}}^2 + \sigma_{n_{z_{\text{ц}}}}^2}, \quad (5)$$

$$\sigma_{y_{\text{со}}} = \sqrt{\sigma_{m_{y_{\text{со}}}}^2 + \sigma_{n_{y_{\text{со}}}}^2}, \quad (6) \quad \sigma_{z_{\text{со}}} = \sqrt{\sigma_{m_{z_{\text{со}}}}^2 + \sigma_{n_{z_{\text{со}}}}^2}, \quad (7)$$

$$M_{y_{\text{ц}}} = \frac{Y_{\text{ц}}}{2} + \Delta Y, \quad (8) \quad M_{z_{\text{ц}}} = \frac{Z_{\text{ц}}}{2} + \Delta Z_{\text{ц}}, \quad (9)$$

$$M_{y_{\text{со}}} = Y_{\text{ц}} - Y_{\text{со}} + \frac{Y_{\text{со}}}{2} + \Delta Y_{\text{ц}}, \quad (10) \quad M_{z_{\text{со}}} = Z_{\text{ц}} - Z_{\text{со}} + \frac{Z_{\text{со}}}{2} + \Delta Z_{\text{ц}}, \quad (11)$$

$$\sigma_{y_{\text{ц}}} = tg \left(\frac{\pi \sigma'_y}{180^\circ \cdot 60'} \right) X_{\text{ц}}, \quad (12) \quad \sigma_{z_{\text{ц}}} = tg \left(\frac{\pi \sigma'_z}{180^\circ \cdot 60'} \right) X_{\text{ц}}, \quad (13)$$

$$\sigma_{y_{\text{со}}} = tg \left(\frac{\pi \sigma'_y}{180^\circ \cdot 60'} \right) X_{\text{со}}, \quad (14) \quad \sigma_{z_{\text{со}}} = tg \left(\frac{\pi \sigma'_z}{180^\circ \cdot 60'} \right) X_{\text{со}}. \quad (15)$$

Аналіз чинників, що впливають на результати виконання вогневого завдання, дозволив виявити перелік таких, які одночасно є суттєвими та керованими з точки зору виконавців завдання. До них належать положення контрольної точки відносно центру цілі та кількість пострілів (стрільців, що одночасно виконують завдання з ураження однієї цілі).

До суттєвих та потенційно керованих чинників слід віднести купчастість стрільби (у випадку можливості вибору зброї та стрільців з відповідною кваліфікацією), відстань до цілі (за можливості її скорочення у наявних умовах).

Практично не керованими є розміри зон ураження цілі та СО та ракурс цілі, що впливає на співвідношення зазначених зон ураження.

Отже, за допомогою наведеної вище моделі досліджено вплив деяких суттєвих

параметрів виконання снайперських вогневих завдань з обмеженням щодо ураження СО, а саме – купчастості стрільби, кількості пострілів (стрільців), відстані до цілі та зсуву контрольної точки відносно центру цілі.

Застосування вогнепальної зброї працівниками сил безпеки може здійснюватися у межах досить різноманітних вогневих завдань від знищення озброєних злочинців, що були виявлені у віддалених від населених пунктів місцях до знешкодження небезпечних правопорушників за наявності СО у напрямку стрільби. При цьому найбільш складними можна вважати вогневі завдання, що передбачають знешкодження правопорушника, який прикривається заручником. У такому випадку розміри цілі є мінімальними, а розташування СО найменш зручним для стрільця. Тому розрахунки здійснені для умовної цілі “озброєний правопорушник, що утримує заручника, яким прикривається” рис. 1. Ступень перекриття заручником цілі складає близько 70 %. Положення СТВ відповідає середині неприкритої частини голови злочинця. Висота головної частини фігур складає 0,25 м, ширина – 0,16 м. Кутова технічна купчастість стрільби зброї прийнята наступною: $\sigma'_{my} = \sigma'_{mz} = 0,18'$, а кутові СКВ похибки наведення (на відстанях до 400 м) – $\sigma'_{ny} = \sigma'_{nz} = 0,25'$. Такі значення приблизно відповідають сучасним зразкам снайперської зброї з оптичними прицілами. Отже, відповідно виразів (4) – (7) сумарне кутове СКВ дорівнює $\sigma'_{y\alpha} = \sigma'_{y\alpha\alpha} = \sigma'_{z\alpha} = \sigma'_{z\alpha\alpha} = 0,31'$.

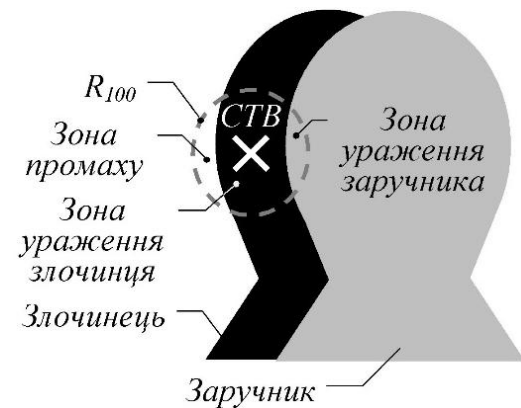


Рисунок 1: Умовна цілі “озброєний правопорушник, що утримує заручника, яким прикривається”

Джерело: розроблено авторами

У результаті різноманітних несприятливих чинників (психоемоційний стан стрільця, часові обмеження на виконання вогневого завдання, наявність вітру зі змінними параметрами, коливання цілі відносно середнього положення тощо) купчастість стрільби снайпера може суттєво знижуватися, тому значення кутового СКВ прийняті у діапазоні від кращого значення (0,3') до гіршого у два рази (0,6'). Діапазон відстаней до цілі прийнято від 150 м до 350 м, що перекриває практичні відстані застосування зброї снайпером сил безпеки.

Найбільш очевидно за формою є отримана залежність ймовірності виконання вогневого завдання від показника купчастості стрільби σ' та відстані до цілі X , яка наведена на рис. 2.

З рисунку 2 видно, що зниження кутового СКВ влучень (тобто підвищення купчастості стрільби) та скорочення відстані до цілі сприяють підвищенню ймовірності виконання вогневого завдання. Це не є новиною, але зв'язок зазначених параметрів для конкретних характеристик цілі та СО дає можливість оцінити надійність виконання вогневого завдання з обмеженням щодо безпечності для СО при застосуванні певного комплексу “зброя – стрілець” з заданої відстані стрільби.

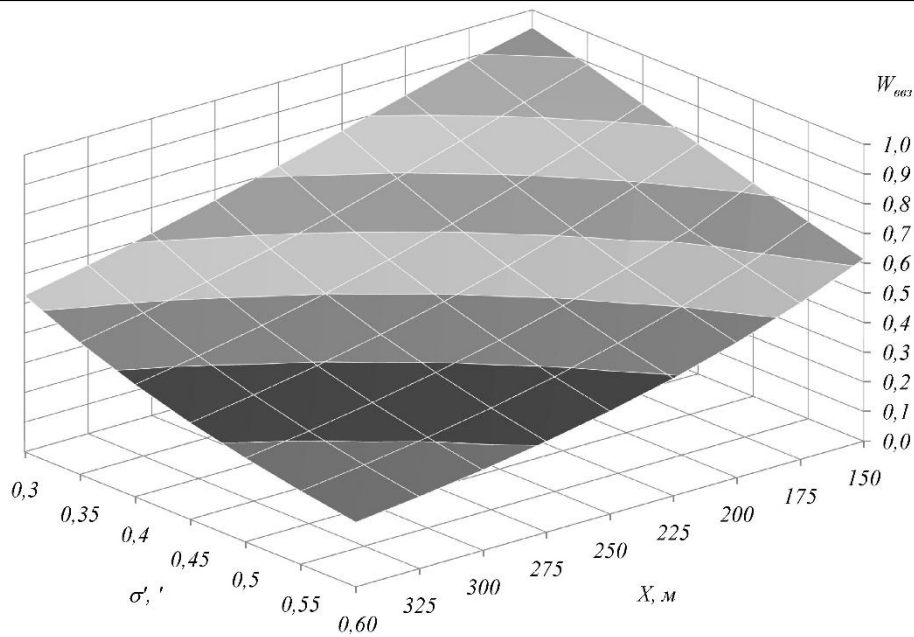


Рисунок 2: Залежність ймовірності виконання вогневого завдання від показника купчастості стрільби та відстані до цілі

Джерело: розраховано авторами

На рис. 3 наведено залежність ймовірності виконання вогневого завдання від показника купчастості стрільби σ' та зсуву контрольної точки по боковому напрямку $\Delta Z_{\text{ц}}$.

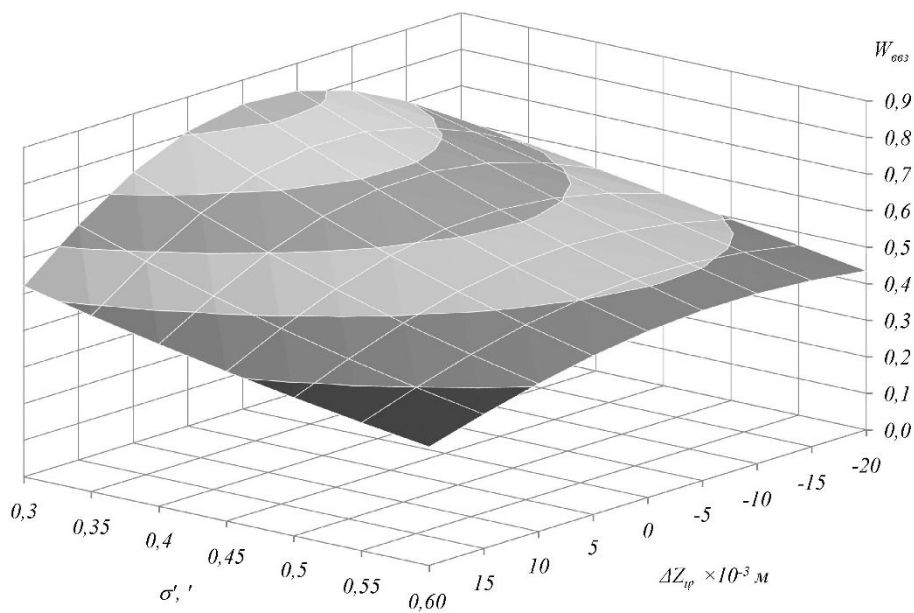


Рисунок 3: Залежність ймовірності виконання вогневого завдання від показника купчастості стрільби та зсуву контрольної точки по боковому напрямку

Джерело: розраховано авторами

З рисунку 2 видно, що як зниження купчастості стрільби, так і збільшення зсуву контрольної точки по боковому напрямку у будь-який бік призводить до зниження ймовірності виконання вогневого завдання.

При цьому варто звернути увагу на асиметричність залежності: при зсуві КТ у бік СО спостерігається більш швидке падіння значення $W_{\text{вз}}$, ніж при її віддаленні від СО. Це

обумовлене одночасним зниженням ймовірності влучення у ціль та підвищенням ймовірності влучення у СО.

Максимальне значення $W_{\text{вбз}}$ відповідає мінімальному значенню показника розсіювання влучень σ' та нульовому значенню зсуву контрольної точки $\Delta Z_{\text{ц}}$.

Але наведені вище залежності отримані для випадку, коли снайпер здійснює по цілі лише один постріл. У випадку, коли з метою підвищення надійності виконання завдання снайперу (групі снайперів) слід здійснити більше одного пострілу картина суттєво змінюється.

Наприклад, на рис. 4 представлено залежність ймовірності виконання вогневого завдання від кількості пострілів n та відстані до цілі X за відсутності зсуву КТ відносно центру цілі.

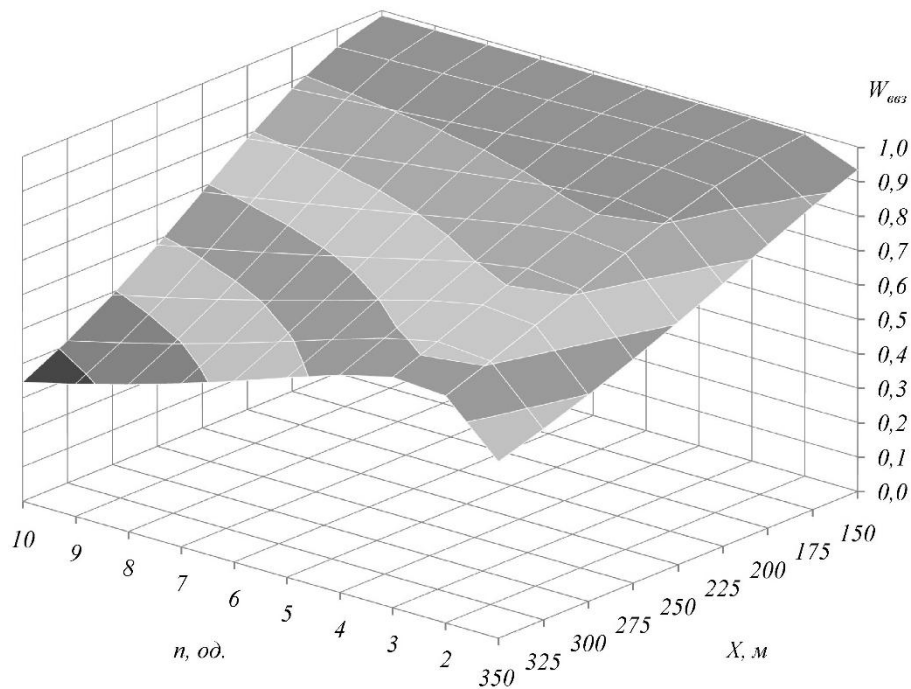


Рисунок 4: Залежність ймовірності виконання вогневого завдання від кількості пострілів та відстані до цілі

Джерело: розраховано авторами

Цілком зрозумілим є падіння ймовірності виконання вогневого завдання зі зростанням відстані до цілі, але не є очевидною залежність $W_{\text{вбз}}$ від кількості пострілів: спочатку $W_{\text{вбз}}$ зростає, при $n = 3$ значення $W_{\text{вбз}}$ приймає максимальне значення, а при подальшому збільшенні n ймовірність виконання вогневого завдання поступово знижується. Аналіз моделі показав, що при іншому співвідношенні розмірів цілі та зони ураження СО кількість пострілів, що відповідає максимальному значенню $W_{\text{вбз}}$ може бути іншою. Але більш детальне вивчення цього питання не має сенсу, бо на параметри цілі снайпер не впливає.

Більш цікавим є вплив на надійність ураження цілі зсуву контрольної точки (та, відповідно СТВ) у напрямку віддалення від зони ураження СО, або наближення до неї. Для наведеного вище варіанту цілі таким напрямком є горизонтальний, а відповідною характеристикою зсуву – величина $\Delta Y_{\text{ц}}$. У інших випадках характеристикою зсуву контрольної точки може бути величина $\Delta Y_{\text{ц}}$ або одночасно $\Delta Z_{\text{ц}}$ та $\Delta Y_{\text{ц}}$.

На рис. 5 і 6 та у табл. 1 показано вплив $\Delta Y_{\text{ц}}$ на $W_{\text{вбз}}$. Чисельні значення залежностей відповідають вихідним даним, що наведені вище для умовної цілі (рис. 1). При цьому $\sigma'_{\text{yc}} = \sigma'_{\text{yc0}} = \sigma'_{\text{zc}} = \sigma'_{\text{zc0}} = 0,308'$, $X = 200$ м.

Таблиця 1: Ймовірність виконання вогневого завдання з обмеженням щодо ураження сторонньої особи

$\Delta Y_{ц}, \text{ м}$ $n, \text{ од.}$	-0,020	-0,015	-0,010	-0,005	0,000	0,005	0,010	0,015	0,020
1	0,6021	0,6953	0,7672	0,8102	0,8189	0,7908	0,7264	0,6305	0,5129
2	0,8412	0,9056	0,9415	0,9538	0,9455	0,9149	0,8552	0,7590	0,6256
3	0,9359	0,9686	0,9795	0,9750	0,9559	0,9174	0,8510	0,7479	0,6059
4	0,9733	0,9869	0,9861	0,9739	0,9471	0,8983	0,8184	0,7008	0,5475
5	0,9879	0,9917	0,9855	0,9687	0,9352	0,8757	0,7809	0,6470	0,4823
6	0,9934	0,9924	0,9833	0,9628	0,9229	0,8529	0,7437	0,5946	0,4206
7	0,9954	0,9918	0,9806	0,9567	0,9106	0,8307	0,7080	0,5457	0,3653
8	0,9959	0,9908	0,9779	0,9507	0,8985	0,8089	0,6740	0,5005	0,3168
9	0,9958	0,9897	0,9752	0,9447	0,8866	0,7878	0,6415	0,4591	0,2746
10	0,9955	0,9886	0,9725	0,9388	0,8748	0,7672	0,6107	0,4211	0,2379

Джерело: розраховано авторами

З таблиці та рисунків видно, що в залежності від величини та напрямку зсуву контрольної точки зброї по боковому напрямку кількість пострілів, яка відповідає максимальному значенню виконання вогневого завдання є різною (відповідні максимальні значення $W_{вз}$ у таблиці виділені напівжирним шрифтом, а на рис. 6 помічені чорними точками).

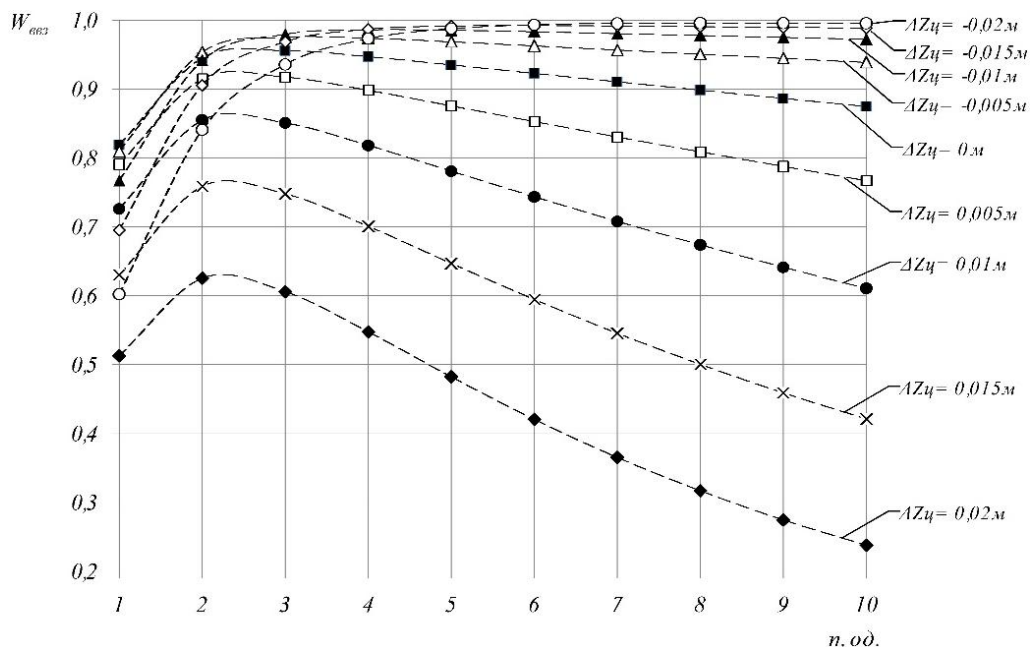


Рисунок 5: Залежність ймовірності виконання вогневого завдання від кількості пострілів та відстані до цілі

Джерело: розраховано авторами

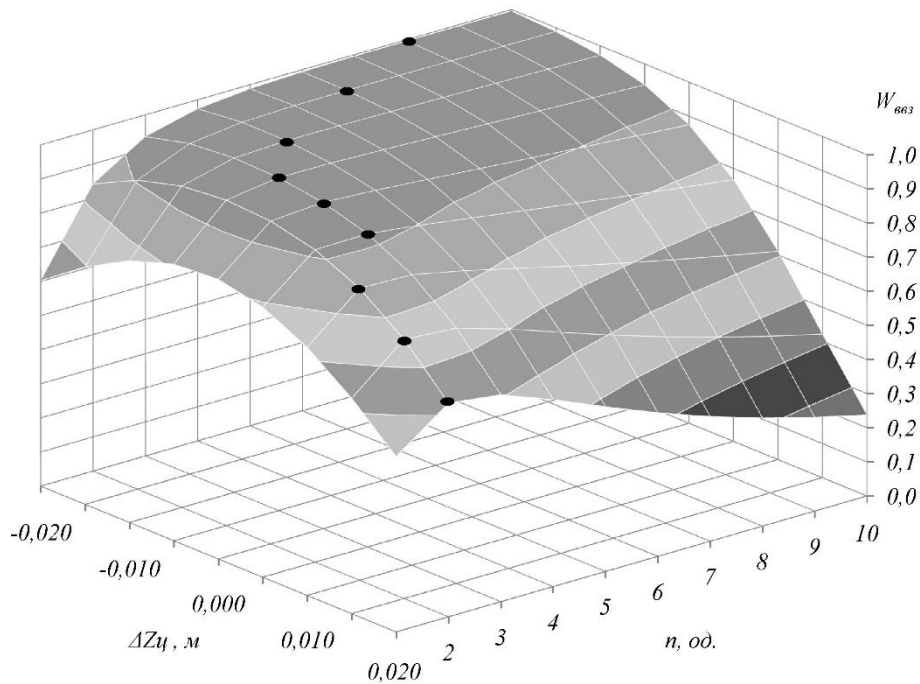


Рисунок 6: Залежність ймовірності виконання вогневого завдання від кількості пострілів та відстані до цілі

Джерело: розраховано авторами

Крім того, при наближенні контрольної точки до зони ураження СО максимальне значення W_{663} знижується, а при віддалення від неї – навпаки зростає. Це пояснюється розташуванням плями розсіювання влучень (R_{100}) у площини цілі та СО відносно положення останніх (рис. 7).

З рис. 7 видно, що пляма розсіювання влучень одночасно накриває зони ураження цілі, СО та промаху. При зсуві контрольної точки та, відповідно СТВ, у напрямку протилежному СО (рис. 7 а) зона ураження останньої зменшується, ймовірність не ураження СО зростає та відповідно виразу (1) зростає W_{663} . При зсуві контрольної точки у напрямку СО (рис. 7 б) зона ураження останньої збільшується, ймовірність не ураження СО знижується, а разом з цим знижується і W_{663} .

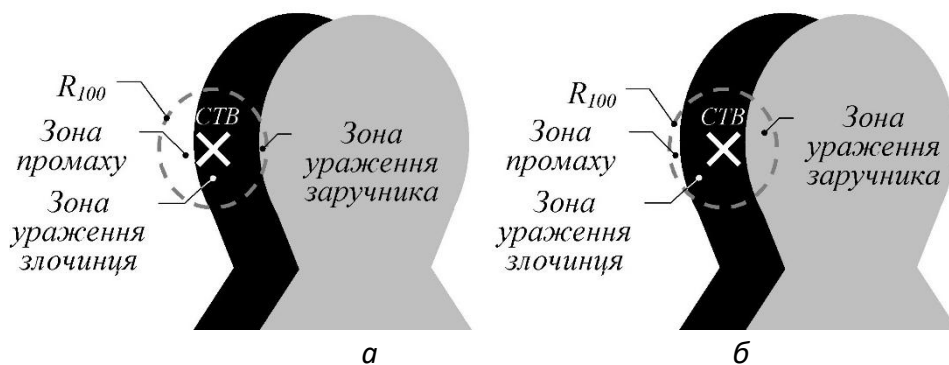


Рисунок 7: Вплив положення СТВ на розташування та площі зон ураження цілі, заручника та промаху

Джерело: розраховано авторами

Таким чином, вибір контрольної точки при виконанні специфічного вогневого завдання з обмеженнями щодо ураження сторонньої особи снайпером сил безпеки є дієвим засобом впливу на ефективність виконання вогневого завдання, а неправильне визначення її положення може призводити до суттєвого зниження зазначеної ефективності. Це набуває актуальності при виконанні найбільш відповідальних завдань за можливості одночасного застосування більше, ніж одного снайпера для стрільби по одній цілі.

Обговорення

Отримані результати підтверджують, що ефективність виконання спеціальних снайперських завдань визначається не лише точністю стрільби, а й взаємним розташуванням цілі та сторонніх осіб, що значно ускладнює процес прийняття рішення. На відміну від традиційних моделей оцінювання ефективності стрільби, які переважно орієнтовані на максимізацію ймовірності ураження цілі, запропонована модель інтегрує також критерій безпеки сторонніх осіб, що відповідає сучасним вимогам до застосування зброї силами безпеки.

Результати узгоджуються з наведеними в огляді літератури дослідженнями, які свідчать про істотний вплив купчастості стрільби, точності наведення, психологічного стану стрільця та умов виконання завдання на кінцевий результат. Разом із тим проведений аналіз демонструє новий ефект, який практично не розглядався у попередніх роботах, — існування оптимального поєднання положення контрольної точки та кількості пострілів, що забезпечує максимум інтегральної ймовірності успішного виконання вогневого завдання при одночасному мінімізуванні ризику ураження сторонніх осіб.

Особливий інтерес становить встановлена асиметрія впливу зміщення контрольної точки. Зміщення точки прицілювання у напрямку сторонньої особи значно швидше погіршує результати виконання завдання, ніж аналогічне зміщення у протилежному напрямку. Це має важливе практичне значення під час планування снайперських операцій у міських умовах, антитерористичних заходів та операцій зі звільнення заручників, де навіть незначне зміщення середньої точки влучення може суттєво змінити співвідношення між ефективністю ураження цілі та безпекою цивільних осіб.

Водночас дослідження має певні обмеження. Аналіз виконано для модельних умов із фіксованими параметрами цілі та сторонньої особи, тоді як у реальних операціях ці параметри можуть змінюватися під впливом руху, погодних умов, стресових факторів та інших випадкових впливів. Тому перспективним напрямом подальших досліджень є експериментальна перевірка отриманих закономірностей, розширення математичної моделі за рахунок урахування динамічних факторів бойової обстановки та створення практичної методики підтримки прийняття рішень для снайперів сил безпеки.

Висновки

У результаті аналізу моделі виконання вогневого завдання снайпером сил безпеки з обмеженням щодо ураження сторонніх осіб встановлено, що одночасно суттєвими та керованими чинниками є положення контрольної точки відносно центру цілі та кількість пострілів (або стрільців, які одночасно виконують завдання з ураження однієї цілі). До суттєвих і потенційно керованих чинників також належать купчастість стрільби та відстань до цілі.

Підвищення купчастості стрільби та скорочення відстані до цілі сприяють підвищенню ймовірності виконання вогневого завдання. Тому під час виконання відповідальних вогневих завдань доцільно розглядати можливість вибору зброї з максимальною купчастістю стрільби та стрільців із найвищим рівнем кваліфікації.

Зсув контрольної точки у бік сторонньої особи призводить до більшого зниження ефективності стрільби, ніж її зміщення у протилежний бік. Тому у разі наявності чинників, що неминуче спричиняють значний зсув середньої точки влучення (рухомість цілі, поривчастий

вітер тощо), під час прицілювання доцільно зміщувати точку прицілювання у бік, протилежний розташуванню сторонньої особи.

Одноточасний вплив зсуву контрольної точки відносно центру цілі та кількості пострілів на ймовірність виконання вогневого завдання снайпером сил безпеки з обмеженням щодо ураження сторонніх осіб описується залежністю з вираженими екстремумами. Це дає змогу визначити таке поєднання зазначених параметрів, яке відповідає максимальному значенню ймовірності виконання вогневого завдання.

Отримані під час дослідження моделі виконання вогневого завдання снайпером сил безпеки з обмеженням щодо ураження сторонніх осіб результати можуть бути використані для формування практичних рекомендацій і розроблення відповідних методик.

Напрямом подальших досліджень є розроблення методики забезпечення заданих показників ефективності виконання вогневого завдання снайпером сил безпеки з обмеженням щодо ураження сторонніх осіб.

Фінансування

Це дослідження не отримало конкретної фінансової підтримки.

Конкуруючі інтереси

Автори заявляють, що у них немає конкуруючих інтересів.

Використання штучного інтелекту

Автори заявляють, що використовували ШІ для перевірки правопису та пошуку ресурсів.

Список використаних джерел

1. Plaster J. The Ultimate Sniper. Boulder : Paladin Press, 2007. 617 p.
2. Біленко О. І. Тактико-технічні характеристики стрілецької зброї для сил охорони правопорядку, які підлягають регламентації. Східно-Європейський журнал передових технологій. 2013. Т. 2, № 10 (62). С. 28–32. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2013.12749>.
3. Про Національну гвардію України : Закон України від 13.03.2014 № 876-VII // Відомості Верховної Ради України. 2014. № 17. Ст. 594. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/876-18>
4. Corriveau D., Rabbath C. A., Goudreau A. Effect of the firing position on aiming error and probability of hit. Defence Technology. 2019. Vol. 15, No. 5. P. 713–720. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dt.2019.08.008>.
5. Vickers J. N., Lewinski W. Performing under pressure: Gaze control, decision making and shooting performance of elite and rookie police officers. Human Movement Science. 2012. Vol. 31, No. 1. P. 101–117. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.humov.2011.04.004>.
6. Nieuwenhuys A., Oudejans R. R. D. Effects of anxiety on handgun shooting behavior of police officers: a pilot study. Anxiety, Stress, & Coping. 2010. Vol. 23, No. 2. P. 225–233. DOI: <https://doi.org/10.1080/10615800902977494>.
7. Donner C. M., Popovich N. Hitting (or missing) the mark: An examination of police shooting accuracy in officer-involved shooting incidents. Policing: An International Journal. 2019. Vol. 42, No. 3. P. 474–489. DOI: <https://doi.org/10.1108/PIJPSM-05-2018-0060>.
8. Biggs A. T., Hamilton J. A., Thompson A. G. et al. Not According to Plan: Cognitive Failures in Marksmanship due to Effects of Expertise, Unknown Environments, and the Likelihood of Shooting Unintended Targets. Applied Ergonomics. 2023. Vol. 112. Art. 104058. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2023.104058>.
9. Біленко О. І., Кириченко О. О. Шляхи підвищення безпечності застосування стрілецької зброї силами охорони правопорядку. Східно-Європейський журнал передових технологій. 2014. № 3/2 (68). С. 35–39. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.23117>.

10. Біленко О. І., Кириченко О. О. Методика визначення раціональних балістичних характеристик зразка стрілецької зброї сил безпеки для підвищення безпечності її застосування. Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України. 2018. № 2 (32). С. 17–27. DOI: <https://doi.org/10.33405/2409-7470/2018/2/32/155168>.
11. Біленко О. І. Обґрунтування раціональних значень технічних характеристик кінетичної зброї з обмеженою відстанню дії для сил безпеки. Системи озброєння і військова техніка. 2015. № 4 (44). С. 10–14. URL: <https://www.base-search.net/Record/5fa32d1dada036971b85f08ef2e881153ded3fb11352601c302a1baf8d2a836c>.
12. Біленко О. І., Пашенко В. В. Підвищення стабільності дульної швидкості уражальних елементів кінетичної зброї не смертельної дії. Збірник наукових праць Академії внутрішніх військ МВС України. 2010. Вип. 2. С. 5–10. DOI: <https://doi.org/10.33405/2409-7470/2010/2/16/150687>.
13. Біленко О. І., Белашов Ю. О. Шляхи підвищення ефективності виконання вогневих завдань снайпером сил охорони правопорядку. Збірник наукових праць Академії внутрішніх військ МВС України. 2013. Вип. 2 (22). С. 12–15. DOI: <https://doi.org/10.33405/2409-7470/2013/2/22/141153>.
14. Біленко О. І. Підвищення ефективності виконання снайперських вогневих завдань силами безпеки шляхом визначення раціональних характеристик оптичного прицілу. Системи озброєння і військова техніка. 2015. № 1 (41). С. 7–11. URL: <https://www.base-search.net/Record/2aefe10513c72fc0f33629cad662433a5edde174e69c2a4787c39edfa804f13d>.
15. Біленко О. І., Белашов Ю. О. Підвищення оперативності виконання снайперських вогневих завдань силами безпеки шляхом зменшення кута вильоту кулі. Системи озброєння і військова техніка. 2015. № 3 (43). С. 16–21. URL: <https://www.base-search.net/Record/7c195e856e8ee89a189c80bcd70663a519aa4b35ced9407fead2980e88e84c98>.
16. Біленко О. І., Першина К. В. Вплив характеристик системи «людина – машина» на ефективність виконання вогневих завдань працівниками сил безпеки. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. 2016. № 49 (1221). С. 80–84. URL: <https://repository.kpi.kharkov.ua/items/7ce70b1b-e191-4f4f-a964-7ab0a76a4250>.
17. Біленко О. І., Асанов Д. С. Model For Executing A Fire Mission By A Security Forces Sniper With Restrictions On Collateral Injury To Bystanders. Честь і закон. 2026. № 1 (94). С. 36–43.
18. Біленко О. І., Мартинов І. В. Методика формування вимог до характеристик шуму пострілу для забезпечення прихованого виконання вогневих завдань силами безпеки. Честь і закон. 2022. № 3 (82). С. 91–98. DOI: <https://doi.org/10.33405/2078-7480/2022/3/82/267261>.
19. Біленко О. І. Визначення параметрів звуку пострілу, які впливають на виконання специфічних вогневих завдань силами безпеки та підлягають регламентації. Системи озброєння і військова техніка. 2014. № 1 (37). С. 5–11. URL: <https://www.base-search.net/Record/0f15178344e0261c99a744c17bb4b4eda01df53fe85b6499838f7f117fd51d86>.
20. Біленко О. І., Пістряк П. В., Мартинов І. В. Дослідження стану науково-методичного апарату формування вимог до характеристик шуму пострілу зі стрілецької зброї. Честь і закон. 2021. № 3 (78). С. 45–51. DOI: <https://doi.org/10.33405/2078-7480/2021/3/78/244549>.
21. Біленко О. І. Формування вимог до розкиду дульних швидкостей металевих елементів кінетичної зброї. Збірник наукових праць Академії внутрішніх військ МВС України. 2013. Вип. 1 (21). С. 16–20. DOI: <https://doi.org/10.33405/2409-7470/2013/1/21/141194>.
22. Біленко О. І., Афанасьєв В. В. Вплив параметрів заряджання на початкову швидкість кулі. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Харків : НТУ «ХПІ», 2007. № 11. С. 33–37.

23. Біленко О. І. Метод формування вимог до балістичного коефіцієнта металюного елемента кінетичної зброї. Східно-Європейський журнал передових технологій. 2013. Т. 6, № 3 (66). С. 46–49. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2013.19156>.

References

1. Plaster, J. (2007). *The ultimate sniper*. Paladin Press.
2. Bilenko, O. I. (2013). Taktyko-tekhnichni kharakterystyky striletskoi zbroi dlia syl okhorony pravoporiadku, yaki pidliahaiut rehlamentatsii [Tactical and technical characteristics of small arms for law enforcement agencies subject to regulation]. *Skhidno-Yevropeyskyi zhurnal peredovykh tekhnolohii (Eastern-European Journal of Enterprise Technologies)*, 2(10(62)), 28–32. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2013.12749>
3. Verkhovna Rada Ukrainy. (2014, March 13). *Pro Natsionalnu hvardiiu Ukrainy: Zakon Ukrainy No. 876-VII* [On the National Guard of Ukraine: Law of Ukraine No. 876-VII]. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/876-18>
4. Corriveau, D., Rabbath, C. A., & Goudreau, A. (2019). Effect of the firing position on aiming error and probability of hit. *Defence Technology*, 15(5), 713–720. <https://doi.org/10.1016/j.dt.2019.08.008>
5. Vickers J. N., Lewinski W. Performing under Pressure: Gaze Control, Decision Making and Shooting Performance of Elite and Rookie Police Officers. *Human Movement Science*. 2012. Vol. 31, No. 1. P. 101–117. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.humov.2011.04.004>.
6. Nieuwenhuys A., Oudejans R. R. D. Effects of Anxiety on Handgun Shooting Behavior of Police Officers: A Pilot Study. *Anxiety, Stress, & Coping*. 2010. Vol. 23, No. 2. P. 225–233. DOI: <https://doi.org/10.1080/10615800902977494>.
7. Donner C. M., Popovich N. Hitting (or Missing) the Mark: An Examination of Police Shooting Accuracy in Officer-Involved Shooting Incidents. *Policing: An International Journal*. 2019. Vol. 42, No. 3. P. 474–489. DOI: <https://doi.org/10.1108/PIJPSM-05-2018-0060>.
8. Biggs A. T., Hamilton J. A., Thompson A. G. et al. Not According to Plan: Cognitive Failures in Marksmanship Due to Effects of Expertise, Unknown Environments, and the Likelihood of Shooting Unintended Targets. *Applied Ergonomics*. 2023. Vol. 112. Art. 104058. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2023.104058>.
9. Bilenko O. I., Kyrychenko O. O. Ways to Improve the Safety of Small-Arms Employment by Law Enforcement Forces. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2014. No. 3/2 (68). P. 35–39. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.23117>.
10. Bilenko O. I., Kyrychenko O. O. Method for Determining Rational Ballistic Characteristics of a Small-Arms Model for Security Forces to Improve the Safety of Its Employment. *Collection of Scientific Works of the National Academy of the National Guard of Ukraine*. 2018. No. 2 (32). P. 17–27. DOI: <https://doi.org/10.33405/2409-7470/2018/2/32/155168>.
11. Bilenko O. I. Substantiation of Rational Values of the Technical Characteristics of Limited-Range Kinetic Weapons for Security Forces. *Weapon Systems and Military Equipment*. 2015. No. 4 (44). P. 10–14. URL: <https://www.base-search.net/Record/5fa32d1dada036971b85f08ef2e881153ded3fb11352601c302a1baf8d2a836c>.
12. Bilenko O. I., Pashchenko V. V. Improving the Stability of the Muzzle Velocity of Projectiles of Non-Lethal Kinetic Weapons. *Collection of Scientific Works of the Academy of Internal Troops of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine*. 2010. Issue 2. P. 5–10. DOI: <https://doi.org/10.33405/2409-7470/2010/2/16/150687>.
13. Bilenko O. I., Bielashov Yu. O. Ways to Improve the Effectiveness of Fire Missions Performed by a Law Enforcement Forces Sniper. *Collection of Scientific Works of the Academy of Internal*

- Troops of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine. 2013. Issue 2 (22). P. 12–15. DOI: <https://doi.org/10.33405/2409-7470/2013/2/22/141153>.
14. Bilenko O. I. Improving the Effectiveness of Sniper Fire Missions Performed by Security Forces by Determining Rational Characteristics of an Optical Sight. *Weapon Systems and Military Equipment*. 2015. No. 1 (41). P. 7–11. URL: <https://www.base-search.net/Record/2aefe10513c72fc0f33629cad662433a5edde174e69c2a4787c39edfa804f13d>.
 15. Bilenko O. I., Bielashov Yu. O. Increasing the Responsiveness of Sniper Fire Missions Performed by Security Forces by Reducing the Bullet Departure Angle. *Weapon Systems and Military Equipment*. 2015. No. 3 (43). P. 16–21. URL: <https://www.base-search.net/Record/7c195e856e8ee89a189c80bcd70663a519aa4b35ced9407fead2980e88e84c98>.
 16. Bilenko O. I., Pershyna K. V. Influence of the Characteristics of the Human–Machine System on the Effectiveness of Fire Missions Performed by Security Forces Personnel. *Bulletin of the National Technical University ‘KhPI’: Collection of Scientific Papers. Series: Mechanical and Technological Systems and Complexes*. 2016. No. 49 (1221). P. 80–84. URL: <https://repository.kpi.kharkov.ua/items/7ce70b1b-e191-4f4f-a964-7ab0a76a4250>.
 17. Bilenko O. I., Asanov D. S. Model for Executing a Fire Mission by a Security Forces Sniper with Restrictions on Collateral Injury to Bystanders. *Honor and Law*. 2026. No. 1 (96). P. 36–42. [https://doi.org/10.33405/2078-7480/2026/96/1\(96\)/363022](https://doi.org/10.33405/2078-7480/2026/96/1(96)/363022).
 18. Bilenko O. I., Martynov I. V. Method for Forming Requirements for Gunshot-Noise Characteristics to Ensure the Covert Performance of Fire Missions by Security Forces. *Honor and Law*. 2022. No. 3 (82). P. 91–98. <https://doi.org/10.33405/2078-7480/2022/3/82/267261>.
 19. Bilenko O. I. Determination of Gunshot-Sound Parameters That Affect the Performance of Specific Fire Missions by Security Forces and Are Subject to Regulation. *Weapon Systems and Military Equipment*. 2014. No. 1 (37). P. 5–11. URL: <https://www.base-search.net/Record/0f15178344e0261c99a744c17bb4b4eda01df53fe85b6499838f7f117fd51d86>.
 20. Bilenko O. I., Pistriak P. V., Martynov I. V. Study of the State of the Scientific and Methodological Apparatus for Forming Requirements for Small-Arms Gunshot-Noise Characteristics. *Honor and Law*. 2021. No. 3 (78). P. 45–51. DOI: <https://doi.org/10.33405/2078-7480/2021/3/78/244549>.
 21. Bilenko O. I. Formation of Requirements for the Dispersion of Muzzle Velocities of Kinetic-Weapon Projectiles. *Collection of Scientific Works of the Academy of Internal Troops of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine*. Kharkiv: Academy of Internal Troops of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine, 2013. Issue 1 (21). P. 16–20. <https://doi.org/10.33405/2409-7470/2013/1/21/141194>.
 22. Bilenko O. I., Afanasiev V. V. Influence of Loading Parameters on Bullet Muzzle Velocity. *Bulletin of the National Technical University ‘KhPI’*. Kharkiv: NTU ‘KhPI’, 2007. No. 11. P. 33–37.
 23. Bilenko O. I. Method for Forming Requirements for the Ballistic Coefficient of a Kinetic-Weapon Projectile. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2013. Vol. 6, No. 3 (66). P. 46–49. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2013.19156>.



This is an open access journal and all published articles are licensed under a Creative Commons «Attribution» 4.0.