

into account all the factors and physical parameters of container and fire, the studies conducted allow to determine the safe distance of the container to the flame of the fire depending on the intensity of the heat flow and degree of blackness of its surface, and also the distribution of temperature of the thickness of the wooden container wall, depending from the time, is investigated. The studies provide an opportunity to determine the time at which the critical temperature for handling ammunition will reach the inner surface of the container wall, which will prevent the risk of explosion and fire.

The temperature distribution of the thickness of the wooden container wall for the storage of ammunition, caused by the heat flux of the fire, was investigated. It is shown that the degree of blackness of the surface of the wooden container wall greatly affects the value of the temperature field. To research the intensity of the heat flux used Stefan-Boltzmann law. We used the Laplace transformation to research the temperature distribution of the thickness of the wall of the wooden container, depending on the degree of blackness of its surface. When modeling the heating process of a wooden container wall we used the second boundary condition.

Keywords: heat flow, degree of blackness, temperature, ammunition, wooden container.

УДК 623.5

О.М.Дробан, Е.Ф.Жогальський

Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

ПІДХОДИ ДО ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ СТРІЛЬБИ ЗІ СТРІЛЕЦЬКОЇ ЗБРОЇ

У роботі авторами проводиться дослідження існуючих методів визначення ефективності стрільби зі стрілецької зброї. В умовах подальшого розвитку та переоснащення Збройних Сил України сучасними зразками озброєння постає питання щодо з'ясування параметрів оцінки ефективності застосування перспективних зразків стрілецької зброї як з використанням математичних моделей, так і в процесі полігонних випробувань з метою визначення доцільності прийняття їх на озброєння. Проведений аналіз існуючих методик дозволив визначити основні критерії, по яких можливе проведення оцінки ефективності стрільби зі стрілецької зброї.

Ключові слова: властивості зброї, критерії оцінки, параметри ефективності, ймовірність.

Постановка проблеми

У процесі переоснащення підрозділів Сухопутних військ Збройних Сил України новітніми зразками стрілецької зброї відбувається модернізація існуючої та прийняття на озброєння нової зброї, що ставить завдання забезпечення підрозділів такою зброєю, властивості якої забезпечували б ураження заданих цілей в різних умовах бойового застосування. Властивості зброї тісно пов'язані з поняттям «вимоги до зброї». Вимоги виступають як бажані властивості, а властивості – як реалізовані вимоги. В свою чергу від властивостей зброї напряму залежить ефективність її застосування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Питанню дослідження ефективності стрільби зі стрілецької зброї присвячена велика кількість наукових праць. Теоретичні дослідження пов'язані з авторами Благодіровим А.А., Шерешевським М.С., Кириловим В.М. та багатьма іншими. У цих роботах детально розкривається порядок визначення ефективності стрільби зі стрілецької зброї. Однак

сьогодні виникла необхідність визначення бойової ефективності стрілецької зброї, оснащеної новітніми прицільними пристосуваннями (коліматорні та тепловізійні приціли), різноманітними додатковими пристосуваннями, а також при стрільбі по цілях у засобах індивідуального захисту.

Формулювання мети статті

Мета статті – аналіз існуючих підходів щодо визначення ефективності стрільби та методів розрахунку показників ефективності. Узагальнення основних критеріїв оцінки ефективності стрільби зі стрілецької зброї.

Виклад основного матеріалу

В деяких літературних джерелах автори поділяють всю сукупність властивостей зброї на дві групи: службово-експлуатаційні та виробничо-економічні. Але, на нашу думку, варто приєднатись до тих спеціалістів [5], які розподіляють властивості зброї на чотири групи: бойові, конструктивні, службово-експлуатаційні та виробничо-економічні.

Під бойовими властивостями розуміється сукупність таких властивостей зброї, які

характеризують можливість вогневого впливу на противника при нормальному технічному стані і безвідмовній дії. Їх зазвичай розглядають з трьох сторін: потужність стрільби, маневреність і надійність дії зброї.

До конструктивних характеристик відносяться наступні: принципова схема компоновки; конструктивні особливості окремих вузлів (тип автоматики, тип затвора і т.д.); розміри зброї в бойовому і похідному положенні; вага зброї; простота будови зразка.

Службово-експлуатаційні властивості повинні забезпечувати просту і зручну роботу з усіма механізмами зброї та безпеку стрільби, а також роботу автоматики і поводження зі зброєю в будь-яких умовах.

Виробничо-економічні властивості зазвичай оцінюються собівартістю, складністю і тривалістю процесу виготовлення та іншими показниками.

Сукупність властивостей зброї визначає показники її бойової ефективності. Одним із найважливіших з них є ефективність стрільби. Висока ефективність стрільби зразків стрілецької зброї підрозділу дозволяє виконати поставлену ним вогневу задачу якісно, своєчасно і з найменшою витратою боєприпасів, а це в свою чергу впливає на успішне вирішення бойового завдання в цілому.

Ефективністю стрільби називається ступінь відповідності результатів стрільби бойовій задачі, що поставлена [2, 3, 6]. Вона залежить від властивостей стрілецької зброї та умов бойового застосування.

До властивостей стрілецької зброї, що впливають на ефективність стрільби, відносять [4]: влучність стрільби, дієвість кулі по цілі, початкову швидкість кулі. Умови бойового застосування зброї залежать від геометричних характеристик цілі (розмірів, форми цілі і т.д.), захищеності, маневреності, видимості цілі і відстані до неї.

З аналізу літературних джерел стає зрозумілим, що існує ряд підходів до оцінки ефективності стрільби зі стрілецької зброї.

Так, перший автор [1] у своїй роботі розглядає основні критерії ефективності стрільби з двох сторін.

1. У випадку ведення вогню по одиночній цілі:

а) ймовірність ураження цілі.

При стрільбі одним пострілом ймовірність ураження має вигляд

$$W_1 = \frac{P_1}{\omega}, \quad (1)$$

де P_1 – ймовірність влучення в цілю одним пострілом; ω – середнє необхідне число влучень для ураження цілі.

При стрільбі чергою незалежних пострілів за умови, що від пострілу до пострілу ймовірності

влучення зберігають постійне значення, ймовірність ураження приймає вигляд

$$R_n = 1 - \left(1 - \frac{P_1}{\omega}\right)^n. \quad (2)$$

Якщо всі постріли автоматичної черги незалежні, ймовірності влучення кожним пострілом різні і дорівнюють відповідно $p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$, то ймовірність ураження визначається як ймовірність хоча б одного влучення

$$R_n = 1 - \prod_{i=1}^{i=n} \left(1 - \frac{p_i}{\omega}\right), \quad (3)$$

де R – гарантована ймовірність ураження цілі;

б) середній очікуваний розхід боєприпасів на виконання бойової задачі (ураження цілі із заданим рівнем надійності).

Якщо ймовірність ураження цілі не змінюється в процесі стрільби, а постріли незалежні, середній розхід боєприпасів можна визначити за виразом:

$$N = \frac{\lg(1-R)}{\lg(1-p_1)}, \quad (4)$$

де N – середній розхід боєприпасів; p_1 – ймовірність ураження одним пострілом.

Якщо стрільба ведеться s незалежними чергами в n пострілів кожна, а ймовірність ураження однією чергою W_n , то справедливі вирази:

$$s = \frac{\lg(1-R)}{\lg(1-W_n)}; \quad (5)$$

$$N = \frac{\lg(1-R)}{\lg(1-W_n)} n, \quad (6)$$

в) середній очікуваний час на виконання бойової задачі.

Середній очікуваний час на виконання бойової задачі T складається з часу на підготовку стрільби і часу на її виконання. В якості критерію ефективності приймають зазвичай розрахункову величину цього часу

$$T = t_{nc} + \left[t_{нав} + (m-1) \frac{60}{N_c} + t_{зар} \frac{n}{E} + t_{yz} n q_3 \right] s, \quad (7)$$

де t_{nc} – час пошуку цілі, s ; $t_{нав}$ – час наведення зброї в цілю, s ; N_c – темп стрільби, постр/хв.; $t_{зар}$ – середній час заряджання (перезаряджання), s ; E – місткість (кількість патронів) магазину або стрічки; t_{yz} – середній час усунення затримки, s ; q_3 – ймовірність появи затримки в роботі зброї; s – число черг.

2. У випадку ведення вогню по груповій цілі:

а) математичне очікування числа (відсотку) уражених цілей за стрільбу.

Якщо групова цілю складається з m елементарних цілей, то математичне очікування числа уражених цілей

$$M = W_1 + W_2 + W_3 + \dots + W_m = \sum_{i=1}^m W_i, \quad (8)$$

де W_i – ймовірність ураження i -ї елементарної цілі.

Якщо всі елементарні цілі однакові та ймовірності їх ураження рівні, то маємо

$$M = mW; \quad (9)$$

б) середній очікуваний розхід боєприпасів на виконання бойової задачі (ураження не менше заданого числа цілей з визначеним рівнем надійності).

Якщо на ураження однієї елементарної цілі з ймовірністю W витрачається N_1 боєприпасів, то їх загальний розхід буде складати

$$N = mN_1; \quad (10)$$

в) середній очікуваний час на виконання бойової задачі

$$T = mT_1, \quad (11)$$

де T_1 – час, необхідний для ураження однієї елементарної цілі;

г) ймовірність ураження не менше заданого числа цілей.

Якщо ймовірності ураження всіх елементарних цілей однакові і рівні W , то розподіл ймовірностей ураження k цілей з m обстріляних підпорядковується біноміальному закону

$$P_{k,m} = C_m^k W^k (1-W)^{m-k}. \quad (12)$$

Наступний автор [2] використовує такі основні критерії оцінки ефективності:

1. При стрільбі по елементарній цілі – ймовірність ураження цілі.

2. При стрільбі по груповій цілі – середнє значення та середнє квадратичне відхилення числа уражених елементарних цілей.

3. При стрільбі по площинному (лінійному) об'єкту:

а) середнє значення та середнє квадратичне відхилення відносної площі (довжини) ураження об'єкту;

б) ймовірність ураження не менше заданої відносної площі (довжини) ураження об'єкта.

4. Середнє значення та середнє квадратичне відхилення витрати боєприпасів. Ці критерії зазвичай розраховуються з урахуванням можливого корегування даних для стрільби.

В [3] до ефективності стрільби відносять такі властивості зброї, які характеризують можливості впливу його на противника при нормальному технічному стані і безвідмовній дії. До них відносяться: дія кулі по цілях, бойова швидкострільність, влучність стрільби та далекобійність.

Ефективність стрільби як властивість зброї піддається більш або менш точній кількісній характеристиці за допомогою так званого коефіцієнта ефективності стрільби або показника

дійсності стрільби, який вибирається в залежності від цільового призначення зброї.

Основним показником або критерієм дійсності стрільби вважається ймовірність ураження цілі. Для випадку стрільби по одиночній цілі вона має вираз

$$W = \sum_{m=1}^n P_{m,n} G(m), \quad (13)$$

де $P_{m,n}$ – ймовірність отримання m влучень з n виконаних пострілів; $G(m)$ – ймовірність ураження цілі за умови влучення в неї m куль (снарядів).

Для випадку стрільби по груповій цілі в якості показника ефективності стрільби приймається математичне очікування числа уражених цілей за одиницю часу

$$M = \frac{n}{s} P_1(s), \quad (14)$$

де n – бойова швидкострільність.

Наступні автори [4, 7] ефективність стрільби оцінюють такими показниками:

1. Ймовірність влучення в ціль.
2. Ймовірність ураження одиночної цілі.
3. Математичне очікування числа (відсотку) уражених фігур в груповій цілі.

4. Середній очікуваний розхід боєприпасів на виконання вогневої задачі.

5. Середній очікуваний розхід часу на виконання вогневої задачі з урахуванням часу на підготовку до стрільби і час на стрільбу.

В [5] для оцінки ефективності стрільби використовуються наступні показники:

1. Ймовірність влучення в ціль (P)

$$P = \frac{50\% S_{ц}}{c_a c_b}, \quad (15)$$

де $S_{ц}$ – площа цілі, m^2 ; c_a – величина серцевинної смуги розсіювання за висотою, м; c_b – величина серцевинної смуги розсіювання за бічним напрямком, м.

$$P = P_a P_b K, \quad (16)$$

де P_a – ймовірність влучення в нескінченно довгу смугу, що дорівнює висоті цілі; P_b – ймовірність влучення в нескінченно довгу смугу, що дорівнює ширині цілі; K – коефіцієнт фігурності цілі.

2. Ймовірність ураження цілі (W)

$$W = 1 - \left(1 - \frac{P}{V}\right)^n, \quad (17)$$

де $1 - P$ – ймовірність промаху; n – кількість пострілів; V – необхідне число влучень у ціль для її знищення.

3. Математичне очікування розходу боєприпасів (N)

$$N = \frac{V}{P}. \quad (18)$$

4. Математичне очікування витрати часу на ураження цілі (T)

$$T = T_1 + T_2, \quad (19)$$

де T_1 – час на підготовку першого пострілу;

$$T_2 = \frac{N}{B}, \quad \text{– час на стрільбу;}$$

N – математичне очікування витрати боєприпасів; B – бойова швидкострільність зброї з урахуванням режиму вогню.

Командування армії США [8] також приділяє велику увагу визначенню ефективності застосування стрілецької зброї. З цією метою розроблені численні математичні моделі оцінки конструкції та результатів бойового застосування наряду з полігонними випробуваннями окремих зразків зброї. Основними критеріями оцінки ефективності стрілецької зброї при проведенні випробувань різних зразків зброї американські військові спеціалісти вважають наступні:

1. Сукупний час показу цілей (T_c), який визначається як сума часу (у хвилинах) показу кожної цілі до моменту влучення в неї, тобто

$$T_c = \sum_i T_{ci}, \quad (20)$$

де T_{ci} – час показу кожної цілі до моменту влучення в неї (наприклад, від 0 до 15 хвилин); i – кількість цілей.

Вважається, що при інших рівних умовах зразок зброї, який забезпечує менший сукупний час показу цілей, краще за інші, оскільки підрозділ, ним озброєний, буде зазнавати менші втрати за рахунок більш швидкого зниження інтенсивності вогню противника у відповідь.

2. Сумарне значення близьких промахів (у метрах), яке визначається як

$$D_{np} = \sum_j D_{npj}, \quad (21)$$

де j – постріли, при яких промах не перевищив 2 метрів; D_{npj} – величина промаху при j_n пострілі.

3. Кількість боєкомплекту, що залишився після виконання поставленого вогневого завдання, тобто

$$N_{\text{бн}} = \left(1 - \frac{N_p}{N_{\text{бк}}} \right) \cdot 100\%, \quad (22)$$

де N_p – кількість витрачених боєприпасів; $N_{\text{бк}}$ – кількість боєприпасів в боєкомплекті.

Даний критерій спеціалістами армії США вважається одним із найважливіших показників порівняльної оцінки зразків стрілецької зброї.

Висновки

В результаті аналізу розглянутих підходів можна зробити декілька висновків:

1. Для оцінки ефективності стрільби зі стрілецької зброї наведені автори використовують в основному наступні показники:

- ймовірність влучення в ціль;
- ймовірність ураження цілі;
- середній розхід боєприпасів на виконання вогневого завдання;
- середня витрата часу на виконання завдання.

2. Визначення ефективності стрільби згідно з існуючими методиками вимагає проведення великих за обсягом та достатньо складних математичних розрахунків, а також численних статистичних полігонних випробувань.

Основним завданням подальших досліджень є вивчення оцінки ефективності бойового застосування стрілецької зброї з коліматорними (тепловізійними) прицілами та додатковими пристосуваннями, призначеними для підвищення ефективності зброї.

Список літератури

- Шерешевский М.С. Эффективность стрельбы из стрелкового оружия / М.С. Шерешевский, А.Н. Гонтарев, Ю.В. Минаев. – М.: ЦНИИ информации, 1979. – С. 191–200.
- Фендриков Н.М. Методы расчетов боевой эффективности вооружения / Н.М. Фендриков, В.И. Яковлев. – М.: Воениздат, 1971. – С. 19–22.
- Кириллов В.М. Основания устройства и проектирования стрелкового оружия: учебник для слушателей училища / В.М. Кириллов. – Пенза: ПВАИУ, 1963. – С. 13–17.
- Наставление по стрелковому делу / Под ред. В.М. Чайка. – М.: Воениздат, 1985. – 640 с.
- Биленко А.И. Оценка эффективности стрелкового оружия / А.И. Биленко, В.В. Афанасьев // Системы озброєння і військова техніка. – Харків: ХНУПС імені І. Кожедуба. – 2005. – Вип. 3-4. – С. 74–77.
- Бабак Ф.К. Основы стрелкового оружия / Ф.К. Бабак. – С.-Петербург: Полигон, 2003. – С. 75–84.
- Наставление по стрелковому делу. Основы стрельбы из стрелкового оружия / Под ред. И.К. Вильчинский. – М.: Воениздат, 1970. – С. 94–95.
- Соколов Д. Оценка эффективности стрелкового оружия / Д. Соколов // Зарубежное военное обозрение. – М.: изд. Красная Звезда. – 1981. – Вип. 9. – С. 31–33.

Рецензент: д.т.н., с.н.с. О.М. Купріненко, Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

Подходы к оценке эффективности стрельбы из стрелкового оружия

А.Н. Дробан, Э.Ф. Жогальский

В работе авторами проводится исследование существующих методов определения эффективности стрельбы из стрелкового оружия. В условиях дальнейшего развития и переоснащения Вооруженных Сил Украины современными

образцами вооружения возникает вопрос относительно выяснения параметров оценки эффективности применения перспективных образцов стрелкового оружия как с использованием математических моделей, так и в процессе полигонных испытаний с целью определения целесообразности принятия их на вооружение. Проведенный анализ существующих методик позволил определить основные критерии, согласно которым возможно проведение оценки эффективности стрельбы из стрелкового оружия.

Ключевые слова: свойства оружия, критерии оценки, параметры эффективности, вероятность.

Approaches to estimation of efficiency of shooting from small weapons

O.M.Droban, E.F.Zhohal'sky

In the process of further re-equipping units of the Armed Forces of Ukraine with the latest models of small arms, the modernization of existing weapons and the adoption of new weapons is taking place. This raises the task of providing divisions with such weapons, whose properties would ensure the defeat of the goals set in various combat conditions. A large number of scientific works are devoted to the study of this issue, in which the procedure for determining the effectiveness of small arms shooting is described in detail. Today it became necessary to determine the combat effectiveness of small arms equipped with the latest sights, various additional devices, as well as shooting at targets in the means of personal protection. In this paper, the methods of system analysis and comparison consider existing approaches to determine the effectiveness of shooting and methods of calculating performance indicators and generalize the main criteria for assessing the effectiveness of firing from small arms. As a result of the analysis of the approaches under consideration, the following conclusions were drawn: for the purpose of assessing the effectiveness of small arms shooting, indicators such as the probability of hit the target, the probability of defeating the target, the average ammunition dispersion to fulfill the fire task, the average time spent on the task; Determining the effectiveness of firing in accordance with the existing techniques requires carrying out large-scale and sufficiently complex mathematical calculations, as well as numerous statistical testing of landfills. The main task of further research is to study the effectiveness of the military use of small arms with collimator (thermal) sights and additional devices designed to increase the effectiveness of weapons.

Keywords: weapon properties, evaluation criteria, efficiency parameters, probability.

УДК 534.01+355

Х.І. Ліщинська¹, Л.Ф. Дзюба²

¹ Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

² Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Львів

ОЦІНКА КОНТАКТНИХ НАПРУЖЕНЬ В СТАЛЕВИХ ЕЛЕМЕНТАХ КОНСТРУКЦІЙ БОЙОВИХ МАШИН

Збільшення маси бойових броньованих машин і наявність циклічно-змінних динамічних навантажень призводять до виникнення в матеріалі конструкцій, зокрема сталевій гусениці, об'ємного напруженого стану зі значними (критичними) еквівалентними напруженнями. Для дослідження контактних напружень у місці дотикання площини гусеничної ланки і робочій поверхні напрямного колеса використано модель з урахуванням сили тертя, що залежить від сили розподіленого нормального тиску. Побудовано графіки зміни напружень у центрі та на межі площинки контакту за глибиною контакту з урахуванням сили тертя. Визначено еквівалентне напруження за III теорією міцності та порівняно його з аналогічним, проте без урахування сили тертя.

Ключові слова: тертя, площинка контакту, контактні напруження, плоска деформація, об'ємний напружений стан, теорія міцності.

Постановка проблеми

Збільшення маси бойових броньованих машин за рахунок додаткового навантаження озброєнням для виконання завдань, їхня робота в жорстких умовах додають динамічних навантажень на елементи конструкцій [1], що пришвидшує їх

зношуваність. Загалом чинниками прискореного зносу є швидкість, маса та потужність машини, ударні навантаження, дія абразивних частин, натяг гусеничного ланцюга тощо. Наслідком передчасного зносу є зменшення терміну служби гусеничного ланцюга, вібрація машини під час руху. Крім зносу внаслідок тертя на контактних площинках ланок