

ЗБРОЯ, ЗАСОБИ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАХИСТУ ТА АКТИВНОЇ ОБОРОНИ

УДК 623.44:534

А.В. Криворучко,

здобувач Центрального науково-дослідного
інституту озброєння та військової техніки
Збройних Сил України,

О.С. Марченко, кандидат технічних наук,

О.В. Махініч

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ АКУСТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ФОРМУВАННІ ВИХІДНИХ ВИМОГ ДО СПЕЦІАЛЬНОЇ СТРІЛЕЦЬКОЇ ЗБРОЇ

У статті на конкретних прикладах розглянуто підхід до нормування акустичних характеристик “безшумної” стрілецької зброї. Обґрунтовано можливість оцінки досконалості конструкції пристроїв зменшення рівня звуку пострілу, а також вибору реальних тактико-технічних вимог для нових комплексів стрілецької зброї, що перебувають у стані розробки.

Ключові слова: куля, звук, постріл, стрілецька зброя, пристрій зниження рівня звуку пострілу.

В статье на конкретных примерах рассмотрен подход к нормированию акустических характеристик “бесшумного” стрелкового оружия. Обоснована возможность оценки совершенства конструкции приборов снижения уровня звука выстрела, а также формирования реальных тактико-технических требований для вновь разрабатываемых комплексов стрелкового оружия.

Ключевые слова: пуля, звук, выстрел, стрелковое оружие, прибор снижения уровня звука выстрела.

In the paper, an approach to the setting of norms of the acoustic descriptions of the “noiseless” small-arms is considered on concrete examples. The possibility of an estimation of the perfection of damper construction, as well as the forming of real tactical and technical requirements, which is also reasonable for the again developed complexes of small-arms is substantiated.

Keywords: bullet, sound, shot, small-arms, damper.

Аналіз акустичних характеристик стрілецької зброї [1], таких як оцінка допустимого впливу звуку пострілу на органи слуху стрільця або оцінка можливостей бойового застосування “безшумної” зброї (в частині демаскуючої дії звуку пострілу) [2, 3], повинен проводитись не тільки на етапах відпрацювання і проведення приймальних випробувань, а й на етапах попереднього проектування та розробки тактико-технічного завдання (далі – ТТЗ) на новий зразок стрілецького комплексу.

Зброя із зниженим рівнем звуку пострілу (далі – “безшумна”), яка може застосовуватися в якості допоміжної зброї військових підрозділів чи як основна зброя спецпідрозділів правоохоронних органів, розробляється або на базі існуючих зразків стрілецької зброї, або на базі існуючих боєприпасів, або як принципово новий зразок стрілецького комплексу [3]. У всіх зазначених випадках необхідно, щоб при проектуванні обирались такі конструктивні рішення, які будуть забезпечувати мінімальний сумарний рівень шуму, утворений дією декількох джерел звуку при пострілі, порівняних за інтенсивністю (дульна хвиля, звук роботи механізмів зброї, звук від руху кулі на дозвуковій швидкості).

При встановленні мінімального рівня, до якого слід зменшити сумарний рівень звуку чи рівень звуку від будь-якого джерела (наприклад від дульної хвилі), можна рухатись двома шляхами:

перший – встановити теоретично (чи експериментально) мінімальний рівень звуку, який гарантовано маскувався б шумом оточуючого фону із визначеним граничним рівнем;

другий – виявити для певної конструктивної схеми зброї характерне джерело звуку, рівень шуму якого зменшити неможливо, і, базуючись на цьому рівні, встановити норми на інші джерела таким чином, щоб сумарний рівень звуку, який сприймається, залишався б на рівні обраного джерела.

У першому випадку орієнтація нормативних вимог до мінімального фонового рівня, який в реальних умовах застосування “безшумної” зброї має дуже широкі межі (60–170 дБ), може привести до суттєвого ускладнення конструкції зброї або взагалі до неможливості реалізувати встановлені вимоги відомими інженерними рішеннями. Другий шлях дозволяє встановити більш реалістичні, обґрунтовані вимоги для сумарного рівня звуку пострілу і конкретизувати практичні завдання при проектуванні “безшумної” зброї.

Розглянемо можливий порядок формування вимог до сумарного рівня шуму пострілу за відомими характеристиками одного з основних джерел шуму на прикладі “безшумного” стрілецького комплексу, що розробляється під існуючий штатний боєприпас (коли забезпечення дозвукової швидкості польоту кулі досягається або доопрацюванням зброї, або підбором порохового заряду).

Із законів акустики відомо, що за одночасної дії декількох джерел звуку різної інтенсивності (як і в звуковому полі “безшумної” зброї, коли в передній напівсфері на фоні шуму від кулі простежуються дульна хвиля та шум від роботи частин і механізмів автоматики) сумарний сприйнятий рівень звуку визначається наступним чином:

– для двох джерел

$$L_{\Sigma 1,2} = L_1 + \Delta L_{1,2} \quad [\text{дБ}]$$

– для трьох джерел

$$L_{\Sigma 1,2,3} = L_{\Sigma 1,2} + \Delta L_{2,3} \quad [\text{дБ}]$$

де: L_i – рівень шуму i -го джерела;

ΔL_{ij} – приріст до діючого рівня, що залежить від різниці рівнів шуму, що генеруються окремими джерелами [4] (рис. 1).

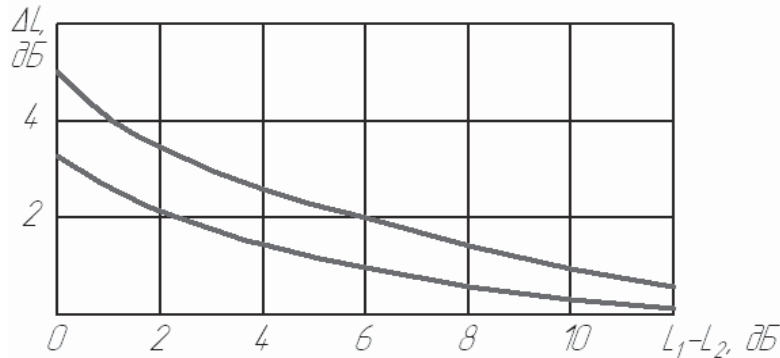


Рис. 1. Значення приросту ΔL для визначення сумарного рівня звукового тиску L_Σ при дії двох та трьох джерел шуму ($N=2$, $N=3$)

З урахуванням факту сприйняття двох акустичних сигналів, рівних за гучністю з різницею в рівнях звукового тиску 1–2 дБ [5] за відомими значеннями ΔL_i для двох або трьох джерел, визначимо, що суб'єктивне сприйняття шуму основного джерела не зміниться, якщо різниця в рівнях основного і додаткових джерел буде не менше 4 і 8 дБ (відповідно, для одного і двох додаткових джерел).

Припускаючи переважання двох джерел (шум від кулі і дульної хвилі) у передній напівсфері при пострілі з “безшумної” зброї, для точки спостереження (прослуховування) з координатами M [l , r] (l – дальність за траєкторією, r – відстань від траєкторії) можна записати нерівність, що встановлює умову незмінності суб'єктивної гучності шуму дульної хвилі на фоні шуму кулі:

$$L_0^T \leq L_n - 4 - 20 \cdot \lg \frac{3,0}{r_x} \quad [\text{дБ}],$$

де: L_0^T – потрібний рівень звуку від дульної хвилі на відстані 3 м від дульного зрізу ствола;

L_n – рівень звуку від кулі в точці M ;

$$r_x = \sqrt{l^2 + r^2};$$

$20 \cdot \lg \frac{3,0}{r_x}$ – доданок, що враховує акустичне загасання сигналу від точки виміру

L_0 відстані 3 м до точки M .

Мінімального значення права частина нерівності набуде в тому випадку, коли $r_x = \sqrt{l^2 + r^2} = r$, тобто при $l=0$, що відповідає лінії вогню. Використовуючи відомий аналітичний опис для рівня звуку, що генерується кулею із дозвуковою швидкістю польоту [3], отримаємо остаточний вираз для мінімально необхідного (допустимого) рівня шуму, що утворюється дульною хвилею:

$$L_{\text{оmin}}^T = 82,509 + 20 \cdot \lg \frac{d \cdot i^2}{r} \cdot V^2 - 20 \cdot \lg \frac{3,0}{r_x} - 4 \quad [\text{дБ}]$$

де: d – калібр кулі;
 i – коефіцієнт форми кулі;
 V – швидкість кулі.

Таким чином, необхідний мінімальний рівень звуку, що генерується дульною хвилею при пострілі із “безшумної” зброї, залежить від боєприпасу, який використовується (d, i, V). Тобто для вибору досконалої конструкції “безшумної” зброї мінімальний рівень звуку повинен не встановлюватись тактико-технічними вимогами, а визначатися з огляду на параметри боєприпасу, який планується використовувати. При цьому, якщо рівень звуку при пострілі з використанням пристрою зниження рівня звуку пострілу (далі – ПЗРЗП) буде рівним чи меншим, ніж розрахований за зазначеним вище виразом для $L_{\text{оmin}}^T$, то в передній напівсфері гучність визначатиметься рівнем звуку, який буде генерувати куля на траєкторії.

Спираючись на експериментальні дані, отримані А.С. Неугодовим і Ю.А. Черновим (табл. 1), можна дійти висновку, що необхідний мінімальний рівень надмірного звукового тиску, який визначає умову переважання звуку, що генерується кулею, має відносно низькі значення, але цілком досяжні з практичної точки зору.

Таблиця 1

Розрахункові значення мінімального рівня звукового тиску дульної хвилі $L_{\text{оmin}}^T$ порівняно з експериментальними даними

Характеристики	Тип боєприпасу та вид зброї			
	5,45 мм 7У1 6П27	7,62 мм УС АКМ із ПБС	9 мм ПМ 6П9	9 мм ПМ 6П13
Мінімальний розрахунковий рівень $L_{\text{оmin}}^T$, дБ	126,5	129,1	123,9	125,4
Експериментальні дані $L_{\text{о}}^T$, дБ	126,0–129,6	129,6–140,8	128–132	128–132

Також слід зауважити, що за рахунок покращання аеродинамічних характеристик кулі може зменшитися і мінімально допустимий рівень звуку дульної хвилі (таблиця 2). Проте вдосконалення кулі у ряді випадків може бути невіправдане в частині можливого погіршення пробивної здатності кулі і практичної неможливості зменшення рівня звуку від дульної хвилі нижче певного рівня.

Таблиця 2

Розрахункове значення мінімального потрібного рівня звуку дульної хвилі для 5,45 мм кулі при різних значеннях коефіцієнтів форми ($V_0=300$ м/с)

Коефіцієнт форми i	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3
$L_{\text{оmin}}^T$, дБ	126,5	124,7	123,0	121,2	119,2	116,9	114,2	111,0	107,1	102,1

При практичному застосуванні розглянутого вище методу обґрунтування вихідних вимог необхідно обумовлювати зону, в межах якої гучність пострілу з

“безшумної” зброї визначатиметься гучністю звуку від польоту кулі. Наприклад, ця зона може складати певну частину відстані ефективної стрільби ($l=r=0,5 \times l_{ef}$) і бути вказана в ТТЗ.

Таким чином, дослідження “безшумної” зброї на досконалість конструкції дульного ПЗРЗП проводиться за алгоритмом:

- 1) експериментально визначаються наступні характеристики:
 - початкова швидкість кулі V_0 ;
 - балістичний коефіцієнт C для відстані стрільби 100 м;
 - рівень звуку пострілу L_0 на відстані 3 м від зрізу ПЗРЗП;
- 2) проводяться розрахунки:
 - коефіцієнту форми кулі

$$i = \frac{C \cdot q}{d^2 \cdot 1000} \quad [\text{кг/м}^2],$$

де q – вага кулі,

$$L_{0\min}^T = 78,509 - 20 \cdot \lg \frac{d \cdot i^2}{3,0} \cdot V^2 \quad [\text{дБ}],$$

де $L_{0\min}^T$ – наведений рівень;

3) порівнюються значення $L_{0\min}^T$ і отримане L_0 при стрільбі з використанням ПЗРЗП.

У тому випадку, якщо під конкретний (існуючий) боєприпас необхідно розробити “безшумну” зброю, в ТТЗ на розроблення стрілецького комплексу вказують рівень $L_{0\min}^T$, тобто ПЗРЗП, що розробляється, повинен забезпечувати рівень $L_{0\min}^T$.

Викладені вище рівняння і висновки можна віднести тільки до ближнього звукового поля, де джерела звуку, що порівнюються, мають практично тотожний час дії.

При порівнянні шуму від кулі і дульної хвилі на значній віддаленості від траєкторії польоту кулі (понад 25–30 м) необхідно враховувати фактор часу – тривалість дії (сприймання) джерел шуму. Звук від польоту кулі траєкторією триває сотні мілісекунд, тоді як шум дульної хвилі у будь-якій точці звукового поля залишається імпульсним і триває одиниці мілісекунд [3]. Шуми з подібною відмінністю в тривалості дії суб’єктивно сприймаються з різницею в 20–25 Дб [6].

З урахуванням викладеного вище, наведений допустимий рівень звукового тиску в дульній хвилі також збільшиться:

$$L_0^T = L_n - 20 \cdot \lg \frac{r_0}{r} - 4 + (20 \div 25) \quad [\text{дБ}]$$

Наприклад, для ближнього звукового поля наведений максимальний рівень звукового тиску в дульній хвилі в автомата 6П27 не повинен перевищувати $L_0^T = 126,5$ дБ, а для відстані більше 200 м в передній на півсфері – 146,5–

151,5 дБ. За необхідний рівень бажано приймати менше значення, оскільки слід враховувати і демаскуючу дію звуку пострілу в задній напівсфері.

Розглянутий в статті підхід до нормування акустичних характеристик “безшумної” стрілецької зброї на конкретних прикладах ілюструє можливість оцінки досконалості конструкції пристроїв зменшення рівня звуку пострілу, а також вибору реальних тактико-технічних вимог для нових комплексів стрілецької зброї, що розроблюються. Цей метод дозволяє використати в основі нормуючого розрахунку параметри будь-якого іншого джерела шуму, акустичні характеристики якого з будь-яких причин недоцільно змінювати, при цьому рівні шумів від інших джерел наводяться відповідно до обраного джерела.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ ГОСТ 28653:2009. Зброя стрілецька. Терміни та визначення понять. – К. : Держспоживстандарт України, 2009. – 180 с.
2. *Неугодов А.С.* Расчетная оценка акустических характеристик образцов стрелкового оружия для бесшумной стрельбы / А.С. Неугодов, Ю.А. Чернов и др. – Вопросы оборонной техники. – 1983. – Вып. 3.
3. *Неугодов А.С.* Акустика стрелкового оружия / А.С. Неугодов, В.М. Сабельников. – М. : ЦНИИ информации, 1979.
4. Борьба с шумом / Под ред. Е.Я. Юдина. – М. : Стройиздат, 1964. – 701 с.
5. Справочник по инженерной психологии / Под ред. Б.Ф. Ломова. – М. : Машиностроение, 1982. – 367 с.
6. Механизмы слуха / Под ред. Г.В. Гершуни // Проблемы физиологической акустики. – Т. VI. – Л. : Наука, 1967.

Отримано 07.03.2013