

УДК 623.455

А.В. Криворучко,

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

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ КУЛІ НА ВЛУЧНІСТЬ ПОСТРІЛУ

У статті висвітлено основні фактори, які впливають на влучність пострілу з вогнепальної зброї. Розглянуто загальні підходи до розрахунку та проектування зовнішнього вигляду кулі. Проаналізовано вплив похибок при виготовленні кулі на кучність стрільби.

Ключові слова: постріл, боєприпас, куля, кучність, проектування, центр маси, дисбаланс.

В статье рассмотрены основные факторы, влияющие на точность выстрела из огнестрельного оружия. Рассмотрены общие подходы к расчету и проектированию внешнего вида пули. Проанализировано влияние погрешностей при изготовлении пули на кучность стрельбы.

Ключевые слова: выстрел, боеприпас, пуля, кучность, проектирование, центр массы, дисбаланс.

The article reflects the main factors that affect the accuracy of the shot from firearms. General approaches to an analysis and design of the appearance of bullets are studied. The influence of errors of the bullets manufacture on the close grouping of shots is analyzed.

Keywords: shot, ammunition, bullet, close grouping of shots, planning, barycenter, misbalance.

Куля належить до класу некерованих, неоперених снарядів із максимальною щільністю компонування [1–4]. Вона є тілом обертання, форма якого залежить від призначення і умов застосування. Серед цієї категорії снарядів особливе місце займають балістичні снаряди з настільними траєкторіями, стабілізація яких у польоті здійснюється за рахунок обертання навколо своєї поздовжньої осі [4].

Фактори, що впливають на влучність кулі патронів стрілецької зброї, можна поділити на три групи:

- якість виготовлення патрона;
- стан ствола стрілецької зброї;
- умови здійснення пострілу.

До основних характеристик кулі належать: форма, конструкція, маса, калібр, початкова швидкість, дульна енергія, зупиняюча дія, пробивна здатність і призначення.

У статті ми розглянемо тільки ті характеристики кулі, які здійснюють домінуючий вплив на точність стрільби.

За зовнішнім контуром куля має видовжену форму і складається з трьох частин: головної (оживальної) Н, ведучої (серединної) А і хвостової В. Кожна з них має своє призначення, довжину і форму, які залежать від різних факторів та розраховуються на етапі проектування.

Зовнішній контур кулі (рис. 1) підпорядкований вирішенню проблеми зменшення сил опору середовища, в якому вона рухається, з метою забезпечення потрібної траєкторії і вражаючої дії.

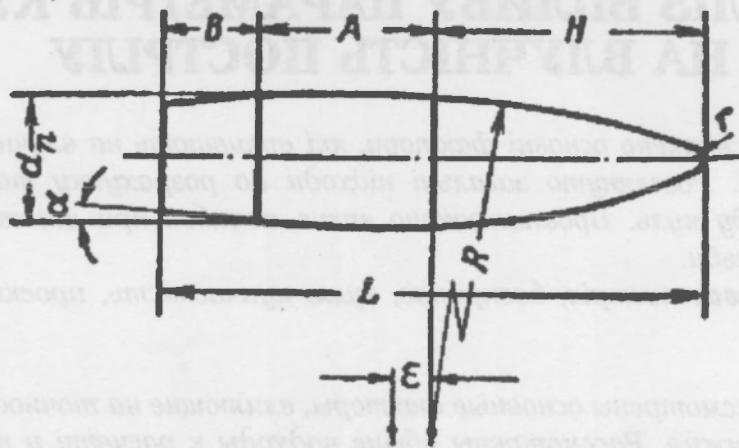


Рис. 1. Зовнішній контур кулі

При розрахунках та проектуванні нових куль форма головної частини кулі утворюється зазвичай обертанням дуги кола радіусу R навколо поздовжньої осі кулі. Зазвичай радіус закруглення знаходиться в межах:

$$R = (7,5 \div 11) \cdot d,$$

де d – калібр зброї, мм [5].

Центр дуги кола для більшості куль знаходиться в площині верхньої основи ведучої частини кулі або зміщений від неї на деяку величину ε назад. Це зміщення робиться при великих радіусах дуги кола, інакше куля виходить занадто довгою.

Зовнішня балістика рекомендує для куль з великою (надзвуковою) швидкістю мати довшу головну частину для зменшення сили опору середовища, в якому вона рухається. Довжина головної частини в кулях знаходиться в межах:

$$H = (2,0 \div 3,5) \cdot d,$$

де d – калібр зброї, мм [5].

Довжина береться тим більша, чим більша початкова швидкість кулі. Вершина головної частини кулі з технологічних міркувань виконується у формі напівсфери з радіусом r :

$$r \approx 0,075 \cdot d,$$

де d – калібр зброї, мм [5].

Співвідношення розмірів головної частини беруть із розрахунку:

$$(R-b)^2 = (H-r+\varepsilon)^2 + b^2,$$

де $b \approx R - 0,5 \cdot d$;

d – калібр зброї, мм [5].

При розрахованій довжині кулі зі збільшенням значення ε зменшується довжина головної частини і збільшується довжина ведучої частини. Таким чином, вдається значною мірою впливати на характер траєкторії і отримувати сполучення траєкторій різних куль для певного зразка зброї, а також впливати на умови проходження кулі по нарізам і міцність оболонки при пострілі.

Ведуча частина кулі повинна мати циліндричну форму і довжину, що забезпечує виконання наступних вимог:

- міцне утримання кулі в нарізах під час її руху по каналу ствола;
- міцність оболонки;
- надійну обтюрацію порохових газів;
- надійне закріплення кулі в дульці гільзи.

При виборі довжини ведучої частини йдуть на компроміс між двома вимогами. З одного боку, для кращого направлення руху кулі в каналі ствола і достатньої міцності оболонки вигідно мати велику довжину ведучої частини. З іншого – велика довжина ведучої частини збільшує необхідне зусилля для врізання кулі в нарізи, що призводить до можливого поперечного розриву оболонки і збільшеного зносу поверхні каналу ствола. Крім того, коротша ведуча частина забезпечує краще обтікання повітря. Але при малій довжині не виключені зриви кулі з нарізів при зростанні тиску на оболонку з боку бойових граней нарізів, внаслідок чого куля стає нестабілізованою і втрачає стійкість при польоті. Тому довжину ведучої частини кулі беруть в межах:

$$A = (1,0 \div 1,5) \cdot d,$$

де d – калібр зброї, мм [5].

Для більшості куль, що мають конічну хвостову частину, довжина ведучої частини кулі обирається біля одного калібру. Величина діаметра ведучої частини кулі d_n має значення для обтюрації порохових газів, надійності ведення кулі по нарізах (без зриву), купчастості стрільби і живучості каналу ствола. Практично встановлено, що площа поперечного перерізу ведучої частини кулі S_n співвідноситься із площею поперечного перерізу нарізної частини S як:

$$S_n = (1,01 \div 1,02) \cdot S.$$

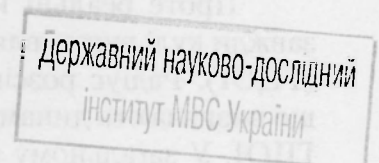
Зазвичай діаметр провідної частини знаходяться в межах:
для куль калібру 6,5–8 мм:

$$d_n = (1,03 \div 1,04) \cdot d$$

для куль калібру 12,7–15 мм:

$$d_n = (1,02 \div 1,03) \cdot d,$$

де d – калібр зброї, мм [5].



Форма хвостової частини кулі впливає на опір середовища, в якому вона рухається, при невеликих (дозвукових) швидкостях польоту. Якщо куля має дозвукову швидкість, то доцільно мати подовжену хвостову частину у вигляді зрізаного конуса з кутом нахилу твірної:

$$\alpha = 6 \div 9^\circ.$$

Хвостова частина у вигляді зрізаного конуса надає кулі більш вигідну аеродинамічну форму і зменшує завихрення та область розрідженого простору, які призводять до стрімкої втрати швидкості польоту кулі [6]. Довжина хвостової частини кулі знаходиться в межах:

$$B = (0,5 \div 1,0) \cdot d,$$

де d – калібр зброї, мм [5].

Більш того, для кращої обтюрації порохових газів в каналі ствола у деяких куль робиться донне поглиблення.

Загальна довжина кулі обмежується її масою та умовами її стабілізації на траєкторії і зазвичай не перевищує:

$$L < 5,5 \cdot d,$$

де d – калібр зброї, мм [5].

Кулі мають різну масу залежно від їх форми, розмірів і компонування. Для порівняльної оцінки куль за масою, а також куль, що розробляються, прийнято користуватися **поперечним навантаженням кулі**.

$$P = \frac{q}{S},$$

де q – маса кулі, г;

S – площа поперечного перерізу кулі, см² [5].

чи **коефіцієнтом маси кулі**:

$$k = \frac{q}{d_n^3},$$

де q – маса кулі, г;

d_n – діаметр кулі, мм [5].

Величини поперечного навантаження куль зазвичай знаходяться в межах:

- 9,5–12,5 г/см² – для пістолетних куль;
- 19–26 г/см² – для гвинтівкових куль калібру 6,5–8 мм;
- 30–40 г/см² – для куль калібру 12,7–15 мм.

Проте реальні кулі мають геометричну та вагову асиметрію. Практично завжди кулі виготовляються з похибками щодо головних центральних осей інерції (ГЦОІ). Радіус розсіювання куль найбільшим чином залежить від параметрів, що визначають динамічну неврівноваженість і положення вершини кулі відносно ГЦОІ. У загальному випадку динамічна неврівноваженість тіл, що обертаються (роторів), – це стан, що характеризується таким розподілом мас, при якому вісь ротора і ГЦОІ перетинаються не в центрі мас або перехреснюються [7].

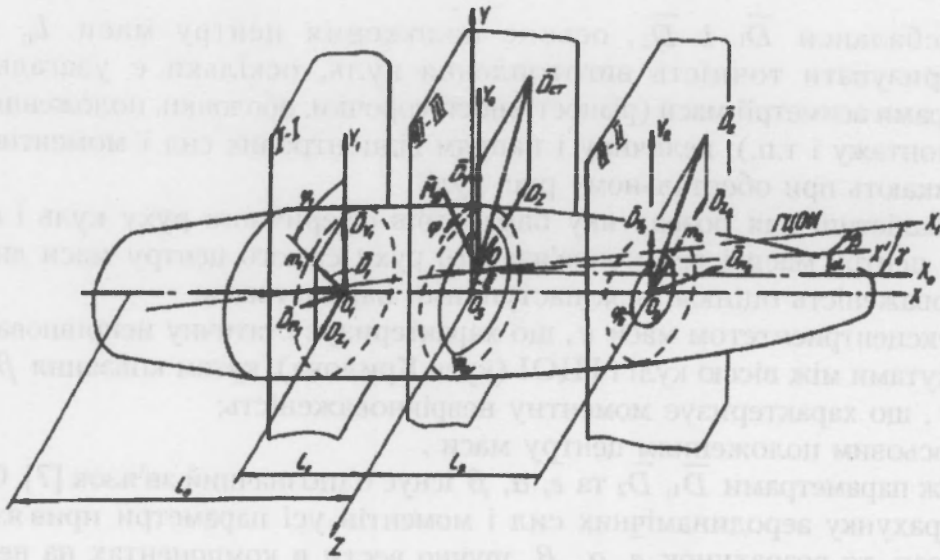


Рис. 2. Параметри динамічної невідноженості кулі

Дослідження точності та стабільності технологічних процесів виготовлення кулі показали, що за вісь кулі може бути обрана лише вісь симетрії ведучої частини – пряма, що сполучає центри тяжіння контурів поперечних перетинів ведучої частини. На рис. 2 висвітлено параметри динамічної невідноженості кулі. Прийнята права система координат O_3XYZ . Напрямок вздовж осі кулі від хвостової частини до вершини вважається позитивним.

Динамічна невідноженість складається зі статичної та моментальної невідноженостей, і повністю визначаючись головним вектором \bar{D}_{cm} і головним моментом M_D дисбалансів кулі або двома векторами дисбалансів \bar{D}_1 і \bar{D}_2 , в загальному випадку різних за значенням і непаралельних до осі кулі (“хрест дисбалансів”):

$$\bar{D}_{cm} = \sum \bar{D}_i = M \cdot \bar{e},$$

$$\bar{M}_D = \sum m_i [\bar{L}_i \cdot \bar{r}_i] = [\bar{L} \cdot \bar{D}_M],$$

де $\bar{D}_i = m_i \cdot \bar{r}_i$ – локальний дисбаланс;

m_i – точкова невідножена маса;

M – маса кулі;

e – ексцентриситет маси кулі;

r_i – радіус-вектор центру невідноженої маси відносно осі кулі;

L_i – відстань від центру маси кулі до \bar{D}_i ;

L – відстань між площинами виміру дисбалансів \bar{D}_1 і \bar{D}_2 [7].

На практиці динамічного балансування твердих тіл простої форми прийнято визначати динамічну невідноженість у вигляді двох дисбалансів \bar{D}_1 і \bar{D}_2 , що характеризують у фіксованих площинах корекції або виміру невідножені точкові маси:

$$\bar{D}_1 = m_1 \cdot \bar{r}_1,$$

$$\bar{D}_2 = m_2 \cdot \bar{r}_2,$$

Дисбаланси \bar{D}_1 і \bar{D}_2 , осьове положення центру маси L_0 можуть характеризувати точність виготовлення куль, оскільки є узагальненими параметрами асиметрії маси (різностінності сорочки, оболонки, положення осердя, якості монтажу і т.п.); величину і напрям відцентрових сил і моментів інерції, що виникають при обертальному русі кулі.

У балістиці для розрахунку параметрів сферичного руху куль і снарядів навколо центру маси і взаємопов'язаного руху самого центру маси динамічну неврівноваженість оцінюють за наступними параметрами:

- ексцентриситетом маси e , що характеризує статичну неврівноваженість;
- кутами між віссю кулі і ГЦОІ (кути Крилова), кутом ковзання β і кутом атаки α , що характеризує моментну неврівноваженість;
- осьовим положенням центру маси.

Між параметрами \bar{D}_1 , \bar{D}_2 та e , α , β існує однозначний зв'язок [7]. Оскільки при розрахунку аеродинамічних сил і моментів усі параметри прив'язують до однієї бази, то розрахунок e , α , β зручно вести в компонентах на нерухомих осях координат O_3XYZ :

а) величина ексцентриситету маси

$$e = \sqrt{\frac{D_1^2 + D_2^2 + 2 \cdot D_1 \cdot D_2 \cdot \cos(\varphi_1 - \varphi_2)}{M}}$$

б) кутове положення ексцентриситету маси кулі φ_0 збігається з положенням головного вектору дисбалансу кулі D_{cm} і визначається як загальне рішення для двох рівнянь:

$$\sin \varphi_0 = \frac{D_1 \cdot \sin \varphi_1 + D_2 \cdot \sin \varphi_2}{e};$$

$$\cos \varphi_0 = \frac{D_1 \cdot \cos \varphi_1 + D_2 \cdot \cos \varphi_2}{e},$$

оскільки кожне рівняння має два рішення;

в) кут ковзання β і кут атаки α визначається за формулами:

$$\beta = \frac{D_2 \cdot L_2 \cdot \sin \varphi_2 - D_1 \cdot L_1 \cdot \sin \varphi_1}{A - C};$$

$$\alpha = \frac{D_2 \cdot L_2 \cdot \cos \varphi_2 - D_1 \cdot L_1 \cdot \cos \varphi_1}{A - C},$$

де: A та C – головні центральні моменти інерції врівноваженої кулі відносно осей O_3Y та O_3X [7].

Таким чином, проаналізувавши вплив геометричних параметрів кулі, що визначаються на етапі проектування, та вплив похибок при виготовленні кулі на влучність пострілу, можна зробити такі висновки:

- на влучність стрільби впливають однаковою мірою якість комплексу боеприпаси–зброя, умови здійснення пострілу та рівень підготовки стрільця;
- на влучність пострілу впливає не лише точність розрахунків основних конструктивних елементів кулі та її компоновання при проектуванні, а й якість виготовлення кулі на виробництві;

– проаналізувавши джерело [7], ми дійшли висновку, що переважно на купчастість стрільби впливає динамічна невірноваженість куль;

– в умовах приймально-здавальних випробувань доцільніше провести посилення за тими параметрами, які здійснюють домінуючий вплив на купчастість стрільби, і, відповідно, розширити допуски на параметри, що не спричиняють істотного впливу.

Усі зазначені вище фактори слід враховувати при формуванні обліку перспективного снайперського комплексу спеціального призначення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мельников А.П. Основы теоретической аэродинамики / А.П. Мельников. – Л. : ЛКВИИА, 1953. – 824 с.
2. Мельников А.П. Основы прикладной аэродинамики / А.П. Мельников. – Л. : ЛКВИИА, 1959. – 582 с.
3. Мельников А.П. Аэродинамика больших скоростей / А.П. Мельников – М. : Воениздат, 1961. – 424 с.
4. Краснов Н.Ф. Аэродинамика тел вращения / Н.Ф. Краснов. – М. : Машиностроение, 1964. – 572 с.
5. Бабак Ф.К. Основы стрелкового оружия / Ф.К. Бабак. – СПб. : Полигон, 2003. – 253 с.
6. Потапов А.А. Искусство снайпера / А.А. Потапов. – М. : Издательство ФАИР, 2010. – 544 с.
7. Бекленищев В.В. Определение динамической неуравновешенности пуль стрелкового оружия / В.В. Бекленищев, А.А. Мурашов, К.С. Рудаков. // В сб. : Вопросы оборонной техники. – Серия IV. – вып. 54. – 1979.

Отримано 03.10.2011