

UDC 623.44



O. Bilenko



K. Pershina



D. Pavlov

## PROCEDURE FOR SECURITY FORCES' WEAPONS RECOIL ENERGY REDUCTION

*Increasing of fire precision and rapidity can be achieved by means of weapon's recoil energy reduction. Peculiarities of security forces' typical fire missions allow power of munitions to be decreased in order to reduce weapon recoil. It could make possible to solve recoil problem without any additive elements like muzzle breaks. The interrelationship of energy and ballistic parameters of weapon are analyzed to find out the ways of recoil energy reduction while remaining suitable performance characteristics of weapon. Common dependencies and methods of internal and external ballistics are applied. The way to obtain minimum possible recoil energy for existing or perspective small arms is proposed. It is designed the procedure for small arm's recoil energy reduction. It allows light weapons to be designed with sustainable reduced recoil energy while maintaining suitable for security forces parameters of fire range and target hitting effect. This procedure also allows creating technical specifications for security forces' weapons, especially when recoil energy regulation is necessary.*

*K e y w o r d s: fire accuracy, weapon recoil energy, weapon technical specifications, security forces.*

**Introduction.** Weapon recoil can substantially influence on fire mission effectiveness through fire accuracy and rapidness decreasing [1, 2]. Reducing values of the main recoil indicators' such as recoil energy, impulse, and speed positively affect firing results.

Thus, it decreases outlet angle dispersion and provides grouping of shots to be closer [3].

Also recoil reduction allows save time when reaiming or catching a target at a large zoom optical sight after the shot has been done [4, 5]. It promotes enhancing of usable rate of a fire.

Recoil reduction can also promote decreasing of shooter's physiological and psychological fatigue. It provides remaining of shooter's accuracy and reaction abilities and, accordingly, close grouping of shots and accuracy parameters of fire [6, 7].

Thus, fire rapidness and accuracy can be improved by means of recoil reducing. The main factors affecting weapon recoil are weapon mass, projectile mass, projectile muzzle velocity.

The energy is considered to be the main recoil indicator since it is received and dissipated by a shooter's body.

The larger is a weapon mass and less is a projectile mass the less recoil energy is. But this way may not be always suitable. For example, weapon mass enlargement negatively affects shooter's maneuverability and possibility to carry necessary load (munitions, water, food etc). Muzzle velocity and a projectile mass decreasing lead to fire range degradation, especially target perforating and casualty-producing range.

Therefore, this way of recoil reduction is not suitable for armed forces' weapons whose typical missions as usual require powerful munitions. Meanwhile, taking in account peculiarities of security forces' fire missions (short fire ranges, not armored targets, etc), reduction of recoil energy by means mentioned above is quite acceptable. It could make possible to solve recoil problem without any additive elements like muzzle breaks which may not be suitable for some types of light weapons, for example, pistols or submachine guns.

Optimization of weapon's tactical characteristics by defining minimal suitable for security forces parameters of fire range and target hitting effect should be done at first. Decreasing of these parameters can be achieved by means of muzzle velocity and a projectile mass reduction [3].

The question is what characteristics and how much must be reduced. On the one hand maximal recoil energy reduction providing determined muzzle energy can be achieved by means of muzzle velocity increasing while appropriate projectile mass decreasing [3]. On the other hand a projectile mass decreasing

leads to a projectile ballistic coefficient increasing. As a result it is substantial weapon range shortening due to rapid projectile velocity degradation.

Therefore, it must be determined the combination of a weapon characteristics which satisfy the criterion such as recoil energy minimization providing predetermined projectile hitting effect at the predetermined range.

The article's goal is to design the procedure of recoil reduction for security forces' weapons.

**Basic section.** Maximal recoil energy reduction providing determined muzzle energy can be achieved by means of muzzle velocity increasing while appropriate projectile mass decreasing [3].

$$E_{kr} = \frac{m_w V_r^2}{2}, \quad (1)$$

where  $E_{kr}$  – recoil kinetic energy, J;  $m_w$  – weapon mass, kg;  $V_r$  – recoil velocity, m/s.

According to momentum conservation law recoil velocity is [8]

$$V_r = \frac{m_p V_m}{m_w}, \quad (2)$$

where  $m_p$  – projectile mass, kg;  $V_m$  – projectile muzzle velocity, m/s.

Projectile energy depends on its mass and velocity. While designing security forces weapons' specification it must be concerned necessary range and necessary projectile hitting effect at this range. Therefore, it must be allowed values of projectile kinetic energy when it reaches target  $E_{kt}$  [8]

$$E_{kt} = \frac{m_p V_{pt}^2}{2}, \quad (3)$$

where  $m_p$  – projectile mass, kg;  $V_{pt}$  – projectile velocity when it reaches target, m/s.

Range  $X_t$ , within which it is maintained predetermined target hitting effect, depends inversely on projectile ballistic coefficient  $C$  (4) [9]

$$X_t = \frac{1}{k \cdot C} \ln \frac{V_m}{V_{pt}}, \quad (4)$$

where  $k = 3,29 \cdot 10^{-4}$  – coefficient allowing Siacci law, kg/m<sup>3</sup>.

Maximal ballistic coefficient value corresponding to predetermined  $X$  can be obtained with (5)

$$C = \frac{1}{k \cdot X_t} \ln \frac{V_m}{V_{pt}}. \quad (5)$$

To proceed (5) it is necessary to determine maximal muzzle velocity that can be reached practically. Last one can be obtained from technical characteristics of existing weapons or with internal ballistics expressions [10]. Those expressions are calculation of indicator diagram filling coefficient (6) and calculation of average bore pressure (7)

$$\eta_d = \frac{P_{av}}{P_m}, \quad (6)$$

where  $\eta_d$  – diagram filling coefficient;  $P_m$  – maximal bore pressure, Pa;  $P_{av}$  – average bore pressure, Pa;

$$P_{av} = \frac{\varphi m_p V_m^2}{2 S l_b}, \quad (7)$$

where  $\varphi$  – fictitiousness coefficient;  $S$  – bore sectional area, m<sup>2</sup>;  $l_b$  – rifled bore length, m.

Combining (4) and (5) it can be obtained with (8)

$$V_m = \sqrt{\frac{2 P_m \eta_d S l_b}{\varphi m_p}}. \quad (8)$$

Considering article's goal it is required to determine muzzle velocity and projectile mass ratio. It is rational to obtain  $V_m(m_p)$  ratio providing  $P_m$  not exceeded  $P_{m \max}$ . Value of  $P_{m \max}$  is determined by strength limitations of barrel material.  $V_m(m_p)$  ratio links projectile mass with maximum possible muzzle velocity that can be reached.

Muzzle velocity values limited by powder parameters (powder force, combustion rate, powder gases covolume, adiabatic indicator, etc) and appropriate powder gases inflow rate. Therefore, possibility of

necessary muzzle velocity realization must be examined with solving the direct task of internal ballistic [10]. As a result it can be obtained minimal value of a projectile mass and appropriate value of muzzle velocity.

Target meeting velocity necessary to provide determined hitting effect may be calculated with (9)

$$V_{pt} = \sqrt{\frac{2E_{kc}}{m_k}} \quad (9)$$

Muzzle velocity with respect to determined  $X_t$ ,  $C$ , and  $V_c$  may be calculated with (10)

$$V_m = V_{pt} \cdot e^{kCX} \quad (10)$$

Ballistic coefficient is a function of a projectile mass [9]. Thus, after appropriate projectile mass decreasing it is necessary to verify adequacy of the ballistic coefficient value obtained with (11) to the  $C$  value calculated with (5).

$$C = i \frac{d^2}{m_p} 1000, \quad (11)$$

where  $i$  – projectile shape coefficient;  $d$  – projectile diameter,  $m$ .

As a result such way of a weapon recoil reduction may be represented as an operation sequence. This sequence forms the procedure of security forces weapons' recoil reduction.

1. Input data determination.

2. Obtaining of a maximum possible muzzle velocity and a projectile mass ratio providing the barrel strength is not exceed  $V_{mp\ bs}(m_p)$ .

3. Muzzle velocity and a projectile mass values matching providing predetermined hitting effect is maintained, barrel strength is not exceed, a projectile mass tends to acceptable minimum.

4. Calculation of maximum possible muzzle velocity for accepted projectile mass by means of an internal ballistic direct task solving (for known types of powder)  $V_{mp\ ib}(m_p)$ .

5. Comparison of  $V_{mp\ bs}$  and  $V_{mp\ ib}$ . If  $V_{mp\ bs} \leq V_{mp\ ib}$ , it needs to return at p.3 and increase projectile mass.

6. Calculation of  $V_c$  with formula (9).

7. Calculation of ballistic coefficient maximum acceptable value  $C_{max}$  with formula (5).

8. Calculation of ballistic coefficient value  $C$  with formula (11).

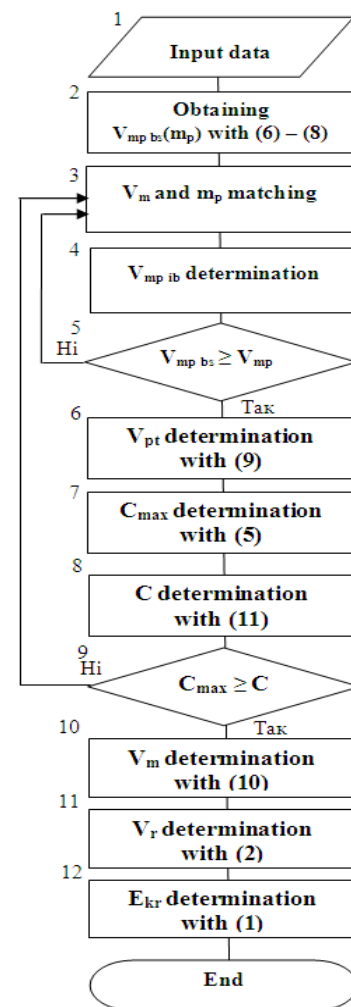
9. Comparison of  $C$  and  $C_{max}$ . If  $C \geq C_{max}$ , it needs to return at p.3 and increase projectile mass.

10. Obtaining of muzzle velocity value which corresponds to determined values of target meeting velocity, target range, and ballistic coefficient with formula (10).

11. Calculation of recoil velocity with formula (2).

12. Calculation of recoil energy with formula (1).

Procedure flowchart is depicted on figure.



Weapon's recoil energy reduction procedure flowchart

## Conclusions

It is designed the procedure of recoil energy reduction for a security forces' weapons. It allows light weapons to be designed with sustainable reduced recoil energy while maintaining suitable for security forces parameters of fire range and target hitting effect.

This procedure allows designing technical specifications for security forces' weapons, especially when recoil energy regulation is necessary.

Further research of this theme may be proceeded in a way of defining a recoil energy influence on fire effectiveness.

### References

1. Костішин, Б. О. Модель ефекту віддачі зброї при виконанні пострілу в спортивній стрільбі [Текст] / Б.О. Костішин // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – № 2/4 (56). – С. 30 – 34.
2. Параметры оружия, влияющие на точность стрельбы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://zbroya.info/ru/blog/2578\\_parametry-oruzhiia-vliiaushchie-na-tochnost-trelbu](https://zbroya.info/ru/blog/2578_parametry-oruzhiia-vliiaushchie-na-tochnost-trelbu). – Название с экрана.
3. Біленко, О. І. Шляхи зниження енергії віддачі стрілецької зброї для сил безпеки [Текст] / О. І. Біленко, Д. В. Павлов, К. В. Першина // Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України. – Харків : НАНГУ, 2017. – Вип. 2 (30). – С. 9–14.
4. Ewertowski, J. The impact of selected sorts of rifles on shooter - comparative analysis [Text] / W. J. Ewertowski, R. Piekarsk // Problemy Techniki Uzbrojenia. – 2016. - z. 138: P.73–86.
5. Біленко, О. І. Підвищення оперативності виконання снайперських вогневих завдань силами безпеки шляхом зменшення кута вильоту кулі [Текст] / О. І. Біленко, Ю. О. Белашов // Системи озброєння і військова техніка. – 2015. – № 3 (43). – С. 16–21.
6. Каримов, А. А. Повышение качества тренировочного процесса в прикладном виде спорта «Практическая стрельба» [Текст] : дис. ... канд. пед. наук / А. А. Каримов. – Улан-Удэ, 2004. – 139 с.
7. Приймаков, А. А. Взаимосвязи систем регулирования устойчивости равновесия в вертикальной позе и точности произвольного движения у стрелков [Текст] / А. А. Приймаков // Физическое воспитание студентов. – 2010. – № 3. – С. 75–77.
8. Кухлинг, К. Справочник по физике [Текст] / К. Кухлинг. – Москва : Мир, 1982. – 520 с.
9. Litz, V. "Applied Ballistics for Long Range Shooting" [Text] / V. Litz; Cedar Springs. – Н.:MI, 2011. – 840 p.
10. Баллистика ракетного и ствольного оружия [Текст] / В. В. Ветров, М. В. Жарков, В. И. Закаменных и др. – Волгоград : ВолгГТУ, 2010. – 470 с.
11. Сучасні зразки озброєння та військової техніки військових формувань України [Текст] : довідник / В. І. Пеньков, С. А. Соколовський, Д. С. Баулін та ін. – Харків : НАНГУ, 2015. – 132 с.
12. Підготовка снайперів [Текст] : навч. посіб. / В. І. Пеньков, С. А. Соколовський, Д. С. Баулін та ін. – Харків : НАНГУ, 2015. – 112 с.

*Стаття надійшла до редакції 20.05.2018 р.*

УДК 623.44

О. І. Біленко, К. В. Першина, Д. В. Павлов

### МЕТОДИКА ЗНИЖЕННЯ ВІДДАЧІ ДЛЯ ЗБРОЇ СИЛ БЕЗПЕКИ

*У статті встановлено, що на точність та оперативність стрільби суттєво впливає віддача зброї, отже, підвищення результатів стрільби може бути досягнуто шляхом зменшення енергії віддачі. Визначені основні чинники, які впливають на характеристики віддачі, а саме: маса зброї, маса кулі та дульна швидкість кулі. За допомогою відомих моделей і методів внутрішньої та зовнішньої балістики досліджено взаємозалежності енергетичних та балістичних параметрів стрілецької зброї за умов збереження прийнятних значень тактико-технічних характеристик зброї. На відміну від сил оборони, зниження енергії віддачі стрілецької зброї для сил безпеки є можливим через більш м'які вимоги до бойових властивостей такої зброї. Розглянуто шляхи зменшення віддачі зброї та обрано раціональний, який полягає в оптимізації тактичних характеристик стрілецької зброї сил безпеки, а саме – зниження її далекобійності та зменшення дії кулі по цілі до мінімально прийнятних значень. Запропоновано спосіб отримання значень максимально можливої дульної швидкості кулі залежно від її маси для існуючих та перспективних зразків стрілецької зброї. Розроблено методика зменшення енергії віддачі стрілецької зброї, яка за рахунок зниження тактико-технічних характеристик до прийнятного рівня дозволяє суттєво зменшувати енергію віддачі при пострілі. Результати роботи можуть бути використані при формуванні вимог до технічних характеристик стрілецької зброї для сил безпеки за умов регламентації енергії віддачі, а також при розробленні перспективних зразків стрілецької зброї. Подальшими напрямками дослідження будуть встановлення зв'язків між енергією віддачі зброї та точністю і оперативністю стрільби при виконанні вогневих завдань силами безпеки.*

*К л ю ч о в і с л о в а: стрілецька зброя, енергія віддачі зброї, вимоги до технічних характеристик зброї, сили безпеки.*

УДК 623.44

А. І. Біленко, Е. В. Першина, Д. В. Павлов

### МЕТОДИКА СНИЖЕНИЯ ОТДАЧИ ДЛЯ ОРУЖИЯ СИЛ БЕЗОПАСНОСТИ

*В статье установлено, что точность и оперативность стрельбы могут быть повышены путем уменьшения энергии отдачи. Определены основные факторы, которые влияют на характеристики отдачи. С помощью известных моделей и методов внутренней и внешней баллистики исследованы взаимозависимости энергетических и баллистических параметров стрелкового оружия при сохранении приемлемых значений тактико-технических характеристик оружия. Рассмотрены пути уменьшения отдачи оружия и выбран рациональный, заключающийся в оптимизации тактических характеристик стрелкового оружия сил безопасности, а именно – снижение его дальности и уменьшение действия пули по цели до минимально приемлемых значений. Разработана методика снижения энергии отдачи стрелкового оружия.*

*К л ю ч е в ы е с л о в а: стрелковое оружие, энергия отдачи оружия, требования к техническим характеристикам оружия, силы безопасности.*

**Біленко Олександр Іванович** – доктор технічних наук, доцент, начальник докторантури та ад'юнктури Національної академії Національної гвардії України.

**Першина Катерина Володимирівна** – ад'юнкт Національної академії Національної гвардії України.

**Павлов Дмитрій Вадимович** – кандидат військових наук, старший науковий співробітник, докторант Національної академії Національної гвардії України.