

УДК 624.064

А.В. Ковтун, Р.І. Топчій, В.О. Табуненко

Академія внутрішніх військ МВС України, Харків

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВІДХИЛЕННЯ ТРАЄКТОРІЇ РУХУ ЕЛЕМЕНТА УРАЖЕННЯ ПІД ВПЛИВОМ ГАЗОДИНАМІЧНОГО ВІДХИЛЯЮЧОГО ПОТОКУ

Захищеність особового складу підрозділів споряджених для охорони та оборони об'єктів від впливу елементів ураження стрілецької зброї на даний час являється актуальним питанням. Обґрунтовано необхідність створення методики підвищення захищеності особового складу варту від впливу елементів ураження стрілецької зброї при здійсненні збройного нападу диверсійних сил. Представлена розрахункова схема процесу взаємодії газодинамічного відхиляючого потоку з елементом ураження, порядок розробки математичної моделі. Запропонована газодинамічна відхиляюча система яка дозволяє підвищити захищеність як особового складу так і об'єкту, від впливу елементів ураження стрілецької зброї, при чому, як в стаціонарних, так і в польових умовах.

Ключові слова: захищеність, особовий склад варту, об'єкт, газодинамічний відхиляючий потік, елемент ураження.

Вступ

Постановка проблеми. Ураження особливо важливих об'єктів (ОВО), які включають в себе об'єкти державної власності, установи атомної енергетики, об'єкти військового і матеріально-технічного забезпечення та інші, являються пріоритетними цілями незаконних збройних формувань (НЗФ), диверсійно-розвідувальних груп (ДРГ) [1].

Особливу привабливість ОВО набувають через ряд причин, серед яких: 1. Будь-який захоплений ОВО дає можливість злочинцям шантажувати органи влади з метою виконання певних умов. 2. Окремі ОВО являються потенційною загрозою життю та здоров'ю населення. 3. Військові об'єкти (в/ч, склади, бази та ін.) являються джерелом отримання озброєння, техніки, боєприпасів, та інше. Тому, в зв'язку з загрозою нападу НЗФ на ОВО необхідна повсякденна охорона та оборона об'єктів від можливих збройних нападів.

Для цього на ОВО широко застосовується комплексна система охорони та оборони, яка передбачає поєднання технічних засобів із залученням особового складу охоронних підрозділів (Варт).

Збройний напад на ОВО може здійснюватися злочинцями, які поділяються на декілька груп (групи А, Б) та умовно складається з таких етапів: прихований вихід до об'єкту; стрімке нанесення удару; швидкий вихід з бою; відхід за межі об'єкту. Стрімке нанесення удару супроводжується обстрілом особового складу підрозділів охорони та оборони, який висувається на відбиття нападу.

На рис. 1 зображено порядок обстрілу групою захоплення А спостережних вишок і вартового приміщення з метою блокування особового складу варту в приміщенні чи його знищення. Група захоплення Б висувається в напрямку технологічних споруд для виконання головних задач, поставлених перед нападниками.

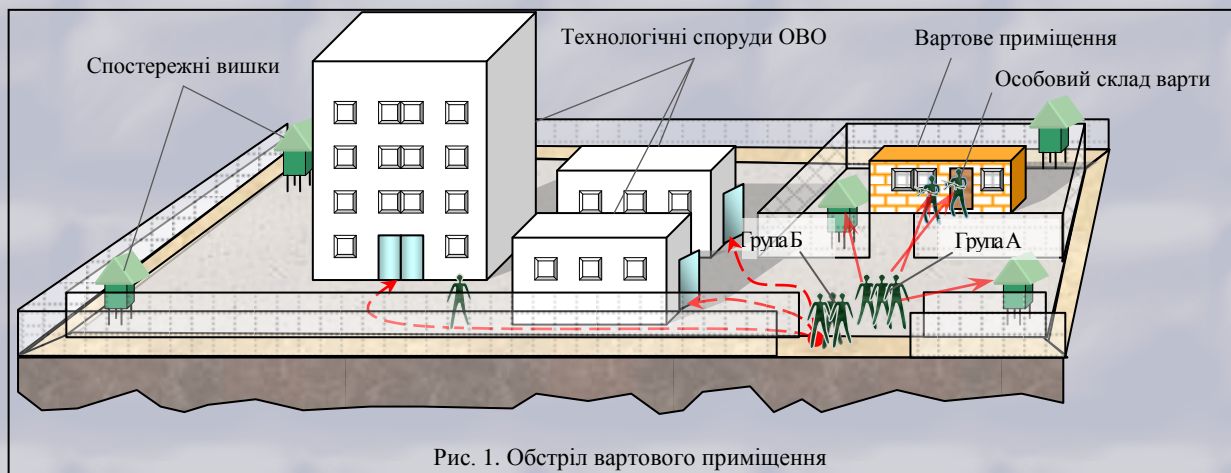


Рис. 1. Обстріл вартового приміщення

Аналіз останніх досліджень та літератури.

В сучасній науковій літературі задачам охорони та оборони ОВО присвячено чимало робіт, які вказують шляхи удосконалення систем охорони та оборони об'єктів. Так в роботах [2 – 4] наводяться шляхи удосконалення існуючих систем захисту об'єктів і напрямки створення нових. В роботі [3] запропоновано спосіб підвищення захищеності особового

складу варті шляхом застосування газодинамічних відхиляючих потоків для впливу на елемент ураження з метою відведення його від попадання в ціль чи передчасної детонації.

На рис. 2 показано рух елемента ураження 1, який після потрапляння в зону дії газодинамічного відхиляючого потоку 4, змінює траєкторію руху 3 на траєкторію 2.

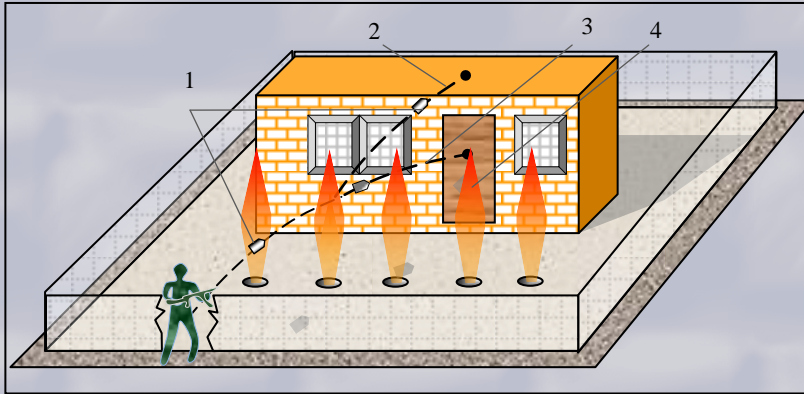


Рис. 2. Відвід елемента ураження від влучення в ціль

В роботі [3] наводиться математичне обґрунтування задачі, обчислення параметрів руху елемента ураження з урахуванням впливу газодинамічного відхиляючого потоку.

Метою статті є розробка математичної моделі процесу відхилення траєкторії руху елемента ураження при проходженні ним газодинамічного відхиляючого потоку і аналіз результатів чисельного моделювання.

Виклад основного матеріалу

Для дослідження впливу газодинамічного потоку на елемент ураження було застосовано теоретичну базу наведену в роботах [5 – 7]. На елемент ураження, що рухається в просторі, діють сила тяжіння G та сила опору середовища R , в якому відбувається рух (рис. 3).

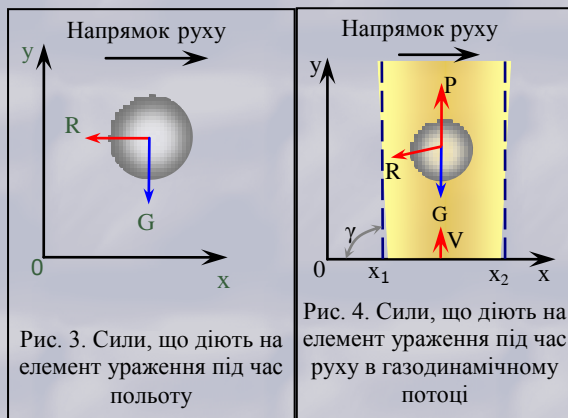


Рис. 3. Сили, що діють на елемент ураження під час польоту

Рис. 4. Сили, що діють на елемент ураження під час руху в газодинамічному потоці

При потраплянні елемента ураження в зону дії газодинамічного відхиляючого потоку ($x_1 - x_2$), який рухається зі швидкістю V , на елемент ураження додатково діє сила P , що спрямована паралельно до вісі oy (рис. 4).

На рис. 5 представлено розрахункову схему процесу зміни траєкторії руху елемента ураження при проходженні потоку та показані сили, що діють на елемент ураження на різних ділянках траєкторії. Повна математична модель руху елемента ураження з урахуванням впливу газодинамічного потоку, має вигляд (1) – (6): $x_i=[x_0-x_1]$

Початкові умови: при $t = 0$ $v_i=v_0$; $\theta_i=\theta_0$; $x_i=x_0$; $y_i=y_0$; $x_i=[x_1-x_2]$.

$$\left. \begin{aligned} \frac{dv}{dt} &= -g \sin \theta - \frac{C_x \rho v_{en}^2}{2m} S; \\ \frac{d\theta}{dt} &= -g \frac{\cos \theta}{v_{en}}; \\ \frac{dx}{dt} &= v_{en} \cos \theta; \\ \frac{dy}{dt} &= v_{en} \sin \theta. \end{aligned} \right\} (1)$$

Початкові умови: $v_i= v_{ок}=v_1$; $\theta_i= \theta_{ок}=\theta_1$; $x_i=x_{ок}=x_1$; $y_i= y_{ок}=y_1$; $x_i=[x_2-x_3]$.

$$\left. \begin{aligned} \frac{dv}{dt} &= -g \sin \theta - \frac{C_x \rho v_{en}^2}{2m} S; \\ \frac{d\theta}{dt} &= -g \frac{\cos \theta}{v_{en}}; \\ \frac{dx}{dt} &= v_{en} \cos \theta; \\ \frac{dy}{dt} &= v_{en} \sin \theta. \end{aligned} \right\} (2)$$

Початкові умови: $v_i=v_{1к}=v_2$; $\theta_i=\theta_{1к}=\theta_2$; $x_i=x_{1к}=x_2$; $y_i=y_{1к}=y_2$; $x_i=[x_3-x_4]$.

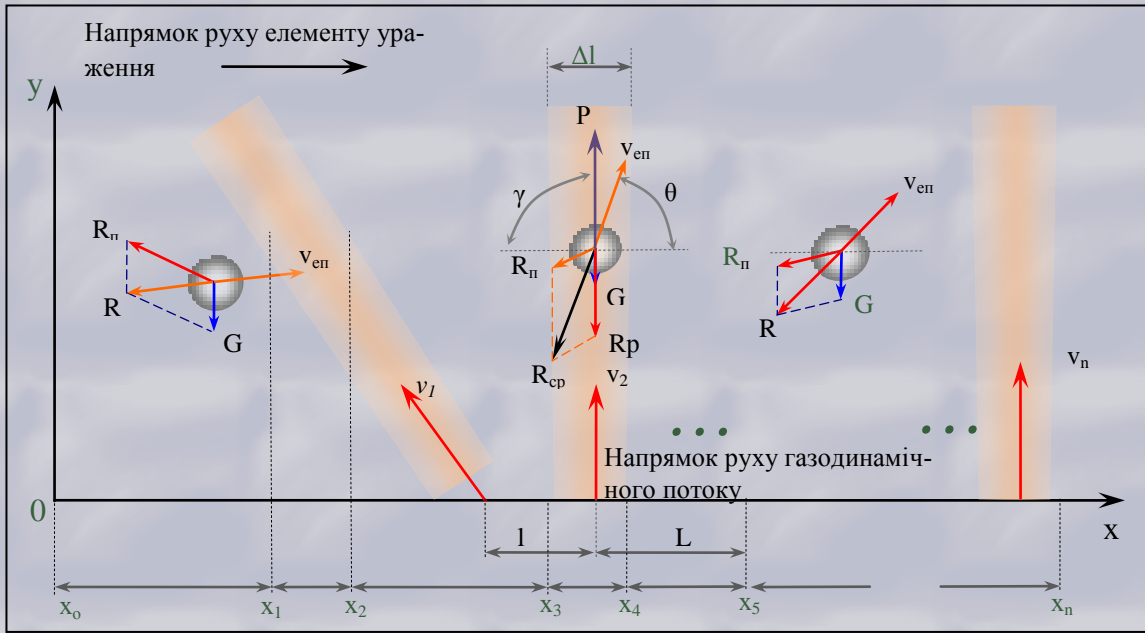


Рис. 5. Розрахункова схема процесу зміни траєкторії руху елемента ураження під впливом газодинамічного потоку

$$\left. \begin{aligned} \frac{dv}{dt} &= -g \sin \theta - \frac{C_x \rho v_{\text{еп}}^2}{2m} S + \frac{P}{m} \cos \gamma; \\ \frac{d\theta}{dt} &= -g \frac{\cos \theta}{v_{\text{еп}}} + \frac{P \sin \gamma}{m v_{\text{еп}}}; \\ \frac{dx}{dt} &= v_{\text{еп}} \cos \theta; \\ \frac{dy}{dt} &= v_{\text{еп}} \sin \theta. \end{aligned} \right\} (4)$$

Початкові умови: $v_i = v_{2k} = v_3$; $\theta_i = \theta_{2k} = \theta_3$; $x_i = x_{2k} = x_3$;
 $y_i = y_{2k} = y_3$; $x_i = [x_4 - x_5]$.

$$\left. \begin{aligned} \frac{dv}{dt} &= -g \sin \theta - \frac{C_x \rho v_{\text{еп}}^2}{2m} S; \\ \frac{d\theta}{dt} &= -g \frac{\cos \theta}{v_{\text{еп}}}; \\ \frac{dx}{dt} &= v_{\text{еп}} \cos \theta; \\ \frac{dy}{dt} &= v_{\text{еп}} \sin \theta. \end{aligned} \right\} (5)$$

Початкові умови: $v_i = v_{(n-2)k} = v_k$; $\theta_i = \theta_{(n-2)k} = \theta_k$;
 $x_i = x_{(n-2)k} = x_k$; $y_i = y_{(n-2)k} = y_k$;

$$\left. \begin{aligned} \frac{dv}{dt} &= -g \sin \theta - \frac{C_x \rho v_{\text{еп}}^2}{2m} S; \\ \frac{d\theta}{dt} &= -g \frac{\cos \theta}{v_{\text{еп}}}; \\ \frac{dx}{dt} &= v_{\text{еп}} \cos \theta; \\ \frac{dy}{dt} &= v_{\text{еп}} \sin \theta. \end{aligned} \right\} (6)$$

Початкові умови: $v_i = v_{(n-2)k} = v_k$; $\theta_i = \theta_{(n-2)k} = \theta_k$;
 $x_i = x_{(n-2)k} = x_k$; $y_i = y_{(n-2)k} = y_k$;

$$P = \frac{c_x \cdot \delta \cdot \varphi \cdot \rho_n \cdot v_{\pi}^2}{2} \cdot S;$$

$$\rho_n = \rho_{\text{кр}} \cdot \left(\frac{P_{\text{атм}}}{P_{\text{кр}}} \right)^{\frac{1}{k}};$$

$$\rho_{\text{кр}} = \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}} \cdot \rho;$$

$$V = V_{\text{кр}} \cdot \sqrt{\frac{k+1}{k-1} \cdot \left[1 - \left(\frac{P_{\text{атм}}}{P_0} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]},$$

де C_x – коефіцієнт лобового опору; φ – коефіцієнт стану поверхні елемента ураження; δ – форма елемента ураження; ρ – щільність середовища в якому відбувається процес впливу газодинамічного потоку на елемент ураження; ρ_n – щільність потоку; $\rho_{\text{кр}}$ – щільність потоку в критичному перетині сопла; v_{π} – швидкість потоку; k – показник адиабати; R – газова стала; $P_{\text{атм}}$ – атмосферний тиск; P_0 – тиск газу в ресивері (камері згоряння); θ – кут між $v_{\text{еп}}$ та віссю ox ; γ – кут впливу газодинамічного потоку; S – площа поперечного перетину елемента ураження; $v_{\text{еп}}$ – швидкість руху елемента ураження; g – прискорення вільного падіння; m – вага елемента ураження; $V_{\text{кр}}$ – швидкість газового потоку в критичному перетині сопла.

Для перевірки результатів, отриманих за допомогою представленої математичної моделі, було проведено порівняння результатів чисельного моделювання з даними, наведеними в таблиці стрільб [6] для 7,62-мм ручного кулемета Калашникова (РКК і РККС) з патроном зразка 1943 р.

В математичній моделі як вихідні дані обиралися: початкова швидкість кулі – 745 м/с; калібр – 7,62 мм; вага кулі – 7,9 г; кут вильоту – 0. В результаті порівняльного аналізу кожного з параметрів було визначено відхилення в таких межах (табл. 1).

Розбіжності в величинах відхиленнях при порівнянні розрахункових величин з даними таблиці стрільб, містяться в межах 8%, що дозволяє стверджувати, що математична модель адекватно відображає політ елемента ураження.

За допомогою наведеної математичної моделі було отримано ряд залежностей, серед яких залежність величини відхилення точки влучення елемента ураження в ціль Δ від сили дії газодинамічного потоку P на елемент ураження (рис. 6), та залежність величини відхилення Δ від кута впливу потоку на елемент ураження γ (рис. 7), при чому залежності було отримано для елементів ураження, що рухаються зі швидкостями

$$v_{\text{еп}}=745, 530, 315 \text{ м/с.}$$

Таблиця 1

Порівняльна таблиця результатів моделювання

Дальність	Кут прицілювання	Висота траєкторії (табл./мат. мод)	Горизонтальна відстань до вершини траєкторії (табл./мат.мод)	Повний час польоту кулі (табл./мат.мод)	Кінцева швидкість польоту кулі (табл./мат.мод)
м	гр.хв	м	м	с	м/с
100	0 05	0,03 0,0278	51 47,8	0,14 0,144	650 655
200	0 08	0,12 0,1116	105 97,65	0,31 0,303	562 578
300	0 13	0,31 0,2852	162 150,66	0,51 0,48	482 490,36
400	0 19	0,65 0,598	221 203,32	0,74 0,68	409 421,29
500	0 27	1,2 1,104	282 259,44	1,00 0,92	347 352,99
600	0 36	2,1 1,932	345 317,4	1,29 1,19	311 320,89
700	0 48	3,4 3,128	408 379,44	1,62 1,49	289 296,89
800	1 02	5,2 4,784	470 437,1	1,98 1,9	271 279,13
900	1 17	7,4 6,808	530 492,9	2,36 2,2	255 259,5
1000	1 34	10,3 9,579	588 546,84	2,76 2,575	240 243,47

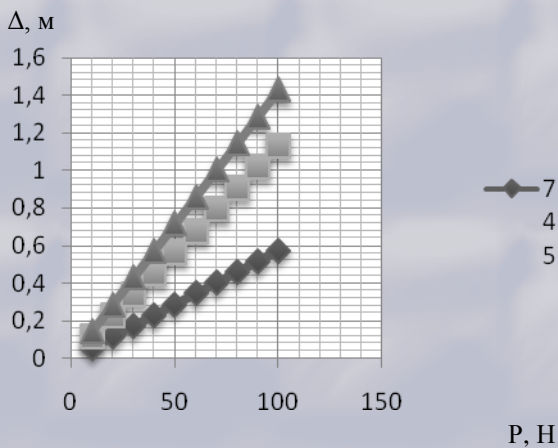


Рис. 6. Залежність величини відхилення Δ від сили газодинамічного потоку P

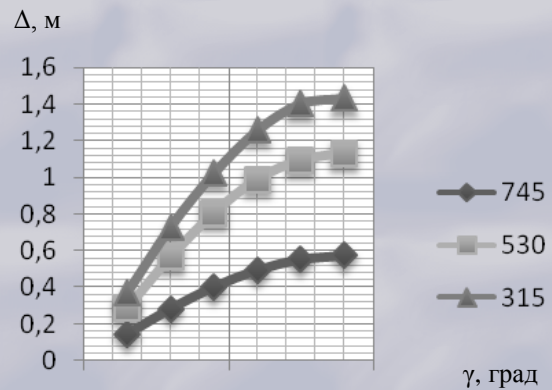


Рис. 7. Залежність величини відхилення Δ від кута впливу газодинамічного потоку γ

Висновки

– Залежність величини відхилення Δ від сили впливу P на елемент ураження має прямо пропорційний вигляд, із збільшенням P , величина відхилення точки влучення елемента ураження в ціль зростає, при чому із зменшенням швидкості руху елемента ураження $v_{\text{еп}}$, величина відхилення Δ збільшується;

– залежність величини відхилення Δ від кута впливу газодинамічного потоку на елемент ураження γ має вигляд кривої, та зі збільшенням куту впливу потоку на елемент ураження від $\gamma=15 - 90^\circ$ величина відхилення збільшується, при чому, зі збільшенням куту впливу від $\gamma=15 - 60^\circ$ величина відхилення збільшується пропорційно, а при збільшенні куту від $\gamma=60 - 90^\circ$ відбувається менш значний приріст величини відхилення Δ .

Подальші дослідження спрямовані на отримання залежностей, що надаватимуть змогу визначити необхідні параметри високошвидкісного газового потоку для підвищення захищеності особового складу варті.

Список літератури

1. Вступление в силу конвенции про борьбу с ядерным терроризмом // *Зарубежное военное обозрение*. – 2007. – №7. – С. 54-57.

2. Павлов Д.В., Ролін І.Ф. Основи методики оцінки ефективності контр штурмового компонента системи охорони АЕС // *Честь і закон*. –Х.: Військ. Ін-т ВВ МВС України, 2005. – №4. – С. 22-27.

3. Ковтун А.В., Топчий Р.І. Математична модель процесу зміни параметрів руху вражаючого елемента при проходженні ним протидіючого газодинамічного потоку // *Спеціальна техніка у правоохоронній діяльності. Материали між нар. наук.-практ. конф. (Україна, Київ, 22-23 листопада 2005 р.)*. – К.: Київський нац. ун-т внутр. справ, 2006. – С. 79-85.

4. Вильданов М. О состоянии защищенности атомных электростанций США // *Зарубежное военное обозрение*. – 2007. – №2. – С. 19-21.

5. Шапиро Я.М. Внешняя баллистика. –М.: Оборонгиз, 1946. – 402 с.

6. Наставление по стрелковому делу. – М.: Воениздат, 1985. – 344 с.

7. Ковтун А.В., Топчий Р.І., Данилюк В.Є., Янкович В.М. Експериментальне дослідження процесу взаємодії зовнішнього протидіючого потоку з високошвидкісним ударником // *Труди Національної академії оборони України*. – К.: НАОУ, 2006. – № 69. – С. 227-230.

Надійшла до редколегії 29.05.2008

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.І. Риженко, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний університет», Харків.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ОТКЛОНЕНИЯ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ ЭЛЕМЕНТА ПОРАЖЕНИЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ГАЗОВОГО ПОТОКА

А.В. Ковтун, Р.И. Топчий, В.А. Табуненко

Защищенность личного состава подразделений, снаряженных для охраны и обороны объектов от воздействия элементов поражения стрелкового оружия в настоящее время является актуальным вопросом. Предложенная газодинамическая отклоняющая система позволяет повысить защищенность как личного состава, так и объекта от воздействия элементов поражения стрелкового оружия, как в стационарных, так и в полевых условиях. Обоснована необходимость создания методики повышения защищенности личного состава при совершении вооруженного нападения противником. В основу положено процесс изменения траектории движения элемента поражения путем воздействия на него высокоскоростных потоков.

Ключевые слова: защищенность, личный состав охраны, объект, газодинамический отклоняющий поток, элемент поражения.

MATHEMATIC MODEL OF DETERMINATION VALUE OF DAVIATION TRAECTORY MOVEMENT ELEMENT DESTRUCTION UNDER INFLUENCE HIGH-SPEED GAS CURRENT

A.V. Kovtun, R.I. Topchiy, V.A. Tabunenko

Protect ability of guard personnel is urgent question today. Suggest the gas-dynamic system which can possibility changed of trajectory movement element destruction. Stipulation necessity field of methods raise protect ability especially important objects from influence element destructions shooting guns by armed attacks saboteur forces. At the heart of process changed of trajectory movement element destruction laid the foundation of influence high-speed gas current. Proposed system enable raise protect ability of guard personnel by armed attacks saboteur forces.

Keywords: protected, personnel of guard, object, gas-dynamic baffle stream, element of defeat.