

УДК 623.45,629.762

В.Ф. Греков, С.В. Орлов, А.А. П'янков, Ю.А. Ткаченко

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

## ВИЗНАЧЕННЯ НАРЯДУ РАКЕТ ДЛЯ ВИКОНАННЯ БОЙОВИХ ЗАВДАНЬ

Стаття містить деякі результати досліджень ефективності застосування ракет, що споряджені фугасними або касетними бойовими частинами для виконання завдання з заданою імовірністю. Пропонується підходи до вибору наряду ракет, що споряджені фугасними або касетними бойовими частинами, необхідної для виконання завдання ураження об'єктів з заданою імовірністю.

**Ключові слова:** реактивні системи залпового вогню, літальний апарат, навігаційна система.

### Вступ

Аналіз літератури [1 – 6], показує, що рішення задач, пов'язаних з визначенням наряду боєприпасів, необхідного для ураження цілі з заданою імовірністю є актуальним. Існуючі документи, щодо визначення наряду ракет споряджених фугасними або касетними бойовими частинами передбачають ураження лише типових об'єктів. Досить часто виникає потреба уражати нетипові цілі, характеристики яких (площа, лінійні розміри і т.п.) відомі. Тому методика визначення наряду ракет для ураження нетипових цілей, що пропонується, дозволить командирі прийняти рішення на ураження цілі з заданою ефективністю.

Метою статті є постановка і рішення задачі визначення кількості ракет необхідних для ураження заздалегідь визначених об'єктів з заданою імовірністю і визначення потрібної їх кількості.

### Виклад основного матеріалу

Оцінку втрат будемо проводити методом прогнозування з використанням значень приведених радіусів зон ураження об'єктів [3, 4]. Вважаємо, що окремі цілі об'єкту опинившись в межах зони ураження з певною імовірністю отримають відповідну ступінь ураження, що зніжує їх боєздатність.

Прогнозування втрат противника від ракетного удару потребує знань радіусів зон ураження особового складу, техніки і озброєння для фугасного бойового оснащення або оснащення з керованими суббоєприпасами і характеристик точності доставки бойового оснащення до цілі. Також необхідно знати площу і захищеність елементів цілей об'єкту, по якому нанесений удар.

У загальному випадку об'єкт ураження уявляємо як сукупність елементарних цілей, що розташовані на обмеженій площі. Елементарною ціллю вважаємо одиночну ціль, яку не можливо розділити на інші цілі, наприклад, танк, БМП тощо. За характером елементарних цілей, що входять у склад об'єктів, їх можна розділити на однорідні і неоднорідні. Однорідні об'єкти містять один вид елементарних цілей. Для однорідного об'єкту число уражених елементарних цілей, що розташовані рівномірно, прямо пропорційно площі об'єкту ураженої вибухом.

Неоднорідні об'єкти містять елементарні цілі різного типу (живу силу, танки, артилерію).

У разі відсутності даних про розподіл елементарних цілей на площі об'єкту будемо вважати, що усі елементи на цій площі розподілені рівномірно.

Проведемо оцінку кількості ракет для виконання завдання з заданою імовірністю для фугасного та касетного спорядження.

**1. Фугасне бойове оснащення.** Величина площі цілі, що уражається фугасом, залежить від визначення точки прицілювання і точності стрільби.

Стійкість об'єкту залежить від його розмірів та конфігурації. За розмірами об'єкти будемо поділяти на мало розмірні об'єкти, які або уражаються повністю під час вибуху, або взагалі не уражаються, і розмірні об'єкти – площинні і лінійні. У площинних об'єктів співвідношення розмірів фронту і глибини не перевищує 2 : 1. У лінійних об'єктів співвідношення розмірів фронту і глибини перевищує 2 [4]. На відміну від мало розмірних площинні об'єкти можуть бути уражені частково. В залежності від потужності вибуху одна і та ж ціль може бути в одному випадку мало вимірною, в іншому - розмірною. Будемо умовно вважати усі об'єкти круговими [2 – 4] з радіусом  $R_c$ , м і площею  $S_c$ , м<sup>2</sup>

$$R_c = \sqrt{S_c/\pi}. \quad (1)$$

Розмірною характеристикою лінійного об'єкту будемо вважати його довжину  $L_c$ .

Радіуси (м) зон середніх ушкоджень військової техніки і руйнувань інженерних споруд від фугасного вибуху наведені у табл. 1 [4]. Радіуси ураження військової техніки, що розташована у сховищах, менші приблизно у 1,5 рази. Руйнування, що викликає дія повітряної ударної хвилі (ПУХ), визначаються величиною надлишкового тиску у фронті ПУХ  $\Delta P_f$  (кгс/см<sup>2</sup>). Характер і ступінь ураження військової техніки в залежності від надлишкового тиску у фронті ПУХ наведені у табл. 2 [4, 5].

На основі даних [6] нами отримані залежності радіусів ураження від величин надлишкового тиску у фронті ПУХ  $\Delta P_f$  (кгс/см<sup>2</sup>) і тротилового еквівалента  $q$  (кг) бойової частини при наземному вибуху

$$R_n(\Delta P_f) = q^{1/3} / (0.495 \cdot \ln(\Delta P_f + 0.31) + 0.613), \quad (2)$$

Таблиця 1

Радіуси зон середніх ушкоджень, м

Найменування техніки і інженерних споруд	Троїловий еквівалент вибуху, кг				
	100	250	500	750	1000
Танки	6,96	8,77	11,70	14,80	15,08
Вантажні автомобілі	18,57	26,32	32,16	34,53	43,10
Артилерійські гармати	9,28	14,62	20,47	22,20	23,70
Оперативно-тактичні ракети	23,21	29,24	38,01	44,40	47,40
Літаки реактивні	41,77	55,56	67,25	78,92	86,18
Траншеї	13,93	14,62	20,47	22,20	23,70
Бліндажі	9,28	13,16	17,55	19,73	21,54
Сховища легкого типу	6,93	10,23	14,62	16,03	17,24
Мости авто і залізничні	11,60	14,62	20,47	24,66	28,01
Мости дерев'яні	16,27	17,54	23,40	27,13	32,32

Таблиця 2

Характер и ступінь ураження військової техніки

Об'єкт ушкодження	Ступінь ушкодження	$\Delta P_f$ , кгс/см <sup>2</sup> .
Особовий склад	легкі травми	0,2 – 0,4
	середні травми	0,5
	важкі травми	більш 0,5
	в край тяжкі і смертельні травми	більш 1,0
Танки	слабкі ураження	0,3 – 0,5
	повне руйнування	10 – 20
Артилерійські гармати	середні ураження	0,4 - 0,7
	повне руйнування	2,0 - 10
Гелікоптери	вихід з ладу	0,1 – 0,3
Літаки	вихід з ладу	0,1 – 0,3
Ракети	вихід з ладу	0,1 – 0,3
Скло вікон та споруд	руйнування	0,05
Ліс	повне руйнування	0,5
	зламано 60% дерев	0,3 – 0,5

а при повітряному вибуху:

$$R_v(\Delta P_f) = q^{1/3} / (0.739 \cdot \ln(\Delta P_f + 0.797) + 0.552) \cdot (3)$$

Залежності радіусів ураження від величин  $\Delta P_f$  і тротилового еквівалента  $q$  бойової частини при наземних і повітряних вибухах наведені на рис. 1 і 2.

Залежність необхідної потужності бойової частини  $q_n P$  ( $\Delta P_f$ ) від точності стрільби  $E$ , необхідної імовірності ураження цілі  $P$  і її захищеності  $\Delta P_f$  при наземному вибуху зображена на рис.3.

Необхідна кількість  $N_m$  БЧ, для ураження малої цілі з заданою імовірністю  $P_{Nm}$  визначається як

$$NP(PNm) = \ln(1 - PNm) / \ln(1 - P), \quad (4)$$

де  $NP$  – потрібна кількість бойових частин, кожна з яких уражає малу ціль з імовірністю  $P$  для ураження цілі з  $PNm$  – потрібною імовірністю ураження малої цілі  $N_m$  бойовими частинами;  $P$  – імовірність ураження малої цілі однією бойовою частиною.

Необхідну кількість  $NP$  БЧ, для ураження малої цілі з заданою імовірністю  $PNm$  можна визначити за допомогою графіка на рис. 4.

При використанні приведеної зони ураження у вигляді кола і круговому розсіюванні ракети максимальне середнє ураження площинної цілі одним бойовим блоком, для  $E_g \geq R_c / 6$ , визначається як

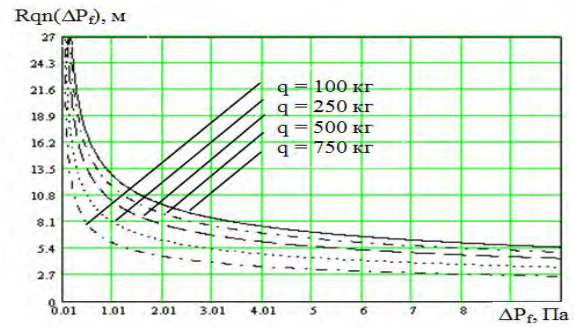


Рис. 1. Залежність радіуса ураження  $R_{qn}$  від величини  $\Delta P_f$  і  $q$  бойової частини при наземному вибуху

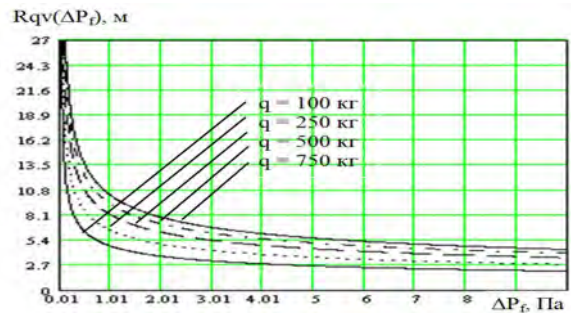


Рис. 2. Залежність радіуса ураження  $R_{qv}$  від  $\Delta P_f$  і тротилового еквівалента  $q$  бойової частини при повітряному вибуху

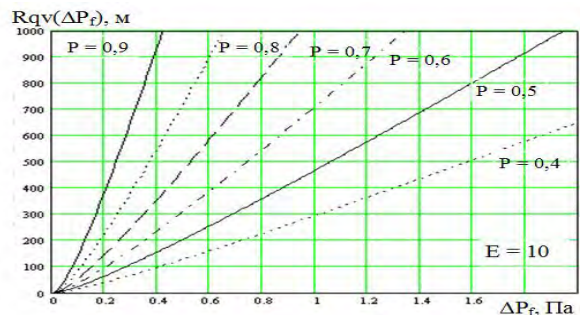


Рис. 3. Залежність необхідної потужності бойової частини  $q_n P$  від точності стрільби  $E$ , необхідної імовірності ураження цілі  $P$  і її захищеності  $\Delta P_f$  при наземному вибуху

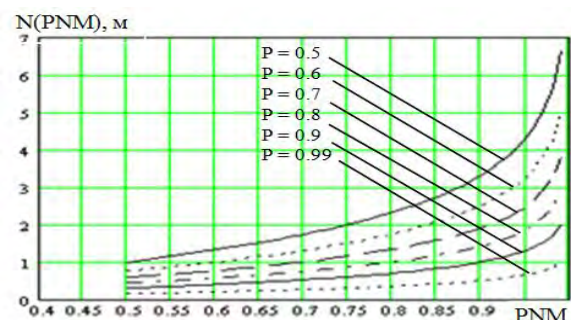


Рис. 4. Графік для визначення необхідної кількості  $NP$  БЧ, для ураження малої цілі з заданою імовірністю  $PNm$

$$W_{sl} = \left( R_p^2 / R_c^2 \right) \cdot \left( 1 - \exp \left( -R_c^2 / (2 \cdot \sigma^2 + 0.5 \cdot R_c^2) \right) \right), \quad (5)$$

де  $R_p$  – радіус кола розсіювання КББ;  $R_c$  – радіус цілі приведений;  $\sigma = E_g / 1,18$  – середньо квадратич-

ні відхилення;  $E_r$  – середня похибка кругового розсіювання.

**2. Касетне бойове спорядження.** Касетні бойові частини (КБЧ) можуть бути споряджені різними, наприклад, протитанковими суббоеприпасами, що розсіюються над груповою ціллю після відстрілу. Підхід до оцінки кількості ракет, що споряджені керованими суббоеприпасами, необхідних для виконання задачі з заданою імовірністю базується на наступному. Визначаються параметри об'єкту, параметри розсіювання КББ і їх ефективність, а також точності стрільби. Обчислюється математичне очікування площі об'єкту з розташованими на ній окремими цілями, що може бути накрита площею розсіювання керованих елементів. Це дозволяє обчислити долю цілей, які можуть бути ушкоджені керованими суббоеприпасами. Враховуючи кількість цілей, що уражаються однією ракетою, можливо оцінити кількість ракет необхідних для виконання задачі з заданою імовірністю.

1. Визначаємо радіус приведенної площі об'єкту: розміри об'єкту по фронту  $A = 0,3$  км, у глибину  $B = 0,3$  км та площу об'єкту  $S_c = A \times B = 0,09$  км<sup>2</sup>, радіус цілі приведенний  $R_c = \sqrt{S_c/\pi} = 0,169$  км;

2. Діаметр кола розсіювання КББ при круговому розсіюванні [1]  $D_p = 0,320$  км, радіус кола розсіювання КББ  $R_p = D_p / 2 = 0,16$  км.

Визначаємо середню похибку кругового розсіювання точність визначення координат об'єкту  $E_k = 0,08$  км, точність наведення ракети  $E_{ng} = 0,05$  км, кругове імовірне відхилення точки розкидання КББ  $E_{tr} = 0,01$ , км, середню похибку кругового розсіювання  $E_r = \sqrt{E_k^2 + E_{ng}^2 + E_{tr}^2} = 0,095$  км, переходимо від середньо квадратичних до кругових імовірних відхилень  $\sigma_r = E_r / 1,18$  [2].

3. Визначаємо максимальне середнє ураження площі об'єкту однією ракетою за залежністю (5):

$$W_{sl} = \frac{R_p^2}{R_c^2} \cdot \left( 1 - \exp\left(-\frac{R_c^2}{2 \cdot \sigma_r^2 + 0,5 \cdot R_c^2}\right) \right) = 0,581$$

4. Визначаємо ефективність одної ракети з КББ. Доля уражених елементів об'єкту за даними [1]:

$$P_1 = \frac{C_u}{N_k} = 0,714,$$

де  $C_u$  – максимальна кількість цілей, які уражаються 1-ю ракетою;  $N_k$  – кількість бойових елементів (КББ) у КБЧ „Атакмс”: („Скіт” – 14 або „TGSM” – 24).

5. Визначаємо імовірність  $P$  виконання задачі 1-ю ракетою  $P = W_{sl} \cdot P_1 = 0,415$ .

6. Визначаємо кількість ракет  $NP$  ( $PN_m$ ), необхідних для виконання задачі з заданою імовірністю користуючись залежністю (4) або графіком рис. 4. Знаходимо, що при  $P = 0,415$  для виконання завдання з імовірністю  $PN_m = 0,8$  необхідно витратити 3 ракети.

7. Визначаємо кількість ракет необхідних для ураження інших об'єктів з необхідною імовірністю.

8. Визначаємо загальну кількість ракет необхідних для виконання завдання з необхідною імовірністю. Для цього сумуємо кількість ракет необхідних для ураження кожного об'єкту.

## Висновок

Запропоновані підходи дають змогу оцінити кількість ракет, що споряджені фугасними або КБЧ, для виконання задачі з заданою імовірністю.

## Список літератури

1. Посібник по вивченню іноземних армій. – К., 1998. – 110 с.
2. Золотов Н.И. Оценка эффективности стрельбы. Вопросы совершенствования / Н.И. Золотов. – М.: В.М. – 2003. – № 2. – С. 15-23.
3. Фендриков Н.М. Методы расчета боевой эффективности вооружения / Н.М. Фендриков, В.И. Яковлев. – М.: Воен. изд., 1971. – 224 с.
4. Малаховский Е.К. Стрельба на поражение опорных пунктов / Е.К. Малаховский. – М.: Воениздат, 1978. – 112 с.
5. Иванов А.И. Ракетно-ядерное оружие и его поражающее действие / А.И. Иванов. – М.: Воениздат, 1971. – 480 с.
6. Попов Н.Н. Расчет конструкций на динамические специальные нагрузки / Н.Н. Попов, Б.С. Расторгуев, А.В. Забегав. – М.: ВШ, 1992. – 320 с.

Надійшла до редколегії 3.09.2015

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Б.Т. Кононов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАРЯДА РАКЕТ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ БОЕВЫХ ЗАДАЧ

В.Ф. Греков, С.В. Орлов, А.А. Пьянков, Ю.А. Ткаченко

*Статья содержит некоторые результаты исследования эффективности применения ракет, оснащенных фугасными или кассетными боевыми частями для выполнения боевых задач с заданной вероятностью. Предлагаются подходы к выбору наряда ракет, оснащенных фугасными или кассетными боевыми частями, необходимые для выполнения задач поражения объектов с заданной вероятностью.*

**Ключевые слова:** реактивные системы залпового огня, летательный аппарат, навигационная система.

## DEFINITION OF THE ORDER OF ROCKETS FOR PERFORMANCE OF FIGHTING PROBLEMS

V.F. Grekov, S.V. Orlov, A.A. Pjankov, Y.A. Tkachenko

*The article contains some research results of application efficiency of the rockets, equipped with demolition or cassette fighting parts for performance of fighting problems with set probability. Approaches to a choice the order of the rockets, equipped with demolition or cassette fighting parts, necessary for defeat problem performance of objects with the set probability are offered.*

**Keywords:** reactive multiple rocket launcher, aircraft navigation system.