

ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЗАСОБУ УРАЖЕННЯ ПОВІТРЯНИХ МАЛОРОЗМІРНИХ ЦІЛЕЙ, ОСНАЩЕНОГО СИСТЕМОЮ ОБ'ЄМНОГО ВИБУХУ

Визначено можливості вдосконалення існуючого переносного засобу ураження повітряних цілей для боротьби з малорозмірними безпілотними літальними апаратами (БПЛА) та проведено оцінювання ефективності його застосування.

Постановка проблеми. Активний розвиток безпілотних систем та постійне зростання кількості типів БПЛА зумовлює актуальність питань боротьби з ними. Найбільші труднощі викликає боротьба з малорозмірними БПЛА у зв'язку з їх малою ефективною площею розсіювання та низьким рівнем власних теплових випромінювань. Зазначені фактори ускладнюють, а за певних умов роблять неможливим застосування існуючих засобів ураження (ЗУ). Для підвищення ефективності боротьби з малорозмірними БПЛА виникає необхідність в удосконаленні існуючих ЗУ та способів їх застосування.

Огляд останніх досліджень і публікацій. Питанням ураження малорозмірних БПЛА присвячено значну кількість досліджень, зокрема, [1–4]. Узагальненим підходом у запропонованих способах боротьби з малорозмірними повітряними цілями є використання переносних ЗУ, бойова частина яких оснащена осколково-фугасними боєприпасами, що обмежує область їх використання. У такому випадку виникає необхідність удосконалення існуючих переносних ЗУ з метою підвищення ефективності їх застосування для ураження малорозмірних повітряних цілей.

Отже, завданням досліджень є оцінювання ефективності застосування вдосконаленого переносного ЗУ повітряних малорозмірних цілей.

Виклад основного матеріалу дослідження. До складу типового переносного ЗУ входить пускова установка/контейнер, пусковий механізм, апаратура розпізнавання, зенітна керована ракета (ЗКР) з напівактивною системою самонаведення та осколково-фугасною бойовою частиною [1]. Для наведення ЗКР використовують головку самонаведення з фотоприймачем, максимальна чутливість якого досягається в діапазоні 3,5–5 мкм і відповідає спектральній щільності газів турбореактивних двигунів. Це призводить до того, що безпосереднє влучення й знищення малорозмірних БПЛА, які оснащені переважно електричними або поршневими двигунами, не відбувається. У такому випадку осколково-фугасна бойова частина переносного ЗУ не забезпечує ураження зазначених БПЛА. Таким чином, використання існуючих засобів малоефективне у боротьбі з малорозмірними БПЛА та іншими малорозмірними повітряними цілями.

Для усунення зазначеного недоліку пропонується вдосконалення переносного ЗУ за рахунок оснащення бойової частини ЗКР системою об'ємного вибуху з об'ємно-детонуючим боєприпасом, який споряджений горючим компонентом (на основі бензолу, метану, оксиду етилену, оксиду пропілену тощо). Використання такого боєприпасу

забезпечить проникнення паливоповітряної суміші у малорозмірну повітряну ціль до вибуху. При цьому після підриву зазначеної суміші та створення ударної хвилі досягається ураження малорозмірного БПЛА, у тому числі й у разі самоліквідації ракети.

Відомо [5], що ефективність застосування переносного ЗУ визначається його призначенням – досягти такої якості руйнування або пошкодження конструкції, яка дозволить отримати визначену бойову ефективність або досягти її підвищення. За такого підходу оцінювання ефективності застосування ЗУ повинне базуватися на визначенні кінцевого ефекту, тобто такого ураження малорозмірного БПЛА, при якому припиниться його функціонування.

У зв'язку з тим, що переносний ЗУ, який використовується, завжди оснащений бойовою частиною, як показник приросту ефективності його застосування доцільно використовувати нормований показник E [5]:

$$E = \frac{E_y - E_i}{1 - E_i}, \quad (1)$$

де E_y – ефективність застосування вдосконаленого переносного ЗУ, визначена на інтервалі (0...1);

E_i – ефективність застосування існуючого переносного ЗУ, визначена на інтервалі (0...1).

Оцінюваний приріст ефективності застосування вдосконаленого засобу може бути визначений з урахуванням методики розрахунку зон руйнування [6]. Для цього проводять визначення тротилового еквівалента W_T (кг) заряду:

$$W_T = \frac{0,4 \cdot Q_H}{0,9 \cdot Q_T} \cdot z \cdot m, \quad (2)$$

де Q_H – питома теплота згорання паливоповітряної суміші, кДж/кг;

z – частина приведеної маси суміші, яка бере участь у вибусі;

m – маса горючого компонента, кг;

Q_T – питома теплота вибуху тротилу, $Q_T = 4240$ кДж/кг.

На основі отриманих розрахунків проводять визначення радіуса зони руйнування R , км:

$$R = K \frac{\sqrt[3]{W_T}}{\left[1 + \left(\frac{3180}{W_T}\right)^2\right]^{1/6}}, \quad (3)$$

де K – безрозмірний коефіцієнт, який характеризує дію вибуху на ціль [6].

Ефективність застосування переносного ЗУ може бути охарактеризована щільністю розподілу промаху r як відстані від точки підриву ЗКР до місця перебування БПЛА. На практиці досліджень випадкових величин для розв'язання задач такого типу користуються законом Релея [5, 7]:

$$f(r) = \frac{r}{\sigma^2} e^{-\frac{r^2}{2\sigma^2}}, \quad (4)$$

де σ – середньоквадратичне відхилення значення величини промаху;
 r – допустимий промах.

Для приведення n отриманих значень $f_i(r)$ у діапазон (0...1) виконують нормування за формулою:

$$\overline{f_i(r)} = \frac{f_i(r) - f_{\min}(r)}{f_{\max}(r) - f_{\min}(r)}, \quad i = [1, n], \quad (5)$$

де $f_{\min}(r)$ – мінімальне на визначеному інтервалі $[0, R]$ значення функції $f(r)$;
 $f_{\max}(r)$ – максимальне на визначеному інтервалі $[0, R]$ значення функції $f(r)$.

Оскільки на інтервалі $[0, R]$ $f_{\min}(r) = 0$, то

$$\overline{f_i(r)} = \frac{f_i(r)}{f_{\max}(r)}, \quad i = [1, n]. \quad (6)$$

З урахуванням запропонованої методики нормований відносний приріст ефективності застосування переносного ЗУ (1) набуде вигляду:

$$E = \frac{\overline{f(r_y)} - \overline{f(r_i)}}{1 - \overline{f(r_i)}}, \quad (7)$$

де $\overline{f(r_y)}$ – нормована щільність розподілу величини промаху вдосконаленого переносного ЗУ;

$\overline{f(r_i)}$ – нормована щільність розподілу величини промаху існуючого переносного ЗУ.

Приклад оцінювання ефективності застосування вдосконаленого переносного ЗУ.

Для горючого компонента на основі бензолу масою 0,3 кг (маса вибухової речовини ПЗРК “Ігла”) при $z = 0,3$ (для легкозаймистих рідин у відкритому просторі) тротилловий еквівалент визначається за формулою (2):

$$W_T = \frac{0,4 \cdot 40633}{0,9 \cdot 4240} \cdot 0,3 \cdot 0,3 = 0,38 \text{ кг}.$$

Розраховані за формулою (3) значення радіуса зони руйнування для об'ємно-детонуючого боєприпасу, який споряджений горючим компонентом на основі бензолу R_y та осколково-фугасного боєприпасу R_i для різних значень тиску ударної хвилі наведені у табл. 1.

Розраховані значення зон руйнування

№ зони	1	2	3	4	5
R_y , м	140	200	340	1000	2000
R_i , м	120	170	290	850	1710

Для оцінювання ефективності застосування вдосконаленого переносного ЗУ скористаємось нормованим відносним приростом ефективності застосування переносного ЗУ (7). Для другої зони руйнування, в якій відбудеться сильне руйнування конструкцій та припинення функціонування малорозмірних БПЛА, графіки залежності нормованої щільності розподілу промаху (б) існуючого (а) та вдосконаленого (б) переносного ЗУ від величини промаху показано на рис. 1.

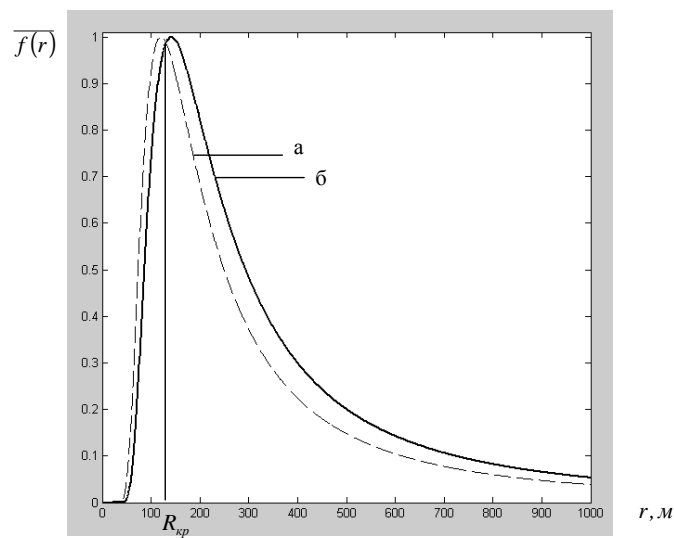


Рис. 1. До оцінювання ефективності застосування вдосконаленого переносного ЗУ для другої зони руйнування

Для наведених залежностей за формулою (7) розраховується нормований відносний приріст ефективності застосування вдосконаленого переносного ЗУ.

Аналіз побудованих графіків та проведених розрахунків дає змогу зробити висновки:

1. Існує таке критичне значення величини промаху $R_{кр}$, як розв'язок рівняння $\overline{f(r_i)} = \overline{f(r_y)}$, при досягненні якого нормований відносний приріст ефективності застосування вдосконаленого переносного ЗУ набуває додатних значень. При цьому, якщо $E < 0$, то використання вдосконаленого переносного ЗУ неефективне.

2. У зоні радіусом більше $R_{кр}$ ефективність застосування вдосконаленого переносного ЗУ зростає порівняно з існуючим. Розраховані значення $R_{кр}$ та E для другої зони руйнування на інтервалі $[R_{кр}, R]$, $R = 1000$ м наведені у табл. 2.

Таблиця 2

Розраховані значення E для наведеного прикладу

r , м	$R_{кр} = 130$	200	400	600	1000
E	0	0,43	0,1	0,034	0,018

Аналогічно можна оцінити ефективність застосування вдосконаленого переносного ЗУ для різних значень тиску ударної хвилі та радіуса зони ураження.

Висновки. У результаті проведених досліджень запропоновано методикку оцінювання ефективності застосування ЗУ повітряних малорозмірних цілей, оснащеного системою об'ємного вибуху. На її основі проведено розрахунок нормованого відносного приросту ефективності застосування вдосконаленого переносного ЗУ порівняно з існуючим. З'ясовано, що ефективність застосування вдосконаленого переносного ЗУ в зоні $R > R_{кр}$ підвищується. Крім того, за рахунок проникнення паливоповітряної суміші в елементи обладнання повітряних малорозмірних цілей підвищується ймовірність пошкодження їх конструкції.

Аналіз поданих результатів показує, що застосування запропонованого переносного ЗУ, ЗКР якого оснащена системою об'ємного вибуху, дає змогу підвищити ефективність ураження повітряних малорозмірних цілей, у тому числі й у випадку самоліквідації ракети. Перспективним напрямком подальших досліджень є оцінювання вартості оснащення ЗКР різними типами об'ємно-детонуючих боєприпасів, розробка та проведення експериментальних випробувань удосконаленого переносного ЗУ.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Довідник з протиповітряної оборони / А. Я. Торопчин, І. О. Романенко, Ю. Г. Даник, Р. Е. Пащенко та ін. – К. : МО України, Х. : ХВУ, 2003. – 368 с.
2. Саид Аминов. ПВО в борьбе с БЛА. [Электронный ресурс] / Саид Аминов. – Режим доступа : <http://www.uav.ru>.
3. Пат. 77127 Україна, МПК F 41 H, В 64 С 31/00. Система знищення/ураження повітряних, наземних, надводних та підводних цілей типу безпілотних авіаційних комплексів, безпілотних літальних апаратів, наземних пунктів управління безпілотними літальними апаратами, малорозмірних ненаселених надводних та підводних апаратів / Романенко І. О., Гудима О. П., Комаров В. О. та ін. ; власники патенту Романенко І. О., Гудима О. П., Комаров В. О., Башинський В. Г. – № 201209901 ; заявл. 16.08.12 ; опубл. 25.01.13, Бюл. № 2. – 12 с. : іл.
4. Годунов А. И. Комплекс обнаружения и борьбы с малогабаритными беспилотными летательными аппаратами / А. И. Годунов, С. В. Шишков, Н. К. Юрков // Надежность и качество сложных систем. – 2014. – № 2(6). – С. 62–70.
5. Моделивання бойових дій військ (сил) протиповітряної оборони та інформаційне забезпечення процесів управління ними (теорія, практика, історія розвитку) : монографія / В. П. Городнов, Г. А. Дробаха, М. О. Єрмошин та ін. – Х. : ХВУ, 2004. – 404 с.
6. Портола В. А. Расчет процессов горения и взрыва : учеб. пособ. / В. А. Портола, Н. Ю. Луговцова, Е. С. Торосян. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 108 с.
7. Бендат Дж. Измерения и анализ случайных процессов / Дж. Бендат, А. Пирсол. – М. : Мир, 1974. – 464 с.

Подано 08.10.2015

Ю. Г. Даник, С. А. Дупелич

ОЦЕНИВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВА ДЛЯ УНИЧТОЖЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ МАЛОРАЗМЕРНЫХ ЦЕЛЕЙ, ОСНАЩЕННОГО СИСТЕМОЙ ОБЪЕМНОГО ВЗРЫВА

Определены возможности усовершенствования существующего переносного средства уничтожения воздушных целей для борьбы с малоразмерными беспилотными летательными аппаратами и проведено оценивание эффективности его применения.

Y. G. Danik, S. O. Dupelich

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF TOOLS FOR THE DESTRUCTION OF SMALL-SIZED AIR TARGETS, EQUIPPED WITH SYSTEM OF VOLUME EXPLOSION

Possibilities of improving the existing portable means of destruction of air targets to combat small-sized unmanned aerial vehicles are defined and evaluation of the effectiveness of its application is carried out.