

В.М. Петров, І.О. Кашаєв, І.М. Ключніков, А.Ф. Кудрявцев

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОЇ НОМЕНКЛАТУРИ ЗАСОБІВ УРАЖЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ УДАРНИХ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ

У статті запропонований методичний підхід визначення ефективних типів і калібрів існуючих та перспективних керованих і некерованих засобів ураження для ударних безпілотних авіаційних комплексів. Розглядається декілька варіантів номенклатури засобів ураження і перевага віддається такому, для якого кількість необхідних вогневих впливів по досягненню заданої норми ураження цілі є мінімальною. Наводиться порядок формування вихідних даних, врахування характеристик вогневих впливів – показників точності влучення та вражаючої дії засобів ураження по цілі, розрахунку показника ефективності. За результатами розрахунків формується ранжируваний ряд варіантів засобів ураження по кожній типовій цілі.

Ключові слова: засіб ураження, вогневий вплив, точність влучення, вражаюча дія, потрібний наряд безпілотних літальних апаратів.

Вступ

Постановка проблеми. Розвиток сучасних і перспективних технологій дозволяє сьогодні безпілотним авіаційним комплексам (БпАК) успішно виконувати такі функції, які у минулому були їм недоступні та виконувалися іншими силами і засобами [1]. Безпілотні літальні апарати (БпЛА) стали "всевидючим оком в небі", дозволивши наземному операторові в реальному масштабі часу відстежувати і контролювати розвиток обстановки в заданому районі або маршруті, виявляти і оперативно вражати наземні, надводні і навіть повітряні цілі [2–8]. Типові цілі можуть бути як мобільними, так і стаціонарними, одиночними і груповими, наземними і морськими (надводними) і знаходитися в тактичній, оперативній і стратегічній глибині оперативної побудови військ противника. Різноманіття цілей зумовлює необхідність застосування по них такої ж кількості засобів ураження (ЗУ). Тому для бойового застосування перспективних ударних БпАК, у тому числі вітчизняного виробництва, можуть використовуватися існуючі керовані та некеровані авіаційні ЗУ з такими масо-габаритними характеристиками, які дозволятимуть їх підвіску та доставку в район виконання бойових завдань [2–8]. Оптимальний варіант для ударних БпЛА – застосовувати спеціалізовані ЗУ. У будь-якому випадку, за наявності на озброєнні хоча би декількох типів ЗУ, виникає проблема визначення для безлічі різноманітних цілей їх ефективно номенклатури.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Створення та виробництво багатоцільових (ударних) БпАК починалось з використанням уніфікованих

авіаційних механічних, електричних і радіоелектронних вузлів, що застосовувались на пілотованих ЛА. Американські конструктори, щоб не розробляти спеціальне озброєння для БпЛА, створювали їх такого розміру і вантажопідйомності, щоб можна було використовувати вже наявні на озброєнні авіаційні ЗУ [7–8]. Тому для визначення ефективної номенклатури ЗУ БпАК використовувались такі саме підходи, що й для пілотованої ударної авіації. Для існуючих авіаційних ЗУ ефективним вважається такий, у якого сумарна відносна площа ураження (S_{Σ}) типової цілі найбільша [9]:

$$S_{\Sigma} = nn_k l_x^* l_z^* \text{max},$$

де n – кількість ЗУ (бомб, касет, контейнерів, що підвішуються на БпЛА);

n_k – кількість ЗУ однієї касети (зв'язки, контейнера або число бойових частин в авіабомбах, що розділяються);

l_x^*, l_z^* – відносні розміри відповідних сторін приведеної зони ураження l_x^*, l_z^* , які виражені в ймовірних відхиленнях групового розсіювання:

$$l_x^* = \frac{l_x}{E_{x\Gamma}}, \quad l_z^* = \frac{l_z}{E_{z\Gamma}},$$

де $E_{x\Gamma}$, $E_{z\Gamma}$ – ймовірні відхилення групового розсіювання ЗУ уздовж вісей X та Z , відповідно.

Вибір номенклатури зі складу спеціально створених ЗУ для БпЛА здійснюється по цільовому при-

значенню даного засобу для ураження конкретного об'єкту [7–8].

Мета статті. З урахуванням характеристик типових об'єктів і вражаючих якостей різних засобів ураження розробити методичний підхід визначення з множини альтернативних варіантів ефективної номенклатури ЗУ для вогневих впливів перспективними ударними БпАК.

Виклад основного матеріалу

В основу визначення ефективної номенклатури ЗУ перспективних ударних БпАК покладений ефект досягнення заданої норми ураження їх різних типів за рахунок вогневих впливів.

Ефективність вогневих впливів ЗУ залежить від різних характеристик, які умовно можна розділити на дві групи [9–10]:

- характеристик точності влучення ЗУ в ціль;
- характеристик вражаючої дії ЗУ по ціль.

До першої групи відносяться показники розосередження і розсіювання ЗУ, такі, як математичні сподівання і середні квадратичні відхилення (СКВ) помилки розсіювання ЗУ, співвідношення між їх груповим і індивідуальним розсіюванням, величини їх штучного розосередження та інші. Ці показники мають імовірнісний характер і визначаються, передусім, мірою досконалості прицільно-навігаційного комплексу і можливостями системи управління озброєнням БпЛА, неоднорідністю вагових, балістичних та інших якостей ЗУ, що визначають їх технічне (штучне) розсіювання і умови бойового застосування.

До другої групи характеристик відносяться показники вражаючої дії ЗУ і уразливості по відношенню до них цілей, такі, як кількість ЗУ, розміри приведеної зони ураження цілі і середні необхідні для їх ураження кількості влучень і т. п. Ці показники визначаються в основному типом ЗУ, його досконалістю, умовами бойового застосування та типом цілі.

Точність і повнота врахування перелічених груп характеристик ЗУ при організації вогневих впливів залежить від досконалості прицільно-навігаційного комплексу БпЛА, принципів вирішення завдань прицілювання. Вирішення завдань прицілювання ускладнюється багатьма випадковими факторами, врахування яких досить складно і не завжди можливо. Ефективність бойового застосування БпЛА залежить від обраного варіанту бойової зарядки (номенклатури озброєння) – типу та калібру ЗУ, а також їх кількості [9–10].

Сутність методичного підходу визначення ефективної номенклатури полягає у виборі типу і калібру ЗУ, які планується застосовувати з конкретного типу БпЛА. Розглядається декілька варіантів підвісок ЗУ і перевага віддається такому, для якого кіль-

кість необхідних вогневих впливів N (по іншому – потрібний наряд БпЛА) для розглянутих альтернативних варіантів ЗУ для ураження заданої цілі є мінімальним [11–12]:

$$N \rightarrow \min. \quad (1)$$

Альтернативні варіанти номенклатури ЗУ, що розглядаються, можуть передбачати застосування різних видів озброєння в даних умовах. Як альтернативні варіанти однотипних ЗУ, що є в наявності, рекомендується розглядати тільки 2–3 варіанта з мінімальним значенням критерію N (1).

При нанесенні удару по одиночній цілі (у тому числі по елементарній цілі зі складу групової) у полігонних умовах кількість необхідних вогневих впливів БпЛА (потрібний наряд БпЛА) визначається [10–13]:

$$N = \frac{\lg(1 - W_r)}{\lg(1 - W_1)}, \quad (2)$$

де W_r – гарантована ймовірність (ймовірність того, що розрахований результат бойового застосування ЗУ по ціль буде не менше заданого). Розрахунки на ураження звичайних цілей здійснюються з гарантованою ймовірністю 0,8; для особливо важливих цілей розрахунки здійснюються з гарантованою ймовірністю 0,95;

W_1 – полігонна ймовірність ураження одиночної (елементарної) цілі одним вогневим впливом одного БпЛА.

Основою для визначення потрібного наряду БпЛА є ймовірність ураження одиночної цілі (або елементарної цілі зі складу групової), яка має розбіжності визначення з некерованими та керованими ЗУ.

Ймовірність ураження цілей некерованими засобами ураження використовується для виконання розрахунків при бойовому застосуванні некерованих авіаційних ракет (НАР) малого та великого калібру, а також авіаційних бомб (АБ) [11–13].

Полігонна ймовірність ураження одиночної (елементарної) цілі одним вогневим впливом одного БпЛА визначається за відомим виразом:

$$W_1 = k \times W^{(N)} + (1 - k)W^{(z)}, \quad (3)$$

де $k = k(\mu, M)$ – коефіцієнт, що враховує міру залежності між ЗУ (НАР, АБ) при їх застосуванні. (Значення коефіцієнту приведені у табл. 1).

$W^{(N)}$ – ймовірність ураження цілі у припущенні, що ЗУ при їх застосуванні незалежні один від іншого ($\mu = 0$);

$W^{(z)}$ – ймовірність ураження цілі при умові, що між застосованими ЗУ має місце функціональна залежність – характеристики розсіювання одного ЗУ впливають на відповідні характеристики інших ЗУ ($\mu = 1$). У такому випадку всі ЗУ (НАР, АБ) або потрапляють у ціль, або не потрапляють.

Таблиця 1

Значення коефіцієнта $k = k(\mu, M)$

M	μ					
	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	0,99
0,02	1,00	0,99	0,98	0,94	0,87	0,66
0,06	0,99	0,98	0,94	0,87	0,79	0,53
0,10	0,98	0,95	0,89	0,81	0,73	0,46
0,20	0,97	0,93	0,87	0,77	0,65	0,36
0,60	0,93	0,88	0,80	0,68	0,49	0,16
1,0	0,91	0,85	0,77	0,65	0,46	0,11
2,0	0,88	0,82	0,73	0,62	0,45	0,11
4,0	0,90	0,84	0,76	0,64	0,47	0,12
6,0	0,93	0,88	0,80	0,69	0,51	0,14
8,0	0,95	0,90	0,83	0,72	0,54	0,16
12,0	0,97	0,93	0,88	0,77	0,58	0,17
16,0	0,98	0,95	0,90	0,81	0,62	0,19
20,0	0,99	0,97	0,93	0,85	0,66	0,20

Коефіцієнт може визначатись по відомій апроксимації:

$$k = \begin{cases} 1 - A \times e^{-B} & \text{при } \mu > 0,1 \\ 1 & \text{при } \mu \leq 0,1 \end{cases},$$

$$\text{де } A = \frac{9\mu^3 M (1 - \sqrt{1 - \mu^2})}{9\mu^3 M + 1 - \mu^{20}}, \quad (4)$$

$$B = \frac{0,023(1 - \mu^{20})(M - 2)}{1 - \sqrt{1 - \mu^{20}}}.$$

Ймовірність ураження цілі у припущенні, що всі ЗУ при їх застосуванні незалежні один від іншого ($\mu = 0$) визначається:

$$W^{(N)} = 1 - (1 - p \times r^*)^n, \quad (5)$$

де p – ймовірність влучення ЗУ в приведену ціль;

r^* – умовна ймовірність ураження приведеної

цілі при одному влученні в неї ЗУ;

n – кількість ЗУ в одному вогневому впливі.

Ймовірність ураження цілі при умові, що між ЗУ при їх застосуванні є функціональна залежність ($\mu = 1$). Розраховується за виразом:

$$W^{(z)} = p \left[1 - (1 - r^*)^n \right]. \quad (6)$$

Міра залежності між ЗУ (НАР, АБ) у вогневих впливах визначається усередненим по осях коефіцієнтом кореляції (μ) та параметром (M). Усередне-

ний по осях коефіцієнт кореляції характеризує залежність між точками вибуху ЗУ (НАР, АБ). Залежить від характеристик групового (σ_{xT}, σ_{zT}) та повного розсіювання (σ_x, σ_z):

$$\mu = \frac{\sigma_{xT} \sigma_{zT}}{\sigma_x \sigma_z}, \quad (7)$$

де σ_{xT}, σ_{zT} – середні квадратичні відхилення (СКВ) складових групового розсіювання ЗУ по осях OX, OZ;

σ_x, σ_z – СКВ складових повного розсіювання ЗУ по осях OX, OZ, що залежать від точнісних характеристик прицільно-навігаційного комплексу (ПНК) БпЛА, типу ЗУ, способу і умов нанесення удару (у тому числі від висоти і швидкості бойового застосування), та визначаються при статистичній обробці результатів бойового застосування БпЛА.

СКВ складових повного розсіювання ЗУ по осях OX, OZ визначаються за виразами:

$$\sigma_x = \sqrt{\sigma_{xT}^2 + \sigma_{xI}^2}, \quad (8)$$

$$\sigma_z = \sqrt{\sigma_{zT}^2 + \sigma_{zI}^2}, \quad (9)$$

де σ_{xI}, σ_{zI} – СКВ складових індивідуального розсіювання ЗУ по осях OX, OZ.

Групове розсіювання з'являється за рахунок похибок бойового застосування, та є загальним для усіх ЗУ групи. Цей показник визначає положення теоретичного центру групування (центру розосередження) n ЗУ.

Індивідуальне розсіювання виникає за рахунок відхилень кожного ЗУ від теоретичного центру групування (центру розосередження) n ЗУ.

За відсутності результатів статистичної обробки результатів бойового застосування НАР для визначення СКВ складових групового і індивідуального розсіювання по осях використовують нормативні СКВ цих складових із співвідношень [9; 12]:

$$\sigma_{xT} = 1,48 E_{xT}^H, \quad (10)$$

$$\sigma_{zT} = 1,48 E_{zT}^H, \quad (11)$$

$$\sigma_{xI} = 1,48 E_{xI}^H, \quad (12)$$

$$\sigma_{zI} = 1,48 E_{zI}^H, \quad (13)$$

де $E_{xT}^H, E_{zT}^H, E_{xI}^H, E_{zI}^H$ – нормативні ймовірні групові і індивідуальні відхилення при бойовому застосуванні НАР.

Вони розраховуються як:

$$E_{xT}^H = \frac{\tilde{E}_{xT}^H}{\sin \lambda}, \quad (14)$$

$$E_{zr}^H = \tilde{E}_{zr}^H, \quad (15)$$

$$E_{xi}^H = \frac{\tilde{E}_{xi}^H}{\sin \lambda}, \quad (16)$$

$$E_{zi}^H = \tilde{E}_{zi}^H, \quad (17)$$

де $\tilde{E}_{xg}^H, \tilde{E}_{zr}^H, \tilde{E}_{xi}^H, \tilde{E}_{zi}^H$ – нормативні ймовірні групові та індивідуальні відхилення при пуску НАР в картинній площині;

λ – кут пуску НАР.

Нормативні ймовірні групові та індивідуальні відхилення НАР в картинній площині розраховуються за виразами:

$$\tilde{E}_{xg}^H = \tilde{E}_{zr}^H = a_e^r \cdot D_{cp}, \quad (18)$$

$$\tilde{E}_{xi}^H = \tilde{E}_{zi}^H = a_e^i \cdot D_{cp}, \quad (19)$$

де a_e^r, a_e^i – нормативні похибки для визначення групових і індивідуальних ймовірних відхилень при пуску НАР в картинній площині. Їх значення складають [9; 12]:

$a_e^r = 0,005$ (5 мілірадіан (мрад)), $a_e^i = 0,003$ (3 мрад) – для НАР малого калібру;

$a_e^r = 0,006$ (6 мрад), $a_e^i = 0,004$ (4 мрад) – для НАР великого калібру;

D_{cp} – середня дальність пуску НАР.

При відсутності результатів статистичної обробки бойового застосування АБ (бомбометань) для визначення СКВ складових групового розсіювання по осях використовують нормативні СКВ цих складових, які розраховуються:

$$\sigma_{xg}^H = 1,48 E_H, \quad (20)$$

$$\sigma_{zr}^H = \frac{1,48 E_H}{2}, \quad (21)$$

де E_H – нормативне ймовірне відхилення бойового застосування АБ, призначене для оцінки точності бойового застосування конкретного типу БпЛА. Визначається залежно від точнісних характеристик ПНК БпЛА, типу ЗУ, способу і умов нанесення удару (у тому числі від висоти і швидкості бойового застосування). Нормативні СКВ складових індивідуального розсіювання по осях розраховуються з нормативних складових СКВ групового розсіювання як:

$$\sigma_{xi}^H = \frac{\sigma_{xg}^H}{\kappa_6}, \quad (22)$$

$$\sigma_{zi}^H = \frac{\sigma_{zr}^H}{\kappa_6}, \quad (23)$$

де κ_6 – коефіцієнт, що враховує балістичні характеристики АБ. Значення коефіцієнтів:

– $\kappa_6 = 5$ для АБ, які скидаються з висот до 1000 м;

– $\kappa_6 = 4$ для РБК, які скидаються з висот до 1000 м;

– $\kappa_6 = 3$ для АБ з гальмівними пристроями і запальних баків (ЗБ) з оперенням;

– $\kappa_6 = 2$ для ЗБ без оперення.

Параметр M залежить від кількості ЗУ, які застосовані по цілі (n), ймовірності влучення ЗУ (p) і умовної ймовірності ураження приведеної цілі при одному влученні в неї ЗУ (r^*) та визначається за виразом:

$$M = n \times p \times r^*. \quad (24)$$

Умовна ймовірність ураження приведеної цілі при одному влученні в неї АЗУ розраховується за виразом:

$$r^* = r \frac{C_x \times C_z}{C_x^* \times C_z^*}, \quad (25)$$

де C_x, C_z – розміри цілі по осях ОХ, ОZ. При застосуванні НАР великого калібру і АБ розміри цілі по осях прирівнюються розмірам приведеної зони ураження:

$$C_x = l_x, C_z = l_z, \quad (26)$$

де l_x, l_z – розміри приведеної зони ураження цілі одним ЗУ по осях ОХ, ОZ, які залежать від типу цілі і ЗУ;

r – умовна ймовірність ураження цілі при одному влученні в неї ЗУ (характеризує живучість цілі).

Умовна ймовірність ураження цілі при одному влученні в неї НАР малого калібру розраховується:

$$r = \frac{1}{\omega}, \quad (27)$$

де ω – середнє, необхідне число влучень ЗУ конкретного типу для ураження цілі. Умовна ймовірність ураження цілі при одному влученні в неї НАР великого калібру або АБ дорівнює 1:

$$r = 1. \quad (28)$$

Ймовірність влучення ЗУ в приведену цілі визначається як:

$$p = p_x \times p_z, \quad (29)$$

де p_x, p_z – ймовірності влучення в приведену цілі по осях ОХ, ОZ, які визначаються за виразами:

$$p_x = \Phi_0 \left(\frac{\frac{C_x^*}{2} + m_x}{\sigma_x} \right) + \Phi_0 \left(\frac{\frac{C_x^*}{2} - m_x}{\sigma_x} \right), \quad (30)$$

$$p_z = \Phi_0 \left(\frac{\frac{C_z^*}{2} + m_z}{\sigma_z} \right) + \Phi_0 \left(\frac{\frac{C_z^*}{2} - m_z}{\sigma_z} \right), \quad (31)$$

де m_x, m_z – систематичні похибки бойового застосування БпЛА по осях ОХ, ОZ (середній результат бойового застосування ЗУ, розкладений по осях);

$$\Phi_0(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt - \text{функція Лапласа};$$

$\mathcal{U}_X^*, \mathcal{U}_Z^*$ – приведені розміри цілі по осях ОХ, ОZ, при влученні в яку центр приведеної зони ураження ЗУ – ціль уражається із заданим ступенем.

Приведені розміри цілі розраховуються за виразом:

$$\mathcal{U}_X^* = \mathcal{U}_X + \frac{n}{n-1} l_{XT}, \quad (32)$$

$$\mathcal{U}_Z^* = \mathcal{U}_Z + \frac{n}{n-1} l_{ZT}, \quad (33)$$

де l_{ZT}, l_{XT} – величини теоретичного розосередження ЗУ по осях ОХ, ОZ (довжина серії, ширина серії при викиду ЗУ з БпЛА).

З використанням даного методичного підходу по кожному типовому об'єкту з різними ЗУ, що є у наявності, визначаються потрібні наряди для їх ураження із заданим ступенем.

Ймовірність ураження одиночної цілі в одному заході, залежно від кількості застосованих керованих ЗУ, розраховується по формулі [10; 12]:

$$W_1 = 1 - \left(1 - \frac{P_{вл}}{\omega}\right)^{n_p}, \quad (34)$$

де $P_{вл}$ – ймовірність влучення керованих ЗУ в одиночну ціль;

n_p – кількість керованих ЗУ, застосованих по одиночній цілі.

Ймовірність влучення керованого ЗУ в ціль визначається тактико-технічними характеристиками (ТТХ) керованої ракети (бомби) або розраховується по формулі:

$$P_{вл} = 4\Phi_0\left(\frac{X_y + R_y}{2\sigma_x}\right)\Phi_0\left(\frac{Z_y + R_y}{2\sigma_z}\right), \quad (35)$$

де $\Phi_0(x)$ – функція Лапласа;

R_y – радіус ураження керованого ЗУ (у відповідності його ТТХ);

σ_x, σ_z – середні квадратичні відхилення складових сумарного розсіювання керованого ЗУ по осях ОХ, ОZ.

З використанням даного методичного підходу по кожній типовій цілі розраховується потрібний наряд БпЛА з різною бойовою зарядкою (номенклатурою ЗУ). Найефективнішим варіантом бойової зарядки буде такий, при якому потрібний наряд БпЛА для ураження цієї типової цілі з певною нормою ураження буде мінімальним (1). Для практичного використання даного методичного підходу

(при виборі альтернативних варіантів) треба по кожній типовій цілі визначити порядок на множині альтернатив, тобто збудувати ряд (провести ранжирування) номенклатури ЗУ, який відповідає умовам:

$$N_{ji}(Zn_m) < \dots < N_{ji}(Zn_m), \quad (36)$$

де $N_{ji}(Zn_m)$ – j -й потрібний наряд БпЛА;

($i = \overline{1, I}$) для ураження з однаковим ступенем i -ї типової цілі, поставленої у відповідність бойовій зарядці з m -ю номенклатурою ЗУ ($m = \overline{1, M}$).

Результати розрахунків по визначенню ефективної номенклатури ЗУ перспективних ударних БпЛА по типовим цілям зводяться в таблицю, форма якої представлена (табл. 2).

Таблиця 2

Результати розрахунків по визначенню ефективної номенклатури ЗУ по типовим цілям

Типова ціль		Бойова зарядка			Потрібний наряд БпЛА	
№ з/п	Назва	№ з/п	Номенклатура	Кількість	№ з/п	Кількість
1
...
i	...	1	Zn ₁	n ₁	1	N _{i1} (Zn ₁)
	
		m	Zn _m	n _m	j	N _{ij} (Zn _m)
	
...	Zn _M	n _M	J	N _{iJ} (Zn _M)
I

При виборі альтернативних варіантів ЗУ для порівняльної оцінки їхньої дії по заданому об'єкту враховуються властивості об'єкту, характеристики вражаючої дії ЗУ по даному об'єкту, тип та кількість засобів ураження на БпЛА, можливості системи управління озброєнням по створенню необхідної зони розльоту ЗУ, характеристики групового та індивідуального розсіювання.

Структурна схема методичного підходу визначення ефективної номенклатури ЗУ перспективних ударних БпЛА показана на рис. 1.

На схемі показана послідовність виконання блоків завдань по кожній типовій цілі:

блок 1. Вибір типу ЗУ (НАР малого або великого калібру, АБ або керовані АЗУ);

блок 2. Формування вихідних даних:

– найменування, тип цілі або уразливого елемента (УЕ);

– розмір цілі (УЕ) по осях X, Z ($\mathcal{U}_X, \mathcal{U}_Z$);

– типи ЗУ бойової зарядки БпЛА;

– кількість ЗУ у бойовій зарядці;

– кількість ЗУ, що застосовані по цілі (n);

- величини теоретичного розосередження ЗУ по осях $X, Z (l_{XT}, l_{ZT})$;
- задана ступінь ураження цілі (тип “А”, “В”, “С”);
- гарантована ймовірність ураження цілі (W_r);
- необхідне число влучень ЗУ для ураження цілі (УЕ) по заданому ступеню ураження (ω);
- розміри приведеної зони ураження цілі одним ЗУ по осях $OX, OZ (l_X, l_Z)$;
- заданий кут пуску НАР (λ);
- середня дальність пуску (D_{cp});
- групові та індивідуальні нормативні похибки стрільби (a_E^r, a_E^l);

– нормативне ймовірне відхилення бойового застосування, призначене для оцінки точності бойового застосування конкретного типу БпЛА (E_n);

- МС координат центру розсіювання ЗУ відносно центру цілі по осях $X, Z (m_x, m_z)$;

блок 3. Визначення характеристик влучення ЗУ в одиночну або елементарну цілі (УЕ) зі складу групової цілі. При застосуванні НАР малого калібру – за виразами у послідовності: (27), (32), (33), (18), (19), (14), (15), (16), (17), (10), (11), (12), (13), (8), (9), (30), (31), (29). При застосуванні НАР великого калібру та АБ – за виразами у послідовності: для НАР – (28), (18), (19), (14), (15), (16), (17), (10), (11), (12), (13); для АБ – (28), (20), (21), (22), (23) і далі для НАР та АБ: (8), (9), (26), (32), (33), (30), (31), (29). При застосуванні керованих ЗУ – за виразом (35);

блок 4. Визначення ймовірності ураження одиночної або елементарної цілі (УЕ) зі складу групової цілі. При застосуванні НАР малого калібру – за виразами у послідовності: (25), (7), (24), (табл. 1 або (4)), (5), (6), (3). При застосуванні НАР великого калібру та АБ – за виразами у послідовності: (25), (7), (24), (табл. 1 або (4)), (5), (6), (3). При застосуванні керованих ЗУ – за виразом (34);

блок 5. Визначення потрібного наряду для ураження типових цілей (у тому числі елементарних цілей (УЕ) зі складу групових) – за виразом (2);

блок 6. Визначається порядок на множині альтернатив (1), (36).

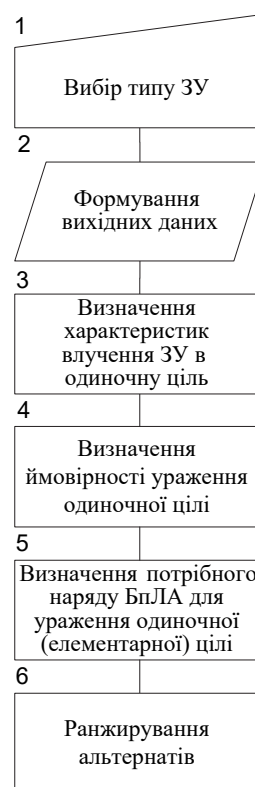


Рис. 1. Структурна схема методичного підходу

Висновки

Таким чином, методичний підхід визначення ефективної номенклатури існуючих та перспективних ЗУ для ударних БпАК зводиться до розрахунків потрібних нарядів БпЛА по кожній типовій цілі з альтернативними ЗУ з можливого переліку керованих і некерованих ЗУ і вибору такого варіанту, при якому потрібний наряд є мінімальним. Така номенклатура ЗУ являтиметься найефективнішим для ураження цієї типової цілі. Для можливості використання альтернативних варіантів номенклатури ЗУ на практиці отримані значення потрібних нарядів БпЛА із засобами ураження по кожній типовій цілі ранжуються у відповідності вимоги (36) і зводяться в таблицю, форма якої представлена (табл. 1). З приводу великого об’єму обчислень при визначенні оптимальної номенклатури ЗУ для ударних БпАК доцільно використовувати інформаційно-розрахункові програми.

Список літератури

1. Магась Г.А. Тенденції розвитку збройної боротьби у сучасних умовах / Г.А. Магась // Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України ім. Богдана Хмельницького. – 2015. – Вип. 1(63). – С. 79-95.
2. United States Department of Defense Fiscal Year 2011 – 2036. Unmanned Systems Integrated Roadmap, US Department of Defense [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://fas.org/irp/program/collect/usroadmap2011.pdf>.
3. Military weapons, surveillance or mapping tools for environmental monitoring? The need for legal framework is required [Електронний ресурс] / Vacca Alessia, Onishi Hiroko // Transportation Research Procedia. – 2017. – P. 51-62. – Режим доступу: <https://www.researchgate.net/publication/317421629.pdf>.
4. Unmanned Systems Integrated Roadmap FY2013-2038 [Electronic resource]. – Washington: Department of Defense, 2013. – Режим доступу: <https://fas.org/irp/program/collect/usroadmap2011.pdf>.

5. Critical Technologies: The United States Department of Defense Efforts to Shape Technology Development after the Cold War – A Discourse and Network Analysis [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/56625/McDonald_JF_D_2014.pdf?sequence=1.
6. U.S.-China Economic and Security Review Commission. Staff Research Backgrounder June 13, 2013. China's Military Unmanned Aerial Vehicle Industry. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.uscc.gov/sites/default/files/Research/China%27s%20Military%20UAV%20Industry_14%20June%202013.pdf.
7. Ударные БПЛА США – настоящее и будущее [Електронний ресурс] // Армейский вестник. – Режим доступу: <https://army-news.ru/2011/03/udarnye-bpla-ssha/>.
8. Новости БПЛА индустрии [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.indelauav.com/news.html>.
9. Руководство по боевому применению авиационных средств поражения наземных (морских) объектов. Часть III, книга 1. – М.: Воениздат, 1984. – 256 с.
10. Штурманское обеспечение. – М.: Момино, ВВА им. Ю.А. Гагарина, 1989. – 502 с.
11. Авіаційні засоби ураження і установки авіаційного озброєння / Під ред. О.А. Корочкіна. – Х.: ХУПС, 2004. – 186 с.
12. Мильграм Ю.Г. Боевая эффективность авиационной техники и исследование операций / Ю.Г. Мильграм, И.С. Попов. – М.: ВВИА, 1970. – 499 с.
13. Мильграм Ю.Г. Исследование операций и алгоритмизация боевых действий / Ю.Г. Мильграм. – М.: ВВИА, 1968. – 461 с.

References

1. Magas, G.A. (2015), “Tendenciyi rozvitku zbrojnyoi borot'bi u suchasni umovah” [Trends in the development of armed struggle in modern conditions], *Collection of Sciences. Works of the National Academy of the State Border Guard Service of Ukraine*, No. 1 (63), pp. 79-95.
2. US Department of Defense (2011), *United States Department of Defense Fiscal Year 2011 – 2036. Unmanned Systems Integrated Roadmap*, available at: www.fas.org/irp/program/collect/usroadmap2011.pdf.
3. Vacca, Alessia and Onishi, Hiroko (2017), Military weapons, surveillance or mapping tools for environmental monitoring? The need for legal framework is required, *Transportation Research Procedia*, pp. 51-62, available at: www.researchgate.net/publication/317421629.pdf.
4. Department of Defense (2013), *Unmanned Systems Integrated Roadmap FY2013-2038*, Washington, available at: www.fas.org/irp/program/collect/usroadmap2011.pdf.
5. James Franklin McDonald Jr. (2013), *Critical Technologies: The United States Department of Defense Efforts to Shape Technology Development after the Cold War – A Discourse and Network Analysis*, available at: www.vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/56625/McDonald_JF_D_2014.pdf?sequence=1.
6. (2017), *U.S.-China Economic and Security Review Commission. Staff Research Backgrounder June 13, 2013. China's Military Unmanned Aerial Vehicle Industry*, available at: www.uscc.gov/sites/default/files/Research/China%27s%20Military%20UAV%20Industry_14%20June%202013.pdf.
7. (2011), “Udarnye BPLA SSHA – nastoyashchee i budushchee” [Impact UAVs USA – present and future], *Army Bulletin*, available at: www.army-news.ru/2011/03/udarnye-bpla-ssha/.
8. (2015), “Novosti BPLA industrii” [UAV industry news], available at: www.indelauav.com/news.html.
9. (1984), “Rukovodstvo po boevomu primeneniyu aviacionnykh sredstv porazheniya nazemnykh (morskiykh) ob'ektov. Chast' III, kniga I” [Guide to the combat use of aviation means of destruction of ground (sea) objects. Part III, Book I], Voениzdat, Moscow, 256 p.
10. (1989), “Shturmanskoe obespechenie” [Navigation software], VVA im. Yu.A. Gagarina, Monino, Moscow, 502 p.
11. Korochkin, O.A. (2004), “Aviacionni zasobi urazhennya i ustanovki aviacionnogo ozbroennya” [Aircraft damage and installation of aviation weapons], HUPS, Kharkiv, 186 p.
12. Milgram, Yu.G. and Popov, I.S. (1970), “Boevaya ehffektivnost' aviacionnoj tekhniki i issledovanie operacij” [The combat effectiveness of aircraft and operations research], VVIA, Moscow, 499 p.
13. Milgram, Yu.G. (1968), “Issledovanie operacij i algoritimizaciya boevykh dejstvij” [Operations Research and Algorithmization of Hostilities] VVIA, Moscow, 461 p.

Надійшла до редколегії 19.03.2019

Схвалена до друку 21.05.2019

Відомості про авторів:

Петров Василь Миколайович

кандидат військових наук
старший науковий співробітник
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-4324-7540>

Кашаєв Ігор Олександрович

кандидат технічних наук доцент
старший науковий співробітник
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-8684-6271>

Information about the authors:

Vasyl Petrov

Candidate of Military Sciences
Senior Research Associate of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-4324-7540>

Igor Kashaev

Candidate of Technical Sciences Associate Professor
Senior Research Associate
of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-8684-6271>

Клюшніков Ігор Миколайович

кандидат технічних наук
старший науковий співробітник
провідний науковий співробітник
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-9419-7825>

Кудрявцев Андрій Федорович

Науковий співробітник
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-0319-6681>

Igor Klyushnikov

Candidate of Technical Sciences
Senior Research
Lead Researcher
of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-9419-7825>

Andrii Kudriavtsev

Research Associate
of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0000-0319-6681>

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ НОМЕНКЛАТУРЫ СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ УДАРНЫХ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ

В.Н. Петров, И.А. Кашаев, И.Н. Клюшников, А.Ф. Кудрявцев

В статье предложен методический подход определения эффективных типов и калибров существующих и перспективных управляемых и неуправляемых средств поражения для ударных беспилотных авиационных комплексов. Рассматривается несколько вариантов номенклатуры средств поражения и преимущество отдается тому, для которого количество необходимых огневых воздействий по достижению заданной нормы поражения цели является минимальным. Приводится порядок формирования исходных данных, учета характеристик огневых воздействий – показателей точности попадания и поражающего действия средств поражения по цели, расчета показателя эффективности. По результатам расчетов формируется ранжированный ряд вариантов средств поражения по каждой типовой цели.

Ключевые слова: средство поражения, огневое воздействие, точность попадания, поражающее действие, потребный наряд беспилотных летательных аппаратов.

METHODICAL APPROACH OF DETERMINATION OF EFFECTIVE NOMENCLATURE OF DECIMATORS OF PERSPECTIVE SHOCK PILOTLESS AVIATION COMPLEXES

V. Petrov, I. Kashaev, I. Klyushnikov, A. Kudriavtsev

In the article methodical approach of determination of effective nomenclature is examined existing and perspective the guided and out of control decimators for shock pilotless aviation complexes. Essence of methodical approach consists in a types election and caliber of facilities defeats which it is planned to apply from a concrete pilotless aircraft on a model aim. A few variants of the applied decimators and advantage are examined gives oneself up to such for which an amount of necessary fire influences (or the required dress of pilotless aircrafts) on the achievement of the set norm of defeat of model aim is minimum. Efficiency of fire influences depends on descriptions of exactness of hit of decimator and descriptions of striking action of decimator in aim on an aim. Basis for determination of the required dress of pilotless aircrafts is hit of single aim (or to the elementary aim from composition group) probability. The order of calculation of hit of aim probability has distinctions at application out of control and guided aviation rockets and bombs. Hit of aim probability will depend on probability of hit of decimator and law of his defeat in aim. Probability of hitting the mark settles accounts in accordance with the integral of probability (by the function of Laplace) and depends on the sizes of aim, errors of aiming and aiming. It is known from the theory of efficiency of battle application, that at fire influence on an aim a few out of control aviation decimators between them are functionally dependent and independent connections. The degree of this cross-correlation dependence is determined by the ballistic (aerodynamic) internalss of decimators, terms of their upcast or starting (height, speed, type of trajectory of flight) and amount of them in a volley. An order over of forming of basic data is brought in the article, account of descriptions of fire influences - indexes of exactness of hit and striking action of decimators on an aim, calculation of index of efficiency. On results calculations the ranged row of variants of decimators is formed on every model aim.

Keywords: decimator, fire influence, exactness of hit, striking action, required dress of pilotless aircrafts.