

УДК 629.7.083

**ШАТРОВ А.М.**, провідний науковий співробітник, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

**ДОВЖУК Д.В.**, начальник науково-дослідної лабораторії, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

**ІЛЬІНА О.В.**, науковий співробітник

## **МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ З ОРГАНІЗАЦІЇ РОБІТ З ПІДТРИМАННЯ СПРАВНОСТІ КЕРОВАНИХ АВІАЦІЙНИХ ЗАСОБІВ УРАЖЕННЯ**

*Запропоновано застосування процедури декомпозиції для визначення технічного стану авіаційних засобів ураження під час виконання досліджень з продовження їх призначених показників (строків служби, строків зберігання), а також наслідків можливих відмов під час їх бойового застосування*

*Ключові слова: авіаційні засоби ураження, граф наслідків відмов, декомпозиція, складова частина*

Аналіз світового досвіду підтримання справності керованих авіаційних засобів ураження (АЗУ) показав, що на озброєнні провідних країн досі знаходяться засоби ураження (ЗУ), які виготовлені ще до початку 90-х років минулого сторіччя. Це дає змогу максимально використовувати їх ресурсний потенціал до досягнення ними гранично допустимих меж експлуатації та зменшувати витрати військових відомств. При цьому основним способом підтримання справності АЗУ є виконання комплексу досліджень та робіт з продовження встановлених строків служби, ремонту та модернізації.

Сучасні керовані АЗУ складаються з великої кількості елементів, кожен з яких виконує свої функції та побудований на основі використання певних фізичних принципів і має зв'язки з іншими елементами, а структура визначається бойовим призначенням. Разом з цим, усі вони мають спільні риси з організації побудови та складу обладнання. Таким чином, сучасні керовані АЗУ є типовими представниками складних технічних систем (СТС) і можуть бути розглянуті з позицій теорії складних систем в організаційному і функціональному аспектах [1]. Одним з можливих шляхів вирішення задач аналізу СТС є застосування агрегативно-декомпозиційного методу (АДМ), суть якого полягає у представленні СТС сукупністю взаємозв'язаних елементів різних ієрархічних рівнів [2].

У зв'язку з цим пропонується представити керовані АЗУ у вигляді сукупності низки систем (наведення, керування, підриву, енергопостачання тощо), які у свою чергу також можуть бути складними та розділятися на

відповідні підсистеми, блоки, елементи.

Використання процедури декомпозиції дає змогу представити будь-який керований АЗУ у вигляді певної структури, яка включає в себе кілька рівнів і провести розподіл їх складових частин на групи за визначеними ознаками [3]. Результатом проведення дворівневої функціональної декомпозиції АЗУ є агрегація, тобто виділення чотирьох груп агрегатів, блоків, систем тощо (складових частин) за рівнем контролепридатності та безпеки застосування (рис. 1).

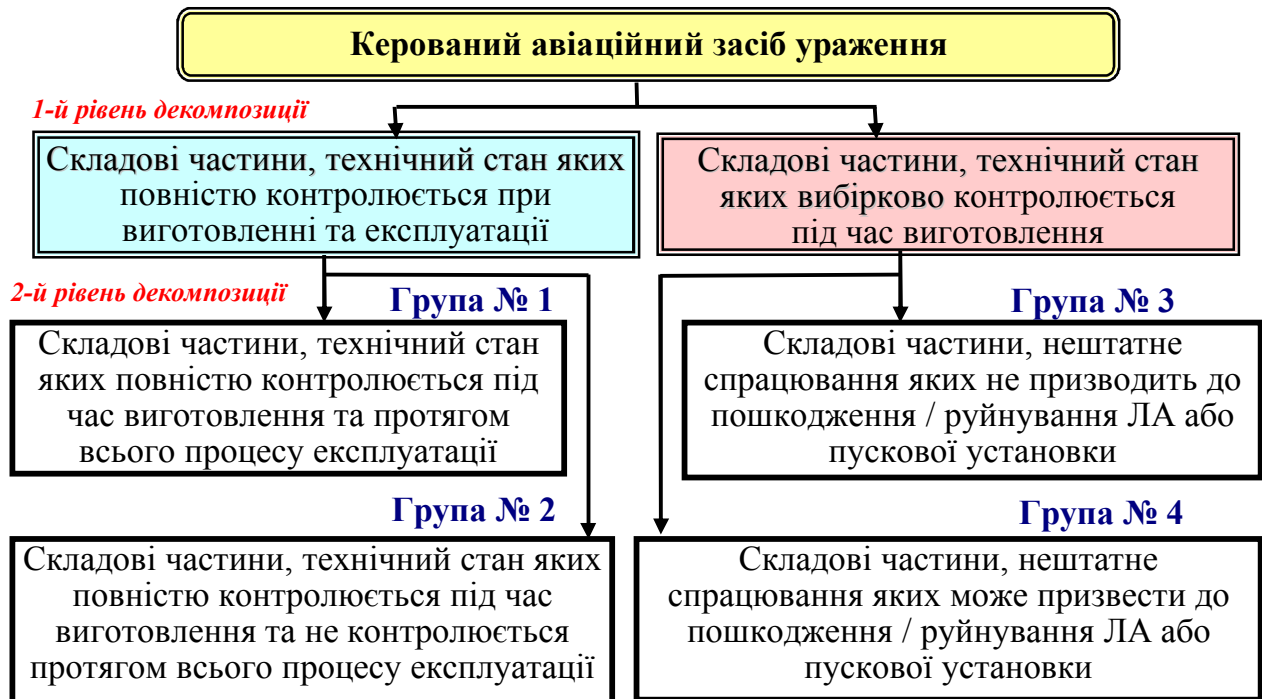


Рис. 1. Функціональна дворівнева декомпозиція керованого авіаційного засобу ураження на складові частини за рівнем контролепридатності й безпеки експлуатації

До першої групи віднесемо складові частини (СЧ), технічний стан яких визначається з високим ступенем достовірності як під час виготовлення, так і в процесі експлуатації відповідними системами контролю. Наслідками відмов цих СЧ можуть бути:

- відміна старту (з пускового пристрою літального апарата);
- погіршення точності наведення на ціль або її втрата на траєкторії;
- старт і політ у некерованому режимі тощо.

До другої групи віднесемо СЧ, які мають високу експлуатаційну надійність, їх технічний стан повністю визначається під час виготовлення, але в процесі експлуатації не контролюється. Наслідками відмов таких СЧ (датчиків кутових швидкостей, кутових і лінійних прискорень тощо) можуть бути погіршення точності наведення на ціль.

Зазначимо, що загрози руйнування літального апарату (ЛА) внаслідок їх

відмови або нештатної роботи немає.

До третьої групи віднесемо СЧ, технічний стан яких вибірково перевіряється лише під час виготовлення (як правило 3% від кожної партії), а їх відмова або нештатна робота не призводять до пошкодження або руйнування ЛА. Зазначимо, що в цю групу можуть увійти також СЧ, які містять матеріали спецхімії (наприклад, піротехнічні засоби), але їх нештатна робота не несе загрози руйнування ЛА.

До четвертої групи віднесемо СЧ, технічний стан яких також вибірково перевіряється лише під час виготовлення (3% кожної партії), які містять матеріали спецхімії (вибухові речовини, балістичні палива, піротехнічні суміші тощо), а їх нештатна робота може призвести до пошкодження або руйнування ЛА.

Зазначимо, що визначення технічного стану СЧ третьої і четвертої групи здійснюється лише методами руйнівного контролю.

У першу й другу групу увійшли складові частини АЗУ, які не містять матеріалів спеціальної хімії, а контроль їх технічного стану можна здійснювати з використанням методів параметричного та неруйнівного контролю. При цьому загрози руйнування ЛА внаслідок їх відмови або нештатної роботи немає. У третю і четверту групу увійшли складові частини АЗУ, більшість з яких містять матеріали спеціальної хімії, а дослідження їх технічного стану можливе лише методами руйнівного контролю.

Для розподілу СЧ керованих АЗУ на групи пропонується використовувати граф можливих наслідків відмов з вершиною  $X^{(1)}$ , який у свою чергу розподіляється на прояви несправностей (рис. 2).

Позначимо цей граф як,  $G = (X_i, R_i)$ , вершини якого відповідають наслідкам відмов деякої СЧ

$$X_i = \{X^{(1)}, X^{(2)}, X^{(3)}, X^{(4)}\}, \quad (1)$$

де  $X_i$  – множина станів керованого АЗУ;  $X^{(1)}$  – множина станів СЧ АЗУ;  $X^{(2)}$  – множина несправностей складової частини АЗУ;  $X^{(3)}, X^{(4)}$  – множини наслідків несправностей СЧ керованого АЗУ;  $R_i = \{r^{(1)}, r^{(2)}, r^{(3)}, r^{(4)}\}$  – множина дуг графу;  $i = \overline{1, s}$  – кількість СЧ керованого АЗУ.

Множину дуг графу всіх складових частин АЗУ позначимо

$$R_i = \{r^{(1)}, r^{(2)}, r^{(3)}, r^{(4)}\}. \quad (2)$$

Поділимо на підмножини дуг кожного рівня  $R_i^{(2)} = \{r_1^{(2)}, r_2^{(2)}\}$ ,  $R_i^{(3)} = \{r_1^{(3)}, \dots, r_4^{(3)}\}$ ,  $R_i^{(4)} = \{r_1^{(4)}, \dots, r_7^{(4)}\}$ .

Стан АЗУ можна визначити якщо визначені вершини  $X_{ik}^{(1)}, X_{ik}^{(2)}, X_{ik}^{(3)}, X_{ik}^{(4)}$ . Дуги  $r_{ik}^j (j = \overline{1, 4}; k = \overline{1, 11})$  характеризують співвідношення між вершинами графу і мають відповідні вагові коефіцієнти  $q_{ik}^j (0 \leq q_{ik}^j \leq 1)$ , при цьому повинна виконуватись умова

$$\sum_{k=1}^{11} q_{ik}^j = 1. \quad (3)$$

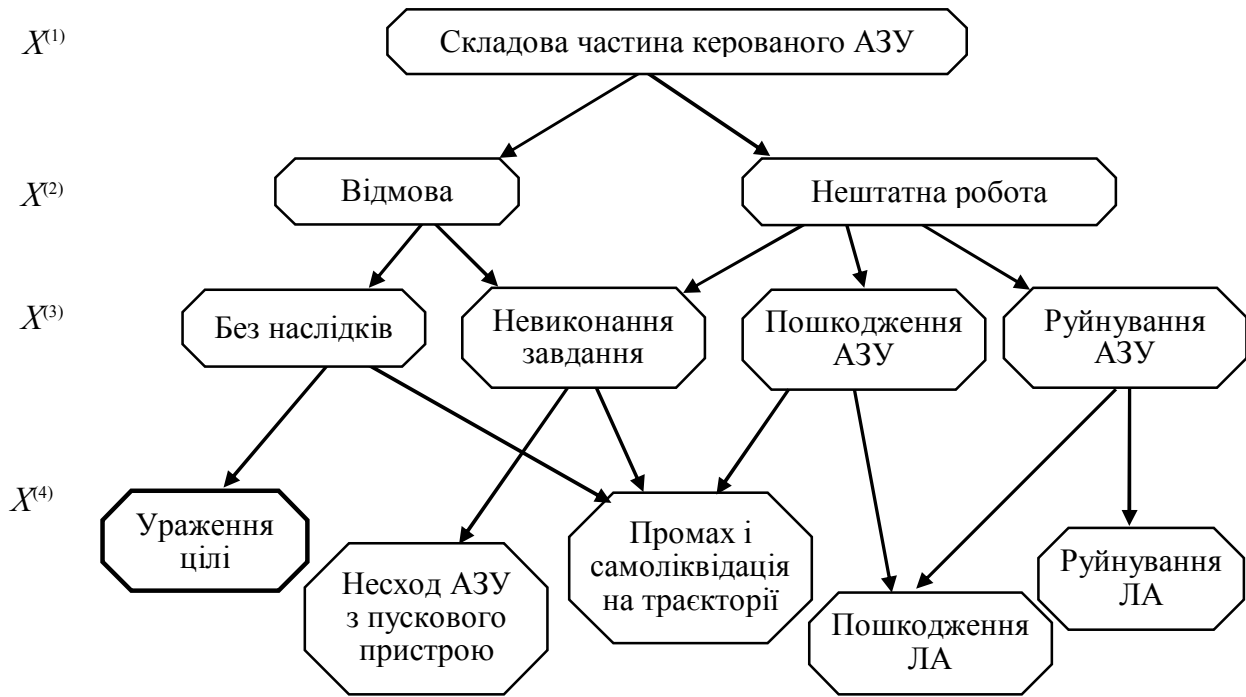


Рис. 2. Граф можливих наслідків відмов складової частини керованого авіаційного засобу ураження

Коефіцієнти  $q_{ik}^j$  для кожного рівня графу формують матрицю

$$Q^j = |q_{ik}^j|, \quad (4)$$

сума елементів кожної строки якої дорівнює 1.

Числові показники значимості кожного рівня можна представити вектором

$$p^j = (p_1^j, \dots, p_k^j)^T. \quad (5)$$

Значення цих показників повинні задовольняти умовам

$$0 \leq p_k^j \leq 1, \quad \sum_{k=1}^4 p_k^j = 1. \quad (6)$$

Використовуючи матрицю (4) можна визначити вектор коефіцієнтів значимості рівня  $j+1$

$$p^{j+1} = (Q^j)^T p^j, \quad j = \overline{2,3}. \quad (7)$$

Вважаючи вектор першого рівня  $p^{(1)}$  відомим отримаємо вектор другого рівня  $p^{(2)}$

$$p^{(2)} = \sum_{k=1}^2 p^{(1)} q_k^{(2)}. \quad (8)$$

Отже, можна отримати вектори коефіцієнтів значимості наступних рівнів, які можна використовувати при розподілі ресурсів на етапі відпрацювання комплексу заходів щодо підтримання справності керованих АЗУ на заданий період.

Процедуру розподілу СЧ керованих АЗУ на групи доцільно виконувати у три етапи.

На першому етапі за результатами аналізу й досвіду експлуатації виконується аналіз технічної документації та складання переліку можливих відмов.

На другому етапі визначаються наслідки відмов кожної СЧ, їх вплив на роботу інших складових частин й усього керованого АЗУ і можливі наслідки, а також (за можливістю) – середній час напрацювання і середній інтервал часу від моменту виявлення передвідмовного стану до моменту виникнення відмови.

На третьому етапі виконується безпосередній розподіл СЧ керованого АЗУ на чотири групи, залежно від рівня небезпеки їх відмов і рівня контролепридатності відповідно до рисунків 1 і 2.

Послідовно аналізуючи наслідки відмов всіх СЧ керованого АЗУ, можна отримати перелік нештатних ситуацій (НШ), які можуть відбутися під час бойового застосування, та промоделювати їх наслідки.

Як приклад, розглянемо властивості й можливі наслідки відмов блоків живлення 9-Н-1028 ракет типу Р-73. Враховуючи, що визначення їх технічного стану здійснюється вибірково методами руйнівного контролю, а наслідки відмов є невиконання завдання без загрози безпеки ЛА, зазначену СЧ доцільно віднести до третьої групи (див. рис. 1 і 2).

Отже, використання процедури декомпозиції дасть змогу представити керований АЗУ у вигляді деякої структури, яка включає в себе кілька рівнів, й провести розподіл їх складових частин на чотири групи за рівнем безпеки експлуатації і контролепридатності. Це дасть змогу знизити розмірність задачі, розробити на етапі відпрацювання комплексу заходів для кожної групи науково-обґрунтовані пропозиції і методичні рекомендації щодо підтримання справності керованих АЗУ на заданий період.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Артюшин Л.М. Большие технические системы. Проектирование и управление / Л.М. Артюшин, Ю.К. Зиатдинов, И.А. Попов, А.В. Харченко // – Харьков: Факт, 1997. – 400с.
2. Цвиркун А.Д. Основы синтеза структуры сложных систем. – М.: Наука. 1982, – 524с.
3. Павловский Ю.Н., Смирнова Т.Г. Проблема декомпозиции в математическом моделировании. – М.: Фазис. 1998, – 272с.
4. Шатров А.М. Шляхи зниження розмірності початкових даних результатів контролю керованих авіаційних боєприпасів статистичними методами // Зб. наукових праць ДНДІА. – К.:ДНДІА, 2009, вип. 5(12). – С. 148-151.