

УДК 629.7.083

ПЕЧУРА Д.С., старший науковий співробітник, кандидат технічних наук

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ МІНІМАЛЬНОГО ОБСЯГУ РЕПРЕЗЕНТАТИВНОЇ ВИБІРКИ АВІАЦІЙНИХ ЗАСОБІВ УРАЖЕННЯ

У статті запропоновано підхід теоретичного обґрунтування та визначення мінімального обсягу репрезентативної вибірки авіаційних засобів ураження для виконання досліджень з продовження їх призначених показників

Ключові слова: авіаційні засоби ураження, призначені показники

Авіаційна компонента, як складова збройних сил усіх незалежних держав, є одним з основних носіїв їхнього бойового потенціалу. Аналіз локальних конфліктів останніх десятиліть підтверджує об'єктивну закономірність посилення ролі авіації в досягненні кінцевих воєнно-політичних цілей збройного протистояння [1]. При цьому одним з найважливіших факторів, від яких залежить боєготовність авіації, є рівень забезпечення справними авіаційними засобами ураження (АЗУ).

На теперішній час на утриманні Збройних Сил (ЗС) України знаходиться значна номенклатура АЗУ, які були виготовлені переважно наприкінці 80-х – на початку 90-х рр. Укомплектованість авіації ЗС України АЗУ становить 100 %, але через вичерпаність призначених показників (ресурсу, строку служби, строку зберігання) більшість типів АЗУ перебуває у несправному стані.

Аналіз світового досвіду підтримання справності АЗУ засвідчує, що на сьогодні основу парку засобів ураження авіації провідних країн продовжують складати АЗУ, виготовлені ще до початку 90-х рр. При цьому їх частка у загальному парку приблизно складає 43 % у США і майже 100 % у країнах Європи. Винятком на загальному тлі є закупівля нових зразків АЗУ (AIM-120 А у США, РВВ-АЕ у Росії, МІКА ІР у Франції тощо), яка здійснюється невеликими партіями у зв'язку з їх високою вартістю.

Тому, виходячи з високої вартості нових зразків АЗУ (особливо керованих), переважна більшість країн світу використовує ресурсний потенціал існуючого парку до досягнення ним гранично допустимих меж шляхом відновлення справності за критерієм «ефективність-вартість», поступово замінюючи старіючий парк новими зразками [2].

Аналіз проблеми вартості досліджень та робіт з продовження призначених показників АЗУ дозволяє зробити висновок, що основні витрати обумовлені

експериментальним характером робіт при досить невеликому обсязі теоретичних досліджень. Дійсно, більша частина вартості робіт пов'язана з витратами на транспортування АЗУ до місць розбирання та досліджень, дослідження стану складових частин, що містять матеріали спеціальної хімії, прискорене старіння деяких складових частин в кліматичних камерах тощо [3].

При цьому, достовірність результатів лабораторних досліджень залежить від великої кількості факторів, в тому числі:

кількості АЗУ, що досліджувались;

передісторії експлуатації кожного конкретного виробу, що були надані для дослідження;

ступеню адекватності процесу прискореного старіння складових частин АЗУ реальному.

Таким чином, вплив цілого ряду випадкових факторів призводить до того, що достовірність результатів лабораторних досліджень АЗУ не може бути достатньо високою для формування об'єктивного висновку про можливість продовження їм призначених показників, а отримані в результаті досліджень кількісні параметри і якісні показники будуть носити імовірнісний характер.

Враховуючи вартість АЗУ та неможливість дослідження їх складових частин, що містять матеріали спеціальної хімії, методами неруйнівного контролю виникає актуальна науково-технічна задача, яку можна сформулювати: визначити мінімально необхідну репрезентативну вибірку АЗУ m для проведення досліджень щодо продовження їх призначених показників з ймовірностями p і P , що характеризуються кількістю відмов протягом періоду продовження та рівнем довіри до отриманих результатів відповідно. Тому запишемо:

$$\begin{aligned} m^* &= \arg \min_{m \in E} m(P, p); \\ 0,8 &\leq P \leq 0,9; \\ 0,1 &\leq p \leq 0,2. \end{aligned} \quad (1)$$

У даній постановці задачі прийемо, що процес прискореного старіння АЗУ відповідає реальному і за час експлуатації відмов виробу не було.

У загальному випадку метою виконання досліджень та робіт з продовження призначених показників АЗУ є перевірка гіпотези, що їх надійність знаходиться не нижче встановленого рівня P_0 . При цьому кінцевим результатом є одне з двох рішень:

визнати надійність визначеної групи виробів задовільною;

забракувати визначену групу виробів як ненадійну.

Основними методами для оцінки показників надійності та якості парку АЗУ є розрахунково-експериментальні методи. При цьому кількість об'єктів для досліджень визначають з урахуванням умов отримання необхідної інформації із заданими показниками достовірності та вибраним методом контролю. Найбільш поширеними з яких є [4]:

одноразової вибірки;

дворазової вибірки;
послідовний метод.

Аналіз властивостей указаних методів показав, що найбільш економічним є послідовний метод, який доцільно використовувати при обмеженому числі виробів, що виділяються для досліджень. Основним недоліком цього методу є потреба більшого часу досліджень порівняно з іншими.

При вирішенні даної задачі одним з проблемних питань є теоретичне обґрунтування та визначення обсягу репрезентативної вибірки АЗУ.

В основу обґрунтування кількості АЗУ, що підлягають детальному дослідженню технічного стану послідовним методом контролю, покладено принцип найменшого ризику чисельних відмов під час експлуатації АЗУ на продовжений період, а кількість АЗУ у групі m визначається з використанням рекомендації теорії надійності [5].

Відомо, що кількість відмов протягом певного терміну експлуатації (година, рік, загальний ресурс) характеризується відповідною величиною імовірності [6]:

$$p = \frac{n_g}{N}, \quad (2)$$

де n_g – загальне число відмов; N – чисельний склад парку АЗУ даного типу.

Інтенсивність відмов визначається як

$$\lambda = \frac{1}{T_n}, \quad (3)$$

де T_n – нормована або встановлена гранична величина наробітку на одну відмову, яка приводить до невиконання завдання або іншого негативного результату.

З урахуванням наведеного, імовірність P , що характеризується кількістю відмов, можна записати

$$P = \frac{\lambda \cdot \Delta t}{N} = \frac{\lambda \cdot \Delta t_1 \cdot m}{N}, \quad (4)$$

де m – кількість виробів у групі, що досліджується; Δt – час спостереження; Δt_1 – середній інтервал часу між відмовами ($\Delta t_1 = \Delta t/m$).

Якщо прийняти, що A – подія, яка має місце при появі хоча б однієї відмови за час випереджаючого наробітку Δt у складі групи, що досліджується, то імовірність події $P(A)$ може бути визначено як

$$P(A) = 1 - P_{0,m}, \quad (5)$$

де $P_{0,m}$ – імовірність того, що жодна із розглянутих відмов не проявиться у складі групи, яка досліджується.

Величину $P_{0,m}$ можна визначити за формулою біноміального розподілу [4]:

$$P_{i,m} = C_m^i \cdot p^i \cdot (1-p)^{m-i}, \quad (6)$$

де p – імовірність відмови одного виробу (визначається паспортними даними).

При $i = 0$ отримаємо

$$P_{0,m} = C_m^0 \cdot p \cdot (1-p)^m = (1-p)^m. \quad (7)$$

Таким чином,

$$P(A) = 1 - C_m^0 \cdot p^0 \cdot (1-p)^m = 1 - (1-p)^m. \quad (8)$$

З останнього виразу можна знайти

$$m = \frac{\lg(1 - P(A))}{\lg(1 - p)} = \frac{\lg(1 - P(A))}{\lg(1 - \frac{\lambda \cdot \Delta t_1 \cdot m}{N})}. \quad (9)$$

Якщо задавати різні значення імовірності $P(A)$, які характеризують рівень довіри до отриманих результатів, та різні значення імовірності p , які характеризують кількість відмов (надійність парку), можна отримати кількість АЗУ, необхідну для проведення досліджень щодо продовження призначених показників.

Наприклад, якщо обмежитися рівнем $P(A) = 0,8 \dots 0,9$, то при $p = 0,005$ (п'ять відмов на тисячу виробів за рік) достатнім складом групи може бути $m = 350 \dots 500$ виробів. Кількість АЗУ для проведення досліджень у залежності від заданих значень p та $P(A)$ наведено у таблиці.

Таблиця

$P(A)$	p						
	Масові відмови				Одиничні відмови		
	0.5	0.3	0.2	0.167	0.1	0.01	0.001
0.5	1	2	3	4	7	69	693
0.6	1	3	4	5	9	91	916
0.7	2	3	5	7	11	120	1203
0.8	2	5	7	9	15	160	1608
0.9	3	6	10	13	22	229	2301

Мінімальна можлива кількість АЗУ, що підлягають детальному дослідженню технічного стану при виконанні робіт з продовження призначених показників, визначається методикою проведення лабораторно-експериментальних досліджень як виробу в цілому, так і його складових частин. У цьому випадку мінімально-необхідна кількість виробів визначається як [6]

$$m_{\min} = K + N, \quad (10)$$

де K – кількість виробів, що необхідна для проведення досліджень за допомогою неруйнівних методів, тобто без його розбирання на складові частини; N – кількість виробів, які розбирають для проведення досліджень їх складових частин.

Важливою особливістю дослідження АЗУ будь-якої номенклатури є необхідність проведення перевірки функціонування його в цілому, внаслідок чого виріб руйнується. При цьому специфікою досліджень їх складових частин та вузлів, що містять матеріали спеціальної хімії (вибухові та піротехнічні речовини), є необхідність проведення досліджень в два етапи:

фізико-хімічне дослідження матеріалів спеціальної хімії;

дослідження робочих характеристик складових частин та виробу у цілому на функціонування.

Ці дослідження неможливо виконати на одному елементі (вузлі), тому що обидва обумовлені фізичним руйнуванням. Тому, при мінімально можливих значеннях $N \geq 2$ і $K \geq 1$, отримаємо $m \geq 3$. Вироби цієї групи підлягають ретельному дослідженню з урахуванням всіх факторів та параметрів, які визначають календарний термін служби.

Таким чином, при організації досліджень та робіт з продовження призначених показників (ресурсу, строку служби, строку зберігання) будь-яких типів АЗУ слід враховувати інформацію про їх справність, надійність, довговічність, умови зберігання та результати бойового застосування, що є підґрунтям для теоретичного обґрунтування і визначення мінімального обсягу репрезентативної вибірки АЗУ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Слипченко В.И. Войны шестого поколения: Оружие и военное искусство будущего / В.И. Слипченко // – М.: Вече, 2002. – 384 с.
2. Харченко О.В. Безпечна експлуатація бойового складу авіації Повітряних Сил поза ресурсними обмеженнями: методологічні аспекти / О.В. Харченко, С.В. Пащенко, І.М. Ратніков // – науково-теоретичний та науково-практичний журнал “Наука і оборона”, Вип. 4, 2012. – С. 56-60.
3. Шатров А.М. Можливі шляхи удосконалення системи організації робіт з продовження призначених строків служби керованим авіаційним засобом ураження / А.М. Шатров, Д.С. Печура // – науково-теоретичний та науково-практичний збірник наукових праць ДНДІА, Вип. 7(14), 2011. – С. 185-1876.
4. Гнеденко Б.В. Математические методы в теории надежности / Б.В. Гнеденко, Ю.К. Беляев, Л.Д. Соловьев // – М.: Наука, 1965. – 524 с.
5. ГОСТ 27.410-87. Надежность техники. Методы контроля показателей надежности и планы контрольных испытаний на надежность. –М.: Госстандарт СССР, 1988. – 109 с.
6. Скрипник В.М. Анализ надежности технических систем по цензурированным выборкам / В.М. Скрипник, А.Е. Назин, Ю.Г. Приходько, Ю.Н. Благовещанский // – М.: Радио и связь, 1988. – 184 с.