

ВИЗНАЧЕННЯ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗНИКА ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

к.т.н. В.В. Хижняк, В.Т. Марценківський
(подав д.т.н., проф. В.П. Деденок)

За результатами аналізу особливостей метрологічного забезпечення авіаційної техніки і озброєння запропоновано комплексний показник ефективності функціонування системи метрологічного забезпечення.

У комплексі заходів під час розробки, виробництва, проведення випробувань та експлуатації складових сучасної авіаційної техніки й озброєння, спрямованих на підвищення точності й працездатності (чи на підтримку їх на заданому рівні), важливе місце займають вимірювання та оцінка відповідності значень параметрів різних систем літаків заданим вимогам. Достовірність результатів цих вимірювань багато в чому визначає точність функціонування бортових систем і в цілому ефективність застосування авіаційної техніки та озброєння (як бойового комплексу) за призначенням.

Разом зі зростанням кількості вимірювань спостерігається тенденція щодо підвищення вимог до точності та швидкості проведення цих вимірювань. Це обумовлено тим, що неточні вимірювання призводять до неправильної оцінки точності функціонування авіаційної техніки і озброєння (в першу чергу високоточного озброєння), а недостатня швидкодія засобів вимірювань негативно позначається на тривалості підготовки систем, тобто знижує готовність їх до застосування.

При вимірюванні параметрів авіаційної техніки й озброєння та їх складових частин (елементів) винятково важливе значення для забезпечення необхідної точності їх функціонування має обґрунтоване пред'явлення вимог до точнісних характеристик засобів та методів вимірювань.

Надмірне завищення вимог до точнісних характеристик засобів вимірювань веде до підвищення їх складності і зниження надійності. У цьому випадку збільшуються їх вартість, габаритні розміри, а також час і працевитрати на вимірювання, відповідно зростають вимоги до кваліфікації обслуговуючого персоналу. З іншого боку, занижені вимоги до похибок засобів вимірювань призводять до зниження точнісних характеристик авіаційної техніки і озброєння.

Весь комплекс питань, пов'язаних з організацією, проведенням та удосконаленням вимірювань, а також підтримкою їх єдності і необхідної точності складає основний зміст функціонування системи метрологічного забезпечення.

Ефективність функціонування системи метрологічного забезпечення можна оцінювати збільшенням ймовірності успішного виконання заданих функцій за таким виразом [1]:

$$\Phi = K_{OG}W, \quad (1)$$

де W – показник ефективності метрологічного обслуговування авіаційної техніки і озброєння – складова, яка оцінює достовірність контролю стану авіаційної техніки за допомогою засобів вимірювальної техніки з урахуванням можливих помилок обслуговуючого персоналу; K_{OG} – коефіцієнт оперативної готовності (показник ефективності метрологічного забезпечення експлуатації засобів вимірювальної техніки) як оцінка ймовірності того, що засоби вимірювальної техніки, необхідні для підготовки авіаційної техніки і озброєння, будуть знаходитись в справному стані у випадковий момент часу в місцях їх експлуатації і, крім того, починаючи з цього моменту, будуть працювати безвідмовно, протягом заданого інтервалу часу (часу між черговими інтервалами технічного обслуговування).

Розглянемо більш детально складові виразу (1).

Показник ефективності метрологічного обслуговування авіаційної техніки і озброєння можна представити таким виразом [2]:

$$W = I - A_M(p_{np} - q_{вн}), \quad (2)$$

де p_{np} – ймовірність попередження відмов авіаційної техніки і озброєння в результаті проведення метрологічного обслуговування; $q_{вн}$ – ймовірність внесення відмови під час метрологічного обслуговування авіаційної техніки і озброєння; A_M – коефіцієнт, що характеризує об'єкт та засоби контролю (методична достовірність контролю);

$$p_{np} = (I - \beta)\gamma; \quad (3)$$

$$q_{вн} = \alpha(I - \gamma), \quad (4)$$

де α, β – ймовірність помилок операторів відповідно 1-го та 2-го роду; γ – ймовірність знаходження параметрів авіаційної техніки і озброєння, що контролюються, в межах допуску після проведення регулювальних робіт

$$\gamma = \int_a^b f(\zeta_p) d\zeta_p, \quad (5)$$

де a, b – відповідно нижнє і верхнє значення експлуатаційного поля допуску параметрів авіаційної техніки і озброєння; $f(\zeta_p)$ – регулювальна функція, яка значною мірою визначає якість операцій відновлення (регулювання), а її вид залежить від таких факторів: технології робіт, конструкції, форми регулювальних характеристик, часу, що відводиться на виконання робіт, кваліфікації обслуговуючого персоналу тощо.

З урахуванням (3 – 5) показник ефективності метрологічного обслуговування авіаційної техніки і озброєння (2) буде мати вигляд

$$W = A_M \left[1 - \beta \int_a^b f(\zeta_p) d\zeta_p - \alpha \left(1 - \int_a^b f(\zeta_p) d\zeta_p \right) \right]. \quad (6)$$

Коефіцієнт оперативної готовності K_{OG} можна представити таким виразом:

$$K_{OG} = K_{m.e.} \cdot P_p, \quad (7)$$

де $K_{m.e.}$ – коефіцієнт технічного використання засобів вимірювальної техніки, що визначає долю періоду експлуатації, протягом якого засоби вимірювальної техніки не знаходяться на плановому технічному обслуговуванні, ремонті чи відновленні в системі метрологічного забезпечення [3]; P_p – ймовірність безвідмовної роботи засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) протягом заданого інтервалу часу (періоду між черговими обслуговуваннями в системі).

З урахуванням того, що сучасні засоби вимірювальної техніки знають як раптових, так і поступових відмов, процес накопичення відмов ЗВТ визначимо суперпозицією (накладенням) законів, які описують накопичення поступових і раптових відмов. З урахуванням цього вираз (7) доцільно записати у вигляді

$$K_{OG} = \frac{T_{np} - T_{co} - T_{ce}}{T_{np}} \cdot \left(C_1 \int_0^{T_{PP}} f_1(t) dt + C_2 \int_0^{T_{PP}} f_2(t) dt \right), \quad (8)$$

де T_{np} – періодичність виконання метрологічного обслуговування засобів вимірювальної техніки в системі метрологічного забезпечення; T_{co} – математичне сподівання часу, що витрачається на планове технічне (метрологічне) обслуговування засобів вимірювальної техніки в системі; T_{ce} – математичне сподівання часу, що витрачається на планове відновлення (ремонт) засобів вимірювальної техніки в системі; C_1, C_2 – нормовані коефіцієнти, такі, що $C_1 + C_2 = 1$ (залежно від співвідношення доли раптових і поступових відмов засобів вимірювальної техніки); $f_1(t), f_2(t)$ – щільності розподілу часу безвідмовної роботи засобів вимірювальної техніки для поступових та раптових відмов відповідно.

Тепер вираз (1) з урахуванням (6) і (8) можна записати як

$$\begin{aligned} \Phi = & \frac{T_{np} - T_{co} - T_{ce}}{T_{np}} \times \left(C_1 \int_0^{T_{np}} f_1(t) dt + C_2 \int_0^{T_{np}} f_2(t) dt \right) \times \\ & \times A_M \left[1 - \beta \int_a^b f(\zeta_p) d\zeta_p - \alpha \left(1 - \int_a^b f(\zeta_p) d\zeta_p \right) \right]. \end{aligned} \quad (9)$$

Для спрощення подальших викладок введемо такі коефіцієнти:

$$j_o = \frac{T_w}{T_{np}} ; \quad d_e = \frac{T_{ce}}{T_{np}},$$

які характеризують відносні затрати часу на проведення технічного (метрологічного) обслуговування та відновлення засобів вимірювальної техніки в системі метрологічного забезпечення. Підставляючи j_o , d_e у вираз (9), отримуємо:

$$\begin{aligned} \Phi_{M3} = & (1 - j_o - d_e) \times \left(C_1 \int_0^{T_{np}} f_1(t) dt + C_2 \int_0^{T_{np}} f_2(t) dt \right) \times \\ & \times A_M \left[1 - \beta \int_a^b f(\zeta_p) d\zeta_p - a \left(1 - \int_a^b f(\zeta_p) d\zeta_p \right) \right]. \end{aligned} \quad (10)$$

Вираз (10) вміщує складові, які характеризують як надійність засобів вимірювальної техніки, так і ефективність організації та проведення метрологічного забезпечення авіаційної техніки і озброєння, тобто: тривалість та якість метрологічного обслуговування авіаційної техніки і озброєння та засобів вимірювальної техніки, рівень підготовки обслуговуючого персоналу, прийняті стратегії технічного обслуговування і ремонту засобів вимірювальної техніки, ефективність організаційних засад системи метрологічного забезпечення тощо.

Але сам по собі показник ефективності функціонування системи метрологічного забезпечення (або його збільшення) не визначає ступінь досягнення максимально можливого ефекту від проведених чи запланованих заходів стосовно удосконалення системи метрологічного забезпечення взагалі і не дає змоги, що важливо, порівняти ефективність різних варіантів зазначених заходів між собою зокрема. Тому в якості показника ефективності заходів щодо удосконалення системи метрологічного забезпечення експлуатації авіаційної техніки і озброєння і в цілому функціонування системи метрологічного забезпечення доцільно застосувати комплексний показник, що представляє собою відносне збільшення

$$\Phi_{M3} = \Delta\Phi / \Delta\Phi_{max}, \quad (11)$$

де $\Delta\Phi$, $\Delta\Phi_{max}$ – фактичне і максимально можливе збільшення показника ефективності авіаційної техніки та озброєння за рахунок удосконалення метрологічного забезпечення.

Відповідно $\Delta\Phi$, $\Delta\Phi_{max}$ розраховуються за формулами:

$$\Delta\Phi = \Phi_n - \Phi_p ; \quad \Delta\Phi_{max} = \Phi_i - \Phi_p, \quad (12)$$

де Φ_p , Φ_i – показники ефективності системи метрологічного забезпе-

чення при реальному (існуючому) та ідеальному метрологічному забезпеченні відповідно; Φ_n – запланований для досягнення (або досягнутий) показник ефективності системи метрологічного забезпечення за рахунок організації та проведення заходів стосовно удосконалення метрологічного забезпечення.

Ідеальне метрологічне забезпечення характеризується своєчасністю, нульовими похибками вимірювань, значною швидкістю і 100 відсотковою повнотою контролю.

Тоді комплексний показник ефективності системи метрологічного забезпечення (11) з урахуванням (12) буде мати вигляд

$$\Phi_{МЗ} = \frac{K_{ОГ}^n \cdot W_n - K_{ОГ}^p \cdot W_p}{K_{ОГ}^i \cdot W_i - K_{ОГ}^p \cdot W_p}. \quad (13)$$

Враховуючи, що в ідеальному випадку $\Phi_i = 1$, з виразу (13) отримаємо остаточний вираз для комплексного показника ефективності системи метрологічного забезпечення

$$\Phi_{МЗ} = \frac{K_{ОГ}^n \cdot W_n - K_{ОГ}^p \cdot W_p}{1 - K_{ОГ}^p \cdot W_p}. \quad (14)$$

Даний комплексний показник ефективності функціонування системи метрологічного забезпечення з урахуванням (10) по своїй суті охоплює всі складові системи метрологічного забезпечення, має ясний фізичний зміст та відповідає показникам якості функціонування і готовності авіаційної техніки і озброєння.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сергушин В.В., Крячко В.И. *Метрологическое обеспечение и системы контроля бортовых автоматизированных систем управления*. – Ч. II. – М.: ВВИА им. М.Е. Жуковского, 1988. – 207 с.
2. Новиков В.С. *Техническая эксплуатация авиационного радиоэлектронного оборудования*. – М.: Транспорт, 1987. – 261 с.
3. Соловійов В.І. *Основи теорії надійності і експлуатації авіаційних систем*. – К.: КІ ВПС, 2000. – 247 с.

Надійшла 3.12.2002

ХИЖНЯК Володимир Віталійович, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, начальник науково-організаційного відділу – заступник начальника Воєнно-наукового управління Генерального штабу Збройних Сил України. Область наукових інтересів – метрологічне забезпечення озброєння та військової техніки, аналіз та моделювання складних систем.

МАРЦЕНКІВСЬКИЙ Вадим Тадеушевич, заступник начальника кафедри Національної академії оборони України. Закінчив Військово-Повітряну інженерну академію ім. М.С. Жуковського у 1992 році. Область наукових інтересів – метрологічне забезпечення озброєння та військової техніки.