

# Розвиток, бойове застосування та озброєння авіації

УДК 389.01.621

В.В. Хижняк

Український науково-дослідний інститут цивільного захисту, Київ

## ІНТЕГРАЛЬНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ

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

**Ключові слова:** метрологічне забезпечення, ефективність системи, авіаційна техніка, засоби і методи вимірювань, комплексний показник.

### Вступ

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

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

При вимірюванні параметрів авіаційної техніки та складових частин (елементів) винятково важливе значення для забезпечення необхідної точності їх функціонування має обґрунтоване пред'явлення вимог до точнісних характеристик засобів і 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 приводять до зниження точнісних характеристик авіаційної техніки [1].

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.

**Метою даної статі** є Інтегральна оцінка ефективності функціонування системи метрологічного забезпечення авіаційної техніки на основі запропонованого комплексний показника.

### Результати досліджень

Ефективність функціонування системи метрологічного забезпечення можна оцінювати збільшенням імовірності успішного виконання заданих функцій за таким виразом [2]:

$$\Phi = K_{\text{ОГ}} W, \quad (1)$$

де  $W$  – показник ефективності метрологічного обслуговування авіаційної техніки – складова, яка оцінює достовірність контролю стану авіаційної техніки за допомогою засобів вимірювальної техніки з урахуванням можливих помилок обслуговуючого персоналу.  $K_{\text{ОГ}}$  – коефіцієнт оперативної готовності (показник ефективності метрологічного забезпечення експлуатації засобів вимірювальної техніки) як оцінка ймовірності того, що засоби вимірювальної техніки, необхідні для підготовки авіаційної техніки 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 можна представити таким виразом [3, 4]:

$$W = 1 - A_M(p_{пр} - q_{вн}), \quad (2)$$

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

$$p_{пр} = (1 - \beta)\gamma, \quad (3)$$

$$q_{вн} = \alpha(1 - \gamma), \quad (4)$$

де  $\alpha, \beta$  – ймовірність помилок операторів відповідно 1-го та 2-го роду;  $\gamma$  – ймовірність знаходження параметрів авіаційної техніки, 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;  $f(\zeta_p)$  – регулювальна функція, 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 (2) буде мати вигляд:

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

В свою чергу коефіцієнт оперативної готовності  $K_{ОГ}$  можна представити таким виразом:

$$K_{ОГ} = K_{Т.В.} \cdot P_p, \quad (7)$$

де  $K_{Т.В.}$  – коефіцієнт технічного використання засобів вимірювальної техніки доля періоду експлуатації протягом якого засоби вимірювальної техніки не знаходяться на плановому технічному обслуговуванні, ремонті чи відновленні в системі метрологічного забезпечення [5];  $P_p$  – ймовірність безвідмовної роботи засобів вимірювальної техніки протягом заданого інтервалу часу (періоду між черговими обслуговуваннями в системі).

З урахуванням того, що сучасні засоби вимірювальної техніки зазнають 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 такому вигляді:

$$K_{ОГ} = \frac{T_{пр} - T_{со} - T_{св}}{T_{пр}} \times \left( C_1 \int_0^{T_{ГП}} f_1(t) dt + C_2 \int_0^{T_{ГП}} f_2(t) dt \right), \quad (8)$$

де  $T_{пр}$  – періодичність виконання метрологічного обслуговування засобів вимірювальної техніки в системі метрологічного забезпечення;  $T_{со}$  – математичне сподівання часу, що витрачається на планове технічне (метрологічне) обслуговування засобів вимірювальної техніки в системі;  $T_{св}$  – математичне сподівання часу, що витрачається на планове відновлення (ремонт) засобів вимірювальної техніки в системі;  $C_1, C_2$  – нормовані коефіцієнти із умови, 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 у такому вигляді:

$$\Phi = \frac{T_{пр} - T_{со} - T_{св}}{T_{пр}} \times \left( C_1 \int_0^{T_{ГП}} f_1(t) dt + C_2 \int_0^{T_{ГП}} f_2(t) dt \right) \times \left[ 1 - \beta \int_a^b f(\zeta_p) d\zeta_p - \alpha \left( 1 - \int_a^b f(\zeta_p) d\zeta_p \right) \right]. \quad (9)$$

Для спрощення подальших викладок введемо коефіцієнти:

$$j_o = T_w / T_{пр}; \quad d_b = T_{св} / T_{пр},$$

які характеризують відносні затрати часу на проведення технічного (метрологічного) обслуговування та відновлення засобів вимірювальної техніки в системі метрологічного забезпечення [6]. Підставляючи  $j_o, d_b$  у вираз (9), отримаємо:

$$\Phi_{МЗ} = (1 - j_o - d_b) \times \left( C_1 \int_0^{T_{пр}} f_1(t) dt + C_2 \int_0^{T_{пр}} f_2(t) dt \right) \times \left[ 1 - \beta \int_a^b f(\zeta_p) d\zeta_p - \alpha \left( 1 - \int_a^b f(\zeta_p) d\zeta_p \right) \right]. \quad (10)$$

Вираз (10) вміщує складові, які характеризують як надійність засобів вимірювальної техніки так і ефективність організації та проведення метрологічного забезпечення авіаційної техніки, тобто: тривалість та якість метрологічного обслуговування авіаційної техніки 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 ( $\Phi$ ), 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 в цілому функціонування системи метрологічного забезпечення доцільно застосувати комплексний показник, що містить собою відносне збільшення

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

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

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

$$\Delta\Phi = \Phi_{\Pi} - \Phi_{P}; \quad (12)$$

$$\Delta\Phi_{\max} = \Phi_{i} - \Phi_{P}, \quad (13)$$

де  $\Phi_{P}$ ,  $\Phi_{i}$  – показники ефективності системи метрологічного забезпечення при реальному (існуючому) та ідеальному метрологічному забезпеченні відповідно;  $\Phi_{\Pi}$  – запланований для досягнення (або досягнутий) показник ефективності системи метрологічного забезпечення за рахунок організації та проведення заходів з удосконалення метрологічного забезпечення.

Ідеальне метрологічне забезпечення характеризується своєчасністю, нульовими похибками вимірювань, значною швидкістю і стовідсотковою повнотою контролю. Тоді комплексний показник ефективності системи метрологічного забезпечення (11) з урахуванням виразів (12) та (13) буде мати вигляд:

$$\Phi_{МЗ} = \frac{K_{ОГ}^{\Pi} W_{\Pi} - K_{ОГ}^P W_P}{K_{ОГ}^i W_i - K_{ОГ}^P W_P}. \quad (14)$$

Враховуючи, що в ідеальному випадку  $\Phi_i = 1$ , з виразу (14) отримаємо остаточний вираз для комплексного показника ефективності системи метрологічного забезпечення:

$$\Phi_{МЗ} = \frac{K_{ОГ}^{\Pi} W_{\Pi} - K_{ОГ}^P W_P}{1 - K_{ОГ}^P W_P}. \quad (15)$$

## Висновок

Даний комплексний показник ефективності функціонування системи метрологічного забезпечення (14) з урахуванням (10) по своїй суті є інтегральним оскільки охоплює всі складові системи метрологічного забезпечення, має ясний фізичний зміст і відповідає показникам якості функціонування і готовності авіаційної техніки.

## Список літератури

1. Хижняк В.В. Імітаційна модель метрологічного забезпечення процесу випробувань складних зразків озброєння / В.В. Хижняк, В.Ю. Камінський // Системи обробки інформації. – Х. : ХУПС, 2005. – Вип. 9 (49). – С. 53-61.
2. Сергушин В.В. Метрологическое обеспечение и системы контроля бортовых автоматизированных систем управления, ч. II. // В.В. Сергушин, В.И. Крячко. – М. : ВВИА им. Жуковского, 1988. – 207 с.
3. Хижняк В.В. Визначення комплексного показника ефективності системи метрологічного забезпечення / В.В. Хижняк, В.Т. Марценківський // Системи обробки інформації. – Х. : ХВУ, 2002. – Вип. 6 (22). – С. 373-377.
4. Хижняк В.В. Інформаційні міри у задачах оптимізації планування роботи засобів полігонного вимірювального комплексу з використанням інформаційно-вартісного підходу // В.В. Хижняк, О.Л. Бондаренко // Зб. наук. пр. ОНДІ ЗС. – Х. : ОНДІ ЗС, 2006. – № 1(3). – С. 162-174.
5. Новиков В.С. Техническая эксплуатация авиационного радиоэлектронного оборудования : уч. для вузов / В.С. Ноиков. – М. : Транспорт, 1987. – 261 с.
6. Соловйов В.І. Основні теорії надійності і експлуатації авіаційних систем / В.І. Соловйов. – К. : КІ ВПС, 2000. – 247 с.

Надійшла до редколегії 20.09.2014

**Рецензент:** д-р техн. наук проф. Г.В. Певцов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

## ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

В.В. Хижняк

По результатам анализа особенностей метрологического обеспечения авиационной техники предложен комплексный показатель эффективности функционирования системы метрологического обеспечения.

**Ключевые слова:** метрологическое обеспечение, эффективность системы, авиационная техника, средства и методы измерений, комплексный показатель.

## INTEGRAL ESTIMATES OF THE EFFECTIVE FUNCTIONING SYSTEMS METROLOGICAL ASSURANCE AIRCRAFT

V.V. Khizhnyak

According to the analysis of features of metrological provision of aeronautical engineering offered complex performance score of metrological support.

**Keywords:** metrological support, system efficiency, aviation equipment, tools and methods of measurement, a comprehensive index.