

УДК 629.7.084

**КУБАРЬ С.В.**, начальник науково-дослідного відділу, кандидат технічних наук

## **МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО ВИБОРУ ЗАСОБІВ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ВІЙСЬКОВОЇ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ**

*В статті пропонується методика вибору раціонального складу засобів неруйнівного контролю із застосуванням методу експертних оцінок.*

*Ключові слова:* справність старіючого парку, неруйнівний контроль та діагностування, Концепція підтримання справності та бойового потенціалу.

На сьогоднішній день у бойовому складі авіації Повітряних Сил Збройних Сил України (ПС ЗС України) перебувають літальні апарати, що відносяться до авіаційної техніки 3-го та 4-го поколінь і були виготовлені переважно в кінці 80-х – на початку 90-х років.

З метою визначення шляхів підтримання справності старіючого парку військової авіаційної техніки (ВАТ), спрямованих на збереження її заданого рівня боєздатності та безпеки польотів, поза межами значень призначених календарних і ресурсних показників Державним науково-дослідним інститутом авіації на замовлення командування ПС ЗС України розроблено "Концепцію підтримання справності та бойового потенціалу авіаційної техніки Повітряних Сил Збройних Сил України на період до 2025 року", яку введено в дію наказом Міністра оборони України. Одним із шляхів забезпечення справності та безпечної експлуатації ВАТ, що визначені Концепцією, є забезпечення засобами неруйнівного контролю (рис. 1).

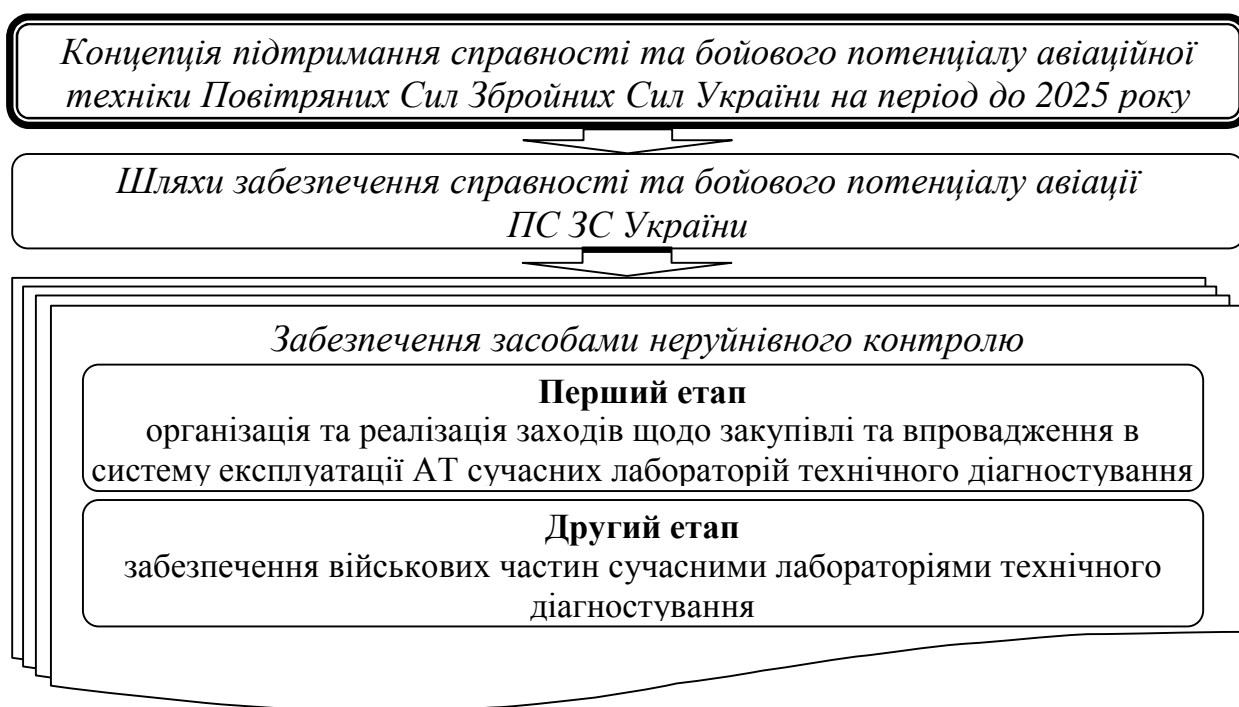


Рис. 1. Заходи Концепції щодо забезпечення засобами неруйнівного контролю

Відповідно до класифікації видів неруйнівного контролю розрізняють: дефектоскопічний контроль, технічне діагностування, контроль геометричних параметрів об'єктів контролю, контроль напруг деформації об'єктів контролю [1].

Основним видом визначення реального технічного стану ВАТ є дефектоскопічний контроль, яким визначаються дефекти типу порушення суцільності матеріалу за допомогою проникаючих фізичних полів і хімічних речовин.

Актуальність питання удосконалення системи неруйнівного контролю та діагностування в ПС ЗС України також визначається неможливістю існуючих засобів неруйнівного контролю експлуатуючих частин здійснювати автоматизоване накопичення та аналіз даних про технічний стан виробів ВАТ.

Одним із шляхів удосконалення існуючої системи технічного діагностування стану ВАТ на основі досягнень технічної діагностики та зниження витрат на її функціонування є створення та впровадження в систему експлуатації ВАТ ЗС України ефективної мобільної лабораторії технічного діагностування ВАТ.

Метою створення лабораторії технічного діагностування авіаційної техніки є забезпечення визначення технічного стану ВАТ за місцем її базування в процесі експлуатації й ремонту, накопичення даних про технічний стан контрольованих виробів ВАТ та відпрацювання рекомендацій щодо управління ним.

На сьогоднішній день на ринку дефектоскопічного обладнання представлено широке коло, як спеціалізованих приладів контролю, так і універсальних вітчизняного та іноземного виробництва. Різноманіття їх функціональних можливостей, широкий діапазон технічних характеристик з одного боку, виключно високі вимоги до застосування дефектоскопічного обладнання в авіації, пов'язані з великою кількістю форм та складністю деталей і вузлів, що контролюються, з другого, ускладнюють питання вибору засобів дефектоскопічного обладнання.

При закупівлі та прийнятті на постачання сучасних засобів неруйнівного контролю при створенні мобільної лабораторії технічного діагностування вибір раціонального складу повинен ґрунтуватись на техніко-економічній оцінці альтернативних варіантів.

Для вирішення питання вибору сучасних засобів дефектоскопічного обладнання на теперішній час відсутній методичний підхід, застосування якого дозволить здійснити раціональний вибір обладнання.

Тому метою статті є розробка методичного підходу до вибору раціонального складу засобів неруйнівного контролю.

Об'єктами застосування засобів неруйнівного контролю є літаки та вертольоти, як цілісні вироби, а також їх складові частини та комплектуючі вироби.

До конструктивно-технологічних особливостей сучасної бойової авіаційної техніки відносяться збільшення щільності монтажу устаткування, застосування складних конструктивно-компоновочних схем і різноманіття нових конструкційних матеріалів.

При виборі раціонального складу сучасних засобів неруйнівного контролю та діагностування повинно забезпечуватись виконання наступних завдань [2]:

контроль та діагностування технічного стану виробів ВАТ у процесі їх

експлуатації в обсягах більших, ніж передбачено регламентами технічної експлуатації та переліками контрольних-технічних оглядів, і досліджень для визначення можливості експлуатації ВАТ за межами попередньо встановлених показників;

контроль якості паливо-мастильних та спеціальних рідин;

автоматизоване накопичення даних про технічний стан виробів ВАТ від дефектоскопічного обладнання, штатних наземно-бортових засобів контролю та переносних засобів зберігання інформації;

аналіз результатів дослідження виробу ВАТ і установа його фактичного технічного стану.

Вибір засобів пропонується виконувати у декілька етапів.

На першому етапі проводиться аналіз деталей та вузлів літальних апаратів ПС ЗС України, що підлягають неруйнівному контролю в процесі експлуатації і ремонту, а також тих, що обмежують ресурсні показники авіаційної техніки та методів неруйнівного контролю, які застосовуються для виявлення дефектів. За результатами отримується перелік деталей та вузлів за типами літальних апаратів, що підлягають дефектоскопічному контролю, фізичні властивості матеріалу деталей, місце розташування можливих дефектів, умови контролю й наявність підходу до контрольованого об'єкта і технічні можливості методів, а саме: чутливість, роздільна здатність, достовірність результатів контролю, надійність та технологічність процесу контролю, продуктивність.

На підставі отриманих результатів формуються вимоги до дефектоскопічного обладнання та складається перелік обладнання, що відповідає визначеним вимогам.

Наступним етапом є техніко-економічний аналіз дефектоскопічного обладнання.

Існує декілька методик такої оцінки. Але майже всі вони потребують знання значної кількості технічних і статистичних характеристик засобів, що оцінюються. У випадку, коли виникають труднощі з визначенням необхідної кількості параметрів оцінки, найбільш прийнятним є метод експертних оцінок. В зв'язку з цим пропонується методика такої оцінки, яка передбачає два етапи формування узагальненого критерію якості. На першому етапі формується група експертів і розробляється перелік окремих критеріїв оптимальності (перелік параметрів, за якими оцінюється якість приладу). На другому – формується значення узагальненого критерію якості засобу за оцінками експертів.

До загальних критеріїв, окрім загально-технічних та економічних вимог, що регламентуються відповідними нормативними документами, належать показники якості, які характерні для усіх або більшості засобів неруйнівного контролю. До таких показників слід віднести чутливість, роздільну здатність, імовірність невиявлення неприпустимих дефектів, надійність, точність. Крім того необхідно враховувати функціональні можливості засобів [3].

У результаті формується база даних для подальшого визначення вагових коефіцієнтів  $A_j$  узагальненого критерію якості  $i$ -го засобу, який представляється у вигляді

$$I_i = \sum_{j=1}^n A_j f_{ij}^0, \quad (1)$$

де  $f_{ij}^0 = \frac{f_{ij}}{f_{ij}^{\max}}$  – безрозмірні (нормовані) окремі показники засобів;  $f_{ij}$  – значення  $j$ -го окремого показника для  $i$ -го засобу, що визначений у технічних характеристиках засобів;  $f_{ij}^{\max}$  – максимальне значення відповідного показника.

Природно припустити, що точність і вірогідність процедури експертних оцінок істотно зростуть, якщо висловлення кожного експерта будуть сприйматися з коефіцієнтом (вагою), що залежить від ступеня його компетентності в даному питанні. Ця вага може встановлюватися або на основі оцінок попередньої діяльності експерта, або за даними самооцінки, або з урахуванням кваліфікації, ерудиції, посади або академічного звання експерта. Більш надійною є процедура, при якій компетентність експерта оцінюється безпосередньо в процесі рішення конкретного завдання.

Розглянемо один зі способів урахування неоднорідності складу експертів при оцінці вагових коефіцієнтів узагальненого критерію якості. Для простоти проаналізуємо ситуацію, коли  $m$  експертів оцінюють єдиний показник, приписуючи йому певний бал за прийнятою шкалою оцінок. У результаті одержимо масив вихідних даних експертних оцінок даного показника, що у нашому випадку представляється у вигляді вектора-рядка

$$X = [x_1 x_2 x_3 \dots x_l \dots x_m], \quad (2)$$

де  $x_1, x_2, \dots, x_m$  – відповідні оцінки експертів.

Оскільки попередньо невідомо, кому з експертів більше вірити, то спочатку вважаємо, що ступінь довіри до висловлень усіх експертів однакова, й при осередненні їхні оцінки приймаються з одним коефіцієнтом  $K_l^l = 1, l \in \overline{1, m}$ . У результаті осереднення при  $K_l^l = 1$  виходить результуюча оцінка ваги параметра з урахуванням прийнятих експертних оцінок (2)

$$x_{cep}^l = \frac{1}{m} \sum_{l=1}^m K_l^l x_l = \frac{1}{m} \sum_{l=1}^m 1 x_l = \frac{1}{m} \sum_{l=1}^m x_l. \quad (3)$$

Таку оцінку прийнято називати оцінкою першої ітерації.

Тепер у нашому розпорядженні є інформація про середню оцінку  $x_{cep}^l$ , з якою можна порівнювати оцінки окремих експертів  $x_l$  з матриці (2).

Різниця між усередненою оцінкою і оцінкою, винесеною експертом, може служити підставою для зміни вагового коефіцієнта, з яким сприймається висловлення даного експерта.

Міра, яка служить кількісним вираженням ступеня некомпетентності  $l$ -го експерта на другій ітерації, визначається у вигляді

$$d_l^{\text{II}} = |x_{cep}^l - x_l|, \quad l \in \overline{1, m}, \quad (4)$$

Для подальших розрахунків доцільно підібрати такі коефіцієнти  $K_l$ , які представляли б собою функції, обернено пропорційні  $d_l$ :

$$K_l^{\text{II}} = \frac{a}{d_l^{\text{II}}}, \quad a = \text{const} \quad (5)$$

за умови

$$\sum_{l=1}^m K_l'' = m. \quad (6)$$

Значення постійної величини  $a$  підбирається методом проб за виразом (5) за умови (6).

Вирішуючи систему рівнянь (5) і (6), одержуємо вираз для визначення вагових коефіцієнтів кожного експерта

$$K_l'' = \frac{a}{d_l''} \sum_{l=1}^m \frac{1}{d_l''}. \quad (7)$$

Після цього виконується осереднення на другій ітерації вже з урахуванням компетентності експертів за результатами першої ітерації

$$x_{cep}'' = \frac{1}{m} \sum_{l=1}^m K_l'' x_l. \quad (8)$$

Процес третьої ітерації починається із установлення міри

$$d_l''' = |x_{cep}'' - x_l|, \quad l \in [1; m]. \quad (9)$$

У загальному випадку ітераційна процедура може тривати доти, поки не виконається умова зупинення

$$d_l^k = |x_{cp}^k - x_{cp}^{(k-1)}| \leq j, \quad (10)$$

де  $j$  – наперед задана мала величина.

За результатами останньої ітерації визначаються уточнені вагові коефіцієнти кожного експерта

$$K_l^k = \frac{a}{d_l^k} \sum_{l=1}^m \frac{1}{d_l^k}. \quad (11)$$

У разі, коли розглядається прилад, який необхідно оцінити за  $n$  показниками, приведена вище процедура виконується для кожного з  $n$  показників.

Визначення узагальненого критерію якості кожного з оцінюваних приладів здійснюється за формулою (1).

Заключним етапом є проведення аналізу можливостей застосування визначеного дефектоскопічного обладнання на авіаційній техніці ПС ЗС України та розробка спеціалізованих методик контролю і виявлення дефектів.

Слід зауважити, що створення і впровадження в практику експлуатації та ремонту ВАТ засобів технічного діагностування призводить до одномоментного зростання витрат, однак упровадження комплексу сучасних засобів неруйнівного контролю і діагностування забезпечує збільшення глибини і повноти контролю, достовірності оцінки фактичного технічного стану ВАТ.

Таким чином, запропонований методичний підхід до визначення раціонального складу засобів неруйнівного контролю дозволяє обґрунтувати досконалість дефектоскопічного обладнання з урахуванням впливу їх відповідних характеристик на якість проведення дефектоскопічного контролю. Запропоновану методику, після її практичного відпрацювання, апробації і доведення до рівня стандартної технології, може бути використано для вибору засобів неруйнівного контролю при створенні лабораторії технічного діагностування для ПС ЗС України.

## **ЛІТЕРАТУРА**

1. Неразрушающий контроль и диагностика. Справочник под общей редакцией В.В.Клюева. М. Машиностроение. 2005. – 488с.
2. Випуск №1078. Організація неруйнівного контролю авіаційної техніки та технологічні рекомендації щодо його виконання у в/ч. Методичний посібник. К.: НЦ ВПС, 2003. 124 с.
3. А.С.Коробов. Показатели качества неразрушающего контроля. / Контроль. Диагностика №1, 2006 – С.32-42.

*Надійшла до редакції 15.10.2012*