

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СИСТЕМ ПОСАДКИ ЛІТАКІВ У ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Б.Г. МАСЛОВСЬКИЙ, О.А. ЗЕЛЕНКОВ

Розглядаються питання побудови раціональної й адаптивної до наростаючого обсягу поточної інформації методики одержання й обробки даних про технічний стан систем посадки літаків на етапі експлуатації.

Сучасні технології розробки бортових систем керування на базі інтегрально-модульної електроніки вимагають відповідного інформаційного забезпечення на всіх етапах життєвого циклу, включаючи експлуатацію.

Процес контролю точнісних характеристик систем посадки (СП) в період експлуатації визначається такими основними етапами:

- одержання інформації про поточний стан СП;
- прийняття оперативного рішення про керуючі впливи на підставі отриманої інформації;
- здійснення керуючих впливів на об'єкт відповідно до прийнятого рішення (підлаштування, доробка, зняття з експлуатації).

Отже, процес контролю в період експлуатації є інформаційним процесом, оскільки два з трьох його етапів пов'язані з одержанням і обробкою інформації [1]. Таким чином, першочергові задачі, пов'язані з інформаційною технологією моніторингу етапу експлуатації СП, полягають у розробці алгоритмічних основ системи збирання і обробки експлуатаційної інформації.

Принциповою відмінністю системи контролю на етапі експлуатації СП від відповідних систем контролю при випробуваннях полягає в тому, що вона повинна давати оцінку не тільки досягнутій точності системи і ступеню її відповідності заданим вимогам, але і дозволяти давати оцінку майбутнього стану об'єкта на підставі інформації про його стан у минулому. Ця особливість процесу експлуатаційного моніторингу визначає задачу прогнозуючого контролю як одну з основних.

Впровадження прогнозуючого контролю до складу комп'ютерного моніторингу стану СП протягом усього періоду її експлуатації (рис. 1) дозволить мати кількісну оцінку фактичного стану кожного об'єкта і приймати на цій підставі рішення про необхідність технічного обслуговування. Це, у свою чергу, сприятиме зниженню вартості експлуатації, продовженню життєвого циклу СП і забезпеченню заданого рівня безпеки.

Основною метою оцінки точнісних характеристик визначальних параметрів автоматичного приземлення в період експлуатації є контроль поточного стану СП і визначення можливості подальшої її експлуатації із заданим рівнем безпеки.

Період експлуатації характеризується:

- відсутністю експлуатаційних даних безпосередньо в момент початку експлуатації і після здійснення доробок;
- скінченим обсягом експлуатаційних даних в будь-який фіксований момент оцінки стану;
- дрейфом точнісних характеристик унаслідок зміни властивостей апаратури СП у часі та можливих доробок, проведених у процесі експлуатації.

Впровадження програми статистичної обробки в експлуатацію дозволяє створити інформаційне забезпечення етапу експлуатації СП літаків з подальшим індивідуальним прогнозуючим контролем та істотно підвищити ефективність їх функціонування. Особливо очевидна ця необхідність при переході від календарних принципів організації обслуговування техніки до обслуговування за технічним станом. В останньому випадку саме дані прогнозуючого контролю забезпечують кількісну оцінку фактичного стану об'єкта і прийняття на цій підставі рішення про необхідність технічного обслуговування.

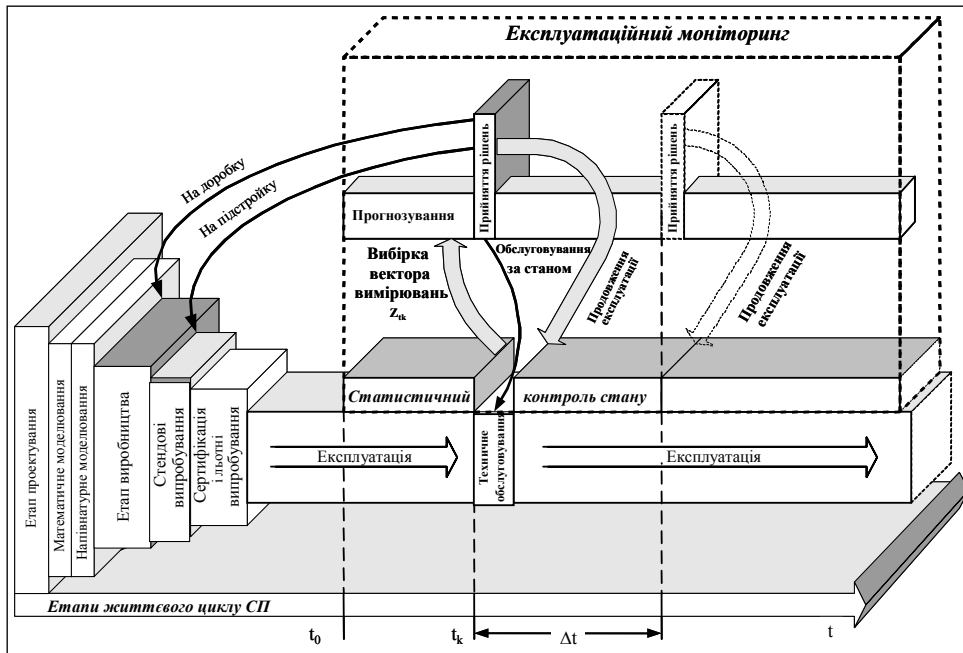


Рис. 1

Зрозуміло, що інформаційний супровід (у зазначеному вище значенні) експлуатації СП літаків вимагає значного обсягу первинної інформації і застосування сучасних обчислювальних засобів для її обробки. Тому особливого значення набуває питання раціональної побудови системи збирання даних і алгоритмів їх обробки.

Формально постановка задачі зводиться до такого. Є об'єкти контролю — СП, і для кожного з них відомий набір визначальних параметрів, що розглядаються як складові випадкового вектора \vec{Z} . Будемо вважати ці складові незалежними. Задана припустима область D значень цього вектора (у деяких випадках задана припустима область S для параметрів розподілу

компонент цього вектора). Припустимо, що значення всіх компонентів вектора $\vec{Z} = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_n\}$ можуть бути вимірянні, тобто існує можливість визначити фактичний стан об'єкта контролю. Це припущення є найжорсткішим обмеженням на застосування програми статистичної обробки.

Необхідно здійснити обробку інформації з урахуванням попередньої інформації для прийняття рішення про відповідність даного об'єкта контролю заданим вимогам при виконанні задачі. Для визначення поведінки об'єкта контролю в майбутньому (у ймовірнісному значенні прогнозного стану СП) необхідно використовувати ті дані, які отримуються внаслідок статистичної обробки поточної інформації.

Навіть поверховий аналіз поставленої задачі показує, що однією з принципових особливостей контролю стану технічного об'єкта є те, що рішення фактично приймається про майбутній його стан, а його оцінка, отримана на підставі інформації про минулий і нинішній стан, є задачею індивідуального прогнозування.

Об'єктами контролю є літаки, обладнані СП, які дозволяють здійснювати автоматичний захід і посадку за категоріями I, II і III. Інформація про параметри, значення яких у сукупності утворюють N -мірний вектор \vec{Z} , повинна записуватися в накопичувачі інформації на кожному об'єкті (рис. 2).

Рішення задачі вибору визначальних параметрів не може бути отримано формальними математичними методами, а досягається внаслідок вивчення експериментальних матеріалів льотних випробувань і моделювання та з урахуванням вимог ІКАО до подібних об'єктів.

Перенос інформації з накопичувача на об'єкті контролю до банку даних можна здійснювати різними методами, починаючи із застосування переносних пристроїв пам'яті, за допомогою яких працівники технічних служб періодично будуть переносити накопичену інформацію до центрального комп'ютера, закінчуючи організацією для цього спеціальних каналів зв'язку.

Банк даних призначається для збереження, упорядкування і керування інформацією, що надходить з усіх об'єктів контролю, приписаних до даного аеропорту, а також результатів обробки, отриманих на різних її етапах.

У банку даних варто особливо виділити блок попередньої інформації. Під попередньою інформацією будемо розуміти тільки статистичні характеристики досліджуваних параметрів, що характеризують стан об'єкта, які отримані за поточною інформацією (аж до діючого моменту контролю t_k), на етапі первинної обробки. При цьому в блоці зберігаються статистичні характеристики, одержані за всіма N вимірами.

Керування банком даних при обробці інформації відповідно до алгоритмів програми повинно здійснюватися з урахуванням номера коду цієї інформації (бортовий номер об'єкта контролю і номер параметра). За цим кодом з банку даних однозначно вибираються всі статистичні характеристики параметрів, отримані у попередніх вимірах, і передаються до наступних блоків програми обробки.

Структура банку даних має бути такою, щоб при подальшій еволюції, обумовленій необхідністю обслуговування великої кількості об'єктів контролю,

він не потребував би докорінної перебудови первинної схеми організації. При цьому, для уникнення дуже великих одноразових капіталовкладень, необхідно, щоб розширення можливостей банку досягалося невеликими витратами.

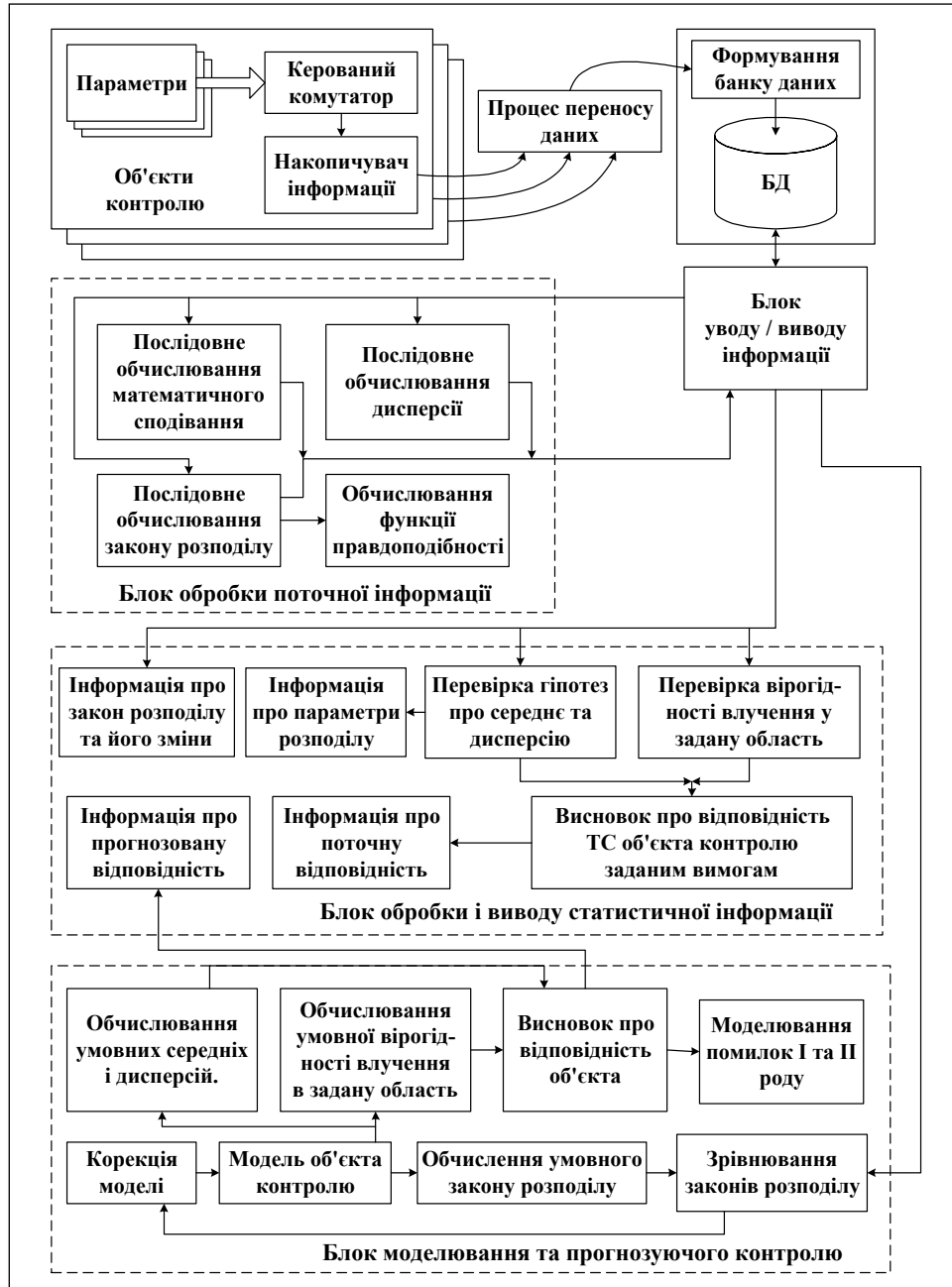


Рис. 2

Блок уводу/виводу інформації призначається для вибору відповідної вимірювальної інформації з метою подальшої обробки на ЕОМ відповідно до заданої програми.

Відповідно до усталених норм існує три типи обробки інформації: попередня, первинна і вторинна.

Задачею попередньої обробки є формування потоку достовірної, відповідної заданим вимогам за точністю поточної інформації, що надходить від об'єктів контролю протягом експлуатації. До складу математичного забезпечення в цьому випадку входять алгоритми збору поточної інформації, визначення розрахункових параметрів, а також відкидання аномальних вимірів і фільтрації.

До задачі первинної обробки входить статистична обробка поточної інформації послідовними алгоритмами:

$$\bar{X}_{N+1} = (N+1)^{-1}(N\bar{X}_N + X_{N+1}),$$

$$S_{N+1}^2 = (N+1)N^{-1}S_N^2 + (N+1)^{-1}(X_{N+1} - \bar{X}_{N+1})^2$$

$$f_{N+1}^{(q)}(x) = N(N+1)^{-1} \hat{f}_N^{(q)}(\bar{x}) + (N+1)^{-1} k_{N+1}^{(N+1)}(x),$$

яка здійснюється відповідним блоком за всіма обумовленими параметрами.

Крім основних поточних оцінок середніх \bar{X}_{N+1} , дисперсій S_{N+1}^2 і одновимірних щільностей розподілу $f_{N+1}^{(q)}(x)$, необхідно обчислювати статистичні характеристики визначальних параметрів руху, що являють собою реалізації випадкових процесів на заданих інтервалах спостереження (наприклад, статистичні характеристики тривалості і площин викидів). І, нарешті, у блоці первинної обробки повинна бути проведена реєстрація, систематизація і класифікація відмов технічних і програмних засобів, що враховує особливості різних етапів польоту і вимоги, закладені в нормативних документах для критичних режимів польоту.

Після обчислень за зазначеними алгоритмами, усі характеристики (X_{N+1}, S_{N+1}^2) , масиви точок розбиття $\{S_q^{N+1}\}$ оцінки щільності розподілу для поточного параметра) записуються в блок попередньої інформації банку даних на місце «старих» значень $X_N, S_N^2, \{S_q^{(N)}\}$ за всіма обумовленими параметрами.

Однією з основних задач вторинної обробки є задача кількісного і якісного аналізу масиву визначальних параметрів. З усього комплексу задач вторинної обробки виділимо такі:

- визначення оцінки одновимірного закону розподілу і його параметрів для кожного з параметрів за наростаючим обсягом поточної інформації;
- визначення статистичних характеристик параметрів на підставі байєсовської рекурентної процедури за відомим законом розподілу параметрів;
- визначення за результатами обробки поточної інформації мінімального розміру припустимої області для параметра, що досліджується за заданої імовірності P_T .

Іншою важливою задачею є задача прогнозуючого контролю майбутнього стану об'єкта. Така задача може бути розв'язана тільки в імовірнісному розумінні.

Нехай стан об'єкта характеризується вектором деяких параметрів $\vec{Z} = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_n\}$. Для значення цього вектора (чи для його компонентів) визначена припустима область D , де виконання умови $\vec{Z} \in D$ означає, що об'єкт відповідає заданим вимогам експлуатації [2].

При зміні значення вектора параметрів \vec{Z} у часі утворюється послідовність випадкових величин $\{\vec{Z}_t\}$, що описує зміни стану об'єкта в процесі експлуатації.

Якщо t_0 — начало експлуатації, то послідовність $\{\vec{Z}_t\}$ має бути визначена при $t > t_0$. Якщо для конкретного об'єкта контролю визначений момент контролю $t_k > t_0$, то інформація про об'єкт задається вектором вимірів $\{\vec{Z}_{t_k}\}$ аж до моменту t_k . Цією послідовністю описуються всі минулі і поточний стани об'єкта.

За умов розподілу вектора \vec{Z} чи його компонент, наприклад, визначення апостеріорного закону розподілу кількості посадок до появи першого виходу вектора \vec{Z} за границі припустимої області D (можна визначити і характеристики такого закону розподілу) за умови спостереження послідовності $\{\vec{Z}_{t_k}\}$ до моменту контролю t_k .

Фактично це означає визначення імовірності $P\{\{\vec{Z}_S\} \in D / \{\vec{Z}_{t_k}\}\}$, де $S > t_k$. Цей вираз являє собою умовну імовірність того, що об'єкт контролю буде задовольняти поставлені умови до моменту $S > t_k$, якщо до моменту t_k включно його стан визначався послідовністю вимірів $\{\vec{Z}_{t_k}\}$.

Відповідно до наданої структури забезпечення етапів обробки інформації (див. рис. 2) в інтегрованій системі опрацювання даних пропонується застосування загального алгоритму (рис. 3).

Наведений алгоритм починається з уведення вектора визначальних параметрів \vec{X} , отриманого на етапі попередньої обробки інформації. Першим блоком алгоритму є функціональний блок визначення статистичних характеристик потоку інформації за рекурентною процедурою, яка наведена вище. Після цього йде цикл накопичення даних за $N = 10$ і визначення статистичних характеристик \bar{X}_n та S_n за підвибірками.

Далі розпочинається цикл організації ковзної вибірки, що складається з L підвбірок і N значень у кожній з них. Ковзання вибірки здійснюється таким чином: після попереднього накопичення параметрів за кількістю підвбірок $L = 10$ з надходженням нової підвбірки перша підвбірка знищується, а нумерація усіх інших підвбірок змінюється за принципом $L = L - 1$. Таким чином, з надходженням нової інформації склад даних у вибірці постійно змінюється.

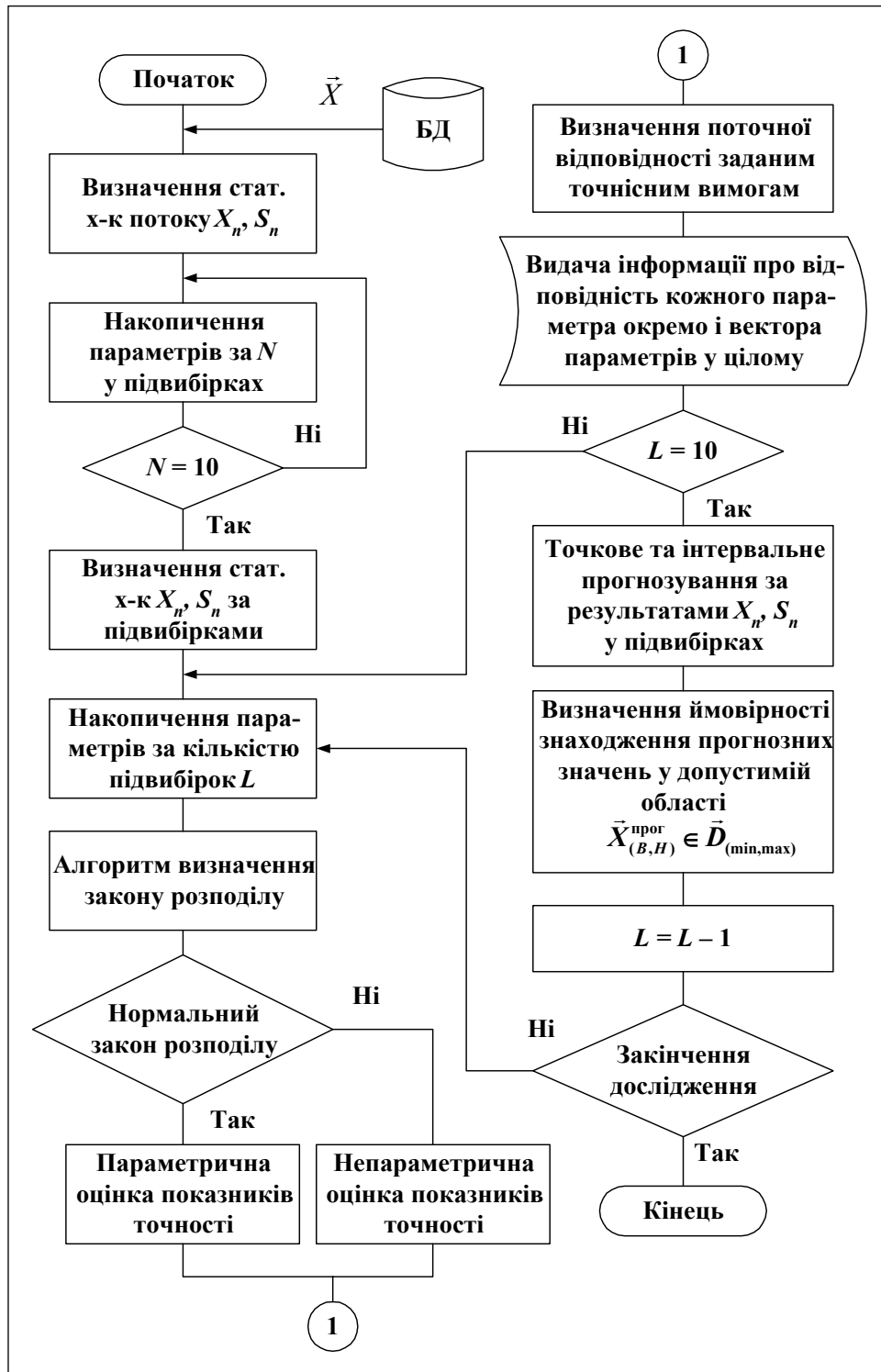


Рис. 3

У середині описаного циклу здійснюється визначення закону розподілу параметрів за накопиченою інформацією з перевіркою на нормальність. Далі

проводиться визначення та оцінка показників точності параметричними методами, якщо закон розподілу нормальний, і непараметричними — в інших випадках. Крім того, визначається поточна відповідність отриманих параметрів заданим вимогам та видача інформації про відповідність за кожним параметром окремо і вектором параметрів у цілому.

Поза циклом здійснюється точкове та інтервальне прогнозування за результатами \bar{X}_n та S_n у підвбірках, і визначення імовірності знаходження прогнозних значень у допустимій області. Далі змінюється нумерація підвбірок, здійснюється зсув вибірки і, за умов продовження дослідження, цикл починається знову.

Завершальним етапом прогноуючого контролю є однозначне віднесення об'єкта контролю до одного зі станів — Ω_1 чи Ω_2 . Таке визначення дозволяє розглядати прогноуючий контроль як одну із задач теорії перевірки статистичних гіпотез.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гатушкин А.А., Гордиенко В.П., Орлов А.В., Черненко Ж.С. Актуальные проблемы технической эксплуатации авиационной техники: Тексты лекций. — Киев: КИИГА, 1988. — 48 с.
2. Синцын Б.С., Белгородский С.Л., Зеленков А.А., Мирошниченко О.Г. Применение методов математической статистики, для анализа точности бортовых систем автоматизированного управления // Измерения, контроль и автоматизация (ИКА). — 1981. — № 3 (37) — С. 43–53.

Надійшла 10.12.2002