

ОБРОБКА ДАНИХ ПРИ ПРОДОВЖЕННІ РЕСУРСУ ЗАСОБІВ РАДІОТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЛЬОТІВ

Розглянуті алгоритми для визначення можливості продовження терміну служби засобів радіотехнічного забезпечення, наведені основні аналітичні співвідношення та приклад програми для імітаційного моделювання.

Вступ

У процесі експлуатації наземних засобів радіотехнічного забезпечення польотів (РТЗ) і авіаційного електрозв'язку цивільної авіації виникають питання продовження терміну служби (ресурсу) в зв'язку з старінням парку радіотехнічних засобів та обмеженими можливостями одночасної заміни (модернізації) значної кількості одиниць обладнання. В експлуатаційних підрозділах ЦА є відповідна інструкція про порядок продовження терміну служби наземних засобів РТЗ [1], у якій крім організаційних питань наведені процедури обробки статистичних даних щодо оцінки рівня надійності засобів РТЗ і визначення їх граничного стану тощо.

Постановка завдання

У зв'язку з оснащенням структурних підрозділів підприємства з обслуговування повітряного руху новими зразками наземних засобів РТЗ, з застосуванням в Україні рекомендацій Євроконтролю [2] доцільно переглянути зміст інструкції [1] з точки зору організаційних питань та модернізувати алгоритми обробки статистичних даних в процесі оцінки надійності засобів РТЗ. У даній статті розглядаємо задачу порівняльного аналізу декількох алгоритмів обробки статистичних даних та рекомендації щодо їхнього використання.

Основна частина

У діючій інструкції з продовження ресурсу РТЗ для вирішення задачі продовження ресурсу приведений алгоритм (Алгоритм №1) статистичної обробки даних та прийняття рішення.

Для визначення ознак старіння наземного засобу РТЗ необхідно провести

наступні роботи: оцінка напрацювань на відмову для визначених періодів експлуатації; перевірка результатів оцінки надійності за критерієм настання граничного стану наземного засобу РТЗ.

Під час виконання процедури обробки інформації, щодо продовження терміну служби засобу РТЗ будемо вважати, що приймається типова модель інтенсивності відмов $\lambda(t)$ (рис. 1). Тобто в період приробітку $0 \div t_{\text{прир}}$ інтенсивність відмов монотонно зменшується, в період нормальної експлуатації інтенсивність відмов залишається незмінною на рівні λ_0 , в період інтенсивного зносу засобу РТЗ – інтенсивність відмов починає зростати за лінійним законом з кутовим коефіцієнтом k_2 , починаючи з початкового моменту $t_{\text{ноч}}$. У загальному вигляді:

$$\lambda(t) = \begin{cases} -k_1(t - t_{\text{прир}}) + \lambda_0, & \text{для періоду приробітку;} \\ \lambda_0, & \text{для нормальної експлуатації;} \\ k_2(t - t_{\text{ноч}}) + \lambda_0, & \text{для періоду зносу.} \end{cases}$$

Для оцінки напрацювань на відмову весь інтервал спостереження від початку експлуатації до моменту проведення робіт з продовження терміну служби (ресурсу) необхідно поділити на три рівні частини – період приробітку, період нормальної експлуатації та період зносу.

Спочатку визначається статистична оцінку напрацювання на відмову за період нормальної експлуатації за формулою:

$$\mathcal{F}_{\text{ОНЕ}} = \frac{t_{\Sigma\text{НЕ}}}{n_{\text{НЕ}}},$$

де $t_{\Sigma\text{НЕ}}$ – сумарний час напрацювання за період нормальної експлуатації, $n_{\text{НЕ}}$ – число відмов за період нормальної експлуатації

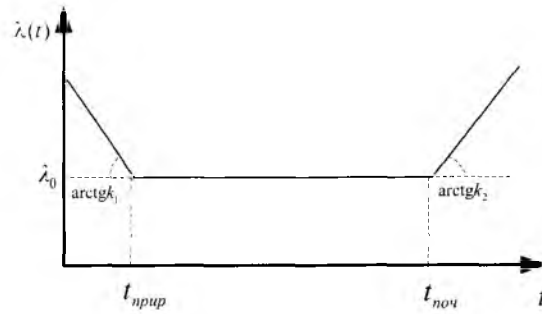


Рис. 1. Модель інтенсивності відмов

Визначаємо статистичну оцінку напрацювання на відмову за весь період експлуатації за формулою:

$$\hat{T}_0 = \frac{t_{\Sigma}}{n},$$

де t_{Σ} – сумарний час напрацювання за весь період експлуатації, n – число відмов за весь період експлуатації.

Статистична оцінка напрацювання на відмову за весь період експлуатації за виключенням останнього року:

$$\hat{T}_{0,1} = \frac{t_{\Sigma,1}}{n_1},$$

де $t_{\Sigma,1}$ – сумарний час напрацювання за весь період експлуатації за виключенням останнього року, n_1 – число відмов за весь період експлуатації за виключенням останнього року.

Статистична оцінка напрацювання на відмову за весь період експлуатації за виключенням двох останніх років визначається як:

$$\hat{T}_{0,2} = \frac{t_{\Sigma,2}}{n_2},$$

де $t_{\Sigma,2}$ – сумарний час напрацювання за весь період експлуатації за виключенням двох останніх років, n_2 – число відмов за весь період експлуатації за виключенням двох останніх років. При перевірці результатів оцінки надійності за критерієм настання граничного стану наземного засобу РТЗ вважаємо, що граничний стан засобу в даний момент настав, якщо виконуються такі дві умови:

$$\hat{T}_0 \leq 0,5\hat{T}_{0HE}, \hat{T}_{0,2} > \hat{T}_{0,1} > \hat{T}_0.$$

Ці співвідношення характеризують систематичне зниження напрацювання на відмову за останні три роки експлуатації; така обробка підвищує вірогідність прийняття рішення про настання граничного стану наземного засобу РТЗ. На рис. 2 представлено графічне пояснення алгоритму №1.



Рис. 2. Графічне пояснення процедури продовження ресурсу за діючою методикою

Альтернативним варіантом є алгоритм № 2. При цьому перевірка йде поступово, починаючи з нульового року до поточного стану у ковзному вікні заданої ширини. Початкові дані: сумарні напра-

цювання по роках і кількість відмов в кожному році. Знаходяться наступні параметри: середнє напрацювання за період нормальної експлуатації (другу третину експлуатації); статистичне напрацювання

на відмову; статистичне напрацювання за винятком року та за винятком двох років.

Умова припинення використання, якщо статистичне напрацювання на відмову менше половини середнього напра-

цювання за період нормальної експлуатації і середнє напрацювання з року в рік погіршується.

На рис. 3 графічно пояснюється робота даного алгоритму.

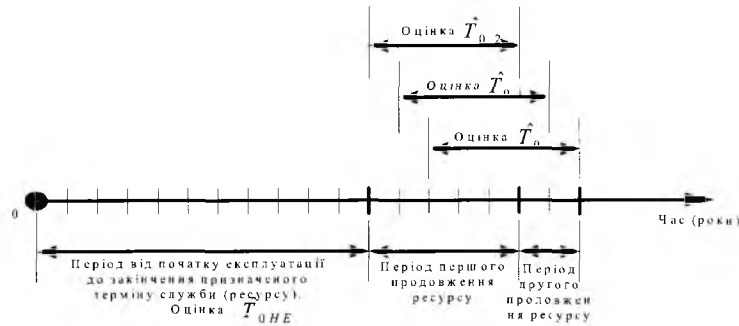


Рис. 3. Графічне пояснення алгоритму продовження ресурсу

Випадок, коли контроль проводиться у ковзкому вікні за виключенням періоду приробітку, відповідає алгоритму № 3. Знаходимо число відмов за другу і третю третину періоду експлуатації, сумарне напрацювання за другу і третю третину періоду експлуатації, середнє напрацювання на відмову за винятком одного і двох років.

Середнє напрацювання за період нормальної експлуатації знаходиться ана-

логічно першому алгоритму. Статистичне напрацювання на відмову розраховують за винятком періоду приробітку.

Умова припинення використання, якщо статистичне напрацювання на відмову менше половини середнього напрацювання за період нормальної експлуатації і середнє напрацювання з року в рік погіршується. На рис. 4 представлено графічне пояснення алгоритму №3.

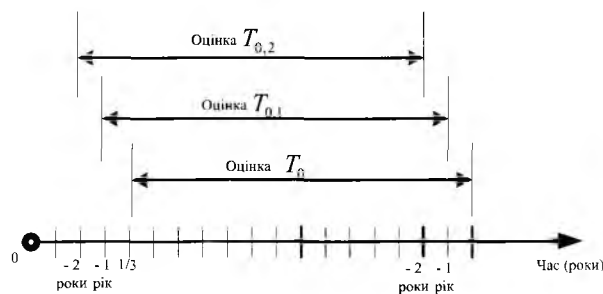


Рис. 4. Графічне пояснення алгоритму №3 продовження ресурсу

Алгоритм № 4 аналогічний алгоритму №3, відрізняється лише середнім напрацюванням за винятком двох і чотирьох років. Умова припинення використання, якщо статистичне напрацювання на відмову менше половини середнього напрацювання за період нормальної експлуатації і середнє напрацювання з року в рік

погіршується. На рис.5 представлено графічне пояснення алгоритму №4.

Алгоритм № 5 ідентичний алгоритму № 1, однак середнє напрацювання на відмову визначається за винятком двох і чотирьох років. На рис.6 представлено графічне пояснення алгоритму №5.

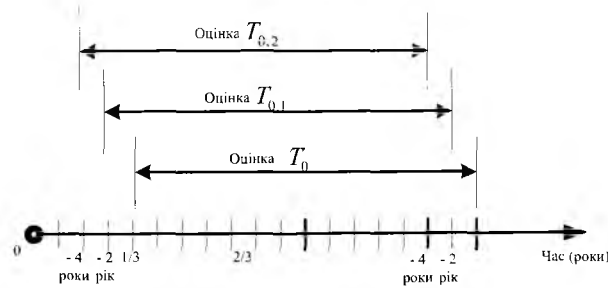


Рис. 5. Графічне пояснення алгоритму №4 продовження ресурсу

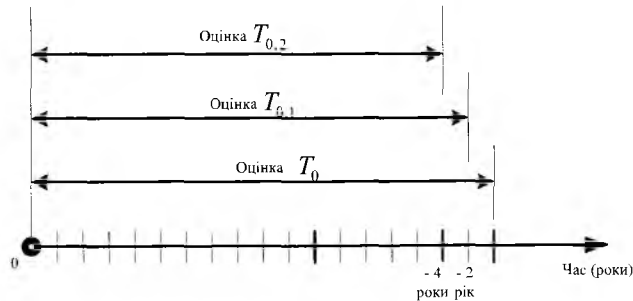


Рис. 6. Графічне пояснення алгоритму №5 продовження ресурсу

У загальному випадку операторний опис для всіх алгоритмів схожий: структурна схема взаємодій операторів обробки даних відрізняється векторами вхідних даних (база даних щодо напрацювань на відмову до моменту прийняття рішення):

$$\vec{B} = \{\vec{n}, \vec{t}\},$$

де \vec{n} – кількість відмов в кожному році; \vec{t} – сумарні напрацювання по роках.

$$\vec{n} = \{n_1, n_2, \dots, n_k\}, \vec{t} = \{t_1, t_2, \dots, t_k\}.$$

де $k = 1, 2, 3, \dots$ – порядковий номер року роботи засобу РТЗ.

Визначимо основні оператори обробки даних: A_1 – оператори формування даних для оцінки показників вектору вхідних параметрів, A_2 – оператори формування даних для оцінки показників вектору вихідних параметрів, A_3 – оператори перевірки виконання критерію, A_4 – оператор логічного множення.

\vec{C} – вектор вхідних даних для розрахунків оцінок вихідних параметрів:

$$\vec{C} = \{t_{\Sigma HE}, n_{HE}, t_{\Sigma}, n, t_{\Sigma}, n, t_{\Sigma}, n, t_{\Sigma}, n\}.$$

Параметри вектору \vec{C} формуються за допомогою 8 операторів типу A_i ($A_{11} - A_{18}$).

$$\vec{C} = f(A_{11}(\vec{B}), A_{12}(\vec{B}), A_{13}(\vec{B}), A_{14}(\vec{B}), A_{15}(\vec{B}), A_{16}(\vec{B}), A_{17}(\vec{B}), A_{18}(\vec{B})),$$

$$\vec{C} = A_{1i}(\vec{B}).$$

\vec{D} – вектор вихідних параметрів для перевірки критерію:

$$\vec{D} = \{\mathcal{F}_{0HE}, \mathcal{F}_0, \mathcal{F}_{01}, \mathcal{F}_{02}\},$$

де \hat{T}_{0HE} – оцінка середнього напрацювання на відмову за період нормальної експлуатації; \hat{T}_0 – статистична оцінка напрацювання на відмову за весь період експлуатації; \hat{T}_{01} – статистична оцінка напрацювання на відмову за весь період експлуатації за виключенням останнього року; \hat{T}_{02} – статистична оцінка напрацювання на відмову за весь період експлуатації за виключенням останнього року.

Параметри вектору \vec{D} формуються за допомогою чотирьох операторів типу A_2 ($A_{21} - A_{24}$).

$$\vec{D} = f(A_{21}(\vec{C}), A_{22}(\vec{C}), A_{23}(\vec{C}), A_{24}(\vec{C})),$$

$$\vec{D} = A_{2i}(\vec{C}).$$

Оператор A_{31} перевіряє виконання умови $\hat{T}_0 \leq 0,5\hat{T}_{0HE}$. Оператор A_{32} перевіряє виконання умови $\hat{T}_{0,2} > \hat{T}_{0,1} > \hat{T}_0$. Оператор A_4 реалізує операцію логічного множення

$$P = A_4(A_{31}(\bar{D}), A_{32}(\bar{D})).$$

Якщо параметр $P = 1$, то ресурс засобу РТЗ не продовжується, а якщо $P = 0$ – то ресурс засобу РТЗ продовжується. Схема взаємодії операторів обробки даних роботи алгоритму представлена на рис. 7.

Для порівняльного аналізу запропонованих алгоритмів обробки даних при

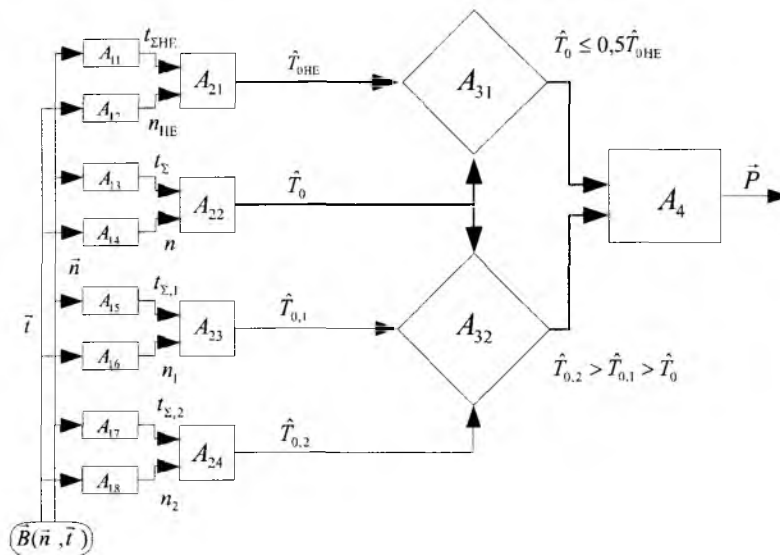


Рис. 7. Схема взаємодії операторів обробки даних роботи алгоритму

За допомогою розробленої програми для запропонованих алгоритмів отримані графіки залежностей оцінок імовірностей продовження терміну служби засобу РТЗ $p^*_{пр}$ від часу початку приросту інтенсивності $t_{поч}$ для фіксованого значення параметру $\Delta\lambda = 0.1$ (залежність $p^*_{пр} = f(t_{поч})$), а також графіки залежностей $p^*_{пр}$ від приросту інтенсивності відмов $\Delta\lambda$ для фіксованого значення параметру $t_{поч} = 40000$ та тривалості спостереження (залежність $p^*_{пр} = f(\Delta\lambda)$). Для одного з

вирішенні задач про продовження ресурсу засобів РТЗ була розроблена моделююча програма. Вхідними даними в програмі є:

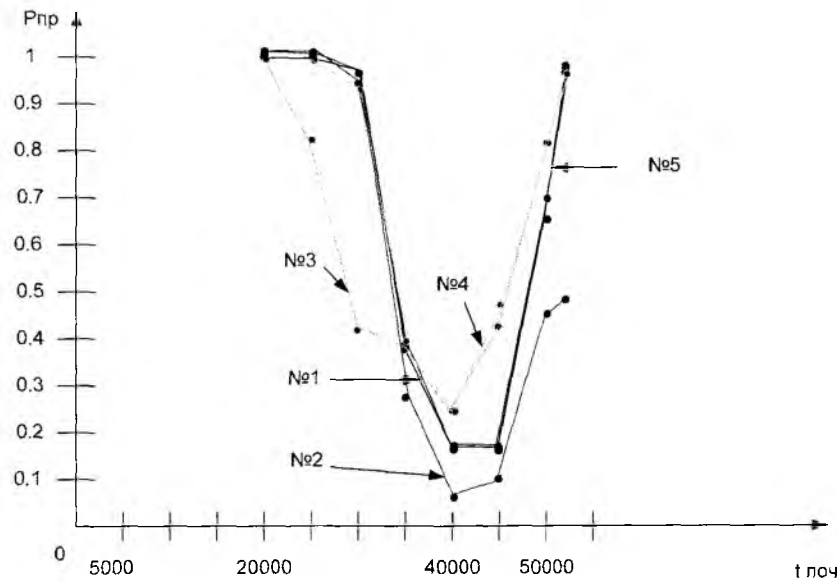
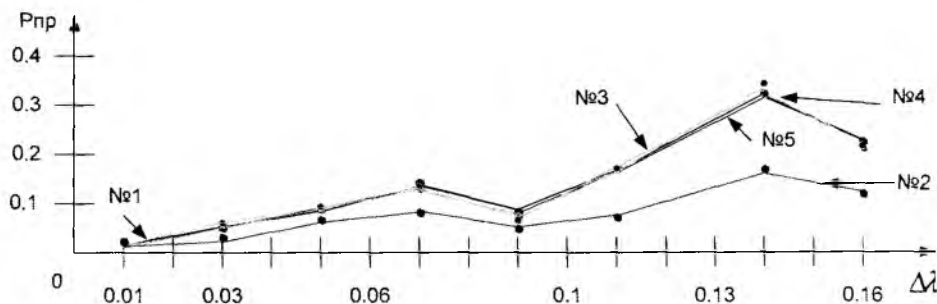
- час роботи засобів РТЗ в годинах за рік;
- початкове значення інтенсивності відмов;
- приріст інтенсивності відмов;
- час початку приросту відмов;
- кількість циклів повторів.

При моделюванні кожного алгоритму оцінюється ймовірність прийняття рішення про можливість продовження терміну служби засобу РТЗ.

типів засобів РТЗ залежності представлені графічно на рис. 8 і рис. 9 відповідно.

На рис. 8 видно, що залежності ймовірностей прийняття рішення при значеннях $t_{поч}$ в діапазоні (35000-50000) найменші для п'ятого алгоритму. Тобто другий алгоритм краще реагує на старіння обладнання.

На рис. 9 видно, що для другого алгоритму залежності ймовірностей прийняття рішення для різних значень параметру $\Delta\lambda$ найменші. Це також свідчить про те, що другий алгоритм краще реагує на старіння обладнання.

Рис. 8. Номограми залежностей $p_{пр} = f(t_{поч})$ Рис. 9. Номограми залежностей $p_{пр} = f(\Delta\lambda)$

Висновки

Порівняльний аналіз алгоритмів обробки даних при продовженні ресурсу засобів РТЗ показує, що другий алгоритм краще реагує на старіння обладнання порівняно з алгоритмом, що представлений у існуючій методиці продовження терміну служби (ресурсу), краще виявляє початок погіршення визначальних характеристик надійності засобу РТЗ. Оскільки від своєчасного виявлення погіршення надійнісних характеристик залежить безпека і регулярність польотів, то розроблений алгоритм може бути врахований під час удосконалення або розробки методики продовження ресурсу засобу РТЗ.

Список літератури

1. Інструкція про порядок продовження терміну служби (ресурсу) наземних засобів радіотехнічного забезпечення

польотів і авіаційного електрозв'язку цивільної авіації України, затверджена наказом Мінтрансу України від 11.11.2003 №871 та зареєстрована в Мін'юсті України 02.12.2003 за №1002/8423.

2. ESARR 4 «Оцінка й зниження ризику при ОПР».

3. Мелкумян В.Г. Технологічні системи обслуговуючого типу. Елементи теорії проектування і прикладні задачі експлуатації. – К.: НАУ, 2003. – 171 с.

4. Соломенцев О.В., Хмелько Ю.М., Жаров І.К., Німич В.В. Основи теорії надійності, експлуатації та ремонту радіоелектронної апаратури: Конспект лекцій. – К.: НАУ, 2007. – 108 с.