

Висновки

У життєвому циклі ПС, починаючи від його побудови і до списання після відпрацювання ресурсу, значна частина часу доводиться на стадію експлуатації. Система технічного обслуговування і ремонту, будучи складовою частиною експлуатації, повинна забезпечувати допустимий рівень надійності, для того щоб ПС виконувало функції, для яких воно призначено, проявляло закладені в ньому при створенні потенційні можливості, а також конструктивно - експлуатаційні властивості. Тільки в процесі експлуатації ПС відшкодовуються всі ті витрати, які пов'язані з його створенням. Ефективність процесу ТО і Р, в загальному випадку, визначається великим числом чинників, що діють на різних етапах створення, випробувань і експлуатації техніки. Розробка програм ТО і Р у взаємодії з програмами забезпечення надійності дозволяє виконувати одночасно і скоординовано весь комплекс робіт по забезпеченню пристосованості конструкції

ПС до найбільш ефективних стратегій ТО і Р, розробку цих стратегій і підготовку експлуатаційних і ремонтних підприємств до їх застосування.

Список літератури

1. *Техническая эксплуатация летательных аппаратов/Под ред. Смирнова Н.Н.- М.: Транспорт, 1990.*
2. *Надежность в технике. Термины и определения. ГОСТ 27.002-83, ГОСТ 27.002-89.*
3. *Ицкович А.А. Надежность летательных аппаратов и двигателей. Части 1 и 2. Учебное пособие.- М.: МГТУ ГА, 1995.*
4. *Ицкович А.А. Управление процессами технической эксплуатации летательных аппаратов. Ч. 3. М.: МГТУ ГА, 2002.*
5. *Константинов В.Д. Методы эксплуатации и стратегии технического обслуживания. М.: МГТУ ГА, 1996.*

Надійшла до редколегії 26.12.2014

Рецензент: доктор технічних наук Е.С. Козелкова, КЛА НАУ.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ КАК ОДНА ИЗ МЕР ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Д.В. Перекрестов

В данной статье раскрыто понятие надежности авиационной техники и ее свойств, таких как: безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость. Раскрыто понятие системы технического обслуживания и ремонта (ТО и Р), виды стратегий и принципов данной системы. А также, достаточно широко, изображена взаимосвязь между надежностью авиационной техники, в частности учебно-тренировочных самолетов, и ТО и Р, как одной из составляющих поддержания допустимого уровня надежности полетов.

Ключевые слова: надежность, техническое обслуживание и ремонт, авиационная техника, учебно-тренировочные самолеты.

MAINTENANCE AND REPAIR AS ONE OF THE MEASURES OF RELIABILITY CONTROL OF AN AIRCRAFT

D.V. Perekrstov

In this article reveals the concept of reliability aircraft and its properties, such as infallibility, durability, maintainability, the keeping. Discloses the concept of a system of maintenance and repair, the types of policies and principles of the system. And also, broadly, shows the relationship between the reliability of aircraft, in particular training aircraft, and maintenance and repair, as a component of maintaining of the permissible level of reliability.

Keywords: reliability, maintenance and repair, aircraft equipment, trainer aircraft.

УДК 358.4 : 656.7

С.В. Рагулін

Кіровоградська летна академія НАУ, Кіровоград

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРИ ВИПАДКОВОМУ ЗАКОНІ РОЗПОДІЛУ НАПРАЦЮВАННЯ LRU ДО ВІДМОВИ

У статті розроблено математичну модель при випадковому законі розподілу напрацювання LRU до відмови. Отримані математичні вирази для розрахунку середньої тривалості перебування LRU в кожному з станів при довільному законі розподілу часу безвідмовної роботи на нескінченному інтервалі часу планування ТО.

Ключеві слова: ефективність, математичне очікування, помилкова відмова, технічне обслуговування

Вступ

При оцінці імовірнісних показників ефективності експлуатації резервованих систем та оцінці критичних

відмов, як правило, приймається допущення про статистичну незалежність відмов LRUs, що входять в систему. Однак це припущення не завжди справедливе. Це обумовлено такими факторами, як загальні лінії

зв'язку, загальні джерела живлення і т.д. Тому необхідно розробити математичні моделі, що дозволяють враховувати множинні відмови резервованих PEC.

Основна частина

Розглянемо випадок, коли PEC є одноблоковою, тобто включає в себе один LRU. Нехай в момент $t = 0$ починає функціонувати LRU, напрацювання якого до прихованої відмови Ξ розподілена за законом $F(\xi)$. Прихована відмова LRU можна виявитися тільки за результатами КР. У LRU може також виникнути явна відмова. Функція розподілу напрацювання до явної відмови R відома і дорівнює $\Phi(\rho)$. При появі явної відмови LRU відключається. Передбачається, що явні і приховані відмови є статистично незалежними. Встановлюється наступний порядок ТО. Якщо при використанні за призначенням у LRU сталася явна відмова, то в випадковий момент його виникнення починається відновлення працездатності LRU. При цьому час між моментом виникнення явної відмови і моментом посадки ПС виключається з розгляду, оскільки LRU відключений. Якщо при черговому КР виявляється прихована відмова, то проводиться відновлення працездатності правильно забракованого LRU. Нарешті, якщо при КР прийнято помилкове рішення про визнання непрацездатності LRU, який насправді є працездатним ("помилкова відмова"), то проводиться "помилкове" відновлення працездатності LRU.

Оскільки відновлення забракованого при КР LRU проводиться після посадки ПС в базовому аеропорту, то в межах розглянутої моделі таке відновлення будемо називати плановим. Відновлення після явної відмови назвемо позаплановим. Вважається, що будь-який з видів відновлення повністю оновлює LRU, і моменти закінчення відновлювальних робіт є моментами регенерації.

Розглянемо найбільш загальний випадок, при якому КР планується проводити в моменти $0 < t_1 < t_2 < \dots < T_N < T$, якщо $T < \infty$ і в моменти $0 < t_1 < t_2 < \dots$, якщо $T = \infty$.

Оскільки після відновлення LRU вважається оновленим, то проводиться перепланування моментів КР. Позначимо через ρ_j момент виникнення явної відмови у j -го LRU. Нехай: $T < \infty$. Тоді, якщо $\rho_j + t_1 \geq T$, то в момент T необхідно провести відновлення LRU. Якщо $\rho_j + t_k < T (k = 1, 2, \dots; k \leq N)$, то при КР в момент $\rho_j + t_{k+1}$ приймаються наступні рішення:

- допустити LRU до використання до проведення чергового КР в момент $\rho_j + t_{k+1}$, якщо він визнаний працездатним, і $\rho_j + t_{k+1} < T$; в іншому випадку (якщо $\rho_j + t_{k+1} \geq T$) - в момент T провести відновлення LRU;

- відновити LRU, якщо він визнаний непрацездатним, і допустити його до використання. Черговий КР проводити в момент $\rho_j + t_{k+1} + t_1$, якщо ρ_j

$+ t_{k+1} + t_1 < T$, інакше (якщо $\rho_j + t_{k+1} + t_1 \geq T$) - в момент T провести відновлення LRU.

Якщо $T = \infty$, то при призначенні чергового моменту КР в описаній вище процедурі необхідно покласти $T = \infty$.

Розглянемо випадковий процес $L(t)$, що характеризує стан LRU в довільний момент часу t . З опису стратегії ТО випливає, що в довільний момент часу t LRU може перебувати в одному з наступних станів: E_1 , якщо в момент t LRU використовувався за призначенням і знаходився в працездатному стані; E_2 , якщо в момент t LRU використовувався за призначенням і знаходився в непрацездатному стані (прихована відмова); E_3 , якщо в момент t LRU не використовувався за призначенням і проводився КР; E_4 , якщо в момент t LRU не використовувався за призначенням і проводився його демонтаж або монтаж на борту ПС; E_5 , якщо в момент t забракований LRU позапланово простояв на борту ПС в базовому аеропорту через незадоволення заявки на запасний LRU з обмінного фонду; E_6 , якщо в момент t проводилося відновлення "помилково" забракованого LRU; якщо в момент t проводилося позапланове відновлення LRU, що відмовив; E_7 , якщо в момент t проводилося відновлення "правильно забракованого" LRU.

Введемо в розгляд наступні показники достовірності багаторазового КР на нескінченному інтервалі планування ТО:

$$P_{XB}(\overline{t_1, t_{v-1}; t_v} | \xi) = P\left\{\bigcap_{i=1}^{v-1} \Xi_i^* > t_i \cap \Xi_v^* \leq t_v \mid \Xi = \xi\right\} - \text{умовна}$$

ймовірність "помилкової відмови", що визначається як ймовірність спільного настання таких подій: при КР в моменти t_1, t_{v-1} ($v = \overline{1, k}$) LRU визнавався працездатним, а при КР в момент t_v був помилково забракований за умови, що $\Xi = \xi$ і $t_k < \xi < t_{k+1}$, де Ξ_i^* - випадкова оцінка напрацювання LRU до відмови при КР в момент t_i ;

$$P_{III}(\overline{t_1, t_{k-1}; t_k} | \xi) = P\left\{\bigcap_{v=1}^k \Xi_v^* > t_v \mid \Xi = \xi\right\} - \text{умовна}$$

ймовірність події "LRU правильно визнаний працездатним" за умови, що $\Xi = \xi$ і $t_k < \xi < t_{k+1}$;

$$P_{III}(\overline{t_1, t_{j-1}; t_j} | \xi) = P\left\{\bigcap_{i=1}^{j-1} \Xi_i^* > t_i \cap \Xi_j^* \leq t_j \mid \Xi = \xi\right\} -$$

умовна ймовірність події "LRU правильно визнаний непрацездатним" за умови, що $\Xi = \xi$ і $t_k < \xi < t_{k+1}$;

визначається як ймовірність настання таких подій: при КР в моменти $\overline{t_1, t_k}$ LRU правильно визнавався працездатним; при КР в моменти $\overline{t_{k+1}, t_{j-1}}$

LRU помилково визнавався працездатним, а при КР в момент $t_j (j = \overline{k+1, N})$ LRU був правильно визнаний непрацездатним за умови, що (t_j, t_{j+1}) і $\Xi = \xi$;

$$P_{HB}(\overline{t_1, t_{N-1}; t_N} | \xi) = P\left\{\bigcap_{i=1}^N \Xi_i^* > t_i \mid \Xi = \xi\right\} - \text{умовна}$$

ймовірність події "невиявленої відмови", що представляє собою ймовірність того, що при КР в моменти $\overline{t_1, t_k}$ LRU правильно визнавався працездатним, а при КР в моменти $\overline{t_{k+1}, t_N}$ помилково визнавався працездатним, що $\Xi = \xi$ і $t_k < \xi < t_{k+1}$;

Загальні вирази для розрахунку умовних ймовірностей $P_{XB}(\overline{t_1, t_{v-1}; t_v} | \xi)$, $P_{III}(\overline{t_1, t_{k-1}; t_k} | \xi)$, $P_{III}(\overline{t_1, t_{j-1}; t_j} | \xi)$, $P_{HB}(\overline{t_1, t_{N-1}; t_N} | \xi)$ наведені в роботах [19,22].

Наступна теорема дозволяє визначити середні тривалості MS_1, MS_8 .

Теорема 1. Якщо $T < \infty$, то мають місце такі формули для середнього часу знаходження LRU:

- в стані E_1

$$MS_1 = \sum_{k=0}^N \int_{t_j}^{t_{j+1}} \left\{ \sum_{v=1}^j t_v P_{XB}(\overline{t_1, t_{v-1}; t_v} | \vartheta) + u P_{III}(\overline{t_1, t_{j-1}; t_j} | \vartheta) \right\} d\Phi(u) + \int_{t_k}^{\vartheta} \left\{ \sum_{v=1}^k t_v P_{XB}(\overline{t_1, t_{v-1}; t_v} | \vartheta) + u P_{III}(\overline{t_1, t_{k-1}; t_k} | \vartheta) \right\} d\Phi(u) + \left\{ \sum_{v=1}^k t_v P_{XB}(\overline{t_1, t_{v-1}; t_v} | \vartheta) + \vartheta P_{III}(\overline{t_1, t_{k-1}; t_k} | \vartheta) \right\} [1 - \Phi(\vartheta)] dF(\vartheta) + \int_T^{\infty} \left\{ \sum_{j=0}^N \int_{t_j}^{t_{j+1}} \left\{ \sum_{v=1}^j t_v P_{XB}(\overline{t_1, t_{v-1}; t_v} | \vartheta) + u P_{III}(\overline{t_1, t_{j-1}; t_j} | \vartheta) \right\} d\Phi(u) + \left\{ \sum_{v=1}^N t_v P_{XB}(\overline{t_1, t_{v-1}; t_v} | \vartheta) + T \times P_{III}(\overline{t_1, t_{N-1}; t_N} | \vartheta) \right\} [1 - \Phi(T)] \right\} dF(\vartheta); \quad (1)$$

- в стані E_2

$$MS_2 = \sum_{k=0}^{N-1} \int_{t_k}^{t_{k+1}} \int_{\vartheta}^{t_{k+1}} (u - \vartheta) P_{III}(\overline{t_1, t_{k-1}; t_k} | \vartheta) d\Phi(u) + \sum_{n=k+1}^N \int_{t_n}^{t_{n+1}} \left[\sum_{j=k+1}^n (t_j - \vartheta) P_{III}(\overline{t_1, t_{j-1}; t_j} | \vartheta) + (u - \vartheta) P_{HB}(\overline{t_1, t_{n-1}; t_n} | \vartheta) \right] d\Phi(u) + \left[\sum_{j=k+1}^N (t_j - \vartheta) P_{III}(\overline{t_1, t_{j-1}; t_j} | \vartheta) + (T - \vartheta) P_{HB}(\overline{t_1, t_{N-1}; t_N} | \vartheta) \right] [1 - \Phi(T)] dF(\vartheta) + \int_{t_N}^T \left\{ \int_{\vartheta}^T (u - \vartheta) P_{III}(\overline{t_1, t_{N-1}; t_N} | \vartheta) d\Phi(u) + \vartheta + (T - \vartheta) P_{HB}(\overline{t_1, t_{N-1}; t_N} | \vartheta) [1 - \Phi(T)] \right\} dF(\vartheta); \quad (2)$$

- в стані E_3

$$MS_3 = t_{KP} \sum_{k=0}^{N-1} \int_{t_k}^{t_{k+1}} \left\{ \sum_{j=0}^{k-1} \sum_{v=1}^{j-1} v P_{XB}(\overline{t_1, t_{v-1}; t_v} | \vartheta) + j P_{III}(\overline{t_1, t_{j-2}; t_{j-1}} | \vartheta) \right\} \times \left[\Phi(t_{j+1}) - \Phi(t_j) \right] + \sum_{j=k-1}^k \left\{ \sum_{v=1}^{j-1} v P_{XB}(\overline{t_1, t_{v-1}; t_v} | \vartheta) + (j+1) P_{III}(\overline{t_1, t_{j-1}; t_j} | \vartheta) \right\} \times \left[\Phi(t_{j+2}) - \Phi(t_{j+1}) \right] + \left[\Phi(t_{k+1}) - \Phi(t_k) \right] + \left[N P_{HB}(\overline{t_1, t_{N-2}; t_{N-1}} | \vartheta) \right] [1 - \Phi(t_N)] + \sum_{j=k+2}^{N-1} \left\{ \sum_{v=1}^k v P_{XB}(\overline{t_1, t_{v-1}; t_v} | \vartheta) + \sum_{j=k+1}^{i-1} j P_{III}(\overline{t_1, t_{j-1}; t_j} | \vartheta) + i P_{HB}(\overline{t_1, t_{i-2}; t_i} | \vartheta) \right\} + \sum_{v=1}^k v P_{XB}(\overline{t_1, t_{v-1}; t_v} | \vartheta) + \sum_{j=k+1}^{N-1} j P_{III}(\overline{t_1, t_{j-1}; t_j} | \vartheta) \left\} dF(\vartheta) + \quad (3)$$

$$+ t_{KP} \int_{t_N}^{\infty} \left\{ \sum_{j=0}^{N-1} \sum_{v=1}^{j-1} v P_{XB}(\overline{t_1, t_{v-1}; t_v} | \vartheta) + j P_{III}(\overline{t_1, t_{j-2}; t_{j-1}} | \vartheta) \right\} \left[\Phi(t_{j+1}) - \Phi(t_j) \right] + \left\{ \sum_{v=1}^{N-1} v P_{XB}(\overline{t_1, t_{v-1}; t_v} | \vartheta) + N P_{III}(\overline{t_1, t_{N-2}; t_{N-1}} | \vartheta) \right\} [1 - \Phi(t_N)] \left\} dF(\vartheta); \quad (4)$$

- в стані E_4

$$MS_4 = t_M + t_D; \quad (4)$$

- в стані E_5

$$MS_5 = \psi (\Delta t_{SP} + t_M + t_D - t_C); \quad (5)$$

$$\psi = \begin{cases} 0, & \text{if } t_C \geq (\Delta t_{SP} + t_D + t_M); \\ 1, & \text{if } t_C < (\Delta t_{SP} + t_D + t_M). \end{cases}$$

- в стані E_6

$$MS_6 = t_{JB} \sum_{k=1}^{N-1} \int_{t_k}^{t_{k+1}} \left\{ \sum_{j=1}^{k-1} \sum_{v=1}^{j-1} P_{XB}(\overline{t_1, t_{v-1}; t_v} | \vartheta) \right\} \left[\Phi(t_{j+1}) - \Phi(t_j) \right] + \sum_{j=1}^k P_{XB}(\overline{t_1, t_{v-1}; t_v} | \vartheta) [1 - \Phi(t_k)] dF(\vartheta) + \quad (6)$$

$$+ t_{JB} \int_{t_N}^{\infty} \left\{ \sum_{j=1}^{N-1} \sum_{v=1}^j P_{XB}(\overline{t_1, t_{v-1}; t_v} | \vartheta) \right\} + \left[\Phi(t_{j+1}) - \Phi(t_j) \right] + \left\{ \sum_{k=1}^N P_{XB}(\overline{t_1, t_{k-1}; t_k} | \vartheta) [1 - \Phi(t_N)] \right\} dF(\vartheta);$$

- в стані E_7

$$MS_7 = t_{BB} \times$$

$$\left\{ \sum_{j=0}^k P_{III}(\overline{t_1, t_{j-1}; t_j} | \vartheta) \left[\Phi(t_{j+1}) - \Phi(t_j) \right] + \sum_{k=0}^N \int_{t_k}^{t_{k+1}} \left\{ \sum_{j=0}^N P_{III}(\overline{t_1, t_{j-1}; t_j} | \vartheta) \left[\Phi(t_{i+1}) - \Phi(t_i) \right] \right\} dF(\vartheta) + \quad (7)$$

$$+ t_{BB} \int_{t_N}^{\infty} \left\{ \sum_{j=0}^N P_{III}(\overline{t_1, t_{j-1}; t_j} | \vartheta) \left[\Phi(t_{j+1}) - \Phi(t_j) \right] \right\} dF(\vartheta);$$

- в стані E_8

$$MS_8 = t_{IB} \sum_{k=0}^N \int_{t_k}^{t_{k+1}} \left\{ \sum_{i=k+1}^N \left[\Phi(t_{i+1}) - \Phi(t_i) \right] + \sum_{i=k+1}^j P_{III}(\overline{t_1, t_{i-1}; t_i} | \vartheta) + P_{III}(\overline{t_1, t_{j-1}; t_j} | \vartheta) [1 - \Phi(T)] \right\} dF(\vartheta), \quad (8)$$

де Δt_{SP} – середній час затримки в задоволенні заявки на запасний LRU; ψ – індикаторна функція; t_{BB} – середня тривалість позапланового відновлення LRU.

Доведення. Для стислості викладу доведемо тільки співвідношення (1).

Співвідношення (4) і (5) очевидні і не вимагають доказів.

Решта співвідношення доводяться аналогічно (1). Нехай прихована відмова з'являється в LRU раніше, ніж явна, тобто $\xi \leq \rho$ і $t_k < \xi \leq t_{k+1}$ ($k = 0, N$).

Тоді умовне математичне очікування (МО) часу знаходження LRU в стані E_1 за умови, що $\Xi = \xi$ $R = \rho$ і $\xi \leq \rho$ визначається за формулою:

$$M[S_1 | \xi \leq \rho] =$$

$$= \begin{cases} \sum_{v=1}^k t_v P_{XB}(\overline{t_1, t_{v-1}; t_v} | \xi) + \xi P_{III}(\overline{t_1, t_{k-1}; t_k} | \xi), & \text{якщо } t_k \leq \xi < t_{k+1} (k = \overline{1, N}); \\ \xi, & \text{якщо } 0 \leq \xi < t_1; \\ \sum_{v=1}^k t_v P_{XB}(\overline{t_1, t_{v-1}; t_v} | \xi) + \xi P_{III}(\overline{t_1, t_{N-1}; t_N} | \xi), & \text{якщо } \xi \geq T. \end{cases} \quad (9)$$

Прийmemo, що $\xi > \rho$ і $t_k < \rho \leq t_{k+1}$. У цьому випадку LRU напрацює до моменту t_v ($v = \overline{0, k}$), якщо при v -му КР з умовною ймовірністю $P_{XB}(\overline{t_1, t_{v-1}; t_v} | \xi)$ виникне «хибна відмова». У подальшому LRU пропрацює час ρ , якщо при КР в момент t_k з умовною ймовірністю $P_{III}(\overline{t_1, t_{k-1}; t_k} | \xi)$ виникне подія «LRU правильно працює». Таким чином, умовне математичне очікування часу знаходження LRU у стані E_1 при умові, що $\Xi = \xi$ $R = \rho$ і $\xi > \rho$:

$$M[S_1 | \xi > \rho] = \begin{cases} \sum_{v=1}^j t_v P_{XB}(\overline{t_1, t_{v-1}; t_v} | \xi) + \rho P_{III}(\overline{t_1, t_{j-1}; t_j} | \xi), & \text{якщо } t_j \leq \rho < t_{j+1} (j = \overline{1, N}); \\ \rho, & \text{якщо } 0 \leq \xi < t_1; \\ \sum_{v=1}^N t_v P_{XB}(\overline{t_1, t_{v-1}; t_v} | \xi) + \xi P_{III}(\overline{t_1, t_{N-1}; t_N} | \xi), & \text{якщо } \rho \geq T. \end{cases} \quad (10)$$

Умовне математичне очікування часу знаходження LRU у стані E_1 при умові, що $\Xi = \xi$ $R = \rho$ визначається як:

$$M[S_1 | \xi, \rho] = \min\{M[S_1 | \xi \leq \rho], M[S_1 | \xi > \rho]\}. \quad (11)$$

З виразу (11) видно, що час перебування LRU у стані E_1 є функцією двох випадкових величин Ξ і R . Тому МО часу перебування LRU у стані E_1 :

$$MS_1 = \sum_{k=0}^{\infty} \sum_{j=0}^{t_{k+1}} \int_{t_k}^{t_{j+1}} M[S_1 | \vartheta, u] d\Phi(u) dF(\vartheta). \quad (12)$$

З урахуванням виразу (11) формулу (12) перетворимо до вигляду:

$$MS_1 = \sum_{k=0}^N \left\{ \int_{t_k}^{t_{k+1}} \left[\sum_{j=0}^{k-1} \left(\int_{t_j}^{t_{j+1}} M[S_1 | \vartheta > u] d\Phi(u) + \int_{t_k}^{\vartheta} M[S_1 | \vartheta > u] d\Phi(u) + \int_{\vartheta}^{\infty} M[S_1 | \vartheta \leq u] d\Phi(u) \right) \right] dF(\vartheta) + \int_T^{\infty} \left[\sum_{j=0}^N \left(\int_{t_j}^{t_{j+1}} M[S_1 | \vartheta > u] d\Phi(u) + \int_T^{\infty} M[S_1 | \vartheta \leq u] d\Phi(u) \right) \right] dF(\vartheta) \right\} \quad (13)$$

Підставивши в формулу (13) вирази (9) і (10) після відповідних перетворень, отримаємо співвідношення (1). Теорема доведена.

Наслідок 1. Якщо $T = \infty$, то мають місце такі залежності для середнього часу знаходження LRU:

– у стані E_1

$$MS_1 = \sum_{k=0}^{\infty} \int_{t_k}^{t_{k+1}} \left\{ \sum_{j=0}^{k-1} \int_{t_j}^{t_{j+1}} \left[t_v P_{XB}(\overline{t_1, t_{v-1}; t_v} | \vartheta) + \vartheta P_{III}(\overline{t_1, t_{j-1}; t_j} | \vartheta) \right] \right\} d\Phi(u) + \int_{t_k}^{\vartheta} \left\{ \sum_{v=1}^k \left[t_v P_{XB}(\overline{t_1, t_{v-1}; t_v} | \vartheta) + \vartheta P_{III}(\overline{t_1, t_{k-1}; t_k} | \vartheta) \right] \right\} d\Phi(u) + \left\{ \sum_{v=1}^k \left[t_v P_{XB}(\overline{t_1, t_{v-1}; t_v} | \vartheta) + \vartheta P_{III}(\overline{t_1, t_{k-1}; t_k} | \vartheta) \right] \right\} [1 - \Phi(\vartheta)] dF(\vartheta); \quad (14)$$

– у стані E_2

$$MS_2 = \sum_{k=0}^{\infty} \int_{t_k}^{t_{k+1}} \left\{ \int_{\vartheta}^{t_{k+1}} (u - \vartheta) P_{III}(\overline{t_1, t_{k-1}; t_k} | \vartheta) d\Phi(u) + \sum_{n=k+1}^{\infty} \int_{t_n}^{t_{n+1}} \left[\sum_{j=k+1}^n (t_j - \vartheta) P_{III}(\overline{t_1, t_{j-1}; t_j} | \vartheta) + (u - \vartheta) P_{HB}(\overline{t_1, t_{n-1}; t_n} | \vartheta) \right] d\Phi(u) \right\} dF(\vartheta); \quad (15)$$

– у стані E_3

$$MS_3 = t_{KP} \times \sum_{k=0}^{\infty} \int_{t_k}^{t_{k+1}} \left\{ \sum_{j=0}^{k-1} \left[\sum_{v=1}^{j-1} v P_{XB}(\overline{t_1, t_{v-1}; t_v} | \vartheta) + j P_{III}(\overline{t_1, t_{j-2}; t_{j-1}} | \vartheta) \right] \left[\Phi(t_{j+1}) - \Phi(t_j) \right] \right\} + \sum_{j=k-1}^k \left[\sum_{v=1}^j v P_{XB}(\overline{t_1, t_{v-1}; t_v} | \vartheta) + (j+1) P_{III}(\overline{t_1, t_{j-1}; t_j} | \vartheta) \right] \left[\Phi(t_{j+2}) - \Phi(t_{j+1}) \right] + \sum_{j=k+2}^{\infty} \left[\sum_{v=1}^k v P_{XB}(\overline{t_1, t_{v-1}; t_v} | \vartheta) + \sum_{j=k+1}^{i-1} j P_{III}(\overline{t_1, t_{j-1}; t_j} | \vartheta) + i P_{HB}(\overline{t_1, t_{i-2}; t_i} | \vartheta) \right] \left[\Phi(t_{i+1}) - \Phi(t_i) \right] dF(\vartheta); \quad (16)$$

– у стані E_6

$$MS_6 = t_{LB} \sum_{k=1}^{\infty} \int_{t_k}^{t_{k+1}} \left\{ \sum_{j=1}^{k-1} \left[\sum_{v=1}^j P_{XB}(\overline{t_1, t_{v-1}; t_v} | \vartheta) \right] \times \left[\Phi(t_{j+1}) - \Phi(t_j) \right] \right\} + \sum_{j=1}^k P_{XB}(\overline{t_1, t_{v-1}; t_v} | \vartheta) [1 - \Phi(t_k)] dF(\vartheta); \quad (17)$$

– у стані E_7

$$MS_7 = t_{BB} \times \sum_{k=0}^{\infty} \int_{t_k}^{t_{k+1}} \left\{ \sum_{j=0}^k P_{III}(\overline{t_1, t_{j-1}; t_j} | \vartheta) \left[\Phi(t_{j+1}) - \Phi(t_j) \right] + \sum_{i=k+1}^{\infty} P_{HB}(\overline{t_1, t_{i-1}; t_i} | \vartheta) \left[\Phi(t_{i+1}) - \Phi(t_i) \right] \right\} dF(\vartheta); \quad (18)$$

– у стані E_8

$$MS_8 = t_{ПВ} \sum_{k=0}^{\infty} \int_{t_k}^{t_{k+1}} \left\{ \sum_{i=k+1}^{\infty} [\Phi(t_{i+1}) - \Phi(t_i)] + \sum_{i=k+1}^j P_{ПН}(\overline{t_1, t_{i-1}}; t_i | \vartheta) \right\} dF(\vartheta). (19)$$

Для доведення співвідношень (14)-(19) достатньо в виразах (1)-(3) та (6)-(8) підставити значення $T = \infty$ та $N = \infty$.

Висновки

Розроблено метод побудови моделей процесу ТОiP РЕС ПС на "нескінченному інтервалі планування ТО", що дозволяє отримати показники ефективності експлуатації РЕС з урахуванням наявності як прихованих, так і явних відмов. Визначені стани, в яких може перебувати РЕС в процесі післягарантійної експлуатації. З доведеної теореми 1, отримані математичні вирази для розрахунку середньої тривалості перебування LRU в кожному з станів при

довільному законі розподілу часу безвідмовної роботи на нескінченному інтервалі часу планування ТО. Дані вирази, на відміну від відомих, враховують не тільки показники достовірності багаторазового КР і його періодичність, а й зовнішній прояв відмов, тобто наявність явних і прихованих відмов.

Список літератури

1. Навігаційне забезпечення ЗС України з використанням космічних систем / Козелков С.В., Неділько С.М., Храцевський Р.В., Козелкова К.С. / монографія. – Кіровоград: КЛА НАУ, 2013.
2. Документ ІКАО (Doc 9760-AN/967) «Руководство по летной годности»
3. Чинючин Ю.М., Полякова И.Ф. Основы технической эксплуатации и ремонта авиационной техники. Часть 2.М.: МГТУ ГА, 2006. - 74 с.

Поступила в редакцію 08.09.2014

Рецензент: д.т.н., проф. В.А. Краснобаев, ПолтНТУ імені Юрія Кондратюка, Полтава.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРИ СЛУЧАЙНОМ ЗАКОНЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАРАБОТКИ LRU ДО ОТКАЗА

С.В. Рагулин

В статье разработана математическая модель при случайном законе распределения наработки LRU до отказа. Полученные математические выражения для расчета средней продолжительности пребывания LRU в каждом из состояний при произвольном законе распределения времени безотказной работы на бесконечном интервале времени планирования ТО.

Ключевые слова: эффективность, математическое ожидание, ложный отказ, техническое обслуживание

MATHEMATICAL MODEL OF ACCIDENTAL LAW OF DISTRIBUTION HOURS LRU TO FAILURE

S.V. Ragulin

In this paper a mathematical model for random distribution law developments LRU to failure. The resulting mathematical expressions to calculate the average length of stay LRU in each state for an arbitrary distribution law uptime on an infinite time interval TO planning.

Keywords: efficiency, expectation, false failure, maintenance.

УДК 623.51

Ю.Н. Рябуха

Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков

МЕТОД ИДЕНТИФИКАЦИИ СТЕПЕНИ ИНФОРМАТИВНОСТИ СЕМАНТИЧЕСКОГО СОДЕРЖАНИЯ СЕГМЕНТА ВИДЕОКАДРА

Проводится обоснование того, что для повышения доступности и целостности видеоинформационного ресурса (ВИР) в системе интеллектуальной обработки требуется учитывать требования относительно эффективности маскирования контурной информации. Излагаются этапы создания метода интеллектуальной обработки видеоданных с учетом оценки степени информативности семантического содержания видеоснимка и последующей дифференцированной обработкой, направленной на сохранение контурной информации. Разрабатывается метод идентификации степени информативности семантического содержания ВИР, содержащий систему решающих правил и метрику относительно классификации сегментов маски по их контурной информации

Ключевые слова: семантическая информативность видеокadra, видеоинформационный ресурс.

Введение

Постановка проблемы. Разработка и исследование технологий обработки изображений [1 - 3] показывает, что основным подходом, применяемым

на практике для повышения эффективности обработки, является предварительный анализ и последующая обработка изображений, которая зависит от результата предварительного анализа (фильтрации, повышения резкости, уменьшения шума и т.д.).