

УДК 621.396.6. 519.2

О.І. Кравчук, здобувач

*Львівський інститут сухопутних військ Національного університету „Львівська політехніка”***ПРОЦЕДУРА СИНТЕЗУ ІНФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ЗМІНИ ПАРАМЕТРА ПОТОКУ ВІДМОВ ПРИ ОДНОРЕЖИМНОМУ УТРИМАННІ***(Представлено к.т.н., доц. Левченко А.О.)**Розглядається питання процедури синтезу інформаційної моделі параметра потоку відмов під час однорежимного утримання.*

Актуальність дослідження. Досвід зберігання радіоелектронних засобів (РЕЗ) показує, що під впливом різноманітних негативних факторів параметри їх елементів змінюються, внаслідок чого змінюються вихідні параметри систем. Зміни можуть бути значними, що призводить до прихованих (латентних) відмов без порушення працездатності.

Для розроблення інформаційних технологій синтезу структурних, функціональних моделей процесів технічного забезпечення експлуатації, що автоматизуються, необхідно визначити параметри, інформація про які може бути отримана в ході спостережень. Виникає проблема оцінювання й обробки цих результатів.

Для вирішення подібних завдань загальноприйняті показники надійності слід представляти як функції фізичних характеристик і параметрів елементів об'єктів експлуатації (ОЕ), швидкості їхньої зміни залежно від різних факторів навколишнього середовища.

Надійність – комплексна властивість виробу, яка залежно від призначення об'єкта і умов його застосування може включати безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність та збережуваність [4]. Перші дві властивості характеризуються тривалістю строку зберігання працездатного стану при роботі й зберіганні відповідно, остання – тривалістю строку до граничного стану. Одним з показників безвідмовності є параметр потоку відмов, який найбільш глибоко відображає стан об'єкта під час проведення заходів технічного обслуговування. Характерною рисою тривалості станів від безвідмовного до граничного стану і ремонту є їхня випадковість. Ця концепція, побудована на вивченні явищ, що призводять до виходу виробу з перелічених станів і обумовленням застосування теоретико-вірогідних методів оцінки надійності, покладена в основу даного дослідження.

Об'єктом статті є інформаційні технології моделювання технологічних систем забезпечення експлуатації при однорежимному утриманні, а предметом – процедура синтезу моделей потоку відмов РЕЗ в умовах впливу заходів експлуатації. **Мета статті** – розроблення процедур побудови моделі параметра потоку відмов при однорежимному утриманні.

Умови виконання дослідження. Радіоелектронні засоби, які розглядаються як об'єкт експлуатації, являють собою складні технічні системи з різноманітних елементів, мають різні структурні схеми надійності. Необхідно визначити, що в склад систем, які розглядаються, не входить програмне забезпечення. Для досягнення мети в статті необхідно отримати процедуру отримання моделей параметра потоку відмов ОЕ при однорежимному утриманні.

Наукова новизна роботи полягає у розвитку та поглибленні теоретичних і методичних основ інформаційно-пошукових процедур для систем обробки інформації для прийняття рішень.

На сучасному етапі розвитку теорії забезпечення експлуатації вже добре відомо, що ті проблеми, за вирішення яких з самого початку свого розвитку береться теорія надійності, виявилася більш глибокою, ніж це було при відсутності досвіду експлуатації складних систем. Застосування системного підходу в теорії забезпечення експлуатації призвело до розуміння необхідності управління процесами експлуатації.

Процес технічного забезпечення експлуатації являє собою сукупність підсистем утримання в різних режимах, контролю і відновлення, для нормального функціонування яких потрібно передбачити проведення відповідних операцій, створити запас матеріалів, що витрачаються, і елементів, мати сили і засоби для здійснення операцій. Процес забезпечення експлуатації технічних об'єктів реалізується в системі технічного забезпечення експлуатації (СТЗЕ) і являє собою визначену послідовність операцій, які виконуються над об'єктом.

Аналіз процесу технічного забезпечення експлуатації різних об'єктів показує, що всі операції, які виконуються під час обслуговування, можуть бути поставлені у відповідні типові оператори утримання Lc , контролю Lk , відновлення Lv , модернізації Lm і доробки Ld [1, 2]. Тому для моделювання процесу управління станом ОЕ можна використовувати різні комбінації цих операторів.

Операторній моделі системи технічного обслуговування (ТО) РЕЗ відповідає оператор з урахуванням того, що технологічні операції модернізації, доробки для об'єктів, що утримуються на зберіганні, не

виконуються:

$$\mu(E_{2i-1}) = L_C L_k L_C \mu(E_i), \quad (1)$$

де $\mu(E_{2i-1})$ – міра справних об'єктів від загальної кількості, що знаходяться у справному стані (справний стан – непарні, несправний стан – парні); E_i – загальна кількість об'єктів, що знаходяться у визначеному стані.

Проведемо ідентифікацію виду моделі оператора утримання L_C в (1) на інтервалі часу $[t_0, t]$ за даними послідовного контролю N РЕЗ у моменти t_i . Для синтезу процедур отримання моделі проведемо ідентифікацію виду параметра потоку відмов РЕЗ, який властивий тільки для визначеного режиму утримання.

У режимі зберігання після кожного циклу визначення стану без відновлення виділяється m несправних ОЕ. Ці об'єкти виключаються від подальшого зберігання, а справні – переводяться в колишній режим утримання.

Накопичена дослідна частота відмов в цілому РЕЗ (або її складових елементів) визначиться як:

$$\Omega(t_i) = \frac{\sum m(t_i)}{N}, \quad (2)$$

де $m(t_i)$ – кількість ОЕ, що відмовили за час після $(i-1)$ -го циклу контролю, N – загальна кількість ОЕ, що спостерігаються.

Тоді емпірична функція розподілу термінів безвідмовного утримання $\hat{P}(t_i)$ РЕЗ прийме вигляд:

$$\hat{P}(t_i) = 1 - \Omega(t_i). \quad (3)$$

З урахуванням співвідношення, що пов'язує імовірність відмов ОЕ в конкретний момент часу з параметром потоку відмов:

$$P(t) = P(t_0) e^{-\int_{t_0}^t \omega(t) dt}, \quad (4)$$

де $P(t_0)$ – імовірність безвідмовного стану на початку інтервалу спостереження, задача ідентифікації параметра потоку відмов РЕЗ може бути вирішена за наявності конкретних процедур отримання моделей для $\omega(t)$.

Критерієм параметричної ідентифікації моделі параметра потоку відмов для методів, що реалізують процедури перехресного аналізу, є мінімум середнього модулю помилки апроксимації моделлю статистичних даних:

$$\sum_t \left| \hat{P}(t_i) - P(t_i, \omega(t_i)) \right| = \min, \quad (5)$$

де $P(t, \omega(t_i))$ – числове значення ймовірності працездатного стану за час t_i з параметром потоку відмов $\omega(t_i)$.

Характеристика первинних задач математичної статистики і констатація того, що саме методи з перехресним іспитом їх вирішують.

З [3, 5] відомо, що для мінімізації (5) модель $P(t, \omega(t))$ повинна бути медіанною характеристикою залежності, що апроксимує $\hat{P}(t)$. Функція розподілу термінів безвідмовного утримання РЕЗ $\hat{P}(t)$, обумовлена за (2) і (3), є випадковою функцією. Доведено, що вибіркова медіана є більш стійкою оцінкою положення порівняно із середнім арифметичним, тому в умовах невизначеності доцільно використовувати вибірку медіану для побудови інтерполяційної сітки емпіричної функції розподілу термінів безвідмовного зберігання РЕЗ у конкретному режимі збереження.

Відповідно до принципу максимуму компактності моделей для інтерполяції досліджуваної залежності насамперед необхідно оцінювати медіану розподілу в околиці вузла інтерполяції [3].

Якщо модель параметра потоку відмов $\omega(t)$ містить n параметрів, то для рішення задачі ідентифікації вихідна вибірка значень досліджуваної випадкової функції повинна бути розділена на n частин. Для кожної частини необхідно знайти опорні точки, за допомогою яких і вирішується задача визначення параметрів моделі. Існують кілька моделей, тому найбільш ефективним критерієм вибору є критерій точності прогнозу, який доступний безпосередній перевірці. Тому вибірка, яка поділяється не на n частин, а на $(n+1)$ частину, n перших частин складають пробну вибірку, а остання – контрольну. Кращою є модель, структура якої забезпечує максимальну стійкість одержуваної оцінки показником компактності моделей – каппа-критерій еквівалентності J_ξ , що визначається зі співвідношення [3]:

$$J_{\xi} = \int_{-\infty}^{+\infty} \min_{\xi} \left\{ J_{\Delta P_{np}}(\Delta P, \xi), J_{\Delta P_k}(\Delta P, \xi) \right\} d\xi, \tag{6}$$

де $J_{\Delta P_{np}}(\Delta P, \xi)$ – функція компактності помилок моделі на пробній ділянці;

$J_{\Delta P_k}(\Delta P, \xi)$ – функція компактності помилок моделі на контрольній ділянці;

ΔP – абсолютне відхилення значень отриманих за допомогою побудованої моделі від дійсних значень контрольної вибірки;

ξ – сукупність значень контрольної вибірки.

Оскільки апріорна інформація про закон розподілу величини ΔP відсутня, вибірку доцільно поділяти на рівноцінні частини, у такий спосіб кількість точок у кожній підвибірці повинна бути рівною між собою.

Відповідно до критерію мінімуму середнього модулю помилки, апроксимація емпіричної функції $P(t_i)$ моделлю $P(t)$ повинна забезпечити виконання умови:

$$\sum_l \left| P(t_l) - P_0 e^{-\int_{t_0}^{t_l} \omega(t) dt} \right| = \min_{\omega}.$$

Проведемо локальну мінімізацію помилки моделі (5) за методом ковзної медіани. Для цього в кожній частині пробної вибірки визначимо опорні точки, що є медіанами розподілів частин пробної вибірки Met_R і $Me P_R$.

Для визначення цих значень у кожній частині вибірки слід упорядкувати значення реалізацій випадкової функції у міру її росту. Якщо в кожній частині вибірки обсягом n число точок непарне, то:

$$\left. \begin{aligned} Me P_R &= P_R, (n_R + 1) / 2, \\ Met_R &= t_R, (n_R + 1) / 2, \end{aligned} \right\},$$

де R – номер відповідної частини вибірки [2];

P_R, t_R – координати опорних точок.

Якщо число точок парне, то [2, 3]:

$$\left. \begin{aligned} Me p_R &= \frac{P_R, \frac{n_R}{2} + P_R, (\frac{n_R}{2} + 1)}{2}, \\ Met_R &= \frac{t_R, \frac{n_R}{2} + t_R, (\frac{n_R}{2} + 1)}{2} \end{aligned} \right\}.$$

З опорними точками для всіх частин пробної вибірки знайдемо параметри моделі шляхом рішення рівняння:

$$P(t_0) \exp \left[- \int_{t_0}^{Met_R} \omega(t) dt \right] = Me P_R. \tag{7}$$

Для моделей різної складності визначимо величину компактності J_{ξ} відповідно співвідношення (6).

Шуканій відповідає модель з найбільшим значенням J_{ξ} .

Обчислення параметра компактності J_{ξ} являє собою складну процедуру [2]. Для створення спрощеної процедури, що може у спрощеному вигляді точно реалізовуватись в інформаційних системах обробки інформації для прийняття рішень, розглянемо помилку екстраполяції на контрольній ділянці вибірки стосовно опорної точки. У розглянутому випадку як опорну точку використовуємо медіанну точку контрольної вибірки. Помилка екстраполяції визначиться з:

$$\Delta Me P_{n+1} = Me P_{n+1} - P_0 \exp \left[- \int_{t_0}^{Met_{n+1}} \omega(t) dt \right].$$

Найкращою будемо вважати ту модель, що має найменший модуль помилки. Як критерій візьмемо, в рамках методів перехресного іспиту [3], екстраполяційний функціонал помилок. Це означає, що як

контрольну вибірку потрібно брати не тільки останню $(n+1)$ -ю частину вибірки, а по черзі всі частини вибірки. А як показник якості апроксимації слід прийняти середній модуль нев'язок модулів на межах сусідніх частин вибірки. Показником компактності для кожної моделі буде середній зважений модуль помилки екстраполяції:

$$\Pi = \frac{1}{N} \sum_{m=1}^n |P_m(t_{m,m+1}) - P_{m+1}(t_{m,m+1})|, \quad (8)$$

де P_m – значення моделі на m -ій контрольній ділянці вибірки;

m – порядковий номер контрольної ділянки вибірки;

$t_{m,m+1}$ – координата m -ї межі.

Після ідентифікації структури необхідно визначити уточнені параметри обраної моделі. Для цього знову визначаємо опорні точки системи рівняння (7):

$$\begin{cases} \hat{P}(t_{m,m+1}) = \frac{P_m(t_{m,m+1}) + P_{m+1}(t_{m,m+1})}{2}, \\ t = t_{m,m+1} \quad m = \overline{1, n} \end{cases} \quad (9)$$

Розв'язання системи рівнянь (7) з врахуванням (9) дає уточнені параметри моделі параметру потоку відмов $\omega(t)$ РЕЗ у конкретному режимі утримання для розроблення інформаційних технологій синтезу структурних функціональних моделей процесів технічного забезпечення експлуатації, що автоматизуються.

Точність отриманої оцінки слід визначити розподілом помилок апроксимації, що являє собою функцію компактності медіанної моделі функції розподілу термінів безвідмовного утримання РЕЗ. Як масштабний фактор [2] помилки передбачаємо використання медіанної характеристики модуля помилки:

$$Me|\Delta P(t)| = Me \left| P(t) - P_0 \exp \left[- \int_{t_0}^t \omega(t) dt \right] \right|. \quad (10)$$

Якщо модель модуля помилки апроксимації задати у вигляді степеневого ряду:

$$|\Delta P(t)| = \sum_k a_k t^{k-1}, \quad (11)$$

то медіанна характеристика модуля помилки, тобто масштабний фактор помилки, буде знайдений за допомогою вищеприказаного методу шляхом розв'язання системи рівнянь вигляду (7) методом ковзної медіани і перебору моделей різної складності за критерієм (8).

Нормованою функцією компактності медіанної характеристики функції розподілу термінів безвідмовного утримання ОЕ в режимі утримання є розподіл величин:

$$\delta_e = \frac{\Delta P(t_e)}{|\Delta_z P(t)|},$$

де $|\Delta_z P(t)|$ – знайдена модель масштабного фактора відхилень статистичних даних щодо оцінки (9).

Прогноз у цьому випадку зводиться до екстраполяції масштабного фактора у відповідний часовий перетин t^* з наступною побудовою функції компактності помилок екстраполяції:

$$f(\hat{P}) \Big|_{t=t^*} = \frac{f_H(\delta)}{|\Delta_z(t^*)|},$$

де $f_H(\delta)$ – нормована диференціальна функція компактності моделі функції розподілу термінів безвідмовного утримання;

$|\Delta_z(t^*)|$ – значення масштабного фактора в перетині t^* .

Висновок. Розроблення інформаційних технологій синтезу структурних функціональних моделей процесів технічного забезпечення експлуатації, що автоматизуються, для параметричної ідентифікації моделі використовує метод ковзної медіани, а для структурної ідентифікації – метод перебору моделей за критерієм мінімуму середнього модуля нев'язок екстраполяційного функціонала.

Таким чином, розроблена процедура розроблення інформаційних технологій синтезу структурних функціональних моделей процесів технічного забезпечення експлуатації, що автоматизуються, передбачає виконання таких кроків:

- розбивка вихідної вибірки на пробну і контрольну частини залежно від кількості параметрів моделі;
- визначення опорних точок для кожної частини вибірки методом ковзної медіани;
- проведення структурної ідентифікації моделей за критерієм мінімуму середнього модуля нев'язок екстраполяційного функціонала;

- уточнення опорних точок і проведення параметричної ідентифікації моделі;
- побудова нормованої функції компактності для знайденої моделі.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Бугаев С.Н., Хаджитуло Ю.Б., Левченко А.О.* Можливості використання операторних моделей процесів забезпечення експлуатації // НТЗ. – № 5. – Ч. 1. – Одеса: ОІСВ, 1999. – С. 46–52.
2. *Левин С.Ф.* Основы теории обеспечения эксплуатации технических объектов. – МО СССР, 1982. – 99 с.
3. *Левин С.Ф.* Основы теории контроля. – МО СССР, 1983. – 51 с.
4. ДСТУ2860-94 Надійність в техніці. Основні поняття. Терміни і визначення. Державний комітет по управлінню якістю продукції і стандартам. – Видавництво стандартів, 1994. – 56 с.
5. *Барзилович Е.Ю.* Модели технического обслуживания сложных систем. – М.: Высшая школа, 1982. – 231 с.

КРАВЧУК Олег Іванович – здобувач, заступник начальника науково-організаційного відділу Львівського інституту сухопутних військ Національного університету “Львівська політехніка”.

Тел. (р.): 8032-258-55-76;

Тел. (моб.): 8067-360-47-03.

Подано 15.05.2008

Кравчук О.І. Процедура синтезу інформаційної моделі процесу зміни параметру потоку відмов при однорежимному утриманні.

Кравчук О.И. Процедура синтеза информационной модели процесса изменения параметра потока отказов при однорежимном содержании.

Kravchuk O.I. Procedure sinters information system make of decision state failure intensity about time one stay.

УДК 621.396.6. 519.2

Процедура синтеза информационной модели процесса изменения параметра потока отказов при однорежимном содержании // О.И. Кравчук

Рассматривается вопрос процедуры синтеза информационной модели параметра потока отказов во время однорежимного содержания.

УДК 621.396.6 519.2

Procedure sinters information system make of decision state failure intensity about time one stay / O.I. Kravchuk

Is considered question of Procedure sinters information system make of decision state failure intensity about time one stay.