

УДК 621.396.6. 519.2

О.І. Кравчук

Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

МОДЕЛЬ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДЛЯ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ ЗАСОБІВ З ПОСЛІДОВНОЮ СТРУКТУРНОЮ СХЕМОЮ НАДІЙНОСТІ

В статті розглянуто питання моделювання системи технічного забезпечення експлуатації з визначенням коефіцієнта оперативної готовності радіоелектронних засобів для створення інформаційно-довідкової системи підтримки прийняття рішень про стан радіоелектронних засобів під час багаторежимного утримання для управління технологічними процесами зберігання, обслуговування та відновлення стану складних технічних засобів.

Ключові слова: коефіцієнт оперативної готовності, параметр потоку відмов, радіоелектронні засоби, технічний стан, інформаційно-довідкова автоматизована система, підтримка прийняття рішень, заходи обслуговування і відновлення, багаторежимне утримання.

Вступ

Особливістю сучасного етапу рішення завдань теорії забезпечення експлуатації [1] є те, що зразки складних технічних систем підійшли до вироблення свого ресурсу по календарних термінах служби (маючи при цьому запас ресурсу по наробітку) і на їхню надійність починає істотно впливати фактор старіння. У зв'язку з низькою інтенсивністю використання радіоелектронних засобів (РЕЗ) спостерігається утримання без застосування за призначенням й зростаючій інтенсивності відмов. Тому зростає роль заходів системи технічного забезпечення експлуатації (СТЗЕ) під час зберігання. Незалежно від реального стану кожного зразка РЕЗ обсяг технічного обслуговування (ТО) під час зберігання визначається експлуатаційною документацією на зразок, технологія робіт встановлюється інструкціями (посібниками) по експлуатації, а також спеціальними положеннями й методиками. Застосування системного підходу в теорії забезпечення експлуатації призвело до розуміння необхідності управління процесами експлуатації.

Метою статті є забезпечення ресурсу відновлення, необхідного для забезпечення рівня оперативної готовності РЕЗ у різних режимах утримання.

Об'єкт дослідження – інформаційне моделювання коефіцієнта оперативної готовності в процесі відновлення РЕЗ під час багаторежимного утримання, **предмет** – методи ідентифікації параметра потоку відмов під час багаторежимного утримання.

Постановка задачі. Для досягнення мети необхідно зробити ідентифікацію параметра потоків відмов під час багаторежимного утримання.

Новизна роботи полягає у розвитку теоретичних основ розроблення інформаційно-довідкової автоматизованої системи (ІДАС) про технічний стан РЕЗ під час багаторежимного утримання.

В Збройних силах України відповідно створю-

ється єдина система управління логістики, згідно Державної програми розвитку Збройних сил, для підтримки прийняття рішень, щодо системи зберігання та експлуатації радіоелектронних засобів, як компоненти забезпечення функціонування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розроблення та впровадження інформаційних технологій для систем підтримки прийняття рішень має довгу історію та ґрунтується на працях як сучасних вчених так і минулого століття в області теорії систем, моделювання, ідентифікації, теорії випадкових процесів, управління, дослідження операцій та теорії надійності.

Особливо великий вклад в теорію ідентифікації і систем управління внесли: Перельман І.І., Івахненко О.Г., Ципкін Я.З., Райбман Н.С., Петров Н.П., Сільвестров А.Н., Ейкхофф П., а також на сучасному етапі Згуровський М., Азарсков В., Куссуль Н.

Теорія моделювання сучасних виробничих та управляючих ієрархічних систем ґрунтуються на працях Бусленка Н.П., Первозванського А.А., стохастичних систем Боровкова В.Й., Драгана Я.П., Івахненко О.Г., Лапи В.Г., Айвазяна С.А., Королюка В.С., Пугачова В.С., Тіхонова В.І., Поляка Ю.Т.

Теорія прогнозування в технічних виробничих і економічних системах розвинута в працях Івахненка О.Г. (метод МГУА), Степашка В.С., Зайченка Ю.П., Мюлера Й.А., у військових системах Чуєва Ю.В., транспортних потоків Деканюка М.Л.

Методи оброблення вимірювальних сигналів та забезпечення стійкого оцінювання розглянуто в працях Мудрова В.І., Смоляка С.А., Рао С.Л., Хьюбера П., Прокопенка І.Г.

Теорії надійності і ефективності технічних і управляючих систем присвячені роботи ряду вчених: Гнеденка Б.В., Романова Л.Г., Северцева Н.А., Хенлі Е.Дж., Коваленка І.Н., Волкович В.Л., Ушакова І.А., Розенбаума А.Н., математичних аспектах

надійності і технічного обслуговування Байхельта І., Франкена П., прогноуючого контролю з допомогою інформаційно-вимірювальних систем Кудріцького В.Д., теорії імпульсних потоків як моделей відмов Седякіна Н.М., проектуванню засобів автоматизованого контролю радіоелектронного обладнання – Пономарьова Н.Н., Кондрашова С.П., Кузьміна Н.А.

Важливим аспектом забезпечення надійності РЕЗ є вивчення процесів обслуговування під час багаторежимного довготривалого зберігання обладнання на відкритих і закритих площадках складів. Неточність даних та похибок вимірювання параметрів РЕЗ зумовлюють пошук адекватних методів контролю та оброблення потоків даних про їх функціональний стан на основі інформаційних технологій в структурі системи підтримки прийняття рішень військового призначення (Герасімов Б.М., Тарасов В.А., Левін І.А., Сирота А.).

Відповідно розроблення методів обробки даних про стан РЕЗ під час багаторежимного довготривалого зберігання для створення системи підтримки прийняття рішень військового призначення є актуальною науково-прикладною задачею.

ІДАС – система автоматизованої реєстрації, переробки, зберігання й надання інформації, призначена для забезпечення абонентів відомостями довідкового характеру. Складається з 3-х основних частин: технічного оснащення; математичного забезпечення й інформаційної бази. Сучасні розвинені ІДАС є підсистемами АСУ.

Користувачем ІДАС є служби, бази зберігання, арсенали, які оснащені сучасною комп'ютерною технікою, об'єднану в мережу й наявну інформаційну базу, систему збору інформації про стан РЕЗ, що перебувають на даному підприємстві. Проведення заходів щодо управління технічним станом в процесі зберігання дозволяє забезпечити необхідне значення рівня коефіцієнту оперативної готовності $K_{ог}$. У цих умовах стає актуальною завдання застосування ІДАС як однієї з експертних систем оброблення інформації для прийняття рішення про технічний стан РЕЗ при багаторежимному утриманні.

Тому подальший розвиток і впровадження ІДАС для використання в автоматизованих робочих місцях осіб, які приймають рішення є досить **актуальним завданням**.

Багаторічний досвід підвищення надійності й ефективності технічних об'єктів на етапі експлуатації показує, що існує ціла сукупність важливих у практичному й складних у теоретичному відношенні завдань, формулювання яких не залежить від конкретного виду технічного об'єкта і визначається структурою процесу забезпечення його експлуатації.

Із цього погляду технічний об'єкт можна розглядати як деякий абстрактний об'єкт управління

(ОУ), для якого керуючим впливом є поповнення матеріалів, що витрачаються, певні умови утримання, контроль за технічним станом, відновлення, доопрацювання та модернізацію.

Враховуючи те, що ефект експлуатації повністю визначається структурою, технічним станом і умовами експлуатації ОУ, то процес забезпечення експлуатації являє собою процес управління структурою технічних об'єктів за даними про їх технічний стан, умови й ефект експлуатації. Таким чином, весь комплекс перерахованих вище заходів можна розглядати як єдине ціле, як систему управління структурою й умовами утримання ОУ або як автоматизовану систему управління.

РЕЗ, як об'єкт експлуатації, що розглядається, являють собою системи з різномірних елементів і мають різні схеми надійності. До складу РЕЗ входять як матеріальні, так і нематеріальні (програмне забезпечення) елементи. Що в попередніх роботах не розглядалося в принципі. Збій у роботі програмного забезпечення варто розглядати як відмову об'єкта.

У такий спосіб до складу математичного апарата (по визначенню ІДАС) повинна входити процедура ідентифікації параметрів потоків відмов $\omega_{i,j}$ які будуть різні для різних режимів утримання й різних елементів РЕЗ при експлуатації.

Номенклатура показників надійності елементів повинна містити необхідну й достатню кількість параметрів, які забезпечують за наявною інформацією на різних стадіях наукового супроводу експлуатаційного циклу можливість розрахунку по них показників надійності.

У цей час на етапах розроблення та проектування застосовуються програми забезпечення надійності майбутніх ОУ, що враховують роль людського фактора й плануються заходи щодо підвищення надійності [1].

Для підтримки характеристик надійності об'єктів експлуатації (ОЕ) при тривалому зберіганні використовуються різні стратегії обслуговування, математичне обґрунтування яких проводилося в роботі [2]. Рішення завдань оптимізації строків обслуговування з урахуванням відмов після обслуговування, оптимальної періодичності обслуговування, оптимальної періодичності контролю працездатності системи, періодичності профілактичної заміни елементів, строків обслуговування з урахуванням ресурсу, результатів контролю розглядалося в роботі [3]. Для відновлюваного ОЕ процес ремонту відіграє важливу роль у підтримці необхідного рівня оперативної готовності.

У процесі технічного обслуговування головну роль грає контроль працездатності ОЕ. Для підвищення вірогідності результату контролю широко впроваджуються автоматизовані й автоматичні сис-

теми контролю, використовується перспективні методи контролю [4], розробляються алгоритми оптимального управління параметрами ОЕ з урахуванням помилок контролю.

Для моделювання процесів технічного забезпечення експлуатації необхідно визначати параметри, інформація про які може бути отримана при випробуваннях. У зв'язку із цим виникає проблема оцінювання й оброблення результатів випробувань [5].

Для забезпечення завдання управління технічним станом ОЕ необхідно мати інформацію про об'єкт і прогнозувати характер зміни його стану [6].

Таким чином, технічне забезпечення експлуатації становить велике коло завдань, серед яких на етапі експлуатації провідну роль у забезпеченні надійності ОЕ, підтриманні його в постійній готовності до використання за призначенням грає технічне обслуговування.

Виклад основного матеріалу

Загальноприйняті показники надійності можуть бути представлені як функція фізичних характеристик і параметрів елементів та швидкості їхньої зміни залежно від різних факторів.

Надійність є комплексна властивість виробу, що обумовлюється такими його властивостями, як безвідмовність, ремонтпридатність, збережуваність і довговічність.

Характерною рисою тривалості станів від безвідмовного до граничного й ремонту – є їхня випадковість. Ця концепція, побудована на вивченні явищ, що приводять до виходу виробу з перерахованих станів, що обумовило застосування теоретико-імовірнісних методів оцінки надійності, яка **покладена в основу дійсного дослідження**.

Вплив комплексу факторів і робочого навантаження спричиняє приведення в дію механізму фізико-хімічних процесів, в результаті чого запас надійності РЕЗ із часом неухильно скорочується, незважаючи на проведення заходів щодо технічного обслуговування й ремонту.

Варто розрізнити два стани зразків РЕЗ – готовність до застосування й застосування за призначенням. У технічному відношенні зразки РЕЗ можуть перебувати в наступних станах: справне й несправне, працездатне й непрацездатне. У кожному із зазначених станів зразок РЕЗ кількісно характеризується одним або декількома оперативно-тактичними (комплексними) або технічними показниками надійності.

Узагальненим показником надійності для РЕЗ, що характеризує стан об'єкта, його здатність виконувати завдання за призначенням певний час є коефіцієнт оперативної готовності K_{OG} .

У роботах [1, 7] обґрунтована побудова інформаційної моделі прогнозу K_{OG} за допомогою типо-

вих операторів, в роботі [8] отримані загальні вирази для коефіцієнтів перетворення операторів, побудовані моделі K_{OG} РЕЗ для випадку коли відновлення проводиться заміною елементів.

В роботі [9] побудована модель K_{OG} для об'єктів з числовим вимірювальним контролем стану й відновленням шляхом заміни елементів, коли алгоритми заміни виконані без помилок.

Застосування отриманих моделей K_{OG} для об'єктів, де відновлення відбувається комплексним шляхом (регулювання параметрів, заміна несправного елементу і т.і) за підсумками прогнозу стану РЕЗ неможливо. Для синтезу алгоритмів підвищення надійності й вірогідності інформаційних систем визначення стану РЕЗ під час багаторежимного утримання необхідно одержати інформаційну модель K_{OG} , де вираз оператора враховує багаторежимність зберігання.

Процес технічного забезпечення експлуатації згідно [1] являє собою сукупність підсистем утримання в різних режимах, контролю й відновлення, для нормального функціонування яких потрібно передбачити проведення відповідних операцій, створити запас матеріалів, що витрачаються, і елементів, мати в розпорядженні сили й засоби для здійснення операцій.

Побудова моделей СТЗЕ значно спрощується, якщо в експлуатаційному циклі ОЕ можна виділити стандартні операції. Це приводить до уніфікованого опису систем за допомогою типових ланок, а побудова моделей зводиться до підключення ланок, кожне з яких являє собою імовірнісний кінцевий автомат.

Різновидами моделей цього типу є агрегатні [10], операторні моделі [1, 7], а також моделі у вигляді ланцюжків елементарних операцій [10].

Технологічно управління РЕЗ являє собою послідовне виконання технологічних операцій, які можна представити у вигляді ланцюжків елементарних дій [7], до яких можна віднести профілактичне обслуговування, відновлення стану ОЕ, контроль технічного стану з необхідною вірогідністю. Кожна елементарна операція має тимчасові показники, показники точності й надійності. Можливі ланцюжки незалежних і залежних операцій.

Інший підхід до опису системи ТО заснований на введенні типових операторів.

Аналіз процесу технічного забезпечення експлуатації різних об'єктів показує, що всім операціям, які виконуються під час обслуговування, можуть бути поставлені у відповідність типові оператори утримання L_C , контролю L_k , відновлення L_B , модернізації L_M і доопрацювання L_D [7].

Тому для моделювання процесу управління

станом ОЕ можна використовувати різні комбінації цих операторів.

Структурна схема типового оператора представлена на рис. 1.

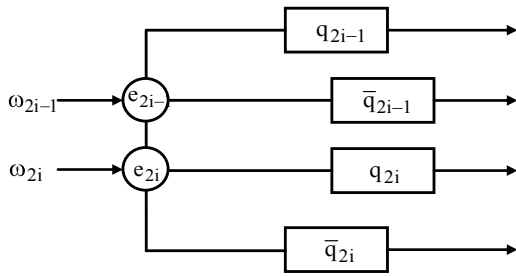


Рис. 1. Структурна схема типового оператора

В [1] розглядається оператор обслуговування

$$L_{CЭ} = L_{C1}L_{C2}L_B L_k L_{C2}L_{C1}, \quad (1)$$

який досить зручний для опису циклічних процесів технічного обслуговування експлуатації.

Опис системи технічного обслуговування РЕЗ по операціях через відповідні оператори й поетапно з урахуванням зміни стану об'єкта обслуговування дозволяє досить докладно описати процес обслуговування РЕЗ. Тому для рішення сформульованого завдання доцільно використовувати саме операторну модель системи ТО.

Досліджуємо динаміку зміни коефіцієнта оперативної готовності РЕЗ із урахуванням впливу системи технічного забезпечення експлуатації в одному з окремих випадків загального рішення системи диференціальних рівнянь, що описують динаміку зміни ресурсу РЕЗ із урахуванням впливу заходів СТЗЕ:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d\mu_1}{dt} + (\omega_1 + \frac{\Omega_{ТО}}{\mu})\mu_1 = 0; \\ \mu_1(t_0) = P_{01}\mu_0; \\ \frac{d\mu_2}{dt} + \frac{\Omega_{ТО}}{\mu}\mu_2 = \omega_1\mu_1; \\ \mu_2(t_0) = (1 - P_{01})\mu_0; \\ \frac{d\mu_7}{dt} + \omega_2\mu_7 = \frac{\Omega_{ТО}}{\mu}(q_{ТО}\mu_1 + q'_{ТО}\mu_2); \\ \mu_7(t_0) = 0, \end{array} \right. \quad (2)$$

де $\omega_1 = \frac{\lambda_{1,2}}{\mu_1}$, $\omega_2 = \frac{\lambda_{7,8}}{\mu_7}$ – параметри потоку відмов

РЕЗ, що перебувають відповідно в різних режимах утримання (зберігання) до і після обслуговування.

Тут

$$\mu = \mu_1 + \mu_2 = \mu_0 - \int_{t_0}^t \Omega_{ТО} dt,$$

де $q_{ТО}, q'_{ТО}$ – коефіцієнти перетворення оператора технічного обслуговування.

З огляду на те, що закон зміни продуктивності ТО на інтервалі часу $[t_0, t_h + \tau_{ТО}]$ має вигляд:

$$\Omega_{ТО} = \begin{cases} 0, & t_0 \leq t \leq t_h \\ \Omega_{ТО}, & t_h < t \leq t_h + \tau_{ТО} \end{cases}, \quad (3)$$

де t_0 – момент початку циклу;

t_h – момент початку обслуговування;

$\tau_{ТО}$ – тривалість технічного обслуговування.

Відповідно до прийнятих позначень коефіцієнт оперативної готовності ОЕ як складної системи, що складається з різних елементів, буде

$$K_{ОГ}(t) = \prod_{\tau=1}^m K_{ОГ,i}, \tau(t). \quad (4)$$

Незалежно від ступеня складності оператора $L_{ТО}$ математична модель системи обслуговування завжди описується системою диференціальних рівнянь (2). При цьому тільки ускладнюються вираження для коефіцієнтів перетворення $q_{ТО}$ і $q'_{ТО}$.

Аналіз отриманого рішення показує, що систему ТО РЕЗ можна розглядати як m незалежних систем масового обслуговування, у кожній з яких вхідний потік заявок на обслуговування має параметр $\omega_{i,j}$, а інтенсивність обслуговування заявок визначається продуктивністю $\Omega_{ТО}$ [8].

$K_{ОГ}$ можна розраховувати по рекурентній формулі [8], де

$$P_{01} \equiv K_{ОГ}(t_0),$$

а значення $K_{ОГ} = (t_0 + (T - \tau_{ТО}))$ відіграє роль початкових умов для етапу відновлення [1].

У свою чергу $K_{ОГ}(t_0 + T)$ відіграє роль початкових умов для наступного циклу технічного забезпечення експлуатації

$$Q_B = \int_{t_h}^{t_h + \tau_{ТО}} (q_B + \bar{q}_B) \frac{\Omega_{ТО}}{\mu} \mu_1 dt + \int_{t_h}^{t_h + \tau_{ТО}} (q'_B + \bar{q}'_B) \frac{\Omega_{ТО}}{\mu} \mu_2 dt,$$

звідси

$$Q_B = \frac{\mu_1(t_h)(q_B + \bar{q}_B)}{\tau_{ТО}} \times \int_{t_h}^{t_h + \tau_{ТО}} e^{-\int_{t_h}^t \omega_1 dt} dt + (q'_B + \bar{q}'_B)\mu_0 - \frac{\mu_1(t_h)(q'_B + \bar{q}'_B)}{\tau_{ТО}} \int_{t_h}^{t_h + \tau_{ТО}} e^{-\int_{t_h}^t \omega_1 dt} dt.$$

Остаточна витрата ресурсу відновлення СТЗЕ обслуговування РЕЗ, що перебуває в режимі зберігання

$$Q_B = \frac{\mu_1(t_H)}{\tau_{TO}} \left[(q_B + \bar{q}_B) - (q'_B + \bar{q}'_B) \right] \cdot \int_{t_H}^T e^{-\int_{t_H}^t \omega_1 dt} dt + (q'_B + \bar{q}'_B) \mu_0.$$

З моменту закінчення ресурсу відновлення процес обслуговування полягає в роботі ІДАС по визначенню виду стану РЕЗ. За результатами ідентифікації виду стану несправні РЕЗ вилучаються з експлуатації. У цьому випадку коефіцієнт оперативної готовності дорівнює

$$K_{OG}(t) = \begin{cases} \frac{\mu_1(t_0 + t_q)}{\mu_0} e^{-\int_{t_0+t_q}^t \omega_1 dt}, & \text{якщо } t_0 + t_q \leq t \leq t_H; \\ e^{-\int_{t_H}^t \omega_2 dt} \left\{ \frac{\mu_1(t_H)}{\mu_0} \Psi \right\}, & \text{якщо } t_H < t \leq t_H + \tau_{TO}. \end{cases} \quad (5)$$

$$\text{де } \Psi = \left[\frac{\mu}{\mu_0} e^{-\int_{t_H}^t (\omega_1 - \omega_2) dt} + \frac{q_{17}}{\tau_{TO}} \int_{t_H}^t e^{-\int_{t_H}^t (\omega_1 - \omega_2) dt} dt \right].$$

Характер зміни коефіцієнта оперативної готовності має вигляд, показаний на рис. 2.

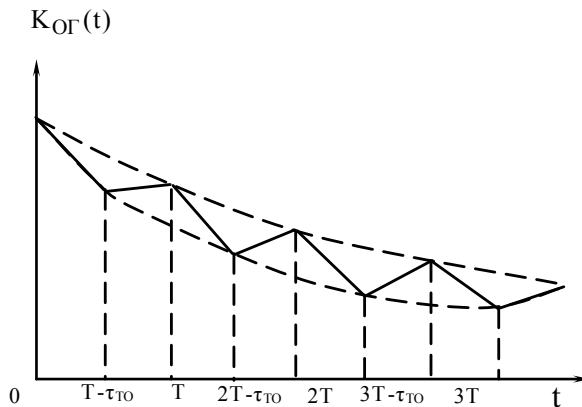


Рис. 2. Характер зміни коефіцієнта оперативної готовності з урахуванням відновлення.

Аналіз наведеної залежності показує, що значення коефіцієнта оперативної готовності в момент початку й кінця інтервалу обслуговування повністю визначає характер зміни $K_{OG}(t)$, отже, характеризують результат впливу на ОЕ системи технічного забезпечення експлуатації в цілому. Тому для моделювання життєвого циклу ОЕ з урахуванням дії заходів СТЗЕ досить моделювати поведінку K_{OG} системи в цих точках.

Визначимо значення коефіцієнта оперативної готовності в точках початку та наприкінці обслуговування в l -му циклі експлуатації:

$$K_{OG,ij}(lT - \tau_{TO}) = K_{OG,ij}(l-1)T \exp \left[- \int_{(l-1)T}^{lT - \tau_{TO}} \omega_{ij} dt \right];$$

$$K_{OG,ij}(lT) = \begin{cases} \frac{K_{OG,ij}(lT - \tau_{TO})}{\tau_{TO}} (q_{TO} - q'_{TO}) \times \\ \times \int_{lT - \tau_{TO}}^{lT} e^{-\int_{lT - \tau_{TO}}^t (\omega_{ij} - \omega_{kj}) dt} dt + \Phi; \end{cases} \quad (6)$$

$$K_{OG,ij}(0) = K_{OG,o,i,j} \\ t \leq t_0 + t_q, \quad l = \overline{1, N}$$

$$\Phi = \frac{q'_{TO}}{\tau_{TO}} \int_{lT - \tau_{TO}}^{lT} \exp \left[- \int_{lT - \tau_{TO}}^t \omega_{kj} dt \right] dt \\ \text{де } \exp \left[- \int_{lT - \tau_{TO}}^t \omega_{kj} dt \right].$$

Тоді згідно (4)

$$K_{OG,i}(lT - \tau_{TO}) = \prod_{\tau=1}^m K_{OG,i,j}(lT - \tau_{TO}); \quad (7)$$

$$K_{OG,i}(lT) = \prod_{\tau=1}^m K_{OG,i,j}(lT),$$

де l, k – номер режимів утримання РЕЗ на початку й наприкінці циклу експлуатації,

$\omega_{i,j}$ – параметр потоку відмов j -го елемента РЕЗ, що перебуває в i -му режимі утримання.

Таким чином, для імітаційного моделювання процесу технічного обслуговування РЕЗ можна використовувати співвідношення системи (6) з початковою умовою $K_{OG,ij}(0) = K_{OG,o,ij}$, формули (7) і (4) для визначення необхідного запасу ресурсу системи відновлення. Завдання імітаційного моделювання СТЗЕ РЕЗ повністю вирішуються після ідентифікації параметра потоку відмов різних елементів РЕЗ у різних режимах утримання $\omega_{i,j}(t)$ шляхом статистичного відпрацювання експлуатаційних даних.

В результаті оброблення цих даних можна одержати оцінку, точність якої характеризується функцією її компактності. Отже, можна представити параметр потоку відмов як суму його детермінованої основи й випадкової складової $\xi_{i,j}$ розподілом якої є функція компактності оцінки параметра потоку відмов.

Висновок

Таким чином, алгоритм імітаційного моделювання СТЗЕ РЕЗ із необмеженим запасом ресурсу підсистеми відновлення можна звести до процедур:

- визначення порядку черговості режимів утримання й кількості циклів експлуатації в кожному режимі (або часу перебування РЕЗ у кожному режимі);

- генерування випадкової складової $\xi_{i,j}$ з урахуванням функції компактності оцінки параметра потоку відмов;

- визначення коефіцієнта оперативної готовності для розглянутого інтервалу часу;

- визначення ресурсу відновлення, необхідного для забезпечення оперативної готовності радіоелектронних засобів.

Для синтезу імітаційної моделі системи технічного забезпечення експлуатації з інформаційно-довідковою автоматизованою системою для визначення виду стану ОЕ необхідно зробити ідентифікацію параметрів потоків відмов елементів ОЕ $\omega_{i,j}$, які будуть різні для різних режимів утримання радіоелектронних засобів.

Список літератури

1. Левин С.Ф. Основы теории обеспечения эксплуатации технических объектов / С.Ф. Левин. – М.: МО СССР, 1982. – 99 с.
2. Ивахненко А. Г. Долгосрочное прогнозирование и управление сложными системами / А.Г. Ивахненко. – К.: Техника, 1975. – 415 с.
3. Ланецкий Б.Н. Построение рациональной системы ТО перспективных образцов ЗРВ. Проблемы повышения

эффективности обработки радиолокационных сигналов и эксплуатации радиотехнических систем. Ч. 2 / Б.Н. Ланецкий, Д.Г. Курнаков. – Одесса: ОБВКИУ ПВО, 1985. – С. 32-33.

4. Кудрицкий В.Д. Прогнозирующий контроль радиоэлектронных устройств / В.Д. Кудрицкий. – К.: Техника, 1982. – 168 с. 5. Гаскаров Д.В. Прогнозирование технического состояния и надежности радиоэлектронной аппаратуры / Д.В. Гаскаров, Т.А. Голинкевич, А.В. Мозгалевский – М.: Сов. радио, 1974. – 224 с.

6. Левченко А.А. Идентификация модели параметра потока отказов при многорежимном содержании радиотехнических средств / А.А. Левченко, О.И. Кравчук // Вісник Черкаського державного технологічного університету. – 2006. – № 2. – С. 23-25.

7. Бугаев С.В. Возможности использования операторных моделей процессов обеспечения эксплуатации / С.В. Бугаев, Ю.Б. Хаджипуло, А.О. Левченко // Науково-технічний збірник Одеського інституту Сухопутних військ. – 1999. – № 5, Ч. 1. – С. 46-52.

8. Левин С.Ф. Статистический анализ систем обеспечения эксплуатации технических объектов / С.Ф. Левин // Вопросы кибернетики – М.: Изд. АН СССР, 1982. – С. 105-121.

9. Левченко А. О. Розроблення комплексу алгоритмів синтезу адаптивних інформаційних технологічних систем технічної діагностики з прогнозуванням: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06 / Левченко Андрій Олександрович. – К., 2004. – 158 с.

10. Коваленко И.К. Анализ редких событий при оценке надежности и эффективности систем / И.К. Коваленко. – М.: Сов. радио, 1980. – 208 с.

Надійшла до редколегії 3.09.2009

Рецензент: д-р. техн. наук, проф. А.М. Зубков, Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів.

МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДЛЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ СТРУКТУРНОЙ СХемой НАДЕЖНОСТИ

О.И. Кравчук

В статье рассматривается вопрос моделирования системы технического обеспечения эксплуатации с определением коэффициента оперативной готовности радиоэлектронных средств для создания информационно-справочной системы поддержки принятия решения о состоянии радиоэлектронных средств во время многорежимного содержания для управления технологическими процессами хранения, обслуживания и возобновления состояния сложных технических средств.

Ключевые слова: коэффициент оперативной готовности, параметр потока отказов, радиоэлектронные средства, техническое состояние, информационно-справочная автоматизированная система, поддержка принятия решений, мероприятия обслуживания и возобновления, многорежимное содержание.

MODEL OF SYSTEMS THE TECHNICAL PROVIDING OF EXPLOITATION FOR RADIO ELECTRONIC FACILITIES WITH CONSEQUENT STRUCTURAL SCHEME OF RELIABILITY

O.I. Kravchuk

In the article the question of design of the system of the technical providing of exploitation is examined with determination of coefficient of operational readiness for radio electronic facilities for creation of background information system of support of decision about radio electronic facilities condition during multiple mode maintenance for a management the technological processes of storage, service and proceeding in the state of difficult hardwares.

Keywords: coefficient of operative readiness, parameter of stream of refuses, radio electronic facilities, technical state, help-desk automated system, support of making a decision, measures of service and renewal, multimode maintenance.