

УДК 629.396

В. В. Кузавков¹, д.т.н., **П. В. Хусаїнов¹**, к.т.н., **О. Г. Янковський²**, к.т.н.¹Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації, м. Київ²Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса

МЕТОДИ ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ОДНОТИПНИХ ПРОГРАМНО-АПАРАТНИХ ЗАСОБІВ

Розвиток напрямку технічної діагностики пов'язаний з впровадженням у систему технічного обслуговування різних методів управління. Одним з таких методів є прогностичний метод, який ґрунтується на прогнозуванні виникнення тієї чи іншої ситуації.

У статті розглянуті діагностичні методи (ймовірнісний метод і метод чисельного аналізу) прогнозування технічного стану об'єктів радіоелектронного устаткування (озброєння), які потрапляють під визначення «однотипні програмно-апаратні засоби».

Ключові слова: діагностика, прогнозування, ймовірнісний метод прогнозування, прогнозування методами чисельного аналізу.

DOI 10.32684/2412-5288-2018-1-12-59-65

Вступ

За допомогою аналізу вибраної сукупності діагностичних параметрів (ознак) устаткування можна не лише зробити висновок про поточний стан технічний об'єкта контролю, але й передбачити (з певною ймовірністю) як довго цей стан може продовжитися. Тобто, є можливість передбачити знаходження радіоелектронного об'єкта (РЕО) в заданому стані впродовж певного інтервалу часу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Вказане завдання вирішується методами прогнозування технічного стану [1–3]. Для радіоелектронних об'єктів, які потрапляють під визначення «однотипні програмно-апаратні засоби» прогнозування стану є одним з найбільш перспективних завдань, яке дозволяє не лише передбачити момент виходу об'єкта (чи його складовій частині) з працездатного стану, але і визначити періодичність проведення операцій технічного обслуговування, а також використати отримані результати для створення алгоритмів контролю технічного стану [4–6]. Результати прогнозу також використовуватимуться для вирішення ще одного завдання технічної діагностики – пошуку місця відмови (деградації якості) [7, 8]. Враховуючи значну розмірність об'єкта контролю (як просторову так і кількісну) рішення завдань технічної діагностики неможливе без використання автоматизованих систем діагностування з елементами підтримки прийняття рішення.

Прогноз, отриманий таким чином, призведе до підвищення ефективності системи технічного обслуговування, підвищення (забезпеченню заданого рівня) показників якості технічного за-

безпечення, значної економії матеріальних та фінансових коштів [9, 10].

Важливість прогнозування технічного стану об'єкта контролю актуальна задача. Прогноз (навіть ймовірнісний) дозволяє запобігти відмові устаткування до моменту його виникнення. Вартість витрат, пов'язаних з виникненням відмови під час бойової роботи, у багато разів перевищує витрати на розробку та впровадження системи діагностування, яка здійснює прогнозування технічного стану [11].

Постановка завдання

При проведенні прогнозування використовуються не лише дані, отримані на момент контролю, але й результати попередніх вимірювань. Необхідність накопичення результатів попередніх вимірювань та результатів їхньої статистичної обробки вказують на застосування в системах технічного контролю (діагностування) запам'ятовуючих пристроїв [3]. При цьому зберігання в пам'яті інформації про стан об'єкта контролю за увесь період його експлуатації не актуальне з низки причин.

Використання результатів вимірювань, що здійснені до проведення ремонту (чи після проведення відновлення ресурсу), спільно з результатами, які були отримані після його проведення, в цілях прогнозування може привести до неправильного прогнозу і, як наслідок, знизити достовірність усіх результатів діагностування. Це обумовлено тим, що заміна раніш несправних елементів приведе до коригування закону зміни контрольованих параметрів в часі.

Виходячи з цього, метою досліджень є підвищення якості прогнозування технічного стану об'єктів радіоелектронного устаткування (озбро-

ення) за рахунок використання відповідних методів прогнозування.

Виклад основного матеріалу

Збереження великої кількості даних може негативно впливати на роботу діагностичної системи. Розглянемо випадок представлений на рис. 1.

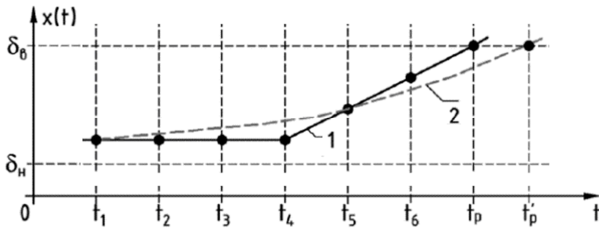


Рисунок 1 – Зміна контрольованого параметра в часі: 1 – дійсний закон зміни контрольованого параметра; 2 – обчислений закон зміни параметра при прогнозуванні

На ділянці часу від t_1 до t_4 діагностичний параметр $x(t)$ визначає працездатність системи та знаходиться в стабільному стані, але у момент часу t_4 , його величина починає змінюватися (наприклад, внаслідок стрибка напруги в мережі). Вихід параметра за межі допуску повинен статися у момент часу t_p , з настанням якого підконтрольна система переходить у непрацездатний стан.

При апроксимації всіх експериментально отриманих даних однією функціональною залежністю від часу (штрихова лінія рис. 1) і проведення подальшого аналізу можуть бути отримані невірні результати прогнозування. Згідно з отриманими результатами вихід діагностичного параметра за межі встановлених допусків станеться у момент часу t'_p , який на часовій осі знаходиться далі, ніж дійсний момент виходу об'єкта контролю з працездатного стану [9].

Похибка прогнозування в цьому випадку виражатиметься виглядом вибраної апроксимуючої функціональної залежності. Між тим, якщо розбити даний інтервал часу на дві ділянки (перший від t_1 до t_4 , а другий від t_4 до t_6), і аналізувати дані, які отримані після виникнення несправності, то точність прогнозування зростає.

Таким чином, зайва кількість застарілих даних може негативно позначатися на ефективності роботи системи діагностування (у режимі прогнозування), тому дані вимагають постійного оновлення. Необхідність оперативної зміни даних, які зберігаються в пам'яті, вимагає застосування пам'яті з можливістю багатократного перезапису інформації і довільним доступом до тих, які зберігаються.

Відомі методи прогнозування можна поділити на дві великі групи. До першої групи відносяться методи, які використовують математичний апарат теорії випадкових функцій (ймовірнісні методи прогнозування), а до другої – методи, в основі яких лежить математичний апарат чисельного аналізу. Крім того, використовуються також і комбіновані методи прогнозування, які поєднують в собі обидві групи.

Будь-який метод прогнозування є ймовірнісним, оскільки точно передбачити момент виходу контрольованого параметра (діагностичного параметра) за межі встановлених допусків не представляється можливим. Говорити про прогнозування моменту втрати працездатності (або функціонування) можливо лише з певною ймовірністю. Проте, кожна група методів має свої специфічні особливості, тому розгляд обох груп доцільно проводити окремо.

Розгляд методів прогнозування технічного стану почнемо з ймовірнісних методів. Практично всі процеси, які відбуваються в РЕО, у тому числі і виникнення різних відмов, залежать від чинників обумовлених внутрішніми властивостями апаратури і зовнішніми умовами функціонування.

Зміна параметрів (в часі) підкоряється випадковим законам, і самі діагностичні параметри є випадковими величинами. Тому методи ймовірнісного прогнозування [2, 10, 11] дозволяють визначити ймовірність збереження працездатного стану об'єкта технічного контролю (або ймовірність настання непрацездатного стану).

У простих випадках, коли є дані лише про поточний технічний стан, можна передбачити, що в системі виявляється експоненціальний закон розподілу параметрів надійності. Ймовірність безвідмовної роботи в подальший часовий інтервал часу визначається виразом

$$P = \exp(-t/t_0) = \exp(-\lambda t), \quad (1)$$

де t_0 – середній час безвідмовної роботи, $\lambda = 1/t_0$ – інтенсивність відмов.

Такий підхід вирішення поставленої задачі не здатний надати високу достовірність прогнозування. Більш досконалі методи використовують функції розподілу ймовірності знаходження параметрів в заданому діапазоні в певний момент часу [1]. Нехай діагностичний параметр $U(t)$ є деякою випадковою величиною U з відомим законом розподілу (рис. 2)

$$F_t(U) = [P(U(t) < U)]. \quad (2)$$

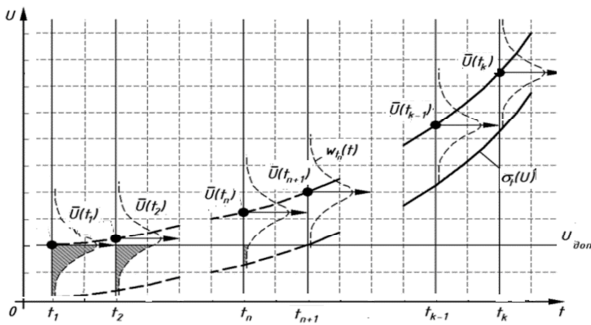


Рисунок 2 – Прогнозування технічного стану ймовірнісними методами

Щільність розподілу ймовірності параметра $U(t)$:

$$w_t(U) = dF_t(U) / dU. \quad (3)$$

Шукана ймовірність виходу параметра $U(t)$ за межі встановленого допуску U_{don} у момент часу t при цьому визначається виразом:

$$P[U(t) < U_{don}] = \int_{-\infty}^{U_{don}} w_t(U) dU. \quad (4)$$

Щільність ймовірності (3) випадкової величини U може підкорятися різним законам розподілу залежно від конкретного періоду експлуатації, умов роботи устаткування або властивостей конкретних елементів.

На етапі прироблення відмови радіоелектронного устаткування часто підкоряються розподілу Вейбула (або експоненціальному розподілу, який можна розглядати як окремий випадок розподілу Вейбула) [7].

Поведінка параметрів РЕО з вираженим ефектом старіння або зношування елементів достатньо добре описує розподіл Релея. В період нормальної експлуатації у ряді випадків спостерігається або нормальний, або експоненціальний розподіл щільності ймовірності, а також розподіл Пуассона (буває рідше – у тому випадку, коли потік відмов описується елементарними функціями). Якщо щільність ймовірності підкоряється нормальному розподілу, то:

$$w_t(U) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_t(U)}} \exp\left\{-\frac{[U(t) - \bar{U}(t)]^2}{2\pi\sigma_t^2(U)}\right\}, \quad (5)$$

де $\bar{U}(t)$ – математичне сподівання випадкової величини (середнє значення), а величина $\sigma_t(U)$ – її середнє квадратичне відхилення.

Оскільки значення параметра беруться не у всі моменти часу, то безперервну випадкову ве-

личину можна приблизно замінити дискретною, при цьому математичне сподівання і дисперсію випадкової величини можна визначити за формулами:

$$\begin{aligned} \bar{U}(t) &= \sum_{i=1}^k U_i P_i; \\ \sigma_t^2(U) &= \sum_{i=1}^k (U_i - \bar{U})^2 P_i, \end{aligned} \quad (6)$$

де P_i – ймовірність відхилення випадкової величини від її середнього значення.

У загальному випадку ймовірнісні методи прогнозування трудомісткі, важко піддаються алгоритмізації. Крім того, вони вимагають знання статистичних характеристик РЕО, що не завжди виявляється можливим [10, 11].

Звісно, можливо застосувати аналітичні методи розрахунку статистичних параметрів, проте і в цьому випадку користуватися даними методами не завжди зручно. Крім того, можливе істотне зниження достовірності отриманих результатів прогнозування, що приведе до зниження загальної ефективності діагностичної системи в цілому, особливо, якщо дані прогнозування використовуються для корекції алгоритмів визначення поточного технічного стану або пошуку місця відмови. Внаслідок цього, при вирішенні завдань прогнозування технічного стану широко використовуються методи другої групи, до яких відносяться методи прогнозування на основі аналізу визначальних параметрів за допомогою математичного апарату чисельного аналізу (такі, як методи апроксимації експериментальних даних).

Дані методи вільні від більшості недоліків, властивих ймовірнісним методам прогнозування, та їхнє використання в цілях прогнозування представляється перспективним. Достовірність результатів прогнозування технічного стану, отриманих за допомогою методів чисельного аналізу, буде вищою. Методи чисельного аналізу дозволяють провести прогнозування технічного стану без врахування ймовірностей відмов елементів, які входять до складу об'єкта діагностування (та інших ймовірнісних характеристик РЕО).

На рис. 3 наведено графічне представлення варіанту прийняття рішення про технічний стан об'єкта контролю за допомогою двовимірного представлення значень (та меж) енерго-часового діагностичного параметра [4, 11].

На рисунку позначено: ε_v^i – значення кореляційної функції при співставленні контрольного та фактичного стану; δ_v^i – середній час очікування завершення відповіді (відклику на перевірений

тест); $\bar{\xi}_v^i$ – значення енергетично-часового діагностичного параметра.

Наявність даних про попередній стан при цьому є обов'язковою умовою. Причому є деякий парадокс. З одного боку, чим більше маєсья даних про попередній стан об'єкта, тим точніше можна передбачити його подальший стан. А з іншого – надмірність даних може сприяти збільшенню помилки прогнозування.

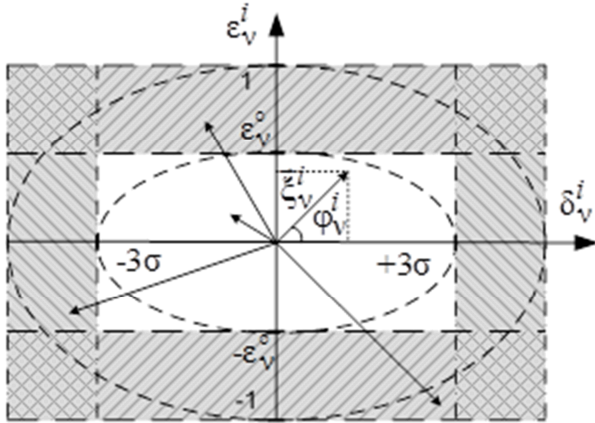


Рисунок 3 – Межі зміни (вектор станів) діагностичного параметра в просторі енергія-час

Наприклад, на рис. 4. представлений графік зміни в часі $x(t)$ одного з діагностичних параметрів об'єкта $x(t)$. Як видно з рисунку, функція $x(t)$ містить детерміновану і випадкову складові. Випадкова складова може бути обумовлена неточністю вимірювань діагностичного параметра, випадковими короткочасними змінами параметрів елементів в апаратурі, зміною умов експлуатації (наприклад, температури зовнішнього середовища), внутрішніми або зовнішніми шумами, а також рядом інших чинників. Власне, для цілей прогнозування інтерес представляє, в основному, детермінована складова функції зміни діагностичного параметра. Якщо взято мало експериментальних даних, то виявлення детермінованої складової параметра ускладниться, оскільки не компенсуватиметься випадкова складова параметра, яка призводить до похибки обчислень.

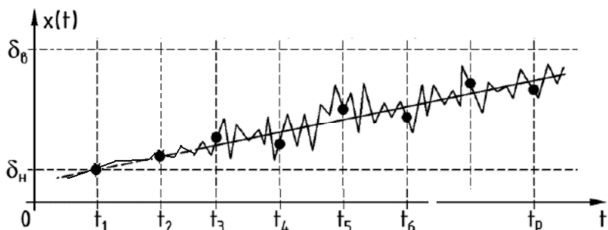


Рисунок 4 – Визначення часу працездатності об'єкта контролю через аналіз одного з параметрів

Розглянемо застосування методів чисельного аналізу для прогнозування технічного стану. Наприклад, на рис. 3 показано визначення часу працездатності об'єкта контролю t_p шляхом аналізу змін діагностичного параметра. Результати вимірювань апроксимуються деякою залежністю, яка дозволяє проводити екстраполяцію даної функції та знайти момент часу, при якому це значення виходить за межі допусків δ_b та δ_n .

В даному випадку результати шістьох вимірювань апроксимуються лінійною залежністю.

Момент часу, в який заданий параметр виходить за межі встановлених допусків, однозначно визначає час працездатності об'єкта діагностування (визначення моменту виходу контролюваного параметра за межі здійснюється тільки з певною мірою достовірності). Якщо є додаткова інформація про стан об'єкта, наприклад, похідні за часом від діагностичних параметрів, або значення діагностичних параметрів під час попередніх операцій діагностування, то прогнозування технічного стану об'єкта можливо здійснити з більшою мірою достовірності.

Для задач прогнозування часто застосовують поліноми Лагранжа і Ньютона (останній можна розглядати як окремий випадок полінома Лагранжа при використанні відліків шуканої функції через рівні проміжки часу).

З методів чисельного аналізу [7] можна виділити декілька широко відомих методів апроксимації експериментальних даних, зокрема, метод найменших квадратів.

Нехай за даними вимірювань є декілька експериментальних точок, іншими словами два вектори вхідних даних – значення аргументу і самої функції:

$$\begin{aligned} \bar{X} &= X \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_N\}; \\ \bar{Y} &= Y \{y_1, y_2, y_3, \dots, y_N\}. \end{aligned} \quad (7)$$

Згідно з положеннями теорії ймовірностей, ці точки краще всього апроксимує функція, яка має мінімальний квадрат відхилення від тих точок, які відповідають експериментальним даним. Нехай апроксимуюча функція $y=f(x)$. Тоді

$$\sum_{i=1}^N [y_n - f(x_n)]^2 \rightarrow \min. \quad (8)$$

Для детального розгляду методу оберемо функцію виду

$$f(x) = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_1 x^1 + a_0 x^0. \quad (9)$$

Для завдань інтерполяції степінь поліному (9) беруть вище, оскільки в цьому випадку експериментальні дані точніше описуються [2, 5, 6].

Проте, якщо цей метод використовується для екстраполяції значень, то міра полінома має бути невелика. Чим вище міра полінома, тим швидше він змінюється за межами експериментальної ділянки, і тим складніше передбачити подальшу поведінку функції. Відповідно, падає і достовірність отриманого прогнозу, крім того, істотно зростає об'єм обчислень. Умову мінімуму для поліному можна записати у наступному виді:

$$\sum_{i=1}^N [y_n - f(x_n, a_n, a_{n-1}, \dots, a_1, a_0)]^2 \rightarrow \min. \quad (10)$$

Умова (10) виконується якщо:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^N [y_n - f(x_n, a_n, a_{n-1}, \dots, a_1, a_0)] \frac{df(x)}{da_n} = 0 \\ \sum_{i=1}^N [y_n - f(x_n, a_n, a_{n-1}, \dots, a_1, a_0)] \frac{df(x)}{da_{n-1}} = 0 \\ \dots \\ \sum_{i=1}^N [y_n - f(x_n, a_n, a_{n-1}, \dots, a_1, a_0)] \frac{df(x)}{da_1} = 0 \\ \sum_{i=1}^N [y_n - f(x_n, a_n, a_{n-1}, \dots, a_1, a_0)] \frac{df(x)}{da_0} = 0 \end{cases}$$

Наприклад, експериментальні точки можливо апроксимувати залежністю

$$f(x) = a_3 x^3 + a_2 x^2 + a_1 x^1 + a_0 x^0. \quad (11)$$

За наявності чотирьох значень, система управління в розгорнутому виді має вигляд:

$$\begin{aligned} a_3 \sum_{i=1}^4 x_n^6 + a_2 \sum_{i=1}^4 x_n^5 + a_1 \sum_{i=1}^4 x_n^4 + a_0 \sum_{i=1}^4 x_n^3 &= \sum_{i=1}^4 y_n x_n^3, \\ a_3 \sum_{i=1}^4 x_n^5 + a_2 \sum_{i=1}^4 x_n^4 + a_1 \sum_{i=1}^4 x_n^3 + a_0 \sum_{i=1}^4 x_n^2 &= \sum_{i=1}^4 y_n x_n^2, \\ a_3 \sum_{i=1}^4 x_n^4 + a_2 \sum_{i=1}^4 x_n^3 + a_1 \sum_{i=1}^4 x_n^2 + a_0 \sum_{i=1}^4 x_n^1 &= \sum_{i=1}^4 y_n x_n, \\ a_3 \sum_{i=1}^4 x_n^3 + a_2 \sum_{i=1}^4 x_n^2 + a_1 \sum_{i=1}^4 x_n^1 + a_0 \sum_{i=1}^4 x_n^0 &= \sum_{i=1}^4 y_n. \end{aligned}$$

Таку систему рівнянь (вона має тільки одне рішення) можна вирішити, використовуючи метод Крамера або матричний метод.

У радіоелектронній системі часто діє експоненціальний закон зміни параметрів в часі, тому апроксимуючу функцію можна шукати й у виді

$$f(t) = \alpha e^{\beta t} \quad (12)$$

або

$$\ln f(t) = \ln \beta + \alpha t. \quad (13)$$

Отримана задача аналогічна задачі, яка розглянута раніше:

$$\begin{cases} \ln \alpha \sum_{n=1}^N t_n + \beta \sum_{n=1}^N t_n^2 = \sum_{n=1}^N t_n \ln f(t_n) \\ N \ln \alpha + \beta \sum_{n=1}^N t_n = \sum_{n=1}^N t_n \ln f(t_n) \end{cases}$$

Висновки

На основі вищевикладеного можна зробити висновок про те, що, використовуючи відповідний математичний апарат, можливо на основі діагностичних даних оцінити не лише поточний стан устаткування, але й зробити прогнозування його стану. Важливою умовою ухвалення дійсно ефективних рішень є наявність і використання в практиці діагностування технічної системи параметрів, які відображають фактичний стан об'єкта контролю. В якості математичного апарата доцільно використати ймовірнісний метод і метод чисельного аналізу. Основна відмінність цих методів полягає в тому, що ймовірнісний метод при розрахунку ймовірності відмови системи в цілому враховує ймовірність відмов кожного з її елементів. Чисельний метод не враховує ймовірностей відмов елементів системи, а ґрунтується на аналізі попередніх станів устаткування.

Застосування запропонованих методів дозволить впровадити прогностичний принцип ухвалення ефективних рішень в системі технічного обслуговування (технічної діагностики), а також отримати економічний ефект від уникнення простою складного об'єкта радіоелектроніки – сукупності однотипних програмно-апаратних засобів унаслідок раптової відмови.

Список використаних джерел

1. Мальшенко Ю. В. Техническая диагностика: учебное пособие / Ю. В. Мальшенко, Л. Ф. Стыцора, В. И. Саяпин. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2010. – 302 с.
2. Глуценко П. В. Техническая диагностика. Моделирование в диагностировании и прогнозировании состояния технических объектов / П. В. Глуценко. – 2-е изд. – М.: Вузовская книга, 2008. – 248 с.
3. Стрельбицький М. А. Оцінка ефективності методів отримання та обробки діагностичної інформації / М. А. Стрельбицький, В. В. Кузавков // Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України. Сер.: Військові та технічні науки. – Хмельницький, 2014. – № 2. – С. 277–289.

4. Кузавков В. В. Оцінка технічного стану мережі однотипних програмно-апаратних засобів / В. В. Кузавков, П. В. Хусаїнов, О. С. Ваврічен // Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України. Сер.: Військові та технічні науки. – Хмельницький, 2017. – № 3(73). – С. 314–323.

5. Субач І. Ю. Структура системы поддержки принятия решений дежурного администратора информационной сети / И. Ю. Субач, П. В. Хусаїнов, В. А. Мищенко, Д. Э. Пруссов // Вісник Національного авіаційного університету. – 2009. – Том 3, № 40. – С. 195–199.

6. Кузавков В. В. Особливості застосування автономної автоматизованої системи діагностування для систем зі зворотнім зв'язком / В. В. Кузавков // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – 2015. – Вип. 50. – С. 45–52.

7. Поляков В. А. Основы технической диагностики: учебное пособие для студентов вузов / В. А. Поляков. – М.: ИНФРА-М, 2013. – 118 с.

8. Бакнелл Д. М. Фундаментальные алгоритмы и структуры данных в Delphi. – Санкт-Петербург [и др.]: Изд-во Питер. Серия «Библиотека программиста», 2006. – 560 с.

9. Кузавков В. В. Ефективність автономної автоматизованої системи діагностування радіоелектронного обладнання / В. В. Кузавков // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2015. – № 1. – С. 97–100.

10. Креденцер Б. П. Методика оцінки ефективності застосування автономного автоматизованого пристрою діагностування в системі військового ремонту / Б. П. Креденцер, М. К. Жердев, В. В. Кузавков // Збірник наукових праць Військового інституту телекомунікацій та інформатизації. – Київ, 2016. – Вип. 1. – С. 81–87.

11. Жердев М. К. Порівняльна оцінка достовірності діагностування методів компактного тестування / М. К. Жердев, Б. П. Креденцер, В. В. Кузавков // Збірник наукових праць Військового інституту телекомунікацій та інформатизації. – Київ, 2016. – Вип. 1. – С. 35–40.

References

1. Malysenko Yu. V. *Texnicheskaya diagnostika: uchebnoe posobie* / Yu. V. Malysenko, L. F. Stycyura, V. I. Sayarin. – Vladivostok: Izd-vo VGUE'S, 2010. – 302 s.

2. Glushhenko P. V. *Texnicheskaya diagnostika. Modelirovanie v diagnostirovanii i prognozirovanii sostoyaniya texnicheskix ob"ektov* / P. V. Glushhenko. – 2-e izd. – M.: Vuzovskaya kniga, 2008. – 248 s.

3. Strelbitskyi M. A. Otsinka efektyvnosti

metodiv otrymannia ta obrobky diahnostychnoi informatsii / M. A. Strelbitskyi, V. V. Kuzavkov // Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoi akademii Derzhavnoi prykordonnoi sluzhby Ukrainy. Ser.: Viiskovi ta tekhnichni nauky. – Khmelnytskyi, 2014. – # 2. – S. 277–289.

4. Kuzavkov V. V. Otsinka tekhnichnoho stanu merezhi odnotypnykh prohramno-aparatnykh zasobiv / V. V. Kuzavkov, P. V. Khusainov, O. S. Vavrichen // Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoi akademii Derzhavnoi prykordonnoi sluzhby Ukrainy. Ser.: viiskovi ta tekhnichni nauky. – Khmelnytskyi, 2017. – # 3(73). – S. 314–323.

5. Subach I. Yu. Ctruktura sistemy podderzhki prinyatiya reshenij dezurnogo administratora informacionnoj seti / I. Yu. Subach, P. V. Xusainov, V. A. Mishhenko, D. E'. Prusov // Visnyk Natsionalnoho aviatsiinoho universytetu. – 2009. – Tom 3, # 40. – S. 195–199.

6. Kuzavkov V. V. Osoblyvosti zastosuvannia avtonomnoi avtomatyzovanoi systemy diahnostuvannia dla system zi zvorotnim zviazkom / V. V. Kuzavkov // Zbirnyk naukovykh prats Viiskovoho instytutu Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. – 2015. – Vyp. 50. – S. 45–52.

7. Polyakov V. A. Osnovy texnicheskoj diagnostiki: uchebnoe posobie dlya studentov vuzov / V. A. Polyakov. – M.: INFRA-M, 2013. – 118 s.

8. Baknell D. M. Fundamental'nye algoritmy i struktury dannyx v Delphi. – Sankt-Peterburg [i dr.]: Izd-vo Piter. Seriya «Biblioteka programmista», 2006. – 560 s.

9. Kuzavkov V. V. Efektyvnist avtonomnoi avtomatyzovanoi systemy diahnostuvannia radioelektronnoho obladdannia / V. V. Kuzavkov // Nauka i tekhnika Povitrianykh Syl Zbroinykh Syl Ukrainy. – 2015. – # 1. – S. 97–100.

10. Kredentser B. P. Metodyka otsinky efektyvnosti zastosuvannia avtonomnoho avtomatyzovanoho prystroiu diahnostuvannia v systemi viiskovoho remontu / B. P. Kredentser, M. K. Zherdiev, V. V. Kuzavkov // Zbirnyk naukovykh prats Viiskovoho instytutu telekomunikatsii ta informatyzatsii. – Kyiv, 2016. – Vyp. 1. – S. 81–87.

11. Zherdiev M. K. Porivnialna otsinka dostovirnosti diahnostuvannia metodiv kompaktnoho testuvannia / M. K. Zherdiev, B. P. Kredentser, V. V. Kuzavkov // Zbirnyk naukovykh prats Viiskovoho instytutu telekomunikatsii ta informatyzatsii. – Kyiv, 2016. – Vyp. 1. – S. 35–40.

Надійшла до редакції 18.05.2018

В. В. Кузавков, д.т.н., П. В. Хусаинов, к.т.н., О. Г. Янковский, к.т.н.

МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОДНОТИПНЫХ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ

Развитие направления технической диагностики связано с внедрением в систему технического обслуживания разных методов управления. Одним из таких методов является прогностический метод, который основывается на прогнозировании возникновения той или иной ситуации.

В статье рассмотрены диагностические методы (вероятностный метод и метод численного анализа) прогнозирования технического состояния объектов радиоэлектронного оборудования (вооружения), которые попадают под определение «однотипные программно-аппаратные средства».

Ключевые слова: диагностика, прогнозирование, вероятностный метод прогнозирования, прогнозирование методами численного анализа.

V. V. Kuzavkov, DSc, P. V. Khusainov, PhD, O. G. Iankovskii, PhD

METHODS OF TECHNICAL STATE PREDICTION FOR HARDWARE AND SOFTWARE OF THE SAME TYPE

Development of technical diagnostics direction is related to introduction in the system of technical maintenance the different control methods. One of these methods is the prediction method which is based on predicting the occurrence of the origin of some situation. As a result of analysis of the selected test parameters equipment may not only assess the current state of technical control facility but with a certain probability to predict how long this technical state may continue. An important condition for the adoption of truly effective solutions for a technical diagnostics is the presence and practical application of these parameters to reflect actual (physical) state of controlled property.

In the prediction process are used not only data obtained at the time of control but also the results of previous measurements. The need to accumulate the results of previous measurements and the results of their statistical analysis indicates a need for systems engineering controls storage devices. One of the properties is the speed of reading and rewriting of information. There is no need to store information about the state of the object of control over the entire period of its operation.

Prediction of the technical state of the control object is an actual problem. Even a probabilistic prediction helps in preventing the equipment failure before the moment of its occurrence. The amount of expenses associated with refusing from the prediction system during implementation of basic tasks exceeds expenses on development and introduction of diagnostic system that provides technical state prediction.

The diagnostic methods (probabilistic methods for prediction and prediction by the methods of numerical analysis) for the technical state prediction of objects of radio electronic equipment (armaments) that get under the determination of «hardware and software of the same type» are considered.

The application of the proposed methods will enable to introduce the prognostic principle of making effective decisions in the system of technical maintenance (of technical diagnosis) as well as to obtain the economic effect of preventing the downtime of electronic equipment due to a sudden failure.

Keywords: diagnostics, prediction, probabilistic methods for prediction, prediction by the methods of numerical analysis.