

УДК 004.052

Г.Б. Жиров,

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,

Є.С. Ленков,

кандидат технічних наук,

Т.В. Бондаренко

АЛГОРИТМІЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЗА СТАНОМ З ПОСТІЙНОЮ ПЕРІОДИЧНІСТЮ КОНТРОЛЮ

У статті розроблена алгоритмічна модель процесу проведення технічного обслуговування за станом з постійною періодичністю контролю складного технічного об'єкта. Модель представлена у вигляді структурної схеми алгоритму. Запропонована модель з'ясовує механізм проведення технічного обслуговування на самому об'єкті та необхідна для побудови на її основі імітаційної статистичної моделі процесу проведення технічного обслуговування за станом з постійною періодичністю контролю. У свою чергу, імітаційна статистична модель необхідна для оптимізації загального процесу технічного обслуговування і ремонту.

Ключові слова: *технічне обслуговування, стратегія адаптивного обслуговування за станом, визначальний параметр.*

В статье разработана алгоритмическая модель процесса технического обслуживания по состоянию с постоянной периодичностью контроля сложного технического объекта. Модель представлена в виде структурной схемы алгоритма. Предложенная модель выясняет механизм проведения технического обслуживания на самом объекте и необходима для построения на ее основе имитационной статистической модели процесса технического обслуживания по состоянию с постоянной периодичностью контроля. В свою очередь, имитационная статистическая модель необходима для оптимизации общего процесса технического обслуживания и ремонта.

Ключевые слова: *техническое обслуживание, стратегия адаптивного обслуживания по состоянию, определяющий параметр.*

In the paper it is developed an algorithmic model of the maintenance as a constant frequency of a control complex technical subject. The model is represented as a block diagram of the algorithm. The proposed model clarifies the mechanism for maintenance at the site and need to build on the basis of the simulation model of the statistical process of maintenance as constant frequency control. In turn simulation statistical model is necessary to optimize the overall process of maintenance and repair.

Keywords: *maintenance, adaptive maintenance strategy as defining parameter.*

Вступ

Сьогодні значна увага приділяється питанням щодо збільшення заходів з підтримки безпеки в роботі різноманітних об'єктів та систем, у тому числі й

об'єктів критичної інфраструктури, від яких залежить життя та здоров'я людини. Здебільшого безпечна робота таких об'єктів залежить від надійної роботи складних електронних та радіоелектронних систем. У свою чергу, надійне функціонування електронних та радіоелектронних об'єктів та систем забезпечується якісною роботою системи технічного обслуговування і ремонту (далі – ТОіР). Необхідність проведення технічного обслуговування полягає у своєчасній заміні (оновленні) елементів, які знаходяться у передвідмовному стані, що призводить до поліпшення показників безвідмовності об'єкту в цілому. Ремонт проводиться з метою відновлення справного або працездатного стану об'єкта, а також відновлення ресурсу всього об'єкта або його частини [1–3].

Показники надійності та вартості експлуатації об'єктів залежать від властивостей безвідмовності та ремонтпридатності самого об'єкта, а також від параметрів системи ТОіР. Таким чином, існує загальна проблема оптимізації характеристик об'єкту та параметрів системи ТОіР. Визначати показники надійності складних технічних об'єктів та їх взаємозв'язок з параметрами системи ТОіР на основі статистичних даних виявляється дуже складно. Значно простіше та ефективніше для встановлення зв'язків між цими параметрами і прогнозованими показниками надійності і вартості експлуатації самого об'єкта проводити імітаційне статистичне моделювання. Виходячи із викладеного вище, для проведення імітаційного статистичного моделювання необхідно побудувати самі моделі різних стратегій ТОіР та ремонту.

Постановка завдання

У статті вирішується задача будови алгоритмічної моделі процесу технічного обслуговування (далі – ТО) за станом з постійною періодичністю контролю як однієї зі стратегій проведення технічного обслуговування. Модель призначена для визначення шляхів створення імітаційних статистичних моделей загальної системи технічного обслуговування і ремонту.

Результати дослідження

При розробці моделі процесу ТО складних технічних об'єктів вводиться обмеження щодо системи технічного діагностування. Розглядаються сучасні або модернізовані об'єкти РЕТ, у яких передбачена наявність вбудованої автоматичної системи технічного діагностування (далі – АСТД). Зазначена система спроможна проводити діагностику та контроль технічного стану (далі – КТС), виявляти відмову структурних елементів (відповідно до розробленого рівня декомпозиції) та вимірювати значення визначальних (діагностичних) параметрів.

Існує три загальноприйнятні стратегії технічного обслуговування: ТО за ресурсом, адаптивне ТО за станом та ТО за станом з постійною періодичністю контролю. Остання стратегія є спрощеною моделлю адаптивного ТО.

Сутність стратегії ТО за станом з постійною періодичністю контролю полягає в тому, що технічний стан (далі – ТС) зразка визначається за результатами КТС, періоди проведення яких є постійною величиною, $T_k = const$, а час проведення ТО (його початок) визначається на основі даних про ТС об'єкта у цілому. Таким чином, час проведення ТО визначається за фактичною інформацією про ТС усіх елементів об'єкта, визначальні параметри яких спроможна виміряти АСТД.

Передбачається, що ТС об'єкта визначається ТС його елементів, а для визначення ТС елемента використовується поняття визначального параметру [1].

Як моделі відмов елементів використовуються імовірнісно-фізичні моделі, а саме: для відмов електрорадіоелементів DN -розподіл, а механічних елементів DM -розподіл [4; 5]. Якщо функціональний вузол складається з механічних та електричних складових, то використовується також DN -розподіл.

Використовувати реальне значення визначального параметру (далі – ВП) недоцільно, тому пропонується проводити його нормування (1):

$$u_i(t) = \frac{|x_i(t) - x^0|}{|x_i^{sp} - x^0|} \quad (1)$$

де: $u_i(t)$ – нормоване значення визначального параметра i -го елемента; $x_i(t)$ – вимірне значення ВП в момент часу t ; x^0 – вихідне (номінальне) значення визначального параметра; x_i^{sp} – граничне значення визначального параметра, при досягненні якого виникає відмова. Якщо i -й елемент справний, то $u_i(t) = 0$, а несправний, то $u_i(t) = 1$.

Основною характеристикою визначального параметра i -го елемента – $u_i(t)$ буде середня швидкість його деградації – $a_i(t)$:

$$a_i(t_k) = \frac{u_i(t_k)}{t_k - t_{0i}}, \quad (2)$$

де: $u_i(t_k)$ – нормоване значення визначального параметра i -го елемента в моменти часу t_k ; t_0 – момент часу останньої заміни i -го елемента; $i = 1, |E_0|$, E_0 – множина усіх конструктивних елементів, які входять у структурну схему надійності об'єкта, $|E_0|$ – кількість елементів визначеної множини E_0 .

Відповідно до стратегії проведення технічного обслуговування його необхідно проводити при наблизенні визначального параметру до граничного стану. Нормоване граничне значення визначального параметру, після перебільшення якого необхідно проводити ТО, можна отримати з такого виразу (3):

$$u_i^{TO}(t) = \frac{|x_i^{TO}(t) - x^0|}{|x_i^{sp} - x^0|} \quad (3)$$

де: $x_i^{TO}(t)$ – значення визначального параметра, при досягненні якого необхідне проведення ТО.

Відповідно до (2) основною характеристикою визначального параметра i -го елемента є середня швидкість його деградації – $a_i(t)$, таким чином, прогнозний час проведення ТО i -го елемента визначається (4):

$$T_i^{TO}(t_k) = \frac{u_i^{TO}(t_k)}{a_i(t_k)} \quad (4)$$

Час проведення ТО об'єкта визначається поточними даними про ТС його елементів згідно з виразом (5):

$$T^{TO} = \min_i T_i^{TO}(t_k). \quad (5)$$

Відповідно до визначеної стратегії проведення ТО можна побудувати таку структурну схему алгоритму проведення адаптивного ТО за станом (рис. 1).

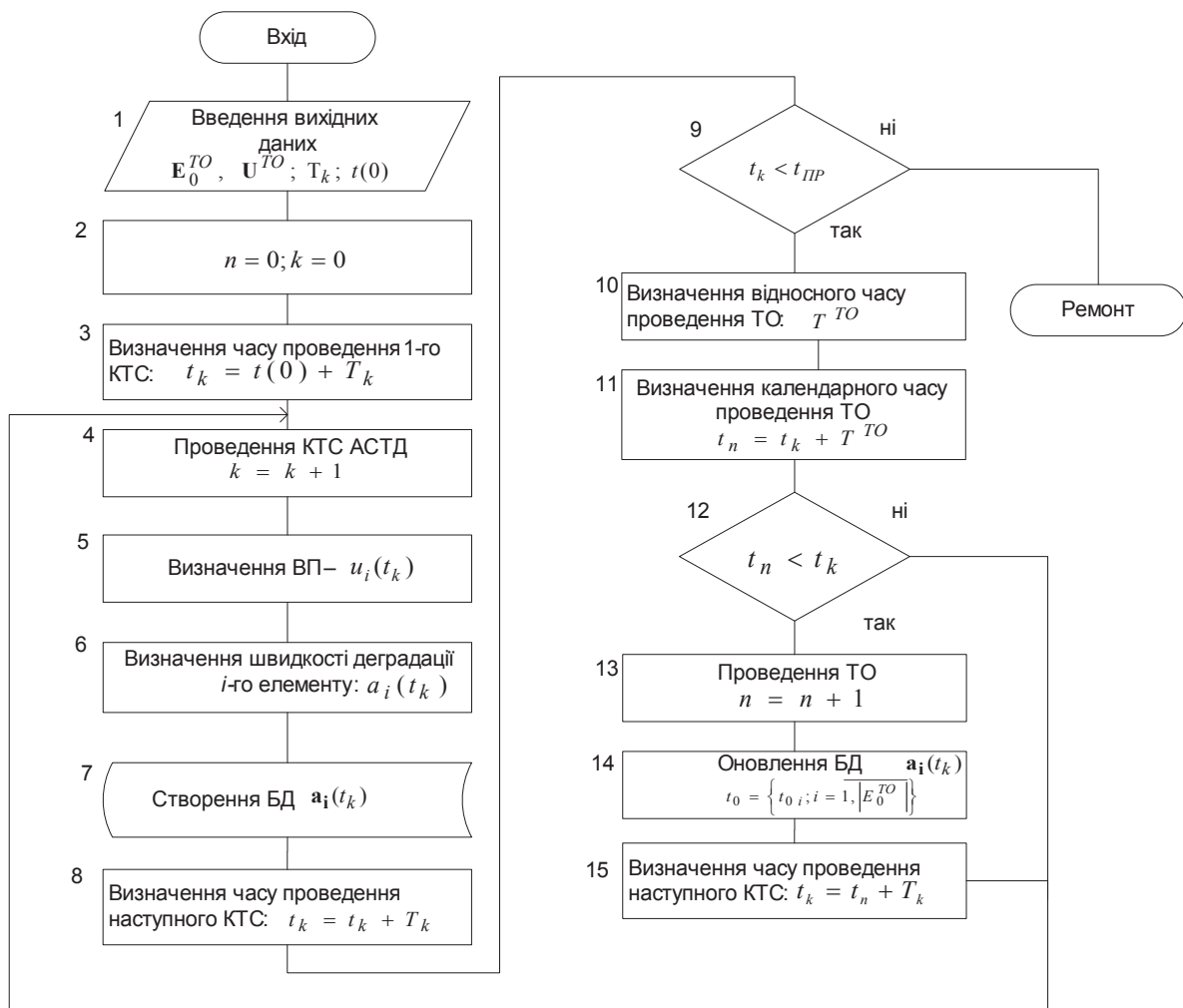


Рис. 1. Структурна схема алгоритму проведення ТО за станом з постійною періодичністю контролю

Оператор 1 здійснює введення вихідних даних: E_0^{TO} – множина конструктивних елементів, визначальний параметр яких спроможна визначити АСТД; U^{TO} – множина нормованих граничних значень визначальних параметрів, перебільшення яких говорить про необхідність проведення ТО; T_k – постійна величина, характеризує період проведення контролю технічного стану АСТД; $t(0)$ – час уведення об'єкта в експлуатацію.

Оператор 2 встановлює початкові значення змінних: n – кількість проведених ТО; k – кількість проведених КТС.

Оператори 3, 4 здійснюють визначення часу проведення першого технічного обслуговування на об'єкті та сам процес проведення КТС.

Оператори 5, 6, 7 здійснюють визначення: ВП $u_i(t_k)$ автоматизованою системою технічного діагностування згідно з виразом (1) та швидкістю деградації елементів за виразом (2), а також створюють БД та записують у створену базу визначені значення $a_i(t_k)$.

Оператор 9 перевіряє умову необхідності проведення планових ремонтів, t_k – час проведення k -го КТС, $t_{\text{пр}}$ – визначений час проведення планового ремонту (ремонтів).

Оператори 10, 11 визначають відносний час проведення наступного ТО згідно з виразами (4, 5) та календарний час проведення ТО – t_n .

Оператор 12 визначає черговість проведення ТО або КТС.

Оператори 13, 14, 15 визначають проведення технічного обслуговування, оновлюють значення моментів часу заміни елементів після ТО (тільки для заміненних елементів для використання в подальшому у виразі (2)) та визначають час проведення наступного КТС.

Висновки

У статті розроблена алгоритмічна модель процесу проведення технічного обслуговування за станом з постійною періодичністю контролю складного технічного об'єкта. Модель представлена у вигляді структурної схеми алгоритму. Запропонована модель описує механізм процесу ТО та необхідна для побудови на її основі імітаційної статистичної моделі процесу проведення ТО за станом по обраній стратегії. За допомогою імітаційної статистичної моделі можна вирішити актуальні наукові задачі щодо оптимізації параметрів ТО та ремонту, а також оптимізувати автоматичну систему технічного діагностування, як її апаратну, так і програмну частину з урахуванням конструктивних особливостей конкретного зразка техніки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Прогнозирование надежности сложных объектов радиоэлектронной техники и оптимизация параметров их технической эксплуатации с использованием имитационных статистических моделей / С.В. Ленков, К.Ф. Боряк, Г.В. Банзак та ін. – Одесса : Изд-во “ВМВ”, 2014. – 256 с.
2. Основы надежности и техническое обеспечение радиоэлектронных средств РТВ ПВО / А.Н. Буточнов, Б.П. Креденцер, В.Г. Тоценко и др. – К. : КВИРТУ ПВО, 1982. – 226 с.
3. Барзилович Е.Ю. Модели технического обслуживания сложных систем / Е.Ю. Барзилович. – М. : Высш. школа, 1982. – 231 с.
4. Стрельников В.П. Оценка и прогнозирование надежности электронных элементов и систем / В.П. Стрельников, А.В. Федухин. – К. : Логос, 2002. – 486 с.
5. Надежность в технике. Модели отказов. Основные положения : ГОСТ 27.005–97.– 45 с. – Введ. 01.01.99. – (Межгосударственный стандарт).

Отримано 06.02.2017

Рецензент Рибальський О.В., д.т.н.