

УДК. 389.1

С.В. Герасимов, Д.М. Калашник

*Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків*

### **МОДЕЛЬ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПЕРСПЕКТИВНИХ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ**

*Показана роль магістрально-модульних засобів вимірювальної техніки, пропонується удосконалена модель експлуатації магістрально-модульних засобів вимірювальної техніки у вигляді графа.*

*магістрально-модульний засіб вимірювальної техніки, модель експлуатації*

#### **Вступ**

**Постановка проблеми.** На сьогодні більша частина засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) (прибли-

зно 85 – 90 %) використовуються більше 20 років, тобто вичерпала свій технічний ресурс. Це призводить до появи великої кількості відмов ЗВТ, в тому

ёчислі метрологічних. А це, в свою чергу, веде до неякісного обслуговування складних технічних комплексів. Тому актуальною є проблема заміни старіючого парку ЗВТ новими сучасними засобами. Вирішити цю проблему дозволяє закупівля сучасних ЗВТ за кордом і розробка та виготовлення сучасних ЗВТ на Україні.

В останні роки у промислово розвинутих країнах світу стрімко зростають темпи виробництва та збуту цифрових вимірювальних приладів, а саме магістрально-модульних (ММ) ЗВТ [1, 2].

Сучасні ММ ЗВТ в основному значно перевищили складні аналогові ЗВТ, особливо для радіотехнічних вимірювань, за показниками надійності та метрологічного обслуговування. До того ж ММ ЗВТ мають сприятливі перспективи для подальшого покращення метрологічних та експлуатаційних характеристик з упровадженням нових досягнень мікро- та наноелектроніки, оптоелектроніки тощо. Слід відзначити й такі немалозначні переваги ММ ЗВТ, як менші енергоспоживання та масогабаритні показники, більш високу технологічність виготовлення. Тобто, нове покоління ММ ЗВТ відрізняється широкими функціональними можливостями, високими швидкістю і точністю, якою донедавна володіли лише робочі еталони, підвищеними характеристиками надійності, зручністю експлуатації, малими масогабаритними показниками, доступністю цін і іншими перевагами [1].

У зв'язку з розробкою нових сучасних ЗВТ необхідно вдосконалювати їх систему метрологічного забезпечення.

Однією із складових вдосконалення системи метрологічного забезпечення складних технічних комплексів є розробка їх математичної моделі експлуатації. Розробка математичної моделі експлуатації перспективних ЗВТ необхідна для прогнозування всіх станів протягом життєвого циклу ЗВТ, з метою забезпечення своєчасного обслуговування складних технічних комплексів.

**Аналіз літератури.** У відомих моделях експлуатації ЗВТ розглядаються наступні стани [3 – 6]: застосування справного ЗВТ і ЗВТ з прихованою відмовою, перевірка (калібрування) працездатного ЗВТ і ЗВТ з прихованою відмовою (включаючи операції самоперевірки та самокалібрування), ЗВТ непрацездатно, відновлення і помилкове відновлення ЗВТ, збереження ЗВТ і застосування обмінного фонду. Однак ці стани на сучасному етапі, та враховуючі розглянуті вище перспективи розвитку ЗВТ, не цілком охоплюють процес їхньої експлуатації. Зокрема, застосування самоперевірки (самокалібрування) ЗВТ ще не дозволяє з високою імовірністю говорити про вірогідність проведення контролю параметрів технічних комплексів за допомогою такого засобу вимірювання, тому що при проведенні контролю можливе відмовлення самого приладу.

**Метою статті** є удосконалення моделі експлуатації перспективних ЗВТ, урахувати стани, у яких може перебувати перспективне ЗВТ під час експлуатації.

### Основна частина

Проведення самодіагностування ЗВТ, окрім самоперевірки, дозволяє підвищити вірогідність контролю параметрів технічних комплексів, тому що воно дозволяє говорити про справність ЗВТ не тільки в момент контролю, але і в визначений час після його проведення. Крім того, створення універсальних ММ ЗВТ приводить до того, що перевірку (калібрування) і ремонт несправних засобів вимірювання можна проводити по складених елементах. Тому пропонується додатково ввести два досить розповсюджених стани серед сучасних ЗВТ, переважно закордонного виробництва, і одне перспективне, засноване на тенденціях їхнього розвитку: перевірка (калібрування) ЗВТ за елементами, заміна несправного елемента ЗВТ справним і самодіагностування ЗВТ. Крім того, при описанні переходів ЗВТ зі стану працездатного в стан зі скритою відмовою в запропонованій моделі будуть враховані особливості виникнення метрологічних відмов.

Також, на нашу думку, слід об'єднати два стани відомих моделей експлуатації ЗВТ – обмінного фонду та зберігання, – які виконують майже однакові функції. При цьому будемо враховувати те, що несправні засоби вимірювань, які неможливо відновити (тобто вони підлягають списанню) будуть замінені на справні з обмінного фонду, тобто на зберіганні будуть знаходитись тільки справні ЗВТ.

Перевірка (калібрування) за елементами є частковим випадком проведення комплексної перевірки (калібрування) ЗВТ, але її проведення вимагає збільшення часу, тому що контролюється більша кількість параметрів. Однак перевірка (калібрування) за елементами дозволяє визначити несправний елемент (блок) ЗВТ, що сприяє більш оперативному відновленню несправних ЗВТ.

Стан заміни несправного елемента на справний є частковим випадком відновлення несправних ЗВТ, однак, на наш погляд, його варто розглядати окремо. Це зв'язано з тим, що заміну несправного елемента ЗВТ може зробити обслуговуючий персонал без залучення ремонтних органів, при цьому зменшується час відновлення і знижуються транспортні витрати по доставці несправних ЗВТ у ремонтні органи.

Проведення самодіагностування ЗВТ дозволяє виявити метрологічну (сховану) відмову, тобто підвищити вірогідність контролю параметрів ЗВТ, що приводить до збільшення імовірності його успішного застосування по призначенню за рахунок допуску до експлуатації дійсно справного озброєння. При побудові математичної моделі експлуатації магістрально-модульних ЗВТ допустимо, що ймові-

рність виявлення метрологічної відмови при перевірці (самоперевірці) дорівнює 1.

З урахуванням введених станів пропонується вдосконалена модель експлуатації ММ ЗВТ у вигляді графа, який наведено на рис. 1.

У запропонованій моделі експлуатації ММ ЗВТ розглядаються метрологічні відмови ЗВТ, які обумовлені виходом метрологічних характеристик за встановлені припустимі границі. Не метрологічні відмови (технічні) – стан  $S_5$ , коли ЗВТ непрацездатне, – відмова обумовлена причинами не сумісними з метрологічними характеристиками ЗВТ.

Магістрально-модульні засоби вимірювальної техніки під час експлуатації можуть перебувати в одному з наступних станів:

- $S_1$  – застосування ЗВТ за призначенням;
- $S_2$  – застосування ЗВТ з метрологічною відмовою;
- $S_3$  – перевірка (калібрування) працездатного ЗВТ;
- $S_4$  – перевірка (калібрування) ЗВТ з метрологічною відмовою;
- $S_5$  – ЗВТ непрацездатен;
- $S_6$  – перевірка (калібрування) ЗВТ заелементно;
- $S_7$  – заміна несправного елемента ЗВТ справним;
- $S_8$  – відновлення непрацездатного ЗВТ;
- $S_9$  – відновлення працездатного ЗВТ (помилковий ремонт);
- $S_{10}$  – самодіагностування ЗВТ;
- $S_{11}$  – зберігання працездатного ЗВТ.

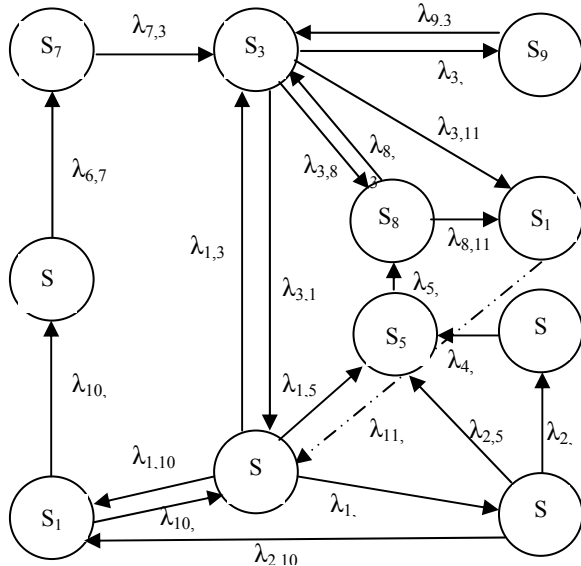


Рис. 1. Граф моделі експлуатації перспективних засобів вимірювальної техніки

Основне завдання обмінного фонду, стан  $S_{11}$  – зберігання працездатного ЗВТ (наявність функціональних модулів, необхідних для відновлення працездатного стану ЗВТ у випадку обмеження, що

накладаються, коли не можливо провести метрологічне обслуговування в повному обсязі); утилізація й списання ЗВТ. Після списання обмінний фонд поповнюється за рахунок нових надходжень комплектуючих.

Під час експлуатації ЗВТ накладаються обмеження на

- час відновлення непрацездатного ЗВТ;
- неможливістю провести відновлення непрацездатного ЗВТ через погодні умови, територіального розташування (далекість від ремонтної лабораторії), які також враховані в запропонованій моделі.

У процесі експлуатації магістрально-модульні засоби вимірювальної техніки перебувають в стані:  $S_1$  – застосування ЗВТ за призначенням. Зі стану  $S_1$  ЗВТ з інтенсивністю  $\lambda_{1,2}$  переходить у стан  $S_2$  – застосування ЗВТ з метрологічною відмовою. Перебуваючи в станах  $S_1, S_2$ , ЗВТ може раптово відмовити й з інтенсивністю  $\lambda_{1,5}, \lambda_{2,5}$ , відповідно, перейти в стан, коли ЗВТ непрацездатне, –  $S_5$ . Із стану  $S_5$  ЗВТ переходить у стан  $S_8$  – відновлення непрацездатного ЗВТ (ремонт) з інтенсивністю  $\lambda_{5,8}$ . Після відновлення ЗВТ із стану  $S_8$  з інтенсивністю  $\lambda_{8,3}$  переходить у стан перевірки  $S_3$ . Зі стану  $S_1$  ЗВТ з інтенсивністю  $\lambda_{1,3}$  переходить у стан перевірки працездатного ЗВТ –  $S_3$ . Після проведення перевірки (калібрування) працездатного ЗВТ у залежності від його технічного стану воно зі стану  $S_3$  з інтенсивністю:

- $\lambda_{3,1}$  переходить у стан  $S_1$  – застосування ЗВТ по призначенню;
- $\lambda_{3,9}$  переходить у стан  $S_9$  – відновлення працездатного ЗВТ (помилковий ремонт);
- $\lambda_{3,8}$  переходить у стан  $S_8$  – відновлення непрацездатного ЗВТ.

Після відновлення працездатного ЗВТ (помилковий ремонт) – стан  $S_9$  – ЗВТ переходить із інтенсивністю  $\lambda_{9,3}$  в стан  $S_3$ . Зі стану  $S_2$  ЗВТ з інтенсивністю  $\lambda_{2,4}$  переходить у стан  $S_4$ . Перебуваючи в стані – перевірка (калібрування) ЗВТ з метрологічною відмовою – ЗВТ переходить із інтенсивністю  $\lambda_{4,5}$  в стан  $S_5$ . Перебуваючи в станах  $S_1$  або  $S_2$ , ЗВТ переходить із інтенсивністю  $\lambda_{1,10}, \lambda_{2,10}$  у стан  $S_{10}$  – самодіагностування ЗВТ. Після самодіагностування несправне ЗВТ з інтенсивністю  $\lambda_{10,6}$  переходить у стан  $S_6$ , а справне ЗВТ з інтенсивністю  $\lambda_{10,6}$  – у стан  $S_1$ . Зі стану  $S_6$  ЗВТ переходить у стан  $S_7$  з інтенсивністю  $\lambda_{6,7}$ . Зі стану  $S_7$  ЗВТ з інтенсивністю  $\lambda_{7,3}$  переходить у стан  $S_3$ . Зі стану  $S_8$  з інтенсивністю  $\lambda_{8,11}$  ЗВТ переходить у стан  $S_{11}$ . Після перевірки (калібрування) працездатного ЗВТ, воно зі стану –  $S_3$ , з інтенсивністю  $\lambda_{3,11}$  переходить на зберігання працездатного ЗВТ –  $S_{11}$ , де буде перебуває в обмінному фонді. Зі стану  $S_{11}$  ЗВТ переходить у стан  $S_1$  з інтенсивністю  $\lambda_{11,1}$ . На рис. 1, перехід  $\lambda_{11,1}$  позначений штрихпунктирною лінією, що позначає процес заміни несправного ЗВТ справним з обмінного фонду.

Запропонована модель експлуатації дозволяє розраховувати параметри експлуатації перспективних ЗВТ.

## Висновки

Аналізуючи запропоновану математичну модель магістрально-модульних засобів вимірювальної техніки можна зробити висновок, що:

– перебуваючи в умовах, у яких неможливо зробити стаціонарну перевірку за допомогою самодіагностування й калібрування ЗВТ, імовірність експлуатації справного ЗВТ збільшується й отже ймовірність знаходження параметрів складного технічного комплексу в межі допуску збільшується;

– немає необхідності у фахівцях високої кваліфікації, тобто спрощується система експлуатації ОВТ. Тому що перевірка (калібрування) ЗВТ заелементно, самодіагностування відбувається без участі поверителя, тобто в автономному режимі;

– зменшується кількість і номенклатура засобів вимірювальної техніки, контролю й діагностики які використовуються для контролю складних технічних комплексів за рахунок багатофункціональності комп'ютерних вимірювальних приладів.

Отримана модель досить повно ураховує всі можливі стани перспективних ЗВТ на протязі життєвого циклу й дозволяє проводити аналіз впливу різних показників на ефективність їх експлуатації, у тому числі метрологічного обслуговування.

## Список літератури

1. Чинков В.М. Цифрові засоби вимірювальної техніки військового призначення: Навчальн. посібн. Ч. 1. – Х.: ХУ ПС, 2007. – 244 с.

2. Чинков В.Н. Основные тенденции развития цифровой измерительной техники // Украинський метрологічний журнал. – 1996. – №№ 2-3. – С. 27-30.

3. Крецук В.В. Метрологическое обеспечение эксплуатации сложных изделий. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 200 с.

4. Чинков В.Н., Флорин А.П. Математическая модель эксплуатации войсковой измерительной техники с учетом применения обменного фонда // Информационные системы. – 1994. – № 2. – С. 32-36.

5. Рейх Н.Н., Тупиченков А.А., Цейтлин В.Г. Метрологическое обеспечение производства. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 248 с.

6. Эксплуатация и метрологическое обеспечение измерительной техники / Под ред. В.А. Кузнецова. – М.: Радио и связь, 1989. – 310 с.

Надійшла до редколегії 5.12.2007

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.М. Чинков, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.