

## ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОННЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ

**Т. И. Чернышова, М. А. Каменская**

*ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов*

*Рецензент д-р техн. наук, профессор С. В. Фролов*

**Ключевые слова и фразы:** метрологическая надежность; метрологическая характеристика; электронное измерительное средство.

**Аннотация:** Определены основные этапы функционирования информационно-аналитической системы оценки и прогнозирования метрологической надежности электронных измерительных средств. Информационно-аналитическая система выбирает оптимальное математическое описание изменения во времени ряда метрологических характеристик и позволяет решать задачи оценки метрологической надежности электронных измерительных средств на этапе предстоящей эксплуатации. Разработанная информационно-аналитическая система проводит выбор величины межповерочных интервалов, рассчитывает требуемое число измерений при проведении проверок, дает возможность оперативного решения задач оценки состояния метрологических характеристик и метрологической надежности проектируемых электронных измерительных средств.

При проектировании электронных измерительных средств (ЭИС) важной задачей является обеспечение их высокой метрологической надежности (МН) в течение всего периода эксплуатации, которая определяется изменением во времени нормируемых метрологических характеристик данных средств [1].

Разработана информационно-аналитическая система (ИАС), реализующая методы оценки и прогнозирования МН ЭИС. Созданная ИАС дает возможность проводить оценку состояния метрологических характеристик

---

Чернышова Татьяна Ивановна – доктор технических наук, профессор кафедры «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем», директор института энергетика, приборостроения и радиоэлектроники; Каменская Мария Анатольевна – аспирант кафедры «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем», e-mail: art\_mari@rambler.ru, ТамбГТУ, г. Тамбов.

(МХ) ЭИС с применением математического моделирования и, тем самым решает задачу прогнозирования МН данных средств на этапе последующей эксплуатации.

Информационно-аналитическая система реализует метод оценки МН, основанный на построении математических моделей изменения МХ разрабатываемых ЭИС во времени с применением аналитико-вероятностного прогнозирования [2]. В основе метода лежит математическое моделирование нестационарных случайных процессов изменения метрологических характеристик ЭИС во времени. Как правило, математическая модель (ММ) задает зависимость исследуемой выходной характеристики  $y$  от текущего значения сигнала на входе ЭИС, а также параметров комплектующих элементов и внешних факторов

$$y = F_1(x, \bar{\xi}, \bar{\varphi}), \quad (1)$$

где  $x$  – сигнал на входе ЭИС;  $\bar{\xi}$  – вектор параметров комплектующих элементов;  $\bar{\varphi}$  – вектор внешних факторов.

Априорной информацией для построения ММ (1) служит структурная и принципиальная схемы ЭИС.

Для анализа метрологических свойств ЭИС математическая модель МХ ЭИС примет вид

$$S(t) = F_2(x, \bar{\xi}(t)), \quad (2)$$

где  $t$  – время, ч.

Состояние МХ определяется с использованием данных об изменении во времени параметров элементов ЭИС, поэтому чтобы сформировать базу данных значений МХ в заданные моменты времени функционирования, следует применить метод статистического моделирования, исходя из данных об изменениях во времени случайных величин параметров составляющих элементов блока при условии постоянства внешних факторов. В результате статистического моделирования формируется набор данных для математического ожидания –  $m_s(t_1), m_s(t_2), \dots, m_s(t_{k_1})$ , и среднеквадратического отклонения –  $\sigma_s(t_1), \sigma_s(t_2), \dots, \sigma_s(t_k)$  исследуемой МХ в различных временных сечениях  $t_1, \dots, t_k$ .

В основу созданной ИАС положены база данных о номиналах радиоэлементов исследуемых ЭИС и ряд математических моделей временного изменения параметров, составляющих ЭИС. Интерфейс ИАС дает возможность добавлять в базу новые данные, ранее в нее не заложенные. Разработанная ИАС позволяет реализовать статистическое моделирование изменений МХ ЭИС во времени, а также сформировать ММ временного изменения МХ.

Созданная ИАС позволяет сделать выбор наилучшего математического описания изменения МХ ЭИС во времени, результаты заносятся в таблицы и отображаются графически, исходя из возможного вида аппроксимирующих зависимостей для функций  $M_s(t)$  и  $\psi_{\pm\sigma}(t)$ .

Точность и достоверность результатов прогноза обуславливается адекватностью принятой ММ. Наиболее приемлемыми являются нелинейные

математические модели изменения во времени МХ: экспоненциальные, логарифмические, полиномиальные, рациональные и авторегрессионные [1]. Проведенные исследования показали, что из перечисленных моделей полиномиальные имеют меньшую погрешность аппроксимации по сравнению с экспоненциальными и логарифмическими [2].

Однако основным недостатком полиномиальной модели является ее неустойчивость на сетке с равноудаленными контрольными точками. В таком случае альтернативу полиномиальным функциям составляет интерполяция рациональными зависимостями. Достоинствами рациональной модели является высокая точность и неподверженность свойственным полиномиальной зависимости проблемам. Рациональная модель не требовательна к выбору точек контроля и позволяет проводить прогнозирование на большие временные интервалы.

При использовании модели авторегрессии представляется возможным с достаточной для практики точностью осуществлять прогнозирование МХ на область будущих значений времени эксплуатации, используя только исходные данные об их поведении в области контроля. Прогнозирование последовательностью авторегрессии дает оптимальные результаты при оценке МН ЭИС величины межповерочного интервала (МПИ).

Несомненное достоинство ИАС – реализация практических рекомендаций по эксплуатации ЭИС, то есть расчет величины МПИ и нахождение необходимого числа измерений при проведении поверок. Корректировка величины МПИ проводится с учетом темпа изменения МХ по мере приближения к величине метрологического отказа, которая определяется по построенной ранее ММ изменения во времени МХ. Расчет числа измерений МХ на момент очередной поверки выполняется на основе графоаналитического метода [1].

Таким образом, разработанная ИАС позволяет проводить оценку и прогнозирование МН ЭИС как на этапе проектирования, так и эксплуатации за существенно малые сроки без длительных испытаний по определению долговременной стабильности МХ ЭИС с достаточной для практики точностью и достоверностью.

#### *Список литературы*

1. Мищенко, С. В. Метрологическая надежность измерительных средств / С. В. Мищенко, Э. И. Цветков, Т. И. Чернышова. – М. : Машиностроение-1, 2001. – 96 с.
2. Чернышова, Т. И. Математическое моделирование электронных измерительных средств при оценке их метрологической надежности / Т. И. Чернышова, М. А. Каменская // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2010. – Т. 16, № 4. – С. 770 – 775.

#### *References*

1. Mishchenko S.V, Tsvetkov E.I., Chernyshova T.I. *Metrologicheskaya nadezhnost' izmeritel'nykh sredstv* (Metrological reliability of measuring instruments), Moscow: Mashinostroenie-1, 2001, 96 p.
2. Chernyshova T.I., Kamenskaya M.A. *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2010, vol. 16, no. 4, pp. 770-775.

**Information-Analytical System Assessment  
and Forecasting of Metrological Reliability  
of Electronic Measuring Devices**

**T. I. Chernyshova, M. A. Kamenskaya**

*Tambov State Technical University, Tambov*

**Key words and phrases:** electronic measurement equipment; metrological characteristic; metrological reliability.

**Abstract:** The paper describes the main stages of operation of information-analytical system assessment and forecasting of metrological reliability of electronic measuring devices. Information-analytical system selects an optimal mathematical description of the time variation of a number of metrological characteristics and, thus, gives the solution of metrological reliability assessment at the stage of the forthcoming EIS operation. The developed information-analytical system selects the values of calibration intervals, calculates the required number of measurements during verifications electronic measuring devices. Information-analytical system enables time-efficient assessment of the metrological characteristics and metrological reliability of the projected electronic measuring devices.

---

© Т. И. Чернышова, М. А. Каменская, 2014

## ДЛЯ ЗАМЕТОК

---