

## **КОРЕКТУВАННЯ МІЖПОВІРОЧНИХ ІНТЕРВАЛІВ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ З УРАХУВАННЯМ КОЕФІЦІЄНТА ЇХ МЕТРОЛОГІЧНОЇ НАДІЙ- НОСТІ**

к.т.н. С.В. Герасимов, к.т.н. Ю.П. Шамаєв, к.т.н. Ю.І. Скорін  
(подав д.т.н., проф. В.С. Харченко)

*У статті розглянуті основні методи призначення міжповірочних інтервалів засобів вимірювальної техніки, визначені їхні достоїнства та недоліки. Запропоновано ряд пропозицій по розробці методу коректування міжповірочних інтервалів засобів вимірювальної техніки.*

**Постановка проблеми.** У процесі експлуатації метрологічні характеристики (МХ) і параметри засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) перетерплюють зміни. Ці зміни носять випадковий монотонний чи флуктуаційний характер і призводять до відмов, тобто до неможливості ЗВТ виконувати свої функції. При цьому відмови ЗВТ поділяються на неметрологічні та метрологічні [1 – 3].

З поняттям “метрологічна відмова” тісно пов'язане поняття метрологічної справності ЗВТ. Під метрологічною справністю ЗВТ мається на увазі стан, при якому всі нормовані МХ ЗВТ відповідають встановленим вимогам. Здатність ЗВТ зберігати встановлені значення МХ протягом заданого часу при визначених режимах і умовах експлуатації є метрологічною надійністю. Специфіка проблеми метрологічної надійності полягає в тому, що для неї основне положення класичної теорії надійності про сталість у часі інтенсивності відмов виявляється неправомірним. Сучасна теорія надійності орієнтована на виробу, що володіють двома характерними станами: працездатний і непрацездатний. Поступова зміна похибки ЗВТ дозволяє ввести як завгодно багато працездатних станів з різним рівнем ефективності функціонування, обумовленим ступенем наближення похибки ЗВТ до припустимих граничних значень. Це призводить до необхідності розробки спеціальних методів аналізу метрологічної надійності ЗВТ.

Однією з основних форм підтримки ЗВТ в метрологічно справному стані є його періодична перевірка. Вона проводиться метрологічними

службами відповідно до правил, викладених у спеціальній нормативно-технічній документації. Періодичність перевірки повинна бути погоджена з вимогами до надійності ЗВТ. Перевірку технічного стану ЗВТ необхідно проводити через оптимально обрані інтервали часу, які називають міжповіроочними інтервалами (МПП). Тому врахування показників метрологічної надійності при визначенні МПП ЗВТ дозволить підвищити ефективність їх експлуатації.

**Аналіз публікацій.** Питанню обґрунтованого вибору тривалості МПП присвячена велика кількість робіт [1 – 6]. Головним недоліком розглянутих в них методів є те, що вони, фактично, не враховують показники метрологічної надійності ЗВТ в процесі експлуатації, а, також, не враховують матеріальних збитків від використання метрологічно несправних ЗВТ (або користь від використання метрологічно справних ЗВТ). Це свідчить про те, що зазначені методи не дозволяють визначити оптимальні значення МПП ЗВТ. Тому необхідні більш достовірні методи визначення МПП, які базуються на теорії метрологічної надійності ЗВТ.

**Мета статті.** Таким чином, актуальності набуває питання, пов'язане з коректуванням МПП ЗВТ, що дозволить оптимальним чином вибирати МПП ЗВТ та підвищити ефективність їх експлуатації.

**Основна частина.** Зміна МХ ЗВТ у часі обумовлено процесами старіння в його вузлах і елементах, викликаними взаємодією із зовнішнім навколишнім середовищем. Ці процеси протікають в основному на молекулярному рівні і не залежать від того, чи знаходиться ЗВТ в експлуатації, чи зберігається на консервації. Отже, основним фактором, що визначає старіння ЗВТ, є календарний час, який пройшов з моменту їхнього виготовлення, тобто вік.

Момент настання метрологічної відмови може виявити тільки перевірка ЗВТ, результати якої дозволять стверджувати, що відмова відбулася в період часу між двома останніми перевірками. Величина МПП повинна бути оптимальною, оскільки часті перевірки призводять до матеріальних і трудових витрат на їхню організацію і проведення, а рідкі – можуть призвести до підвищення похибки вимірювань через метрологічні відмови.

При визначенні МПП ЗВТ вибирається метрологічна характеристика, яка визначає стан їх справності. Як правило, в якості таких характеристик використовуються основна похибка, середньоквадратичне відхилення випадкової складової похибки і деякі інші. Якщо стан справності ЗВТ визначають декілька МХ, то з них вибирається та, за якою забезпечується найбільший відсоток браку при перевірках.

На даний час існують три основних шляхи визначення МПП ЗВТ: на основі статистики відмов; на основі економічного критерію; довільне

призначення первинного МПІ з наступним його коректуванням протягом усього терміну служби ЗВТ.

Вибір конкретного методу визначення тривалості МПІ залежить від наявності вихідної інформації про надійність і стабільність ЗВТ. Перший спосіб є ефективним за умови, якщо відомі показники надійності ЗВТ. Найбільш повна інформація такого роду міститься в моделях, що описують зміну в часі метрологічних характеристик ЗВТ. Ці моделі розглянуті в [5]. При відомих параметрах моделей МПІ визначається моментом виходу похибки за нормований для даного ЗВТ допуск. Однак великий розкид параметрів і характеристик процесів старіння ЗВТ призводить до великої похибки розрахунку МПІ за допомогою таких моделей.

Застосування методів розрахунку МПІ, заснованих на статистиці схованих і явних відмов, вимагає наявності великої кількості експериментальних даних про процеси зміни в часі МХ ЗВТ різних типів. Такого роду дослідження дуже трудомісткі і забирають значний час. Цим пояснюється той факт, що опублікованих статистичних даних про процеси старіння приладів різних типів украй мало. У технічних описах ЗВТ, як правило, наводиться середній наробіток до відмови, середній чи гамма-відсотковий ресурс і термін служби. Цього явно недостатньо для розрахунку МПІ.

Визначення МПІ за економічним критерієм полягає в рішенні задачі про вибір такого інтервалу, при якому можна мінімізувати витрати на експлуатацію ЗВТ й усувати наслідки від можливих помилок, викликаних похибками вимірювання. Вихідною інформацією для визначення МПІ служать дані про вартість перевірки і ремонту ЗВТ. Основна складність застосування цього методу полягає в наступному. Витрати на ремонт і перевірку ЗВТ досить легко визначаються за нормативними документами. На відміну від них, втрати через використання приладів зі схованою метрологічною відмовою на практиці, як правило, невідомі. Доводиться прибігати до наближених моделей, що описують витрати на експлуатацію ЗВТ зі схованими метрологічними відмовами у вигляді функції втрат того чи іншого виду [2, 4]. А це вносить додаткові методичні похибки до визначеної величини МПІ ЗВТ.

Найбільш універсальним є метод, що полягає в призначенні МПІ з наступним коректуванням його величини в залежності від показника метрологічної надійності ЗВТ. Однак головною проблемою для цього методу є призначення первинного МПІ.

Розглянемо можливі пропозиції по коректуванню МПІ ЗВТ з використанням показника їх метрологічної справності.

У якості показника надійності використаємо коефіцієнт, який ви-

значає імовірність знаходження ЗВТ  $P_{ЗВТ}$  після проведення метрологічного обслуговування в справному стані [5]:

$$P_{ЗВТ} = \frac{\kappa_{МС} (1 - P_B) P_O P_{МО} (1 - \alpha)}{\kappa_{МС} (1 - P_B) P_O P_{МО} (1 - \alpha) + [1 - \kappa_{МС} (1 - P_B) P_O P_{МО}] \beta}, \quad (1)$$

де  $\kappa_{МС}$  – коефіцієнт, який враховує метрологічну справність ЗВТ;  $P_B$  – імовірність появи явних відмов ЗВТ;  $P_O$ ,  $P_{МО}$  – імовірності справного стану ЗВТ на початку МПІ і під час проведення перевірки відповідно;  $\alpha$ ,  $\beta$  – імовірність помилки першого та другого роду відповідно.

Коефіцієнт  $\kappa_{МС}$ , який враховує метрологічну справність ЗВТ, визначимо за формулою

$$\kappa_{МС} = P_B / (P_{МВ} + P_B), \quad (2)$$

де  $P_{МВ}$  – імовірність появи метрологічної відмови.

Вираз (1) наглядно свідчить про те, що при  $P_{МВ} = 0$ , тобто метрологічні відмови відсутні, коефіцієнт  $\kappa_{МС}$  дорівнює одиниці й імовірність справного стану ЗВТ залежить від імовірності появи явних відмов в процесі експлуатації приладів вимірювання.

Аналіз виразів (1), (2) показує, що імовірність справного стану ЗВТ залежить від ймовірностей появи явних та схованих (метрологічних) відмов. Значення ймовірності  $P_B$  залежить від обраних параметрів надійності ЗВТ, визначити яке можна, наприклад, за методикою [6]. Коефіцієнт  $\kappa_{МС}$  можна підвищити двома способами:

- використовувати ЗВТ із функцією самоперевірки й калібрування, тобто використовувати цифрові ЗВТ;
- зменшити міжповітряні інтервали ЗВТ, але це призведе до збільшення матеріальних витрат на їх експлуатацію.

Ці способи підвищення коефіцієнта метрологічної справності ЗВТ свідчать про те, що оптимальне значення МПІ ЗВТ повинне дорівнювати періодичності появи метрологічних відмов, тобто метрологічна відмова бути визначена при метрологічному обслуговуванні. Це призводить до того, що поява схованих відмов ЗВТ буде визначена своєчасно і несправний прилад буде вилучено з експлуатації.

Сформулюємо основні принципи коректування МПІ ЗВТ з використанням коефіцієнта метрологічної справності:

1. Для визначення первинного значення МПІ необхідно враховувати показники надійності ЗВТ (наприклад, середній наробіток між відмовами), а оптимальне значення МПІ ЗВТ забезпечить максимальне значення

ймовірності  $P_{ЗВТ}$  (1).

2. Основним фактором, який визначає появу метрологічної відмови ЗВТ, є вік, тому застосування в якості показників для визначення МПІ тривалості експлуатації (наприклад, наробіток на відмову) не дозволяє отримати оптимальні значення для періодичності перевірки технічного стану ЗВТ. Для оптимального визначення МПІ слід дотримуватись умови  $K_{МС} = 1$ .

**Висновки.** Використання запропонованого коефіцієнта знаходження ЗВТ після проведення метрологічного обслуговування в справному стані дозволяє визначати оптимальні значення їх МПІ, що, в свою чергу, дозволить підвищити ефективність експлуатації ЗВТ.

**Перспективи подальших досліджень.** Подальші дослідження можуть бути направлені на розрахунок частоти і кількості появи метрологічних відмов ЗВТ в процесі їх експлуатації.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. *Метрологическое обеспечение и эксплуатация измерительной техники* / Г.П. Богданов, В.А. Кузнецов, М.А. Лотонов и др. / Под ред. В.А. Кузнецова. – М.: Радио и связь, 1990. – 240 с.
2. Фридман А.Э. Теория метрологической надежности средств измерений // *Измерительная техника*. – 1991. – № 11. – С. 3 – 10.
3. Чинков В.Н., Мельниченко А.Е. Методика оптимизации межповерочных интервалов средств измерительной техники при ограниченной информации об их метрологических отказах // *Системы обработки информации*. – Х.: ХВУ, 2003. – Вып. 6. – С. 107 – 110.
4. Фридман А.Э. Оценка метрологической надежности измерительных приборов и многозначных мер // *Измерительная техника*. – 1993. – № 5. – С. 7 – 10.
5. Чинков В.Н., Герасимов С.В. Методика оценки эффективности проведения метрологического обслуживания сложных образцов вооружения и военной техники // *Системы обработки информации*. – Х.: ХВУ, 2003. – Вып. 3. – С. 130 – 135.
6. Кудрицкий В.Д. Прогнозирующий контроль радиоэлектронных устройств. – К.: Техника, 1982. – 168 с.

Надійшла 28.04.2004

**ГЕРАСИМОВ Сергій Вікторович**, канд. техн. наук, викладач кафедри Харківського військового університету. В 1998 році закінчив Харківський військовий університет. Область наукових інтересів – метрологічне обслуговування технічних комплексів.

**ШАМАЄВ Юрій Петрович**, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри Харківського військового університету. У 1971 році закінчив ХВВКУ. Область наукових інтересів – вимірювально-інформаційні системи.

**СКОРІН Юрій Іванович**, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри Харківського

*військового університету. У 1979 році закінчив Харківський авіаційний інститут. Область наукових інтересів – застосування візуального програмування для створення віртуальних засобів вимірювань.*