

УДК 681.3

М.Ю. Яковлев, А.П. Волобуєв

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

## **ОЦІНКА МЕТРОЛОГІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ АВІАЦІЙНИХ РАДІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ НА ЕТАПІ ПРОЕКТУВАННЯ**

*У статті запропоновано метод оцінки метрологічної надійності засобів вимірювальної техніки авіаційних радіотехнічних систем на етапі проектування, який ґрунтується на використанні як вихідної інформації про нестабільність елементної бази засобів вимірювальної техніки авіаційних радіотехнічних систем, значень їх середніх напрацювань до відмов із технічної документації, і що не вимагає представлення вихідних даних, які можуть бути відсутніми у розробників.*

*метрологічна надійність, засоби вимірювальної техніки, авіаційні радіотехнічні системи, оцінка метрологічної надійності, показники метрологічної надійності, метрологічні відмови*

### **Вступ**

**Постановка проблеми** Надійність засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) істотно впливає на надійність авіаційних радіотехнічних систем (АРТС), для визначення технічного стану яких вони використовуються. Тому проблема оцінки надійності ЗВТ АРТС є актуальною. Одним з найважливіших завдань цієї проблеми є розробка методів оцінки метрологічної надійності ЗВТ АРТС, які не вимагають представлення вихідних даних, які можуть бути відсутніми у розробників.

**Аналіз літератури** Перші роботи з питань надійності ЗВТ почали з'являтися з 1955 року [1 – 2]. Проведені дослідження авторами цих і подальших робіт [3 – 11] показали, що математичний апарат, розроблений для широкого класу радіоелектронних пристроїв, не може бути застосований для оцінки надійності ЗВТ (і, зокрема, для ЗВТ АРТС). Це обумовлено, перш за все, їх специфікою – метрологічними властивостями.

**Мета статті** Розробити метод оцінки метрологічної надійності ЗВТ АРТС на етапі проектування, що використовує як вихідні дані інформацію, що є у розробників.

### **Виклад основного матеріалу**

Застосування методів оцінки метрологічної надійності ЗВТ АРТС за вихідними даними про нестабільність комплектуючих елементів ЗВТ АРТС у даний час обмежено тим, що характеристики нестабільності елементів ЗВТ АРТС, як правило, не наводяться. Замість них звичайно вказують показник безвідмовності, визначений з урахуванням функціональних і метрологічних відмов ЗВТ АРТС. Таким показником, як правило, є середнє напрацювання до першої відмови ЗВТ АРТС. Останнім часом разом із загальним показником безвідмовності часто вказують і частку метрологічних відмов у загальному потоці відмов СИТ АРТС. Проте і це уточнення принципово нічого не змінює, оскільки показники

нестабільності комплектуючих елементів ЗВТ АРТС залишаються невідомими. При цьому оцінка стабільності і метрологічної надійності ЗВТ АРТС на етапі проектування методами, які ґрунтуються на моделюванні процесів дрейфу його параметрів з урахуванням структури і принципової схеми ЗВТ АРТС, стає практично нереалізованою. Внаслідок цього така оцінка вимушено підміняється розрахунком надійності стандартизованими методами, що не зважають на специфіку метрологічних відмов ЗВТ АРТС. Відомо, що такий спосіб оцінки метрологічної надійності має настільки низьку точність, що його результати не можуть бути використані при розробці практичних рекомендацій з підвищення метрологічної надійності ЗВТ АРТС [4, 7].

Таким чином, у даний час розробники ЗВТ АРТС через відсутність вихідних даних про нестабільність їх елементів позбавлені надійного методичного інструменту, що дозволяє оцінити, який вплив на метрологічну надійність ЗВТ АРТС зроблять ті або інші конструктивні рішення, і змушені керуватися лише власним досвідом та інтуїцією.

Кардинальним вирішенням цієї проблеми, є організація збору інформації про нестабільність комплектуючих елементів ЗВТ АРТС. Однак ухвалення такого рішення та його реалізація вимагають значних витрат часу. Як тимчасовий захід, спрямований на пом'якшення ситуації, що склалася, необхідно розробити метод оцінки метрологічної надійності ЗВТ АРТС, яка використовує як вихідні дані інформацію, що є в даний час у розробника – значення середнього напрацювання до першої відмови комплектуючих елементів ЗВТ АРТС. Цей метод дозволяє отримати наближені оцінки, що природно, тому що обсяг вихідної інформації суттєво зменшується, але ці оцінки набагато точніші за оцінки, що одержуються при використанні традиційних методів, використовуваних на практиці. Суть методу включає реалізацію таких етапів:

1. За довідковими даними про середнє напра-

цювання до першої відмови  $T_{сері}$  і часткою метрологічних відмов у загальному потоці відмов елементів ЗВТ АРТС  $m_{мі}$  визначаються середні напрацювання до метрологічної  $T_{сер,мі}$  і функціональної  $T_{сер,фі}$  відмов елементів ЗВТ АРТС за формулами:

$$T_{сер,мі} = \frac{T_{сері}}{m_{мі}}; \quad (1)$$

$$T_{сер,фі} = \frac{T_{сері}}{1 - m_{мі}}. \quad (2)$$

2.3 урахуванням принципової схеми ЗВТ АРТС визначаються коефіцієнти впливу його елементів на основну метрологічну характеристику, якою характеризується метрологічна справність ЗВТ АРТС.

3. Оцінюється середнє напрацювання до метрологічної відмови ЗВТ АРТС. Наприклад, при лінійному дрейфу метрологічних характеристик ЗВТ АРТС середнє напрацювання до метрологічної відмови ЗВТ АРТС визначається співвідношенням:

$$T_{сер} = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \frac{S_i \varphi_i}{T_{сері}}}, \quad (3)$$

де  $S_i$  – функція чутливості метрологічних характеристик ЗВТ АРТС до параметра  $i$ -го елемента ЗВТ АРТС;  $\varphi_i$  – співвідношення експлуатаційних запасів похибки  $i$ -го елемента ЗВТ АРТС;  $N$  – кількість елементів ЗВТ АРТС.

4. Розраховується вірогідність роботи ЗВТ АРТС без метрологічних відмов. При лінійному характері дрейфу метрологічних характеристик ЗВТ АРТС вірогідність роботи ЗВТ АРТС без метрологічних відмов дорівнює:

$$P(t) = \Phi \left[ \frac{-t + T_{сер}}{\sigma} \right], \quad (4)$$

де  $\Phi[\dots]$  – функція Лапласа;  $\sigma$  – дисперсія;  $t$  – довільний момент часу.

5. Якщо необхідно оцінити надійність ЗВТ АРТС з урахуванням обох видів відмов, додатково оцінюється вірогідність роботи ЗВТ АРТС без функціональних відмов стандартними методами [4]. Вірогідність безвідмовної роботи ЗВТ АРТС приймається рівною:

$$P(t) = P_m(t)P_f(t). \quad (5)$$

Експериментальні дослідження розглянутого методу оцінки метрологічної надійності ЗВТ АРТС на етапі проектування показали, що існує принципова відмінність результатів розрахунків, проведених методами класичної теорії надійності і теорії метрологічної надійності. Дійсно, оцінка низу середнього напрацювання ЗВТ АРТС до метрологічної відмови, що одержана методом теорії метрологічної надійності, виявилася в 50 разів вищою за оцінку

цього показника при його розрахунку одним з методів класичної теорії надійності за тими ж вихідними даними. Отримані результати підтверджують те, що застосування стандартизованих методів оцінки надійності не може дати жодної корисної інформації про метрологічну надійність ЗВТ АРТС. У зв'язку з цим доцільно в даний час впроваджувати в практику проектування ЗВТ АРТС запропонований метод оцінки метрологічної надійності ЗВТ АРТС, що не вимагає представлення вихідних даних, які можуть бути відсутніми у розробників.

## Висновки

Таким чином, у статті запропоновано метод оцінки метрологічної надійності ЗВТ АРТС на етапі проектування, який ґрунтується на використанні як вихідної інформації про нестабільність елементної бази ЗВТ АРТС значень їх середніх напрацювань до відмови із технічної документації на ЗВТ АРТС.

## Список літератури

1. Hayes I. Technical memorandum № 63-106 "Factors affecting measurement reliability" // U.S. Naval Ordnance Laboratory, Corona, CA, October 1955.
2. Мельницкая И.В. Оценка срока службы электроизмерительных приборов по данным испытаний и эксплуатационной статистики // Вопросы надежности электроизмерительных приборов. – М.: Наука, 1965. – С. 59-67.
3. Новицкий П.В., Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений. – Л.: Энергоатомиздат, 1985. – 248 с.
4. Екимов А.В., Ревяков М.И. Надежность средств измерительной техники. – Л.: Энергоатомиздат, 1986. – 208 с.
5. Schumaker R. Recalibration cycles and goals at Rockwell international document X 86-935/101, June 1986.
6. Skakala L., Majek S., Kolesar M. Korigovanie kalibracnych intervalov pevnych mier // 10 Medzinarodne symposium metrologie "INSYMET – 90", Bratislava, 1990. – P. 77-79.
7. Фридман А.Э. Теория метрологической надежности средств измерений // Измерительная техника. – 1991. – № 11 – С. 3-10.
8. Мищенко С.В., Цветков Э.И., Чернышова Т.И. Метрологическая надежность измерительных средств. – М.: Машиностроение, 2001. – 96 с.
9. Чинков В.Н., Мельниченко А.Е. Избыточная модель надежной эксплуатации средств измерительной техники // Украинский метрологический журнал. – 2004. – № 2. – С. 57-60.
10. Яковлев М.Ю. Метрологическая надежность средств измерительной техники // 36. наук. пр. НТУ "ХПИ". – Х.: НТУ "ХПИ", 2005. – Вып. 37. – С. 187-191.
11. Yakovlev M.Y., Volobuyev A.P. Evaluation of the metrological reliability of the means of measuring techniques of the aircraft radio systems // Proceedings of the International conference "Modern problems of radio engineering, telecommunications and computer science", (February 28 – March 4, 2006, Lviv – Slavske). – P. 591-592.

Надійшла до редколегії 18.04.2007

**Рецензент:** д-р техн. наук проф. Г.В. Худов, Харківський університет Повітряних сил ім. І. Кожедуба, Харків.