

УДК 621.317.08.004:623.7(06)

Ю.О. ФТЕМОВ

Науковий центр Сухопутних військ Львівського інституту Сухопутних військ Національного університету "Львівська політехніка", Україна

ПИТАННЯ ОПТИМІЗАЦІЇ МІЖПОВІРЧИХ ІНТЕРВАЛІВ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ АВІАЦІЙНИХ РАДІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

У статті запропоновано метод оптимізації міжповірчих інтервалів засобів вимірювальної техніки авіаційних радіотехнічних систем з урахуванням контрольних допусків на їх метрологічні характеристики, критеріїв призначення засобів вимірювальної техніки авіаційних радіотехнічних систем, типів вимірювальних задач, що розв'язуються за допомогою засобів вимірювальної техніки авіаційних радіотехнічних систем та способів проведення їх періодичної перевірки. Розглянутий метод оптимізації міжповірчих інтервалів засобів вимірювальної техніки авіаційних радіотехнічних систем забезпечує мінімум витрат на перевірку і ремонт засобів вимірювальної техніки авіаційних радіотехнічних систем при дотриманні встановлених вимог до їх надійності.

Ключові слова: оптимізація, надійність, засоби вимірювальної техніки, авіаційні радіотехнічні системи, контрольний допуск, міжповірчий інтервал, метрологічна характеристика

Вступ

Постановка проблеми. Надійність засобів вимірювальної техніки авіаційних радіотехнічних систем (ЗВТ АРТС) істотно впливає на надійність АРТС, для визначення технічного стану яких вони використовуються [1, 2]. Тому проблема забезпечення надійності ЗВТ АРТС є актуальною. Одним з найважливіших завдань цієї проблеми являється оптимізація міжповірчих інтервалів (МПІ) [3].

Аналіз літератури. Питанням забезпечення надійності ЗВТ при їх експлуатації присвячено велику кількість публікацій [4 – 8]. В той же час це певною мірою і дезорієнтувало практиків. Залишилося неясним, який же метод з багатьох опублікованих вибрати для застосування в повірочній практиці. Крім того, оскільки забезпечення надійності ЗВТ АРТС пов'язано з досягненням компромісу між повірочачами і власниками ЗВТ АРТС, то допустимо практичне застосування тільки методів, затверджених компетентними метрологічними організаціями. Отже, необхідна уніфікація методів забезпечення надійності ЗВТ АРТС. Оскільки тільки при цій умові можливо практичне рішення проблеми забезпечення надійності ЗВТ АРТС.

Мета статті. Розробити метод оптимізації МПІ ЗВТ АРТС з урахуванням контрольних допусків на їх метрологічні характеристики (МХ), критеріїв призначення ЗВТ АРТС, типів вимірювальних задач, що розв'язуються за допомогою ЗВТ АРТС та способів проведення їх періодичної перевірки.

Виклад основного матеріалу

Для знаходження рівняння оптимальності розкриємо вираз [9]:

$$C(T) = \min, \quad (1)$$

де $C(T)$ – сумарні втрати в одиницю часу, залежні від значення МПІ T .

Витрати на перевірку і ремонт ЗВТ АРТС, що забраковані при повірці та віднесені до одиниці часу, визначаються із співвідношення [9]:

$$C(T, \Delta_k) = \frac{1}{T} [C_{\text{п}} + C_{\text{р}} P_{\text{бр}}(T, \Delta_k)], \quad (2)$$

де Δ_k – значення контрольного допуску при повірці ЗВТ АРТС;

$C_{\text{п}}$, $C_{\text{р}}$ – витрати відповідно на перевірку і ремонт одного ЗВТ АРТС;

$P_{\text{бр}}(T, \Delta_k)$ – вірогідність забракування ЗВТ АРТС при повірці (без урахування помилкового браку, обумовленого похибкою вимірювань).

Середні втрати в одиницю часу через нестабільність МХ ЗВТ АРТС, в загальному випадку, виражаються таким чином:

$$\Pi(T) = \frac{1}{T} \int_0^{\infty} C(x) \phi_t(x) dx dt, \quad (3)$$

де $\phi_t(x)$ – щільність розподілу похибки ЗВТ АРТС у момент часу t , вважаючи з початку МПІ;

$C(x)$ – середні втрати в одиницю часу, внаслідок експлуатації ЗВТ АРТС з похибкою, що дорівнює x .

Рівняння оптимальності МПІ ЗВТ АРТС в загальному вигляді буде наступним:

$$C(T) = \frac{1}{T} \left[\int_0^T \int_{-\infty}^{\infty} C(x) \phi_t(x) dx dt \right] + \frac{1}{T} [C_{\text{п}} + C_{\text{р}} P_{\text{бр}}(T)] = \min. \quad (4)$$

Слід відзначити, що на значення вірогідності $P_{\text{бр}}(T)$ у виразі (4) впливає спосіб повірки ЗВТ АРТС.

Величина $C(x)$ залежить від вимірювальної задачі, що вирішують ЗВТ АРТС. В [10] розглянуті наступні види цієї функції:

$$C(x) = C |x|^s, \quad (5)$$

така залежність типова для ЗВТ, що застосовуються в системах автоматичного управління, наукових дослідженнях, торгівлі, для обліку матеріальних ресурсів, розв'язання інших задач, ефективність виконання яких зростає із зменшенням похибки вимірювань. Найбільш часто вона застосовується з показником ступеня $s = 1$.

Наступна залежність характерна для ЗВТ, що застосовуються в системах сигналізації, аварійного захисту, для розв'язання задач, виконання яких в повному обсязі гарантується при метрологічній справності ЗВТ:

$$C(x) = \begin{cases} 0, & -\Delta \leq x \leq \Delta; \\ C, & |x| > \Delta, \end{cases} \quad (6)$$

де Δ – межа нестабільності МХ ЗВТ, що допускається.

Для ЗВТ, що використовуються при контролі якості продукції, функція $C(x)$ має вигляд:

$$C(x) = q_{\text{прб}} P_{\text{прб}}(x) + q_{\text{пб}} P_{\text{пб}}(x), \quad (7)$$

де $q_{\text{прб}}, q_{\text{пб}}$ – середній економічний збиток за рік через пропущений брак (визнання годними бракованих структурних елементів або несправних ЗВТ) і помилковий брак, відповідно;

$P_{\text{прб}}, P_{\text{пб}}$ – умовна вірогідність пропущеного і помилкового браків, відповідно, за умови, що МХ ЗВТ дорівнює x .

Можливі і інші види функції $C(x)$. Так, наприклад, в [11] пропонується залежність (5) при $s = 1$:

$$C(x) = \begin{cases} C_1, & x > \Delta; \\ 0, & -\Delta \leq x \leq \Delta; \\ C_2, & x < -\Delta, \end{cases} \quad (8)$$

є узагальненням формули (6), а також залежність вигляду:

$$C(x) = \begin{cases} C(x - \Delta), & x > \Delta; \\ 0, & -\Delta \leq x \leq \Delta; \\ -C(x + \Delta), & x < -\Delta, \end{cases} \quad (9)$$

характерна для деяких засобів регулювання технологічних процесів в автоматизованих системах управління технологічними процесами.

Підставимо вирази (5 – 7) у формулу (4), остаточно отримаємо рівняння оптимальності МПІ ЗВТ (у тому числі і для ЗВТ АРТС):

$$C(T) = \frac{1}{T} [CF_1(T) + F_2(T)] = \min, \quad (10)$$

де $F_1(T), F_2(T)$ – допоміжні функції, що визначаються за формулами, відповідно:

$$F_1(T) = \frac{1}{T} \int_0^T \int_{-\infty}^{\infty} |x| \phi_t(x) dx dt, \quad (11)$$

$$F_2(T) = C_{\text{п}} + C_{\text{р}} P_{\text{бр}}(T), \quad (12)$$

за умови, що функція $C(x)$ характеризується виразом (5).

$$C(T) = C[1 - K_{\text{мс}}(T)] + \frac{1}{T} [C_{\text{п}} + C_{\text{р}} P_{\text{бр}}(T)] = \min, \quad (13)$$

за умови, що функція $C(x)$ характеризується виразом (6) (у формулі (13) $K_{\text{мс}}(T)$ – коефіцієнт метрологічної справності ЗВТ АРТС).

Якщо функція $C(x)$ описується виразом (7), то запишемо:

$$C(T) = \frac{1}{T} [q_{\text{прб}} P_{\text{прб}}(T)] + \frac{1}{T} [q_{\text{пб}} P_{\text{пб}}(T) + F_2(T)] = \min. \quad (14)$$

Рішення рівнянь (10), (13) і (14) здійснюється методом послідовного перебору значень МПІ ЗВТ АРТС з встановленого ряду [10]. Вибирають два сусідні значення T_1 і T_2 з цього ряду ($T_1 < T_2$) і визначають значення функцій $C(T_1)$ і $C(T_2)$. Якщо виконується умова $C(T_1) < C(T_2)$, то вибирають найближче до T_1 значення T_2 таке, що $T_1 < T_2$; якщо виконується умова $C(T_1) > C(T_2)$, то вибирають найближче до T_2 значення T_3 , для якого справедлива нерівність $T_3 > T_2$. Якщо після цього виявиться, що $C(T_3) < C(T_1)$ і $C(T_3) < C(T_2)$, то значення T_3 є оптимальним МПІ ЗВТ АРТС. Якщо ж ця умова не виконується, продовжують перебір значень МПІ ЗВТ АРТС до знаходження оптимального значення, що задовольняє умові:

$$C(T_n) = \min[C(T_{n-2}); C(T_{n-1}); C(T_n)]. \quad (15)$$

Оптимальне значення МПІ ЗВТ АРТС дорівнює T_n , що отримане з умови (15).

Висновки

Таким чином, в статті розглянуто метод оптимізації МПІ ЗВТ АРТС з урахуванням контрольних допусків на їх МХ, критеріїв призначення ЗВТ АРТС, типів вимірювальних задач, що розв'язуються за допомогою ЗВТ АРТС та способів проведення їх періодичної повірки. Запропонований метод оптимізації МПІ ЗВТ АРТС забезпечує мінімум витрат на повірку і ремонт ЗВТ АРТС при дотриманні встановлених вимог до їх надійності.

Література

1. Бабков Ю.П. Основы теории надежности, технического обслуживания и ремонта вооружения и военной техники войск ПВО Сухопутных войск /

Ю.П. Бабков, Г.В. Иванец, Н.П. Клеценогов. – Х.: ХВУ, 1996. – 176 с.

2. Исследование и обоснование развития средств измерений и контроля военного назначения: отчёт о НИР (промежуточный): 7-10 / Харьковск. воен. университет; рук. Шишов В.В.; исполн. Пономарёв В.И. – Х., 1996. – 125 с. – № 202/197.

3. Чинков В.Н. Анализ влияния межповерочных интервалов войсковых средств измерительной техники на эффективность и боеготовность вооружения и военной техники / В.Н. Чинков, А.Е. Мельниченко // 36. наук. пр. ХВУ. – Х.: ХВУ, 2003. – Вып. 5 (43). – С. 423-427.

4. Георгиев О.Ю. Методические основы планирования ремонтных и поверочных работ / О.Ю. Георгиев, Г.А. Георгиева // Измерительная техника. – 1991. – № 6. – С. 60-61.

5. Усачев А.В. Оперативное планирование поверки средств измерений сложных технических систем / А.В. Усачев // Измерительная техника. – 2001. – №10. – С. 69-71.

6. Чинков В.Н. Метод корректировки межповерочного интервала средств измерительной техники техники / В.Н. Чинков, А.Е. Мельниченко // 36. наук. пр. ХВУ. – Х.: ХВУ, 2003. – № 7, т.3. – С. 181-186.

7. Яцук В. Підвищення метрологічної надійності засобів вимірювань у робочих умовах експлуатації / В. Яцук // Вимірювальна техніка та метрологія. – 2002. – № 60. – С. 98-102.

8. Бойко О.В. Підвищення метрологічної надійності вимірювальних каналів енергетичних об'єктів / О.В. Бойко, П.Г. Столярчук, В.О. Яцук, Б.І. Крохмальний // Вісник Національного ун-ту "Львівська політехніка". – 2003. – № 487. – С. 33-36.

9. Метрологія та вимірювальна техніка: підр. для ВНЗ / Є.С. Поліщук, М.М. Дорожовець, В.О. Яцук та ін.; за ред. проф. Є.С. Поліщука. – Л.: Вид-во "Бескид Біт", 2003. – 544 с.

10. МИ 2187-91. Рекомендация. ГСИ. Методы определения межповерочных и межкалибровочных интервалов средств измерений. – СПб.: НПО "ВНИИМ им. Д.И. Менделеева", 1992. – 31 с.

11. Екимов А.В. Надежность средств электроизмерительной техники / А.В. Екимов, М.И. Ревяков. – Л.: Энергоатомиздат, 1986. – 207 с.

Надійшла до редакції 25.04.2008

Рецензент: д-р техн. наук, професор, провідний науковий співробітник Г.В. Худов, Харківський університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, Харків.

**ВОПРОСЫ ОПТИМИЗАЦИИ МЕЖПОВЕРОЧНЫХ ИНТЕРВАЛОВ
СРЕДСТВ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ АВИАЦИОННЫХ
РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Ю.А. Фтемов

В статье предложен метод оптимизации межповерочных интервалов средств измерительной техники авиационных радиотехнических систем с учетом контрольных допусков на их метрологические характеристики, критериев назначения средств измерительной техники авиационных радиотехнических систем, типов измерительных задач, решаемых с помощью средств измерительной техники авиационных радиотехнических систем и способов проведения их периодической поверки. Его сущность заключается в поиске такого значения межповерочного интервала, при котором функция расходов на поверку и ремонт средств измерительной техники авиационных радиотехнических систем принимает минимальное значение при определенных ограничениях на показатели их метрологической надежности. Следовательно, рассмотренный метод оптимизации межповерочных интервалов средств измерительной техники авиационных радиотехнических систем обеспечивает минимум расходов на поверку и ремонт средств измерительной техники авиационных радиотехнических систем при соблюдении установленных требований к их надежности.

Ключевые слова: оптимизация, надежность, средства измерительной техники, авиационные радиотехнические системы, контрольный допуск, межповерочный интервал, метрологическая характеристика.

**QUESTIONS OF OPTIMIZATION OF INTERTEST INTERVALS
OF FACILITIES OF MEASURING TECHNIQUE OF THE AVIATION
RADIO ENGINEERING SYSTEMS**

Y.O. Ftemov

In the article the method of optimization of intertest intervals of facilities of measuring technique of the aviation radio engineering systems is offered taking into account control admittances on their metrological descriptions, criteria of setting of facilities of measuring technique of the aviation radio engineering systems, types of measuring tasks, decided by facilities of measuring technique of the aviation radio engineering systems and methods of leadthrough of their periodic check. Its essence consists in the search of such value of intertest interval at which the function of charges on a check and repair of facilities of measuring technique of the aviation radio engineering systems takes on a minimum value at certain limits on their metrological reliability indexes. Consequently the considered method of optimization of intertest intervals of facilities of measuring technique of the aviation radio engineering systems is provided by a minimum of charges on a check and repair of facilities of measuring technique of the aviation radio engineering systems at the observance of the set requirements to their reliability.

Key words: optimization, reliability, facilities of measuring technique, aviation radio engineering systems, control admittance, intertest interval, metrology description.

Фтемов Юрій Олександрович – канд. техн. наук, начальник Наукового центру Сухопутних військ Львівського інституту Сухопутних військ Національного університету “Львівська політехніка”, Львів, Україна, e-mail: ftemovu@rambler.ru.