

**МЕТОДИКА ОПТИМИЗАЦИИ МЕЖПОВЕРОЧНЫХ ИНТЕРВАЛОВ
СРЕДСТВ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ
ПРИ ОГРАНИЧЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ
ОБ ИХ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ОТКАЗАХ**

д.т.н., проф. В.Н. Чинков, А.Е. Мельниченко

В статье предлагается методика оптимизации межповерочных интервалов средств измерительной техники при ограниченной статистической информации о их метрологических отказах на основе комплексного критерия эффективности.

Постановка проблемы. Научная проблема определения межповерочных интервалов (МПИ) при метрологическом обслуживании средств измерительной техники (СИТ) является актуальной, начиная с того времени, когда были введены обязательные поверки (калибровки) СИТ, как одна из форм метрологического надзора над СИТ с целью определения их пригодности к применению [1]. Однако до сих пор эта задача не нашла своего оптимального решения, и МПИ в ходе эксплуатации СИТ устанавливаются, как правило, директивно, без соответствующего научного обоснования и учета текущего состояния метрологических характеристик СИТ. Поэтому разработка методики оптимизации МПИ СИТ является актуальной.

Анализ литературы. Задача задания и корректировки МПИ СИТ имеет важное технико-экономическое значение не только для метрологического обслуживания самих СИТ, но и опосредованно для всех тех объектов, для измерительного контроля которых используются эти СИТ. Можно выделить два основных направления исследований, которые доминировали в решении указанной задачи.

Одни авторы, так или иначе связанные с производством, при определении МПИ СИТ отдают предпочтение экономическим критериям, учитывающим, в первую очередь, затраты на проведение поверки СИТ и потери от эксплуатации метрологически неисправных СИТ [2]. Принципиальным недостатком такого подхода является то, что при определении МПИ СИТ не учитывается реальное техническое и метрологическое со-

стояния СИТ. Другие авторы при определении МПИ СИТ исходят из технических критериев, чаще всего вероятности безотказной работы СИТ со скрытым отказом за МПИ [3]. Явные отказы СИТ, обычно внезапные, фиксируются сразу же после их появления и неисправные СИТ выводятся из эксплуатации. При таком подходе достоверность назначения МПИ СИТ существенным образом зависит от наличия информации (статистических данных) о метрологических отказах СИТ, которая, в силу объективной сложности ее сбора, как правило, отсутствует.

Таким образом, для решения задачи оптимизации МПИ СИТ необходимы новые подходы, учитывающие ограниченность исходной статистической информации о метрологическом состоянии СИТ.

Цель статьи заключается в разработке методики определения МПИ СИТ в условиях ограниченности статистической информации о метрологических отказах СИТ.

Изложение основного материала исследований. Метрологическое обслуживание СИТ необходимо организовывать таким образом, чтобы каждое СИТ удовлетворяло двум требованиям: находилось в эксплуатации как можно дольше и при этом вероятность его безотказной работы $P(t)$ была не меньше допустимой (заданной) P_0 .

Первое требование характеризуется коэффициентом готовности [4]:

$$k_r = T / (T + t_n), \quad (1)$$

где T – установленный (заданный) МПИ для данного СИТ; t_n – время, отведенное на поверку и ремонт СИТ, или время простоя СИТ.

Второе требование к метрологическому обслуживанию СИТ определяется неравенством

$$P(T) \geq P_0, \quad (2)$$

где $P(T)$ – вероятность безотказной работы СИТ в конце МПИ.

Очень часто по отношению к метрологическому обслуживанию СИТ ограничиваются лишь требованием (2), даже не упоминая о коэффициенте готовности. Однако и в этом случае задаются "разумным" допустимым значением вероятности безотказной работы СИТ P_0 , которое можно обеспечить, сохраняя их МПИ, а значит, и значение коэффициента готовности достаточно большим.

Для составления комплексного показателя эффективности эксплуатации СИТ необходимо, прежде всего, иметь модель эксплуатации СИТ, например, предложенную в [5].

Распределение метрологических отказов СИТ, которые вызываются монотонным постепенным изменением (“старением”) параметров СИТ, хорошо описывается законом распределения Вейбулла [6]:

$$P_M(t) = e^{-\lambda_M t^\alpha},$$

где λ_M – интенсивность метрологических отказов СИТ; α – параметр закона распределения Вейбулла, определяемый за МПИ СИТ.

На основании принятой модели эксплуатации и закона распределения метрологических отказов СИТ, показатель эффективности их эксплуатации, с учетом выражения (1), представим в виде:

$$W(\theta) = P_M^{(\theta/T)^\alpha} \cdot \left(\frac{\theta}{\theta + t_n} \right)^n, \quad (3)$$

где P_M – вероятность безотказной работы СИТ по метрологическим отказам в течение текущего МПИ $(0, T)$; t_n – длительность простоя СИТ; θ – вновь установленный (скорректированный) МПИ СИТ.

Тогда для критерия оптимизации МПИ СИТ имеем:

$$\max W(\theta) \Big|_{\theta=\theta_0} = \max \left[P_M^{(\theta/T)^\alpha} \left(\frac{\theta}{\theta + t_n} \right)^n \right] \Big|_{\theta=\theta_0}$$

при ограничениях $P_M(\theta) \geq P_0$; $\kappa_r(\theta) \geq \kappa_0$,

где P_0 , κ_0 – заданные значения вероятности безотказной работы (по метрологическим отказам) и коэффициента готовности СИТ; θ_0 – оптимальное, при заданных ограничениях, значение МПИ СИТ.

Используя выражение (3), вычислим производную $dW/d\theta$ и приравняем ее нулю, получим

$$\frac{\alpha \ln P_M}{T^\alpha} \theta^\alpha + \frac{nt_n}{\theta + t_n} = 0. \quad (4)$$

В общем случае данное уравнение можно решить только приближенно. Поэтому рассмотрим характерный частный случай, приняв естественное условие $\theta \gg t_n$, т.е. МПИ СИТ значительно превосходит время простоя t_n , что соответствует реальной ситуации. При таком условии для уравнения (4) запишем

$$\frac{\alpha \ln P_M}{T^\alpha} \theta^\alpha + \frac{nt_n}{\theta_n} = 0,$$

откуда находим оптимальное значение θ_0 МПИ СИТ:

$$\theta_0 = \left(\frac{nt_n T^\alpha}{-\alpha \ln P_M} \right)^{\frac{1}{\alpha+1}}. \quad (5)$$

Эта формула является достаточно простой для инженерных вычислений оптимального значения МПИ СИТ, корректируемого в процессе эксплуатации СИТ.

Внешне в формуле (5) не учтены такие важные параметры, как наработка СИТ, характеристики их режимов работы и т.д. Но все эти данные, в конечном счете, реализуются в значениях вероятности безотказной работы P_m , определяемой по результатам поверки.

Вывод. Предложена методика определения и корректировки МПИ СИТ, позволяющая учитывать наличие скрытых, метрологических отказов СИТ, обнаруженных при их метрологическом обслуживании в процессе эксплуатации.

Дальнейшие исследования планируется проводить в направлении совершенствования научно-методических и прикладных основ оптимизации МПИ СИТ с учетом как явных, так и метрологических отказов СИТ.

ЛИТЕРАТУРА

1. ДСТУ 2682-94. Державна система забезпечення єдності вимірювань. Метрологічне забезпечення. Основні положення. – К.: Держстандарт України, 1994. – 16 с.
2. Минько Э.В., Поз В.А., Лысов О.Е. Экспериментальная экономика-математическая модель определения межповерочных интервалов средств измерений // Метрология. – 1977. – № 10. – С. 56 – 60.
3. Ленюк Г.К., Савченко А.Г., Филиппов В.Е. Об установлении межповерочных интервалов средств измерений с любым распределением безотказной работы // Измерительная техника. – 1984. – № 8. – С. 8 – 10.
4. ГОСТ 27.002-89. ГСИ. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов. – 36 с.
5. Чинков В.Н., Мельниченко А.Е. Метод корректировки межповерочного интервала средств измерительной техники // Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Автоматика та приладобудування. – Х.: НТУ “ХПІ”. – 2003. – № 7. – Т. 3. – С. 181 – 186.
6. Математическая теория надежности // Р. Барлоу, Ф. Прошан; Под ред. Б.В. Кузнецова. – М.: Сов. радио, 1969. – 487 с.

Поступила 3.09.2003

ЧИНКОВ Виктор Николаевич, доктор технических наук, профессор, профессор Харьковского военного университета. В 1962 году окончил ХПИ. Область научных интересов – метрологическое обеспечение вооружения и военной техники.

МЕЛЬНИЧЕНКО Александр Евгеньевич, адъюнкт ХВУ. В 1998 году окончил ХВУ.
Область научных интересов – метрологическое обеспечение вооружения и военной техники.
