

УДК 681.6

А.П. ВОЛОБУЕВ

Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Украина

К ЗАДАЧЕ ОПТИМИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ И ПЕРЕДАЧИ РАЗМЕРОВ ЕДИНИЦ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Показана связь процесса совершенствования поверочной деятельности метрологической службы и процесса повышения эффективности ее функционирования. Рассмотрена постановка задачи оптимизации системы воспроизведения и передачи размеров единиц физических величин по критерию метрологической надежности. В качестве критерия метрологической надежности предложено использовать коэффициент метрологической исправности средств измерительной техники. Указано на целесообразность разработки математической модели системы воспроизведения и передачи размеров единиц физических величин.

метрологическая служба, средства измерительной техники, метрологическая надёжность, система воспроизведения и передачи размеров единиц физических величин, критерии оптимизации

Введение

Формулирование проблемы. Качество процесса совершенствования поверочной деятельности метрологической службы является одним из основополагающих факторов повышения эффективности ее функционирования, что актуализирует задачу оптимизации систем воспроизведения и передачи размеров единиц физических величин. Известен ряд работ [1 – 5], посвященных вопросам оптимизации систем воспроизведения и передачи размеров единиц физических величин. В них в качестве критериев оптимизации авторы предлагают использовать: максимум интегрального показателя качества системы воспроизведения единиц физических величин и передачи их размеров, минимум условно-годовых затрат на обеспечение единообразия средств измерительной техники средств измерительной техники (СИТ), минимум затрат на транспортировку СИТ и т.д. Особенностью применяемых критериев есть отсутствие учета взаимосвязи характеристик систем воспроизведения и передачи размеров единиц физических величин с метрологической надёжностью СИТ.

Цель статьи. В общем виде поставить задачу оптимизации систем воспроизведения и передачи размеров единиц физических величин по критерию метрологической надёжности.

Результаты исследований

Известно, что одной из основных целей деятельности метрологической службы является обеспечение единообразия СИТ [6]. Для этого задействуются различные средства, как технические, нормативные так и организационные. К техническим средствам относятся первичные, вторичные и рабочие эталоны, а также вспомогательные средства, используемые при проведении поверок. К нормативным средствам относятся нормативно-техническая документация, которая определяет порядок передачи размеров единиц физических величин, устанавливает требования к методикам поверки, регламентирует порядок и правила поверочной деятельности и т.д. К организационным средствам обеспечения единообразия СИТ можно отнести саму метрологическую службу.

Технические и нормативные средства обеспечения единообразия СИТ одной физической величины представляют собой упорядоченные системы СИТ и документов. На практике их принято называть системами воспроизведения и передачи размеров единиц физической величины [6].

Целью деятельности направленной на создание, совершенствование и поддержание в работоспособном состоянии систем воспроизведения и передачи размеров единиц физических величин от эталонов к СИТ, является повышение метрологической надёжности

СИТ на етапі експлуатації [1]. Поєтому при аналізі методів підвищення метрологічної надійності СИТ особе місце займають методи оптимізації систем виробництва і передачі розмірів одиниць фізических величин.

Структура постановки задачі оптимізації системи виробництва і передачі розмірів одиниць фізических величин повинна включати цєлевую функцію, обмеження метрологіческого, техніческого, організаційного і економіческого характера, а також совокупності уравнений, описывающих нарастание погрешности СИТ при передаче размера единицы физической величины в системе и уравнений для определения необходимого числа исходных эталонов в зависимости от числа СИТ, их размещения в стране, межповерочных интервалов СИТ и дислокации поверочных органов.

В качестве критерия оптимізації примем коэффициент метрологіческой исправности СИТ данного вида измерений при n -м варианте построения системы воспроизведения единиц физических величин и передачи их размеров:

$$k_{мин} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{mg}} k_{mii} \frac{N_{mi} H_i}{S_i^2}}{\sum_{i=1}^{N_{mg}} \frac{N_{mi} H_i}{S_i^2}}, \quad (1)$$

где k_{mii} – коэффициент метрологіческой исправности СИТ i -го типа; N_{mi} – число СИТ i -го типа; H_i – число измерений в единицу времени СИТ i -го типа; H_{me} – число типов СИТ данного вида измерений; S_i – предел допускаемой основной погрешности Δ_i или доверительная основная погрешность δ_i СИТ i -го типа.

Оптимальное значение коэффициента метрологіческой исправности системы определяется из условия максимума коэффициента метрологіческой исправности средств измерительной техники данного вида для n -го варианта построения системы

$$k_{mi} = \max_n \{k_{мин}\}, \quad (2)$$

при выполнении следующих условий в каждом поверочном органе (m) и каждом разряде исходных эталонов (g):

$$V_{mg} \leq \tilde{V}_{mg}, \quad (3)$$

$$K_{mg} \geq \tilde{K}_{mg}, \quad (4)$$

$$C_{mg} \leq \tilde{C}_{mg}. \quad (5)$$

В неравенствах (3 – 5) слева находятся обеспечиваемые системой векторы объемов поверок V_{mg} , показателей качества поверки K_{mg} и затрат на функционирование системы C_{mg} , а справа – векторы их предельно допустимых значений, обусловленных метрологіческими требованиями, техническими и экономическими ограничениями.

Принципиальным является то, что k_{mi} определяется только по парку средств измерительной техники. Из этого следует, что положительный эффект от совершенствования системы воспроизведения и передачи размеров единиц физических величин определяется повышением качества измерений, а показатель эффективности этой системы должен являться функционалом, построенным на множестве средств измерительной техники, применяемых в стране, регионе или предприятии.

Из соотношения (1) видно, что коэффициент метрологіческой исправности $k_{мин}$ является функцией коэффициента метрологіческой исправности k_{mii} средств измерительной техники i -го типа. В свою очередь величина коэффициента метрологіческой исправности k_{mii} средств измерительной техники i -го типа зависит от межповерочных интервалов и показателей качества поверок, определяемых структурой поверочной схемы, соотношениями погрешностей эталонов и средств измерительной техники, а также контрольными допусками.

Поэтому приведенные выше соотношения оптимізаційної задачі необхідно доповнити уравнениями, устанавливающими зависимость k_{mi} от параметров

принятой системы воспроизведения единицы и передачи ее размера [1]:

$$\delta_{t+1} = \varepsilon * \left[\bigcup_{f=0}^{t+1} \xi_{\zeta f} \right] * \left[\bigcup_{f=0}^t k_{cm}(N_f - 1, P_f) \sigma_{t+1} \right], \quad (6)$$

где δ_{t+1} – основная погрешность СИТ, находящегося на $(t+1)$ -й ступени поверочной схемы; ε – не исключенная систематическая погрешность воспроизведения единицы физической величины первичного эталона; $\xi_{\zeta f}$ – нестабильность СИТ; N_f – число независимых измерений при поверке; $k_{cm}(N_f - 1, P_f)$ – коэффициент распределения Стьюдента при числе степеней свободы $(N_f - 1)$ и доверительной вероятности P_f ; σ_{t+1} – среднее квадратическое отклонение случайной составляющей погрешности измерений при поверке средства измерительной техники, находящегося на $(t+1)$ -й ступени поверочной схемы [1]:

$$\sigma_{t+1} = \sqrt{\frac{\sigma_f^2 + \sigma_{f+1}^2 + \sigma_{mf}^2}{N_f}}, \quad (7)$$

где σ_f – среднее квадратическое отклонение случайной погрешности эталона; σ_{f+1} – среднее квадратическое отклонение случайной погрешности поверяемого средства измерительной техники; σ_{mf} – среднее квадратическое отклонение случайной погрешности метода измерений.

В формуле (6) символом * обозначена операция стохастического суммирования.

Заключение

В статье представлена постановка задачи оптимизации системы воспроизведения и передачи размеров единиц физических величин по критерию метрологической надёжности.

Дальнейшие исследования целесообразно направить на разработку математической модели

системы воспроизведения и передачи размеров единиц физических величин.

Литература

1. Кудрявцев О.А., Семенов Л.А., Фридман А.Э. Математическое моделирование систем обеспечения единства измерений (состояние и перспективы) // Физические проблемы точных измерений. – Л.: Энергоатомиздат, 1984. – С. 8-15.
2. МИ 2147-91. Рекомендация. ГСИ. Воспроизведение единиц и передача их размеров. Основные положения. – С.-П.: НПО “ВНИИМ им. Д.И. Менделеева”, 1991. – 11 с.
3. Маликова Х.О. Проблемы оптимизации системы нормативно-правовых и нормативно-технических основ обеспечения единства измерений // Законодательная и прикладная метрология. – 2006. – № 5. – С. 12-16.
4. Лахов В.М., Ханов Н.И., Слаев В.А. Эталонная база России – материальная научно-техническая основа обеспечения единства измерений в стране // Приборы. – 2001. – № 1 (7). – С. 1-4.
5. Каминский В.Ю. Методология синтеза систем воспроизведения единиц физических величин и передачи их размеров // Измерительная техника. – 1992. – № 11. – С. 6-7.
6. Васильев А.И., Зеленцов Б.П., Цибина А.А. О некоторых вопросах совершенствования системы обеспечения единства измерений // Измерительная техника. – 1976. – № 4. – С. 8-10.

Поступила в редакцию 3.03.2008

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Г.В. Худов, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожуба, Харьков.