

4. **Gibbon G. A.** Brief History of LIMS // Laboratory Automation and Information Management. 1996. Is. 32. P. 1—5.

5. **Скобелев Д. О., Зайцева Т. М.** Лабораторные информационные менеджмент-системы (ЛИМС) // Заводская лаборатория. 2009. № 12. С. 57—62.

6. **ASTM E 1578** — 06 «Standard Guide for Laboratory Information Management Systems (LIMS)».

7. **ГОСТ Р 53798—2010.** Стандартное руководство по лабораторным информационным менеджмент-системам (ЛИМС).

8. **Hillhouse B.** Интеграция LabWare LIMS и SAP R/3 QM. // Лабораторные информационные системы и системы управления производством (LIMS&MES). М.: Изд-во ООО «МИТ», 2008. С. 100—117.

9. **Strategic Directions International, Inc.** World survey of LIMS users, 2007. // Лабораторные информационные системы и системы управления производством (LIMS&MES). М.: Изд-во ООО «МИТ». 2008. С. 248—255.

Дата принятия 17.05.2010 г.

621.3.083.8

Анализ достоверности метода контрольных проверок при определении технического состояния средств измерений в межповерочном интервале

В. Н. ЧИНКОВ

Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков, Украина, e-mail: Kuchuk56@mail.ru

Исследовано влияние ошибок первого и второго рода при метрологическом обеспечении средств измерений, которые подвергаются контрольным проверкам их технического состояния, проводимым в дополнение к периодическим поверкам в межповерочном интервале.

Ключевые слова: средство измерений, контрольная проверка, межповерочный интервал, ошибки первого и второго рода.

The influence of the first and second kind errors at metrological support of measuring instruments under control checkups of their technical state carried out in addition to periodical verifications in interverification interval is analyzed.

Key words: measuring instrument, control checkup, interverification interval, first and second kind errors.

Метод контрольных проверок средств измерений (СИ), проводимых в межповерочном интервале (МПИ) дополнительно к периодическим поверкам и калибровкам этих СИ, является одним из направлений совершенствования метрологического обеспечения СИ в местах установки по их текущему состоянию [1—3].

Исследования метода контрольных проверок показали [1, 2], что его применение позволяет повысить метрологическую надежность СИ за счет информационной избыточности, создаваемой контрольными проверками. В [4] предложен методический аппарат для синтеза параметров эксплуатации СИ, в том числе для корректировки их МПИ, по различным комплексным показателям эффективности при условии проведения дополнительных контрольных проверок.

В соответствии с предложенной в [1] моделью эксплуатации СИ после каждой контрольной проверки выполняются текущие поверки тех СИ, которые по результатам текущей контрольной проверки признаны неисправными. Очеред-

ным периодическим поверкам подвергаются все СИ, находящиеся в эксплуатации к концу МПИ. Во время каждой контрольной проверки определяется техническое состояние СИ, содержащих исправные и неисправные образцы. При их идентификации в силу ряда объективных и субъективных причин возможны ошибки первого и второго рода, вероятности которых являются общепринятыми показателями достоверности качества процессов контроля [5]. Однако ни в одной из работ, опубликованных в этой области, не рассматривается влияние указанных ошибок как показателей достоверности на результаты поверки или калибровки СИ. Поэтому цель данной статьи — анализ ошибок первого и второго рода при метрологическом обеспечении СИ с проведением дополнительных контрольных проверок в МПИ СИ и учет таких ошибок, если в этом есть необходимость.

Напомним, что согласно предложенной модели эксплуатации СИ очередной поверке подвергаются все приборы, находящиеся в эксплуатации к концу МПИ [1]. Несмотря на то, что СИ в интервале МПИ подвергаются контрольным

проверкам, их состояние до проведения соответствующей проверки будем считать известным. Очевидно, во время очередной контрольной проверки в группе СИ могут находиться как исправные, так и неисправные приборы. При их идентификации возможны ошибки первого и второго рода. Ошибка первого рода состоит в том, что исправный образец принимается по результатам контроля неисправным ($и \rightarrow н$), а ошибка второго рода — в том, что неисправный образец считается исправным ($н \rightarrow и$).

Введем следующие понятия вероятностей для состояний СИ при их контрольных проверках. Пусть вероятность обнаружения метрологического отказа СИ равна α , т. е. α — это вероятность того, что неисправное СИ по результатам контрольной проверки будет принято неисправным ($н \rightarrow н$):

$$P(н | н) = \alpha. \quad (1)$$

Противоположное событие состоит в том, что неисправное СИ по результатам контрольной проверки будет принято исправным ($н \rightarrow и$), т. е. будет допущена ошибка второго рода, вероятность которой

$$P(и | н) = 1 - \alpha. \quad (2)$$

Пусть вероятность того, что исправное СИ по результатам контрольной проверки будет принято исправным ($и \rightarrow и$):

$$P(и | и) = \beta. \quad (3)$$

Противоположное событие состоит в том, что исправное СИ по результатам контрольной проверки признается неисправным ($и \rightarrow н$), т. е. будет допущена ошибка первого рода, вероятность которой

$$P(н | и) = 1 - \beta. \quad (4)$$

Используя формулу полной вероятности, можно определить априорную вероятность $P_a(н)$ того, что то или иное СИ является неисправным в конце цикла контрольной проверки. Для такой вероятности

$$P_a(н) = P(н | н) P(н) + P(н | и) P(и), \quad (5)$$

где $P(н | н)$, $P(н | и)$ — условные вероятности, определенные по (1), (4); $P(н)$, $P(и)$ — вероятности отказа СИ и исправного состояния СИ в конце цикла контрольной проверки, соответственно; очевидно, $P(н) + P(и) = 1$.

Аналогично определим априорную вероятность исправного состояния СИ в конце контрольной проверки:

$$P_a(и) = P(и | и) P(и) + P(и | н) P(н), \quad (6)$$

где $P(и | и)$, $P(и | н)$ — условные вероятности, определенные по (3), (2).

С учетом равенств (1) — (4) формулы для априорных вероятностей (5), (6) запишем следующим образом:

$$P_a(н) = \alpha P(н) + (1 - \beta) P(и); \quad (7)$$

$$P_a(и) = \beta P(и) + (1 - \alpha) P(н). \quad (8)$$

Левую и правую части выражений (7), (8) умножим на N — общее количество СИ однородной группы, находящихся в эксплуатации. Получим

$$NP_a(н) = \alpha P(н)N + (1 - \beta) P(и)N; \quad (9)$$

$$NP_a(и) = \beta P(и)N + (1 - \alpha) P(н)N. \quad (10)$$

В соотношениях (9), (10) введем следующие обозначения:

$c(i) = NP_a(н)$ — количество СИ, признанных неисправными в i -м цикле контрольной проверки;

$b(i) = NP(н)$ — количество СИ, отказавших к концу i -го цикла контрольной проверки, точнее их математическое ожидание;

$NP(и) = [1 - P(н)]N = N - NP(н) = N - b(i)$ — количество СИ, признанных исправными к концу i -го цикла контрольной проверки;

$u(i) = NP_a(и)$ — количество СИ, признанных исправными по результатам i -го цикла контрольной проверки.

С учетом введенных обозначений (9), (10) запишем в виде

$$c(i) = \alpha b(i) + (1 - \beta) [N - b(i)];$$

$$u(i) = \beta [N - b(i)] + (1 - \alpha) b(i). \quad (11)$$

Рассмотрим подробнее две составляющие, входящие в (11): $c_1(i) = \alpha b(i)$ — количество неисправных СИ, признанных неисправными в результате i -го цикла контрольной проверки; $c_2(i) = (1 - \beta) [N - b(i)]$ — количество исправных СИ, признанных неисправными в результате ошибок первого рода.

Естественно, что все СИ, признанные неисправными, подлежат замене. Поэтому, как следует из (11), наличие ошибок первого рода приводит к необходимости дополнительного увеличения количества СИ обменного фонда для выполнения необходимых замен.

В дальнейшем все $c(i)$ СИ, признанные неисправными, подвергаются текущей проверке при условии, что она проводится с повышенной достоверностью, а ошибки первого и второго рода исключены. В результате получим подтвержденное экспериментально количество неисправных СИ в конце i -го цикла контрольной проверки:

$$c_3(i) = \alpha b(i). \quad (12)$$

Используя (11), (12), найдем фактическое (действительное) количество неисправных СИ в конце i -го цикла контрольной проверки:

$$\Delta c(i) = c(i) - c_3(i) = (1 - \beta) [N - b(i)].$$

Таких уравнений будет $(m - 1)$, где m — количество циклов в течение МПИ, и они могут служить для уточнения вероятности β .

Основное значение текущей проверки СИ состоит в том, что по ее результатам и формуле (12) можно определить фактическое число СИ, отказавших к концу i -го цикла контрольной проверки:

$$c_3(i) = \alpha b_3(i). \quad (13)$$

С учетом равенства (13) уточним результаты поверки, основанной на методе контрольных проверок. В [1, 2] анализ процесса эксплуатации СИ выполнялся при условии, что число n СИ, отказавших в течение каждого цикла контрольной проверки, принято постоянным. Однако фактически это число является случайной величиной $n(i) = n_i$, которая изменяется от цикла к циклу контрольной проверки, а постоянное число n можно рассматривать как математическое ожидание этой случайной величины: $n = M[n_i]$. Принимая во внимание последнее равенство и линейное неоднородное уравнение [2]:

$$b(i+1) - (1 - \alpha)b(i) = n,$$

описывающее процесс эксплуатации СИ в пределах одного МПИ, получим

$$b(i) = (1 - \alpha)b(i-1) + n(i), \quad (14)$$

где $b(i)$, $n(i)$ — реализации случайных величин.

Для последнего m -го цикла контрольной проверки из (14) имеем

$$b(m) = (1 - \alpha)b(m-1) + n(m).$$

В конце МПИ проводится заключительная m -я контрольная проверка СИ, вслед за ней — очередная поверка, которой подвергаются все СИ, находящиеся в эксплуатации на последнем m -м цикле. По результатам очередной поверки устанавливается действительное количество $b_3(i)$ СИ, неисправных к концу m -го цикла контрольной проверки, и действительное количество $c_3(i)$ неисправных СИ, выявленных в результате этой проверки. По полученным данным можно уточнить значение коэффициента α , используя (13):

$$\alpha_3 = c_3(i)/b_3(i).$$

Если в течение некоторого времени эксплуатируется однородная по надежности группа СИ, то при правильной организации их стабильной эксплуатации коэффициент α_3 будет практически неизменным в течение, по крайней мере, двух-трех соседних МПИ. При необходимости в течение МПИ для

уточнения коэффициента α_3 можно провести либо внеочередную поверку, либо контрольную проверку.

Таким образом, проанализировано влияние ошибок первого и второго рода на результаты поверок СИ, которые подвергаются контрольным проверкам в межповерочном интервале, и даны рекомендации по уменьшению этого влияния, т. е. по повышению достоверности результатов поверок СИ по их текущему состоянию.

Л и т е р а т у р а

1. Кагановский С. А., Чинков В. Н. Модель эксплуатации средств измерений // Измерительная техника. 1990. № 8. С. 5—7; Kaganovskii S. A., Chinkov V. N. New model of measuring-instrument operation // Measurement Techniques. 1990. V. 33. N 8. P. 741—744.

2. Кривов А. С., Храпов Ф. И. Исследование влияния контрольных проверок технического состояния средств измерений на их метрологическую надежность // Измерительная техника. 1998. № 3. С. 19—22; Krivov A. S., Khrapov F. I. // Investigation of the influence of monitoring checks of the technical state of measuring instruments on their metrological reliability // Measurement Techniques. 1998. V. 41. N 3. P. 217—222.

3. Храпов Ф. И., Яшин А. В. Метод оценки эффективности проведения контрольных проверок технического состояния средств измерений // Измерительная техника. 2002. № 1. С. 27—28; Khrapov F. I., Yashin A. V. Estimating the Performance of State Checks on Means of Measurement // Measurement Techniques. 2002. V. 45. N 1. P. 40—42.

4. Чинков В. Н. Корректировка длительности межповерочных интервалов средств измерений по результатам контрольных проверок // Измерительная техника. 2009. № 2. С. 63—67.

5. Рейх Н. Н., Тупиченков А. А., Цейтлин В. Г. Метрологическое обеспечение производства: Учеб. пособие для ВИСМ / Под ред. Л. К. Исаева. М.: Изд-во стандартов, 1987.

Дата принятия 16.03.2010 г.

ВНИМАНИЮ АВТОРОВ!

Начинается выплата гонорара за издание статей в англоязычной версии журнала «Измерительная техника» (“MEASUREMENT TECHNIQUES”), опубликованных в русском издании в 2009 г. Выплата осуществляется Российским авторским обществом (РАО). Формы необходимых документов для получения гонорара размещены на сайте РАО: www.rao.ru, раздел «Автор (экспорт/импорт)».

Адрес РАО: 123995, Россия, Москва, ГСП-5, ул. Б. Бронная, 6-А, стр.1.

Телефон: (495) 697-33-35

Факс: (495) 609-93-63