МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)
INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЙ
СТАНДАРТИЗАЦИИ

РМГ 74—
2004

Государственная система обеспечения
единства измерений

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕЖПОВЕРОЧНЫХ И МЕЖКАЛИБРОВОЧНЫХ ИНТЕРВАЛОВ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2006

Предисловие

Цели, основные принципы и основной порядок проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0—92 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2—97 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Порядок разработки, принятия, применения, обновления и отмены»

Сведения о рекомендациях

1 РАЗРАБОТАНЫ Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева» (ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева») Госстандарта России

2 ВНЕСЕНЫ Госстандартом России

3 ПРИНЯТЫ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол № 25 от 26 мая 2004 г.)

За принятие проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
Армения	AM	Армстандарт
Казахстан	KZ	Госстандарт Республики Казахстан
Кыргызстан	KG	Кыргызстандарт
Молдова	MD	Молдова-Стандарт
Российская Федерация	RU	Госстандарт России
Таджикистан	TJ	Таджикстандарт
Туркменистан	TM	Главгосслужба «Туркменстандартлары»
Узбекистан	UZ	Узстандарт

4 В настоящих рекомендациях учтены основные положения международного документа № 10 МОЗМ «Руководство по определению межповерочных интервалов средств измерений, используемых в испытательных лабораториях»

5 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 2 марта 2005 г. № 35-ст межгосударственные рекомендации РМГ 74—2004 введены в действие непосредственно в качестве рекомендаций по метрологии Российской Федерации с 1 марта 2005 г.

6 ВЗАМЕН МИ 2187—92

Информация о введении в действие (прекращении действия) настоящих рекомендаций и изменений к ним публикуется в указателе «Руководящие документы, рекомендации и правила».

Информация об изменениях к настоящим рекомендациям и текст изменений публикуются в информационном указателе «Национальные стандарты»

7 ПЕРЕИЗДАНИЕ. Январь 2006 г.

© Стандартинформ, 2005
© Стандартинформ, 2006

В Российской Федерации настоящие рекомендации не могут быть полностью или частично воспроизведены, тиражированы и распространены в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЙ СТАНДАРТИЗАЦИИ

Государственная система обеспечения единства измерений

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕЖПОВЕРОЧНЫХ И МЕЖКАЛИБРОВОЧНЫХ ИНТЕРВАЛОВ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

State system for ensuring the uniformity of measurements.
Methods for determining the intervals of verification and calibration of measuring instruments

Дата введения — 2005—03—01

1 Область применения

Настоящие рекомендации распространяются на средства измерений (далее — СИ), в том числе рабочие СИ, первичные, вторичные и рабочие эталоны (образцовые СИ), подлежащие поверке или калибровке.

Рекомендации содержат методы определения межповерочных и межкалибровочных интервалов (далее — МПИ), основанные на предположении о непрерывном (с конечной случайной скоростью) изменении метрологических характеристик СИ в процессе эксплуатации или хранения.

Определены критерии установления МПИ, зависимости от МПИ показателей, соответствующих этим критериям, и алгоритм вычисления МПИ.

В приложениях А и Б даны рекомендации по методам расчета первоначального значения МПИ (первичного МПИ) на этапе утверждения типа СИ и методам корректировки МПИ групп СИ на этапе эксплуатации. Приложение В содержит рекомендации по порядку установления и корректировки МПИ.

2 Нормативные ссылки

В настоящих рекомендациях использованы нормативные ссылки на следующие межгосударственные стандарты:

ГОСТ 8.009—84 Государственная система обеспечения единства измерений. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений

ГОСТ 8.381—80 Государственная система обеспечения единства измерений. Эталоны. Способы выражения погрешностей

ГОСТ 8.565—99 Государственная система обеспечения единства измерений. Порядок установления и корректировки межповерочных интервалов эталонов

Примечание — При пользовании настоящими рекомендациями целесообразно проверить действие ссылочных стандартов по указателю «Национальные стандарты», составленному по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящими рекомендациями следует руководствоваться замененным (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяют в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины, определения и сокращения

3.1 В настоящих рекомендациях применены следующие термины с соответствующими определениями:

межповерочный (межкалибровочный) интервал: Промежуток времени или наработка между двумя последовательными поверками (калибровками) СИ.

Издание официальное

метрологическая исправность СИ: Состояние СИ, при котором все нормируемые метрологические характеристики (далее — МХ) соответствуют установленным требованиям.

метрологическая надежность СИ: Надежность СИ в части сохранения его метрологической исправности.

метрологический отказ СИ: Выход МХ СИ за установленные пределы.

стабильность СИ: Качественная характеристика СИ, отражающая неизменность во времени его МХ.

нестабильность МХ СИ: Изменение МХ СИ за установленный интервал времени.

Примечание — Если нестабильность СИ оценивают по одной из МХ, вместо этого термина можно употреблять термин «нестабильность СИ».

средняя нестабильность МХ СИ: Показатель нестабильности МХ СИ, равный математическому ожиданию нестабильности этой характеристики по группе СИ данного типа или по совокупности равных периодов эксплуатации одного СИ.

среднеквадратичное отклонение (далее — СКО) **нестабильности МХ СИ:** Показатель нестабильности МХ, отражающий рассеяние нестабильности в группе данного типа или в совокупности равных периодов эксплуатации одного СИ и равный квадратному корню из дисперсии.

доверительные границы нестабильности МХ СИ: Верхняя и нижняя границы интервала, охватывающего нестабильность МХ СИ с некоторой доверительной вероятностью.

вероятность метрологической исправности СИ: Показатель метрологической надежности СИ, равный вероятности того, что в заданный момент времени СИ окажется метрологически исправным.

вероятность работы СИ без метрологических отказов (вероятность безотказной работы): Показатель метрологической надежности (надежности) СИ, равный вероятности того, что в течение заданной наработки или заданного времени эксплуатации метрологический отказ (отказ) СИ не возникнет.

коэффициент метрологической исправности СИ: Показатель метрологической надежности СИ, равный средней доле МПИ, в течение которой СИ находилось в метрологически исправном состоянии.

средняя наработка до первого отказа СИ: Показатель надежности СИ, равный математическому ожиданию наработки СИ до первого отказа.

коэффициент готовности: Показатель надежности изделия, равный средней доле времени эксплуатации, в течение которой изделие находилось в работоспособном состоянии.

квантиль одномерного вероятностного распределения, соответствующий вероятности *P*: Такое значение x_P случайной величины x ($0 < x < \infty$), для которого $F(x_P) = P$, где $F(x)$ — интегральная функция распределения случайной величины x.

первичный МПИ: Первоначальное значение МПИ, устанавливаемое при утверждении типа СИ.

градуировка СИ: Определение градуировочной характеристики СИ.

условная вероятность ошибки измерительного контроля первого рода: Условная вероятность того, что по результатам измерительного контроля контролируемый параметр будет признан несоответствующим установленному допуску при условии, что фактическое значение этого параметра находится в поле допуска.

условная вероятность ошибки измерительного контроля второго рода: Условная вероятность того, что по результатам измерительного контроля контролируемый параметр будет признан соответствующим установленному допуску при условии, что фактическое значение этого параметра находится вне поля допуска.

функция преобразования СИ: Зависимость выходного сигнала СИ от измеряемой величины, параметров комплектующих элементов и влияющих факторов, характеризующих условия измерений.

функция чувствительности (МХ СИ к приращению параметра элемента СИ): Функция измеряемой величины, равная приращению МХ СИ в данной точке диапазона измерений при единичном приращении значения параметра элемента.

коэффициент чувствительности: Функция чувствительности, не зависящая от измеряемой величины.

3.2 В настоящих рекомендациях применены следующие сокращения:

СИ — средство измерений.

МПИ — межповерочный или межкалибровочный интервал.

МХ — метрологическая характеристика.

СКО — среднеквадратичное отклонение.

НД — нормативный документ.

4 Общие положения

4.1 По порядковому номеру с начала эксплуатации различают 1-й МПИ, 2-й МПИ и т. д.

При определении МПИ для совокупностей однотипных СИ, как правило, назначают единый МПИ для всех СИ вне зависимости от их возраста и порядкового номера поверки (калибровки).

4.2 Первичное значение МПИ, определяемое разработчиком СИ, вносят в эксплуатационную документацию (НД на методику поверки) и утверждают при проведении испытаний в целях утверждения типа.

В процессе эксплуатации это значение корректируется организациями, осуществляющими поверку (калибровку) СИ, с учетом ее результатов.

4.3 МПИ устанавливают в календарном времени для СИ, изменение МХ которых обусловлено старением (т. е. не зависит от интенсивности эксплуатации СИ) и в значениях наработки для СИ, изменение МХ которых является следствием износа элементов СИ (зависящего от интенсивности эксплуатации).

Их значения целесообразно выбирать в месяцах (эксплуатации или наработки) из ряда: 0,25; 0,5; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 15; 18; 21; 24; 30 и т. д. через 6 мес.

При определении интервала между калибровками СИ в других единицах времени (часах, сутках и др.) рекомендуется пользоваться этим же числовым рядом.

4.4 Определение МПИ осуществляют на основании моделирования зависимости показателей точности или метрологической надежности СИ от времени (наработки), прошедшего с момента последней поверки (калибровки).

4.5 Методы, содержащиеся в настоящих рекомендациях, основаны на моделировании процессов дрейфа МХ СИ обобщенным нормальным распределением или нормальным распределением.

4.5.1 Обобщенное нормальное распределение приращения $x(t)$ значения МХ СИ за время t означает, что нормальному распределению подчиняется значение $y(t) = \mathrm{sign}\ x\ |\ x\ |^F$, где $\mathrm{sign}\ x$ — знак величины $x(t)$; F — показатель степени, характерный для данного СИ. Плотность обобщенного нормального распределения случайной величины $x(t)$ имеет вид

$$\varphi_t(x) = \frac{|\ F\ |}{\sqrt{2\pi}\ \sigma_F(t)\ |\ x\ |^{1-F}} \exp\left\{ -\frac{[\mathrm{sign}\ x\ |\ x\ |^F - m_F(t)]^2}{2\sigma_F^2(t)} \right\}, \qquad (1)$$

где m_F, σ_F — среднее значение и СКО величины sign $x\ |x|^F$ соответственно.

4.5.2 В частном случае, при $F = 1$, зависимость (1) преобразуется в плотность нормального распределения

$$\varphi_{t(x)} = \frac{1}{\sigma_1(t)} \exp\left\{ -\frac{[x - m_1(t)]^2}{2\,\sigma_1^2(t)} \right\}. \qquad (2)$$

4.6 При моделировании изменения МХ СИ рекомендуется руководствоваться следующими положениями.

4.6.1 Определение МХ и их формы выражения должны соответствовать ГОСТ 8.009.

4.6.2 При установлении МПИ выбирают МХ, определяющую состояние метрологической исправности данного типа СИ, т. е. ту МХ, которая соответствует критерию исправности СИ (например, основная погрешность СИ; СКО случайной составляющей основной погрешности, если последняя существенна, и т. д.).

4.6.3 Если состояние метрологической исправности определяют несколько МХ, допускается выбирать те из них, по которым может быть достигнут наибольший процент забракования при поверке.

4.6.4 Если выбрать одну МХ в соответствии с 4.6.2 и 4.6.3 невозможно, следует определить ряд МПИ с учетом нестабильности каждой МХ и затем выбрать из них наименьший.

4.6.5 МПИ многозначных мер и измерительных приборов должен учитывать изменения МХ во всех проверяемых точках диапазона измерений. В тех случаях, когда такое моделирование приводит к неоправданному усложнению расчетов, допускается переходить к обобщенным характеристикам точности диапазона СИ в целом. В качестве этих характеристик рекомендуются:

- при оценке первичного МПИ на этапе разработки СИ по исходным данным о нестабильности комплектующих элементов — характеристики аддитивной и мультипликативной погрешностей СИ;

- при корректировке МПИ на этапе эксплуатации с учетом результатов поверок СИ данного типа — максимальная по абсолютному значению относительная или приведенная погрешность СИ, соответствующая рассматриваемому моменту времени; погрешность в граничной точке диапазона или другой

«опасной» точке (точка диапазона, в которой сравнительно велика вероятность превышения предела допускаемых значений погрешности).

При выборе нескольких обобщенных характеристик точности СИ следует определить значения МПИ, соответствующие процессам дрейфа каждой из этих характеристик, и в качестве МПИ СИ взять наименьший из них.

4.7 При определении МПИ следует учитывать способ поверки (калибровки) СИ. В настоящих рекомендациях рассмотрены следующие способы:

- установление действительных значений или градуировка (далее — градуировка) всех СИ, поступивших на поверку (далее — первый способ поверки);
- определение пригодности СИ к применению по нормам стабильности (с забракованием тех СИ, изменение действительного значения или градуировочной характеристики которых за МПИ превысило предел допускаемой нестабильности, установленный для СИ данного типа) и градуировка СИ, признанных годными (далее — второй способ поверки);
- определение пригодности СИ к применению с забракованием тех СИ, характеристика погрешности которых превышает по абсолютному значению предел ее допускаемых значений, установленный для СИ данного типа (далее — третий способ поверки).

5 Критерии установления межповерочных и межкалибровочных интервалов

5.1 Применяют критерии назначения МПИ двух видов — нормируемые показатели метрологической надежности (нестабильности) СИ и экономический критерий оптимальности МПИ, обеспечивающий максимальный экономический эффект эксплуатации СИ.

5.2 В качестве критериев — нормируемых показателей рекомендуется использовать следующие характеристики:

- предел допускаемых значений доверительных границ нестабильности МХ СИ v_P^* за МПИ при заданной доверительной вероятности P;
- предел допускаемых значений вероятности метрологической исправности СИ $P_{\text{м.и}}^*$ в момент очередной поверки (либо предел средней доли СИ, забракованных при поверке, $\varepsilon^* = 1 - P_{\text{м.и}}^*$);
- предел допускаемых значений коэффициента метрологической исправности СИ $K_{\text{м.и}}^*$;
- предел допускаемых значений вероятности работы СИ в течение МПИ без метрологических отказов $P_{\text{м}}^*$.

Примечание — $K_{\text{м.и}}^*$ является аналогом показателя надежности — коэффициента готовности.

5.3 Экономическим критерием оптимальности МПИ является условный минимум экономических издержек эксплуатации $W(T)$, отнесенных к единице времени и зависящих от значения МПИ T. Эти издержки складываются из убытков из-за погрешности СИ и расходов, связанных с проведением поверок (калибровок) и ремонтов СИ, забракованных при поверке.

5.4 Применяют следующие критерии:

а) при первом способе поверки и калибровке — v_P^* и $P_{\text{м.и}}^*$;

б) при втором и третьем способах поверки — $P_{\text{м.и}}^*$ и $K_{\text{м.и}}^*$; при этом метрологическая исправность СИ определяется как соответствие установленному в технической документации пределу допускаемых значений:

1) нестабильности МХ СИ — при втором способе;
2) МХ СИ — при третьем способе;

в) при третьем способе поверки в тех случаях, когда даже кратковременное нарушение метрологической исправности СИ может привести к катастрофическим последствиям — $P_{\text{м}}^*$;

г) экономический критерий можно применять при любом способе поверки и калибровке СИ.

5.5 Числовые значения критериев назначает:

- при проведении поверки — орган государственной метрологической службы, проводящий поверку СИ, по согласованию с предприятием (организацией), применяющим это СИ;
- при проведении калибровок — предприятие (организация), применяющее СИ.

5.6 Значение v_P^* следует устанавливать с учетом значения предела допускаемых значений характеристик погрешности СИ, указанного в межгосударственной (государственной) поверочной схеме (ГПС), а именно: значение доверительной вероятности P должно равняться доверительной вероятности, указанной в ГПС; значение предела допускаемых значений нестабильности МХ следует установить так,

чтобы доверительная погрешность δ (СКО суммарной погрешности S_Σ) не превышала предел допускаемых значений, указанный в ГПС.

Это означает выполнение следующих неравенств:

- если в ГПС нормируют δ, то

$$\delta\,(v_P^*) \le \delta\,, \tag{3}$$

где $\delta\,(v_P^*) = t_\Sigma S_\Sigma$, рассчитываемым по формулам:

$$S_\Sigma = \sqrt{S_\Theta^2 + \frac{S^2}{n} + \frac{(v_P^*)^2}{6{,}7}},$$

$$t_\Sigma = \frac{\Theta + t\,(n-1,\,P)\,\dfrac{S}{\sqrt{n}} + v_P^*}{S_\Theta + \dfrac{S}{\sqrt{n}} + \dfrac{v_P^*}{2{,}6}}$$ — квантиль распределения суммарной погрешности СИ,

где Θ и S_Θ — доверительная граница погрешности эталона (образцового СИ), применяемого для поверки, и ее СКО соответственно,

$t\,(n-1,\,P)$ — квантиль распределения Стьюдента при (n — 1) степени свободы и доверительной вероятности P;

n — число независимых измерений при поверке (калибровке);

- если в ГПС нормируют S_Σ , то

$$v_P^* \le 2{,}6\,\sqrt{S_\Sigma^2 - \frac{S^2}{n} - S_\Theta^2}\,. \tag{4}$$

5.7 При поверке вторым способом значение $P^*_{\text{м.и}}$ эталонов (образцовых СИ) и рабочих СИ рекомендуется принимать равным пределу допускаемых значений доверительной вероятности P, указанному в поверочной схеме, значение $K^*_{\text{м.и}}$ — равным $0{,}5(1 + P)$.

5.8 Как следует из 5.6 и 5.7, ГОСТ 8.381 и ГОСТ 8.565, для первичных и вторичных эталонов $P^*_{\text{м.и}} = 0{,}99$; $K^*_{\text{м.и}} = 0{,}995$; при определении v_P^* принимают $P = 0{,}99$.

5.9 При поверке рабочих эталонов (образцовых СИ) третьим способом рекомендуются значения критериев, указанные в таблице 1.

Т а б л и ц а 1 — Значения критериев метрологической надежности

Область применения рабочих эталонов (образцовых СИ)	$P^*_{\text{м.и}}$	$K^*_{\text{м.и}}$
Поверка СИ, применяемых в здравоохранении, экологии, при учете материальных ценностей, а также СИ, метрологический отказ которых может привести к значительным экономическим потерям	0,95 ... 0,99	0,975 ... 0,995
Поверка (калибровка) СИ, не связанных со здоровьем и жизнью людей, и СИ, метрологический отказ которых не вызывает большого ущерба	0,90 ... 0,95	0,95 ... 0,975

5.10 При поверке рабочих СИ рекомендуется увязывать значения критериев со значениями вероятности выполнения задачи, решаемой с участием данного СИ. Например, если нормируют коэффициент готовности $K^*_{\text{г}}$ комплекса из n технических средств, включающего в себя СИ, то

$$K^*_{\text{м.и}} \ge \frac{K^*_{\text{г}}}{\prod\limits_{i=1}^{n-1} K_{\text{г}i}}\,, \tag{5}$$

где $K_{\text{г}i}$, i = 1, ... , n – 1 — коэффициент готовности i-го технического средства.

5.11 При проведении обоснований по 5.10 рекомендуется учитывать, что погрешность измерений включает в себя не только основную погрешность СИ, но и другие составляющие (методическую погрешность, дополнительные погрешности и т. д.), а следовательно, измерительная задача может быть выполнена правильно и неисправным СИ. В этих случаях

$$K^*_{\text{м.и}} \geq \frac{P^*_{\text{з}} - P_{\text{з/н}}}{P_{\text{з/и}} - P_{\text{з/н}}}, \qquad (6)$$

где $P^*_{\text{з}}$ — требуемое значение вероятности выполнения измерительной задачи;

$P_{\text{з/и}}$, $P_{\text{з/н}}$ — условные вероятности выполнения измерительной задачи при условии, что СИ метрологически исправно или неисправно соответственно.

5.12 Если МПИ определяют по статистическим данным о нестабильности одной МХ из нескольких нормируемых либо в одной наиболее опасной точке диапазона измерений, значение критерия, определенное в соответствии с 5.6—5.10, следует скорректировать, приняв в расчет среднюю долю учитываемых отказов в общем потоке метрологических отказов СИ. В этом случае $P^*_{\text{м.и}}$, $K^*_{\text{м.и}}$ определяют следующим образом:

$$P^*_{\text{м.и}} = 1 - 0{,}01\omega\,(1 - P^{**}_{\text{м.и}});$$

$$K^*_{\text{м.и}} = 1 - 0{,}01\omega\,(1 - K^{**}_{\text{м.и}}), \qquad (7)$$

где $P^{**}_{\text{м.и}}$ ($K^{**}_{\text{м.и}}$) — значение критерия, определенное в соответствии с 5.6—5.10;

ω — средняя доля учитываемых метрологических отказов СИ, % (определяют путем статистической обработки результатов поверок СИ данной группы).

6 Исходные данные для определения межповерочных и межкалибровочных интервалов

6.1 Вероятностные характеристики процесса дрейфа МХ СИ, определяемые в соответствии с приложениями А и Б.

6.2 При проведении поверки вторым и третьим способами — предел Δ допускаемой нестабильности МХ (второй способ) или допускаемых значений МХ (третий способ).

6.3 При определении МПИ по критерию метрологической надежности (нестабильности) — значение критерия (v^*, $P^*_{\text{м.и}}$, $K^*_{\text{м.и}}$ или $P^*_{\text{м}}$) в соответствии с 5.2.

6.4 При определении МПИ по экономическому критерию — следующие данные:

а) средние экономические потери из-за погрешности измерений, отнесенные к единице времени, при условии, что МХ СИ равна x, $C_1(x)$:

1) при применении СИ для решения задач, эффективность выполнения которых тем выше, чем меньше погрешность измерений (СИ в системах автоматического управления, для торговли, учета материальных ресурсов, научных исследований, калибровки и поверки СИ первым способом)

$$C_1(x) = c_1 |x|^l; \qquad (8)$$

2) при применении СИ для решения задач, выполнение которых обусловлено метрологической исправностью СИ (СИ в системах аварийной защиты, сигнализации и др.)

$$C_1(x) = \begin{cases} 0, & -\Delta \leq x \leq \Delta, \\ c_1, & |x| > \Delta; \end{cases} \qquad (9)$$

3) при применении СИ для измерительного контроля (контроль качества продукции, контроль выполнения экологических, санитарно-гигиенических норм, поверка СИ вторым и третьим способами)

$$C_1(x) = V\,[q_1 P_1(x) + q_2 P_2(x)], \qquad (10)$$

где q_1, q_2 — средний экономический ущерб из-за ошибки контроля первого и второго рода соответственно,

$P_1(x)$, $P_2(x)$ — условные вероятности ошибок измерительного контроля первого и второго рода соответственно,

V — среднее число контролируемых параметров (объектов) в единицу времени;

б) переменная часть (не зависящая от числа поверок) C_2 средних затрат на проведение одной поверки СИ;

в) переменная часть C_3 средних затрат на проведение одного ремонта СИ:

1) при проведении поверки (ремонта) в сторонней организации C_2 (C_3) включает в себя стоимость

поверки (ремонта), транспортных расходов и недополученную прибыль из-за изъятия СИ из производственного процесса на период проведения поверки (ремонта);

2) при проведении поверки (ремонта) силами своей организации C_2 (C_3) включает в себя часть себестоимости поверки (ремонта), не зависящую от числа поверок (ремонтов) (заработная плата при сдельной оплате труда, расходуемые материалы, электроэнергия и т. д.), и недополученную прибыль из-за изъятия СИ.

7 Расчетные зависимости для оценивания критериев установления межповерочных и межкалибровочных интервалов

7.1 Доверительные границы нестабильности МХ СИ v_P^* за МПИ Т при доверительной вероятности P определяют по формуле

$$v_P(T) = \max\{[|m_F(T) - z_{0,5(1+P)}\sigma_F(T)|]^{1/F},\ [|m_F(T) + z_{0,5(1+P)}\sigma_F(T)|]^{1/F}\}, \qquad (11)$$

где $z_{0,5(1+P)}$ — квантиль плотности нормального распределения, соответствующий доверительной вероятности 0,5(1 + P);

m_F, σ_F — в соответствии с 4.5.1.

7.2 Вероятность метрологической исправности СИ в момент поверки при МПИ T определяют по формулам:

- при первом и втором способах поверки

$$P_{\text{м.и}}(T) = \Phi\left(\frac{\Delta^{F(T)} - m_F(T)}{\sigma_F(T)}\right) - \Phi\left(\frac{-\Delta^{F(T)} - m_F(T)}{\sigma_F(T)}\right), \qquad (12)$$

где $\Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{-\infty}^{z} e^{-0,5z^2}\,dz$ — интегральная функция нормированного нормального распределения;

- при третьем способе поверки

$$P_{\text{м.и}}(T) = \frac{\sum_{s=1}^{\infty} Q_s(T)}{1 + \sum_{s=1}^{\infty} Q_s(T)}, \qquad (13)$$

где $Q_s(T) = \max\{\Phi[B_j(T)] - \Phi[-A_j(T)], 0\}$,

$$A_1(T) = \frac{\Delta^{F(T)} + m_F(T)}{\sigma_F(T)}, \qquad B_1(T) = \frac{\Delta^{F(T)} - m_F(T)}{\sigma_F(T)},$$

а остальные слагаемые подсчитывают рекуррентно по формулам:

$$A_s(T) = \min\left[\frac{\Delta^{F(sT)} + m_F(sT)}{\sigma(sT_i)};\ A_{s-1}(T)\right],$$

$$B_s(T) = \min\left[\frac{\Delta^{F(sT_i)} - m_F(sT)}{\sigma_F(sT)};\ B_{s-1}(T)\right], \quad s = 2,3, \ldots .$$

7.3 Коэффициент метрологической исправности $K_{\text{м.и}}(t)$ вычисляют по формуле

$$K_{\text{м.и}}(T) = \frac{1}{T}\int_0^T P_{\text{м.и}}(t)\,dt. \qquad (14)$$

7.4 Вероятность безотказной работы за МПИ T вычисляют по формуле

$$P(T) = \frac{\Phi[D(T)] - \Phi[C(T)]}{\Phi[G(0,\Delta)] - \Phi[G(0,-\Delta)]}, \qquad (15)$$

где $C(T) = \max\limits_{t\in[0,T]}[G(t,-\Delta)]$, $D(T) = \min\limits_{t\in[0,T]}[G(t,\Delta)]$,

$$G(t, -\Delta) = \frac{-\Delta^{F(t)} - m_F(t)}{\sigma_F(t)}, \quad G(t, \Delta) = \frac{\Delta^{F(t)} - m_F(t)}{\sigma_F(t)}.$$

7.5 При нормальном законе распределения нестабильности МХ СИ в формулы (11) — (12) подставляют $F(T) = 1$.

7.6 Экономические издержки эксплуатации $W(T)$ вычисляют по формуле

$$W(T) = \frac{1}{T}\ [C_1 + C_2 + C_3 P_{бр}(T)], \tag{16}$$

где $C_1 = \int_0^T \int_{-\infty}^{\infty} C_1(x)\ \varphi_t(x) dx dt$ — экономические потери при эксплуатации в течение одного МПИ, обусловленные погрешностью СИ;

$$P_{бр}(T) = \begin{cases} 0, \text{ калибровка и поверка СИ первым способом,} \\ 1 - P_{м.и}(T), \text{ поверка СИ вторым и третьим способами —} \\ \text{вероятность забракования СИ при поверке.} \end{cases}$$

7.6.1 C_1 вычисляют по следующим формулам:

- при применении СИ в соответствии с 6.4, перечисление а)1)

$$C_1 = c_1 \int_0^T \int_{-\infty}^{\infty} |x|^l \varphi_t(x) dx dt; \tag{17}$$

- при применении СИ в соответствии с 6.4, перечисление а)2)

$$C_1 = c_1 T(1 - K_{м.и}); \tag{18}$$

- при применении СИ в соответствии с 6.4, перечисление а)3)

$$C_1 = q_1 P_1(T) + q_2 P_2(T), \tag{19}$$

где $P_1(T) = V\{\int_0^T [\int_{-\Omega}^{\Omega-\Omega-y} [\int_{-\infty} f(y)\ \varphi_t(x)\ dx + \int_{\Omega-y}^{\infty} f(y)\varphi_t(x)\ dx\ ]\ dy\ ]\ dt\}$; (20)

$$P_2(T) = V\{\int_0^T [\int_{-\infty}^{-\Omega} \int_{-\Omega-y}^{\Omega-y} f(y)\ \ \varphi_t(x)\ dxdy + \int_{\Omega-\Omega-y}^{\infty\ \Omega-y} f(y)\ \varphi_t(x)\ dxdy\ ]\ dt\}; \tag{21}$$

$f(y)$ — плотность распределения контролируемого параметра;

Ω — предел допускаемых значений контролируемого параметра.

8 Порядок расчета межповерочных и межкалибровочных интервалов

8.1 Расчет МПИ проводят методом последовательных приближений из членов ряда по 4.3, последовательно для каждой МХ и каждой проверяемой точки диапазона СИ.

8.2 Рассчитывают МПИ для первой МХ в первой проверяемой точке диапазона измерений в следующем порядке:

а) выбирают значение МПИ T_1, равное действующему значению МПИ T;

б) вычисляют значение критерия $R(T_1)$, установленного для данного СИ, в соответствии с формулами, приведенными в разделе 7 (например, вероятность метрологической исправности $P_{м.и}(T_1)$);

в) сравнивают $R(T_1)$ с нормируемым значением критерия R^*. Метрологическая надежность СИ окажется выше требуемой, если $R(T_1) > R^*$ для вероятностных показателей [$P_{м.и}(T)$, $K_{м.и}(T)$ и $P_м(T)$] и $R(T_1) < R^*$ для доверительных границ нестабильности $v_P(T)$ и экономических издержек $W(T)$. В этом случае выбирают из членов ряда по 4.3 значение МПИ $T_2 > T_1$, ближайшее к T_1 сверху. Если метрологическая надежность СИ окажется ниже требуемой [$R(T_1) < R^*$ для $P_{м.и}(T)$, $K_{м.и}(T)$ и $P_м(T)$ или $R(T_1) > R^*$ для $v_P(T)$ и $W(T)$], то выбирают из членов ряда по 4.3 значение $T_2 < T_1$, ближайшее к T_1 снизу;

г) вычисляют $R(T_2)$;

д) сравнивают $R(T_2)$ и $R(T_1)$ с R^*. Если окажется, что R^* находится между значениями $R(T_2)$ и $R(T_1)$, то приближения заканчивают и принимают МПИ равным min (T_1, T_2);

е) если это условие не выполняется, выбирают значение T_3, ближайшее к T_2, и повторяют операции, указанные в перечислениях в), г) и д). Если окажется, что R^* находится между значениями $R(T_2)$ и $R(T_3)$, то принимают МПИ равным min (T_2, T_3). В противном случае выбирают T_4, ближайшее к T_3, и повторяют операции, указанные в перечислениях в), г) и д);

ж) приближения продолжают до тех пор, пока R^* не окажется между значениями $R(T_{i-1})$ и $R(T_i)$, где i — число приближений значений МПИ. В качестве МПИ, соответствующего нестабильности первой МХ в первой точке диапазона измерений, принимают

$$T(1,1) = \min(T_{i-1}, T_i). \qquad (22)$$

8.3 Аналогично 8.2 рассчитывают значения МПИ для первой МХ в остальных k—1 точках диапазона измерений. В качестве МПИ, соответствующего нестабильности первой МХ, принимают

$$T(1) = \min_{j=1,\dots,k} T(1, j). \qquad (23)$$

8.4 Аналогично рассчитывают значения МПИ для остальных n—1 МХ СИ. В качестве МПИ для СИ принимают

$$T = \min_{j=1,\dots,n} T(i). \qquad (24)$$

8.5 Рекомендации по порядку установления первичного МПИ на этапе утверждения типа СИ и корректировки МПИ групп СИ на этапе эксплуатации приведены в приложении В.

Приложение А
(рекомендуемое)

Рекомендации по методам определения первичных межповерочных и межкалибровочных интервалов

А.1 При назначении первичного МПИ СИ новых типов, выпущенных в обращение, возможны следующие виды источников информации о нестабильности СИ:

- результаты испытаний СИ или его отдельных блоков;
- данные о нестабильности элементов СИ, определяющих состояние метрологической исправности СИ;
- показатели надежности СИ, нормируемые или подтвержденные испытаниями;
- данные о МПИ СИ-аналогов, подтвержденные опытом их эксплуатации.

А.1.1 Точность определения МПИ, прежде всего, обусловлена точностью исходных данных. Поэтому следует установить иерархию предпочтения этих видов информации:

- наиболее предпочтительными являются испытания партии СИ для оценки их нестабильности (метрологической надежности). Эти испытания могут быть проведены специально (в нормальном или форсированном режиме эксплуатации), совмещены с контрольными испытаниями на надежность либо проведены путем подконтрольной эксплуатации установочной партии. Методика этих испытаний приведена в А.2;
- нередко отсутствует возможность проведения таких испытаний до момента назначения первичного МПИ, но имеется информация о результатах испытаний комплектующих элементов, существенно влияющих на нестабильность СИ в целом (измерительные преобразователи, опорные элементы систем компенсации погрешности при автоматической калибровке и др.), либо информация о их нестабильности или надежности, содержащаяся в технических условиях (ТУ) или паспортах на эти элементы. В этих случаях возможно прогнозирование (расчетная оценка) показателей нестабильности МХ СИ по данным о нестабильности элементов. Методика такого расчета приведена в А.3;
- в тех случаях, когда отсутствуют исходные данные о характеристиках нестабильности комплектующих элементов, но известны их средние наработки до отказа, возможно определение зависимости вероятности работы без метрологических отказов СИ от времени $P(t)$ методом, приведенным в А.4;
- в тех случаях, когда отсутствует информация, приведенная выше, возможно назначение МПИ экспертным методом с учетом показателей надежности СИ, нормируемых в ТУ, либо информации о МПИ СИ-аналогов. Методика ориентировочной оценки первичного МПИ по нормируемым показателям надежности СИ приведена в А.5.

А.1.2 В процессе эксплуатации возможна корректировка МПИ с учетом особенностей эксплуатации групп СИ данного типа (интенсивность применения, условия измерений, качество обслуживания и т. д.). Исходной информа-

цией для корректировки МПИ являются результаты периодических поверок СИ данной группы. Методика корректировки МПИ приведена в приложении Б.

А.2 Методика испытаний на нестабильность (метрологическую надежность) средств измерений

А.2.1 Формируют партию СИ для проведения испытаний. Объем N партии СИ, подвергаемой испытаниям, должен быть не менее 30. Допускается включение в одну выборку результатов испытаний СИ разных типов, объединенных по признакам близости назначения, конструкции, технологии изготовления и условий применения, после проверки их однородности.

А.2.2 Отобранную партию СИ подвергают испытаниям в обычном или ускоренном (с известным коэффициентом ускорения) режиме. Через равные промежутки времени эксплуатации или наработки Δt проводят измерения контролируемых параметров.

Промежуток Δt должен быть такой, чтобы приращения $\xi_j(\Delta t)$ МХ могли быть измерены с приемлемой достоверностью. Это означает, что $\xi_j(\Delta t)$ должны быть значимы на фоне случайной погрешности их измерений. Математическое выражение этого условия: Δt должно быть не менее значения $(\Delta t)_{\min}$, отвечающего равенству

$$\bar{v}\,[\,(\Delta t)_{\min}\,] = t\,(\,n-1,P\,)\sqrt{\frac{2}{N}}\;\frac{S\,(\delta x)}{\delta_{\text{доп}}}\;\frac{1}{L}\sqrt{1+\frac{3}{n^2}\left(\frac{n+1}{2}+\frac{L^2}{n+1}\right)}\;, \qquad (A.1)$$

в котором $\bar{v}\,(\Delta t) = \dfrac{\overline{m}\,(\Delta t)}{\bar{x}(t_i)}$ — нестабильность МХ за один контрольный промежуток в относительной форме выражения;

$t\,(n—1,P)$ — квантиль распределения Стьюдента при числе степеней свободы n—1 и доверительной вероятности P;

N — число испытуемых экземпляров СИ;

$S(\delta x)$ — СКО относительной погрешности измерения МХ;

$\delta_{\text{доп}}$ — предел допускаемой относительной погрешности прогнозирования среднего значения МХ;

$L = \dfrac{t}{\Delta t}$ — интервал прогнозирования, выраженный числом контролируемых промежутков наработки;

n — число независимых измерений значений МХ каждого экземпляра в каждый момент времени t_i;

$\overline{m}\,(\Delta t)$ — средняя нестабильность МХ за интервал Δt;

$\bar{x}(t_i)$ — среднее значение результата измерений МХ.

А.2.3 При самой простой, линейной модели прогнозирования метод наименьших квадратов требует не менее трех групп многократных измерений. Поэтому длительность испытаний должна быть не менее 2 Δt .

А.2.4 По результатам измерений нестабильности $\xi_j\,(i\,\Delta t)$, j = 1, ... , N за интервалы Δt, 2Δt, 3Δt и так далее, до $n\Delta t$ включительно, находят выборочные характеристики распределения нестабильности СИ:

- средней нестабильности $\overline{m}\,(i\Delta t\,) = \dfrac{1}{N}\sum\limits_{j=1}^{N}\xi_j\,(i\Delta t\,)$, i = 1, ... , n;

- СКО нестабильности $\bar{\sigma}\,(i\Delta t\,) = \sqrt{\dfrac{1}{N-1}\sum\limits_{j=1}^{N}[\xi_j\,(i\Delta t) - \overline{m}\,(i\Delta t)]^2}$.

А.2.5 По указанным в А.2.4 значениям оценивают функции зависимости от времени средней нестабильности $m\,(t)$ и СКО нестабильности $\sigma\,(t)$ МХ в виде

$$m(t) = \sum_{k=0}^{l} m_k\,t^{\,k}\,, \qquad (A.2)$$

$$\sigma(t) = \sigma_0\,e^{\,rt}\,. \qquad (A.3)$$

Коэффициенты m_k, σ_0, r подбирают методом наименьших квадратов для функций $m\,(t)$ и ln $\sigma\,(t)$. Порядок полинома l выбирают из ряда 1, ... , 5 по критерию минимума погрешности аппроксимации.

А.3 Методика прогнозирования показателей нестабильности метрологических характеристик средств измерений по данным о нестабильности элементов

А.3.1 Исходные данные:

- характеристики нестабильности параметров элементов СИ — $m_i(t)$, $\sigma_i(t)$;

- коэффициенты корреляции $\rho_{ij}(t)$ (если процессы дрейфа параметров элементов СИ коррелированы);

- функции чувствительности $\alpha_{ji}\,(x)$, определенные экспериментально, либо функция преобразования СИ

$$y\,(x) = f\,(x,\,R_1,\,\ldots\,,\,R_N,\,K_1,\,\ldots\,,\,K_L), \qquad (A.4)$$

где x — измеряемая величина;

y — результат измерений;

R_i, $i = 1,\dots, N$ — параметры элементов СИ, оказывающие влияние на результат измерений;

K_s, $s = 1, \dots, L$ — влияющие факторы, характеризующие условия измерений и неинформативные параметры измерительного сигнала.

А.3.2 Определяют подмножества параметров элементов СИ, влияющих на значения каждой МХ, указанной в ТУ. При этом образуются следующие подмножества:

- W_1 — подмножество параметров $R_{11},\dots, R_{1n_1}$, влияющих на систематическую составляющую основной погрешности СИ;
- W_2 — подмножество параметров $R_{21},\dots, R_{2n_2}$, влияющих на случайную составляющую основной погрешности СИ;
- W_j, $j = 3,\dots, L + 2$ — подмножество параметров $R_{j1},\dots, R_{jn_j}$, влияющих на дополнительную погрешность СИ.

А.3.3 Функции чувствительности систематической составляющей основной погрешности СИ

$$\alpha_{1i}(x) = \frac{\partial f(x, R_j, K_s)}{\partial R_{1i}}\Bigg|_{\substack{R_j = R_{j\,\text{ном}},\ j = 1, \dots, N,\ i = 1, \dots, n_1,\\ K_s = K_{s\,\text{ном}},\ s = 1, \dots, L,}} \tag{А.5}$$

где $R_{j\,\text{ном}}$, $K_{s\,\text{ном}}$ — номинальные значения R_j, K_s.

А.3.4 Функции чувствительности случайной составляющей основной погрешности СИ

$$\alpha_{2i}(x) = \frac{\partial f(x, R_j, K_s)}{\partial R_{2i}}\Bigg|_{\substack{R_j = R_{j\,\text{ном}},\ j = 1, \dots, N,\ i = 1, \dots, n_2,\\ K_s = K_{s\,\text{ном}},\ s = 1, \dots, L.}} \tag{А.6}$$

А.3.5 Функции чувствительности l-й дополнительной погрешности СИ

$$\alpha_{(l+2)i} = \frac{\partial f(x, R_j, K_s)}{\partial R_{(l+2)i}}\Bigg|_{\substack{R_j = R_{j\,\text{ном}},\ j = 1, \dots, N,\\ K_s = \begin{cases} K_{s\,\text{р}},\ s = l,\\ K_{s\,\text{ном}},\ s \neq l,\end{cases}}} \tag{А.7}$$

где K_{lp} — максимальное значение l-го влияющего фактора K_l, соответствующее рабочим условиям измерений, установленным ТУ.

А.3.6 Характеристики нестабильности каждой МХ определяют по формулам:

- среднюю нестабильность

$$m_j(t,x) = \sum_{i=1}^{n_j} \alpha_{ji}(x)\, m_i(t)\,; \tag{А.8}$$

- СКО нестабильности

$$\sigma_j(t, x) = \sqrt{\sum_{i=1}^{n_j} [\alpha_{ji}^2(x)\, \sigma_i^2(t) + \sum_{l=1\,(l \neq i)}^{n_j} \rho_{ij}(t)\, \alpha_{ji}(x)\, \alpha_{jl}(x)\, \sigma_i(t)\, \sigma_j(t)]}\,. \tag{А.9}$$

А.3.7 Если процессы дрейфа параметров элементов не коррелированы, формулу (А.9) можно упростить:

$$\sigma_j(t, x) = \sqrt{\sum_{i=1}^{n_j} \alpha_{ji}^2(x)\, \sigma_i^2(t)}\,. \tag{А.10}$$

А.3.8 Функции чувствительности $\alpha_{ji}(x)$ многих типов СИ (например, однозначных мер) не зависят от значения измеряемой величины x. Тогда при $\rho_{ij}(t) = 0$

$$m_j(t) = \sum_{i=1}^{n_j} \alpha_{ji}\, m_i(t)\,, \tag{А.11}$$

$$\sigma_j(t) = \sqrt{\sum_{i=1}^{n_j} \alpha_{ji}^2\, \sigma_i^2(t)}\,. \tag{А.12}$$

Пример — Определение характеристик нестабильности вольтметра постоянного тока электродинамического принципа действия

1 Исходные данные:

а) технические характеристики:

1) диапазон измерений — 10—150 В,

2) класс точности —0,1 %,

3) номинальное входное сопротивление $R_{ном}$ = 2 кОм,

4) электродинамическая постоянная К = 80 мГн · м,

5) номинальная жесткость пружины $W_{ном}$ = 1,5 мкН · м · $В^{-2}$,

6) номинальный момент трения в опорах $M_{т.ном}$ = 0,02 мкН · м,

7) СКО относительной погрешности градуировки $\sigma_0 = 2 \cdot 10^{-4}$;

б) интенсивность эксплуатации — в среднем 3000 измерений в месяц;

в) характеристики нестабильности элементов в относительных единицах (по отношению к начальному значению):

1) дрейф входного сопротивления $\xi_1(t)$ —

$$m_1(t) = 6{,}7t10^{-6},\ \sigma_1(t) = 0{,}0002e^{0{,}017t}\ (t \text{ — в мес}),$$

2) изменение жесткости пружины $\xi_2(N)$ —

$$m_2(N) = 1{,}1N10^{-9} + N^2 10^{-14},\quad \sigma_2(N) = 3 \cdot 10^{-4} e^{N10^{-10}}\ (N \text{ — число измерений}),$$

3) возрастание момента трения вследствие износа опоры $\xi_3(N)$ —

$$m_3(N) = 2{,}5N10^{-9},\quad \sigma_3(N) = 0{,}03e^{N10^{-6}}.$$

2 Характеристики нестабильности пружины и опоры с учетом интенсивности эксплуатации вольтметра:

$$m_2(t) = 3{,}3t10^{-6} + 1{,}1t^2 10^{-7},\quad \sigma_2(t) = 0{,}0003e^{1{,}1t10^{-3}},$$

$$m_3(t) = 8{,}3t10^{-5},\ \sigma_3(t) = 0{,}03e^{3{,}3t10^{-2}}.$$

3 Функции чувствительности МХ к нестабильности параметров элементов прибора

Основными МХ вольтметров постоянного тока являются основная погрешность и вариация. В соответствии с теорией приборов электродинамической системы уравнение измерений имеет вид

$K\frac{x^2}{R^2} = Wy^2 \pm M_m$, где x — измеряемая величина; y — результат измерений.

Для компенсации погрешности, обусловленной трением в опорах, проводят два измерения, подходя к положению равновесия снизу и сверху, и за результат измерений принимают половину суммы показаний прибора. Поэтому результат измерений определяется формулой

$$y(x) = 0{,}5\left[\sqrt{\frac{Kx^2}{R^2 W} + \frac{M_m}{W}} + \sqrt{\frac{Kx^2}{R^2 W} - \frac{M_m}{W}}\right].$$

Вариация прибора определяется разностью этих показаний:

$$z(x) = 0{,}5\left[\sqrt{\frac{Kx^2}{R^2 W} + \frac{M_m}{W}} - \sqrt{\frac{Kx^2}{R^2 W} - \frac{M_m}{W}}\right].$$

Учитывают, что

$$\frac{\partial y(x)}{\partial R} = -\frac{y(x)\,Kx^2}{RC(x)},\ \frac{\partial y(x)}{\partial W} = -\frac{y(x)}{2W},\ \frac{\partial y(x)}{\partial M_m} = -\frac{R^2 z(x)}{4C(x)},$$

$$\frac{\partial z(x)}{\partial R} = -\frac{z(x)\,Kx^2}{RC(x)},\ \frac{\partial z(x)}{\partial W} = -\frac{z(x)}{2W},\ \frac{\partial z(x)}{\partial M_m} = -\frac{R^2 y(x)}{C(x)},$$

где $C(x) = \sqrt{K^2x^4 - M_m^2 R^4}$, а нестабильность К мала по сравнению с остальными составляющими и поэтому не принята во внимание.

4 Нестабильность основной приведенной погрешности вольтметра за время t в точке x диапазона измерений составит

$$\eta_1(x, t) = \alpha_{11}(x)\,\xi_1(t) + \alpha_{12}(x)\,\xi_2(t) + \alpha_{13}(x)\,\xi_3(t),$$

где, с учетом(А.5),

$$\alpha_{11}(x) = -\frac{x}{x_{max}} \cdot \frac{Kx^2}{\sqrt{K^2x^4 - M_{т.\,ном}^2 R_{ном}^4}},\ \alpha_{12}(x) = -0{,}5\frac{x}{x_{max}},$$

$$\alpha_{13}(x) = -0{,}25\frac{z(x,0)}{x_{max}} \cdot \frac{1}{\sqrt{K^2x^4 - M^2_{т.ном}R^4_{ном}}}.$$

При проектировании параметры элементов подбирают таким образом, чтобы $K = M_{т.ном}R^2_{ном}$.

Поэтому $\sqrt{K^2x^4 - M^2_{т.ном}R^4_{ном}} = K\sqrt{x^4 - 1} \cong Kx^2$ *и* $\alpha_{11}(x) = -\frac{x}{x_{max}}$, $\alpha_{12}(x) = -0{,}5\frac{x}{x_{max}}$, $\alpha_{13}(x) = -0{,}25\frac{z(x,0)}{x_{max}Kx^2}$.

Аналогично вариация вольтметра в момент t в точке x диапазона измерений

$$\eta_2(x,t) = z(x,0)\,[1 + \alpha_{21}(x)\,\xi_1(t) + \alpha_{22}(x)\,\xi_2(t) + \alpha_{23}(x)\,\xi_3(t)],$$

где, с учетом(А.6),

$$\alpha_{21}(x) = \frac{1}{x_{max}},\ \alpha_{22}(x) = -\frac{0{,}5}{x_{max}},\ \alpha_{23}(x) = \frac{1}{x_{max}\,z(x,0)\,x}.$$

Так как при $t = 0$ $z(x,0) = x$, $z(x,0)y(x,0) = \frac{M_{т.ном}}{W_{ном}} = 0{,}0133$, *то* $\alpha_{23}(x) = \frac{1}{0{,}0133x_{max}} = 0{,}5$.

С учетом того, что $\alpha_{13}(x)$ *мало по сравнению с* $\alpha_{11}(x)$ *и* $\alpha_{12}(x)$, *а* $\alpha_{21}(x)$ *и* $\alpha_{22}(x)$ *малы по сравнению с* $\alpha_{23}(x)$, *окончательно получают:*

$$\eta_1(x,t) = -0{,}0067x\,[\xi_1(t) + 0{,}5\xi_2(t)],$$

$$\eta_2(x,t) = \frac{0{,}0133}{x}\,[1 + 0{,}5\,\xi_3(t)].$$

5 Характеристики нестабильности МХ вольтметра

Последние зависимости показывают, что приведенная нестабильность вольтметра достигает максимального значения при $x = x_{max}$, *а вариация — при* $x = x_{min}$. *Поэтому, учитывая линейность градуировочной характеристики вольтметра, можно ограничиться рассмотрением двух точек диапазона измерений:* $x_{max} = 150$ *В при оценке основной погрешности и* $x_{min} = 10$ *В при оценке вариации. Следовательно,*

$$m_1(t, x_{max}) = -[m_1(t) + 0{,}5m_2(t)],\quad \sigma_1(t, x_{max}) = \sqrt{\sigma_1^2(t) + 0{,}25\,\sigma_2^2(t) + \sigma_0^2},$$

$$m_2(t, x_{min}) = 0{,}00133[1 + 0{,}5m_3(t)],\quad \sigma_2(t, x_{min}) = 0{,}00067\,\sigma_3(t).$$

Подставив в эти выражения зависимости $m_i(t)$, $\sigma_i(t)$, *получают оценки характеристики нестабильности МХ вольтметра.*

А.4 Методика ориентировочной оценки вероятности работы без метрологических отказов $P(t)$ по показателям надежности элементов средств измерений

А.4.1 Исходные данные:

- функции чувствительности элементов СИ α_i, $i = 1, \ldots, n$;
- пределы допускаемых значений МХ Δ и параметров его элементов Δ_i;
- средние значения и СКО начального (после изготовления или ремонта) распределения значений МХ СИ $m(0)$, $\sigma(0)$ и параметров его элементов $m_i(0)$, $\sigma_i(0)$;
- средние наработки до отказа элементов СИ $T_{ср i}$.

А.4.2 Определение средней наработки до метрологического отказа СИ $T_{ср}$

А.4.2.1 Находят оценку $T_{ср}$ при предположении о линейном характере дрейфа параметров элементов ($m_i(t) = m_i(0) + m_v t$, $\sigma_i(t) = \sigma_i(0)$) по формуле

$$T_{ср(1)} = \left[\sum_{i=1}^{n}\frac{\alpha_i\,\beta_{i1}}{T_{ср i}}\right]^{-1}, \qquad (А.13)$$

где $\beta_{i1} = \frac{\Delta_i - m_i(0)}{\Delta - m(0)}$.

А.4.2.2 Находят оценку $T_{ср}$ при предположении о веерном характере дрейфа параметров элементов ($m_i(t) = m_i(0)$, $\sigma_i(t) = \sigma_i(0)\,e^{r_i t}$) по формуле

$$T_{ср(2)} = \left[\sum_{i=1}^{n}\frac{\alpha_i\,\beta_{i2}}{T_{ср i}}\right]^{-1}, \qquad (А.14)$$

где $\beta_{i2} = \dfrac{\sigma_i^2(0)\ [\ \ln \dfrac{\Delta_i^2 - m_i^2(0)}{\sigma_i^2(0)} + 1{,}27\ ]}{\sigma^2(0)\ [\ \ln \dfrac{\Delta^2 - m^2(0)}{\sigma^2(0)} + 1{,}27\ ]}$.

А.4.2.3 Находят оценку снизу $T_{ср}$ по формуле

$$T_{ср}(k) = L(k,a)\,T_{ср(2)}, \qquad (A.15)$$

где $k = \dfrac{\Delta}{\sigma(0)}$, $a = \dfrac{T_{ср\ (2)}}{T_{ср\ (1)}} \cdot [\ln k - 0{,}635]^{-1}$;

$L(k,\ a)$ — функция $k,\ a,$ значения которой представлены в таблице А.1.

Таблица А.1 — Функция $L(k,\ a)$

k	a							
	0,1	0,5	0,8	1,0	1,5	2,0	5,0	10,0
3	1	0,93	0,83	0,75	0,54	0,38	0,12	0,06
4	1	0,90	0,77	0,67	0,44	0,29	0,10	0,05
5	1	0,88	0,72	0,61	0,37	0,24	0,09	0,04
6	0,99	0,86	0,68	0,55	0,32	0,22	0,08	0,04
8	0,99	0,83	0,61	0,47	0,26	0,19	0,07	0,04
10	0,99	0,80	0,55	0,41	0,23	0,17	0,07	0,03

А.4.3 Оценка вероятности работы СИ без метрологических отказов $P(t)$

$$P(t) = \Phi\ [kl_1(t)] - \Phi\ [-kl_2(t)], \qquad (A.16)$$

где

$$l_1(t) = \begin{cases} [1 - a_k \dfrac{T_{ср}(k)}{T_{ср}}\, t\,]\ e^{-\frac{T_{ср}(k)}{T_{ср}} t}, & 0 \le t < \dfrac{1 + a_k}{a_k} \cdot \dfrac{T_{ср}}{T_{ср}(k)}, \\ -\ a_k \dfrac{T_{ср}(k)}{T_{ср}}\ e^{-\frac{1 + a_k}{a_k}}, & t \ge \dfrac{1 + a_k}{a_k} \cdot \dfrac{T_{ср}}{T_{ср}(k)}, \end{cases}$$

$$l_2(t) = \begin{cases} 1, & 0 \le t < b_k \dfrac{T_{ср}}{T_{ср}(k)}, \\ [1 + a_k \dfrac{T_{ср}(k)}{T_{ср}}\, t\,]\ e^{-\frac{T_{ср}(k)}{T_{ср}}}, & t \ge \dfrac{1 + a_k}{a_k} \cdot \dfrac{T_{ср}}{T_{ср}(k)}, \end{cases}$$

$T_{ср(}k),\ a_k,\ b_k$ — табулированные функции $k = \dfrac{\Delta}{\sigma(0)}$, приведенные в таблице А.2.

Таблица А.2 — Значения $T_{ср\ (}k),\ a_k,\ b_k$

k	$T_{ср}(k)$	a_k	b_k
3	1,148	1,2	0,354
4	1,349	1,0	0
5	1,616	0,8	0
6	1,803	0,7	0
8	2,061	0,6	0
10	2,112	0,6	0

Пример — Расчет метрологической надежности эталонного аттенюатора АСО-3М

1 Исходные данные

Аттенюатор АСО-3М — преобразователь напряжения постоянного и переменного токов, обеспечивающий ослабление напряжения ступенями через 10 дБ от 0 до 90 дБ. Его принципиальная электрическая схема приведена на рисунке А.1. Прибор состоит из переключателя и 19 манганиновых резисторов, соединенных по кольцевой схеме. Номинальные значения резисторов подобраны таким образом, чтобы входное и выходное сопротивления прибора при любом положении переключателя составляли 37,5 (1 ± 0,005) Ом. Метрологический отказ является следствием нарушения этой нормы (т. е. Δ = 0,5 %).

Средняя наработка на отказ резистора $T_{cp\,i} = 1 \cdot 10^6$ ч. Предел допускаемой погрешности резистора Δ_i = 0,1 %. Характеристики начальной погрешности резистора: $m_i(0) = 0$, $\sigma_i(0) = 0{,}03$ %.

Характеристики погрешности градуировки аттенюатора: $m(0) = 0$, $\sigma(0) = 0{,}05$ %.

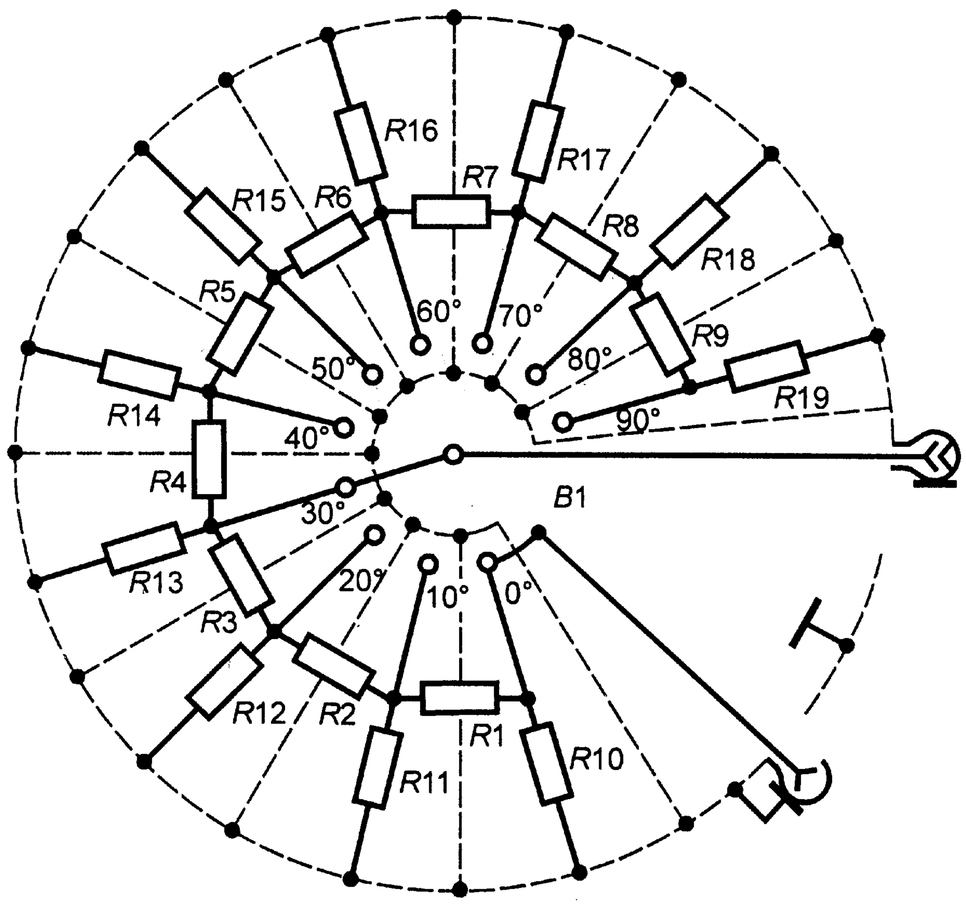
2 Результаты расчета коэффициентов чувствительности резисторов при положении переключателя «0» приведены в таблице А.3. При других положениях переключателя коэффициенты чувствительности будут иметь те же значения, но для других номеров резисторов (со сдвигом по кольцу).

Поскольку при поверке проверяются все декады и отказом прибора является превышение предела допускаемой погрешности хотя бы в одной ступени ослабления напряжения, для каждого резистора принято максимальное значение коэффициента чувствительности. Поэтому

$$\alpha_i = \begin{cases} 0{,}164, & i = 1, \ldots, 9, \\ 0{,}076, & i = 10, \ldots, 19. \end{cases}$$

Т а б л и ц а А.3 — Коэффициенты чувствительности α_i резисторов при положении переключателя «0»

Номер резистора	Коэффициент чувствительности	Номер резистора	Коэффициент чувствительности	Номер резистора	Коэффициент чувствительности
1,9	0,1640	5	0,0177	12,17	0,0319
2,8	0,0768	10,19	0,0760	13,16	0,0196
3,7	0,0471	11,18	0,0520	14,15	0,0120
4,6	0,0289				



R1—R9 — резисторы 106,72 Ом; R10, R19 — резисторы 49,36 Ом;
R11—R18 — резисторы 72,18 Ом; B1 — переключатель

Рисунок А.1 — Принципиальная электрическая схема аттенюатора АСО-3М

3 Средняя наработка до метрологического отказа $T_{ср}$
Для всех резисторов по формулам А.13 и А.14

$$\beta_{i1} = \frac{0,1}{0,5} = 0,2\ ,\ \beta_{i2} = \frac{0,03^2\ (\ln 3,3 + 0,635)}{0,05^2\ (\ln 10 + 0,635)} = 0,224\ .$$

Следовательно,

$$T_{ср(1)} = [\ \frac{0,2}{1 \cdot 10^6}\ (9 \cdot 0,164 + 10 \cdot 0,076]^{-1} = 2,2 \cdot 10^6\ ч,$$

$$T_{ср(2)} = [\frac{0,224}{1 \cdot 10^6}\ \ (9 \cdot 0,164^2 + 10 \cdot 0,076^2]^{-1} = 15,5 \cdot 10^6\ ч.$$

$$k = \frac{\Delta}{\sigma(0)} = 10,$$

$$a = \frac{15,5 \cdot 10^6}{2,2 \cdot 10^6}\ \ [\ln 10 + 0,635]^{-1} = 2,4,$$

$$L(10;\ 2,4) \cong 0,17.$$

Тогда оценка снизу средней наработки прибора до метрологического отказа

$$T_{ср} = 0,17 \cdot 15,5 \cdot 10^6 = 2,63 \cdot 10^6\ ч.$$

4 Вероятность работы без метрологических отказов P(t)
В соответствии с таблицей А.2 $T_{ср}(10) = 2,112$, $a_{10} = 0,6$, $b_{10} = 0$. Поэтому оценка P(t) снизу

$$P(t) = \begin{cases} \Phi\ [\ 10\ (1 - 0,48t10^{-6})\ e^{-0,8t10^{-6}}\ ] - \Phi\ [\ -10\ (1 + 0,48t\ 10^{-6})\ e^{-0,8t10^{-6}}\ ]\ ,\ 0 \le t < 3,3 \cdot 10^6\ ч\ , \\ 0,338 - \Phi\ [\ -10\ (1 + 0,48t10^{-6})\ e^{-0,8t10^6}\ ]\ , \qquad 3,3 \cdot 10^6\ ч \le t < 5,6 \cdot 10^6\ ч\ , \\ 0, \qquad t \ge 5,6 \cdot 10^6\ ч. \end{cases}$$

В этом случае МПИ T находят из уравнения $P(T) \le P^*$.

А.5 Методика ориентировочной оценки первичного межповерочного или межкалибровочного интервала по нормируемым показателям надежности средств измерений

А.5.1 В ТУ нормируют вероятность безотказной работы СИ P(t) за время (наработку) t.

А.5.1.1 Если удается определить, хотя бы ориентировочно, среднюю долю q метрологических отказов в общем потоке отказов СИ, оценивают вероятность работы СИ без метрологических отказов $P_м(t)$ за время (наработку) t:

$$P_м(t) = 1 - q\ [1 - P(t)]. \qquad (А.17)$$

Если q неизвестно, принимают $P_м(t) = P(t)$.

А.5.1.2 Определяют СКО σ_0 распределения погрешности градуировки СИ при выпуске из производства, предел Δ допускаемой погрешности СИ, нормируемый в ТУ, предел $\Delta_э$, допускаемой погрешности СИ в реальных условиях его эксплуатации.

А.5.1.3 Устанавливают в соответствии с требованиями, изложенными в методике нормирования показателей стабильности и метрологической надежности СИ, значение вероятности метрологической исправности $P_{м.и}$ или доверительной вероятности P.

А.5.1.4 Принимают допущение о симметричности распределения погрешности СИ относительно нуля («веерный» случайный процесс дрейфа погрешности). При этом оценкой МПИ является

$$T_1 = t\ \frac{\ln\left(\dfrac{\Delta_э}{\lambda_P \sigma_0}\right)}{\ln\left(\dfrac{\Delta}{\lambda_{P(t)} \sigma_0}\right)}, \qquad (А.18)$$

где λ_P — коэффициент нормального распределения, соответствующий вероятности P, P—$P_{м.и}$ либо P.

А.5.1.5 Принимают допущение о линейном изменении среднего значения погрешности (по совокупности СИ

данного типа) при неизменном СКО распределения погрешности σ_0 (линейный случайный процесс дрейфа погрешности). При этом оценкой МПИ является

$$T_2 = t\,\frac{\Delta_э - \lambda_P\,\sigma_0}{\Delta - \lambda_{P(t)}\,\sigma_0}\,. \qquad (A.19)$$

А.5.1.6 В качестве МПИ принимают T = min [T_1, T_2].

Пример

1 Исходные данные:

- нормированное значение вероятности работы СИ без метрологических отказов $P_м(t)$ = 0,95 за наработку t = 1000 ч;

- средняя загрузка СИ — 80 ч в месяц;

- σ_0 = 0,2Δ ;

- $\Delta_э$ = 0,8Δ;

- $P^*_{м.и}$ = 0,9.

2 При интенсивности эксплуатации 80 ч в месяц наработка СИ t = 1000 ч соответствует календарной продолжительности эксплуатации, равной 1 г.

3 Квантили нормального распределения: $\lambda_{0,95}$ = 2, $\lambda_{0,9}$ = 1,645. Поэтому

$$T_1 = 1\cdot\frac{\ln\left(\dfrac{0{,}8\Delta}{1{,}645\cdot 0{,}2\,\Delta}\right)}{\ln\left(\dfrac{\Delta}{2\cdot 0{,}2\,\Delta}\right)} = 0{,}97 \cong 1\ г.\ ,\ T_2 = 1\cdot\frac{(0{,}8 - 1{,}645\cdot 0{,}2)\,\Delta}{(1 - 2\cdot 0{,}2)\,\Delta} = 0{,}8\ г.$$

4 Принимают МПИ T = min[T_1 , T_2] = 0,8 г. = 10 мес.

А.5.2 В ТУ нормируют среднюю наработку до первого отказа $T_{ср}$.

А.5.2.1 Если удается определить, хотя бы ориентировочно, среднюю долю q метрологических отказов в общем потоке отказов СИ, оценивают среднюю наработку до первого метрологического отказа $T_{ср.м}$

$$T_{ср.м} = \frac{1}{q}\,[T_{ср} - T_{ср.в}\,(1-q)], \qquad (A.20)$$

где $T_{ср.в}$ — средняя наработка СИ до первого внезапного отказа (определяется структурным расчетом надежности СИ по данным об интенсивностях отказов его элементов).

Если q неизвестно, принимают $T_{ср.м} = T_{ср}$.

А.5.2.2 Определяют значения параметров σ_0 , Δ , $\Delta_э$, а также $P_{м.и}$ или P.

А.5.2.3 Аналогично А.5.1.4 принимают допущение о веерном случайном процессе. При этом оценкой МПИ является

$$T_1 = T_{ср.м}\cdot\frac{\ln\left(\dfrac{\Delta_э}{\lambda_P\,\sigma_0}\right)}{\ln\left(\dfrac{\Delta}{\sigma_0} + 0{,}635\right)}, \qquad (A.21)$$

где P — аналогично А.5.1.4.

А.5.2.4 Аналогично А.5.1.5 принимают допущение о линейном случайном процессе. При этом оценкой МПИ является

$$T_2 = T_{ср.м}\cdot\frac{\Delta_э - \lambda_P\sigma_0}{\Delta}. \qquad (A.22)$$

А.5.2.5 Принимают МПИ T = min [T_1 , T_2].

Пример

1 Исходные данные:

- нормированное значение средней наработки до метрологического отказа $T_{ср.м}$= 3500 ч;

- средняя загрузка СИ — 7 ч в сутки;

- σ_0 = 0,3Δ ;

- $\Delta_э$ = Δ ;

- $P^*_{м.и}$ = 0,9.

2 При интенсивности эксплуатации 7 ч в сутки наработка СИ t = 3500 ч соответствует календарной продолжительности эксплуатации, равной 2 г.

3 Квантиль нормального распределения $\lambda_{0,9}$ = 1,645. Поэтому

$$T_1 = 2 \cdot \frac{ln\left(\frac{\Delta}{1,645 \cdot 0,3\Delta}\right)}{ln\left(\frac{\Delta}{0,3\Delta} + 0,635\right)} = 1,03 \text{ г.},$$

$$T_2 = 2 \cdot \frac{(1 - 1,645 \cdot 0,3)\,\Delta}{\Delta} = 1 \text{ г.}$$

4 Принимают МПИ $T = min\,[T_1, T_2] = 1$ г.

Приложение Б
(рекомендуемое)

Методы корректировки межповерочных и межкалибровочных интервалов на этапе эксплуатации

Б.1 Корректировка межповерочного или межкалибровочного интервала группы средств измерений, при проведении поверок которых регистрируют значения метрологических характеристик каждого экземпляра

Б.1.1 Группируют результаты поверок по порядковым номерам поверок, прошедших после выпуска СИ из производства или ремонта: 1-я группа — СИ, поступившие на 1-ю поверку после изготовления или ремонта; 2-я группа — СИ, поступившие на 2-ю поверку, и т. д. В каждой j-й группе будет N_j результатов измерений МХ СИ (или ее нестабильности за предыдущий МПИ) x_i, i = 1, ... , N_j. Если известны результаты всех поверок, $N_j = N$, хотя в общем случае $N_j \neq$ const.

Б.1.2 Проводят статистическую обработку сгруппированных результатов поверок последовательно по каждой группе.

Б.1.2.1 Находят параметры F_j, j = 1, 2,... обобщенного нормального закона распределения (1) МХ (нестабильности МХ), которым с наивысшим уровнем значимости соответствует информация о результатах поверок СИ данного типа. Алгоритм статистического определения этого параметра:

а) задают матрицу значений F от 0 до 4 с шагом 0,1; для каждого значения этой матрицы находят:

1) значения $x_i^F = \text{sign}\ x_i\ |x_i|^F$, i = 1, ... , N;

2) выборочное среднее

$$m_F = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} x_i^F\,; \qquad (Б.1)$$

3) выборочное СКО

$$\sigma_F = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} (x_i^F - m_F)^2}{N-1}}\,; \qquad (Б.2)$$

4) значение функции правдоподобия

$$\ln\,[L\,(F)] = N \ln\,[\,\frac{|\,F\,|}{\sqrt{2\pi}\sigma_F}\,] + (F-1) \sum_{i=1}^{N} \ln\,(|\,x_i\,|) - 0,5(N-1)\,. \qquad (Б.3)$$

б) находят $\max\limits_F\ \ln\,[L(F)]$. В качестве F_j принимают значение, соответствующее $\max\limits_F \ln\,[L(F)]$.

В соответствии с принципом максимума правдоподобия это будет наилучшее приближение выборочного распределения МХ (нестабильности МХ) при проведении j-й поверки обобщенным нормальным законом.

Б.1.2.2 Находят выборочные характеристики распределения значений $x_i^F\,(jT)$ по совокупности СИ данного типа:

- выборочное среднее

$$\overline{m}_F\,(jT) = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^{N} x_i^F\,(jT)\,, \quad j = 1, 2, \ldots\,; \qquad (Б.4)$$

- выборочное СКО

$$\overline{\sigma}_F(jT) = \sqrt{\frac{1}{N_j - 1} \sum_{i=1}^{N} [x_i^F(jT) - \overline{m}_F(jT)]^2}, \quad j = 1, 2, \ldots . \qquad (Б.5)$$

Б.1.2.3 По этим значениям методом наименьших квадратов подбирают аппроксимирующие полиномы для функций

$$F(t) = F_a,$$
$$m(t) = m_a + m_b\, t, \qquad (Б.6)$$
$$\sigma^2(t) = \sigma_a^2 + \sigma_b^2\, t .$$

Б.1.3 Проводят расчет МПИ в соответствии с методом, изложенным в разделе 8.

Б.1.4 Корректировку МПИ данным методом осуществляют в режиме диалога «оператор — ПЭВМ» с помощью программы «МРІ» (ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»).

Б.2 Корректировка межповерочных и межкалибровочных интервалов группы средств измерений, при проведении поверок которых регистрируют альтернативный признак (годным или негодным признано средство измерений) и знак погрешности средств измерений, признанных негодными

Б.2.1 Группируют результаты поверок аналогично Б.1.1.

Б.2.2 Проводят статистическую обработку сгруппированных результатов поверок следующим образом:

- подсчитывают статистические вероятности

$$\overline{p}_{1j} = \overline{P}\{x(jT) \le -\Delta\}, \; \overline{p}_{2j} = \overline{P}\{x(jT) > \Delta\} \qquad (Б.7)$$

и соответствующие им квантили нормального распределения $\overline{\lambda}_{1j}$ и $\overline{\lambda}_{2j}$;

- находят статистические оценки средней (по совокупности СИ) погрешности $\overline{m}(jT)$ и СКО погрешности $\overline{\sigma}(jT)$

$$\overline{m}(jT) = \Delta \frac{\overline{\lambda}_{1j} + \overline{\lambda}_{2j}}{\overline{\lambda}_{1j} - \overline{\lambda}_{2j}}, \quad \overline{\sigma}(jT) = \frac{2\Delta}{\overline{\lambda}_{2j} - \overline{\lambda}_{1j}}, \quad j = 1, 2, \ldots ; \qquad (Б.8)$$

- по значениям $\overline{m}(jT)$ и $\overline{\sigma}(jT)$ аналогично Б.1.2.3 подбирают аппроксимирующий полином для функций $m(t)$ и $\sigma^2(t)$ нормального распределения (принимают $F = 1$).

Б.2.3 Проводят расчет МПИ в соответствии с методом, изложенным в разделе 8.

Б.3 Корректировка межповерочных и межкалибровочных интервалов группы средств измерений, при проведении поверок которых регистрируют только альтернативный признак годности средства измерений

Б.3.1 Группируют результаты поверок аналогично Б.1.1.

Б.3.2 Подсчитывают статистические вероятности $\overline{p}_j$ признания СИ годным по результатам j-й поверки.

Б.3.3 Аналогично А.5.1.4 (приложение А) принимают допущение о «веерном» случайном процессе изменения погрешности СИ во времени. Определяют первую оценку МПИ T_1 следующим образом:

- определяют статистические оценки параметров дрейфа погрешности при этом допущении

$$\overline{m}(jT) = 0, \quad \overline{\sigma}(jT) = \frac{\Delta}{\lambda_{0,5\,(1+\overline{p}_j)}}, \quad j = 1, 2, \ldots , \qquad (Б.9)$$

где $\lambda_{0,5\,(1+\overline{p}_j)}$ — квантиль нормального распределения, соответствующий вероятности $0{,}5(1 + \overline{p}_j)$;

- по значениям $\overline{\sigma}(jT)$ аналогично Б.1.2.3 подбирают аппроксимирующий полином для функции $\sigma^2(t)$ нормального распределения;

- определяют значение МПИ T_1 в соответствии с методом, изложенным в разделе 8.

Б.3.4 Аналогично А.5.1.5 (приложение А) принимают допущение о линейном случайном процессе изменения погрешности СИ во времени. Определяют вторую оценку МПИ T_2 следующим образом:

- определяют статистические оценки параметров дрейфа погрешности при этом допущении:

$$\overline{m}(jT) = \Delta - \lambda_{pj} - \sigma_0, \quad \overline{\sigma}(jT) = \sigma_0, \qquad (Б.10)$$

где σ_0 — СКО распределения погрешности градуировки СИ (если оно неизвестно, принимают $\sigma_0 = \frac{\Delta}{3}$);

- по значениям $\overline{m}(jT)$ аналогично Б.1.2.3 подбирают аппроксимирующий полином для функции $m(t)$ нормального распределения;

- определяют значение МПИ T_2 в соответствии с методом, изложенным в разделе 8.

Б.3.5 Принимают МПИ $T = \min[T_1, T_2]$.

Приложение В
(обязательное)

Порядок установления и корректировки межповерочных и межкалибровочных интервалов

В.1 Назначение первичных межповерочных и межкалибровочных интервалов

В.1.1 Первичный МПИ устанавливают при проведении испытаний СИ для целей утверждения типа.

В.1.2 Организация государственной метрологической службы (государственный метрологический центр, орган государственной метрологической службы или иная организация), проводящая испытания, обеспечивает экспертизу представленных на испытания материалов по обоснованию МПИ [см. А.1 (приложение А)] в целях оценки достоверности указанных в них результатов и устанавливает первичный МПИ с учетом результатов этой экспертизы.

В.1.3 При отрицательных результатах экспертизы материалов по обоснованию МПИ временно устанавливают минимальный первичный МПИ, гарантирующий требуемый уровень метрологической надежности СИ.

В.1.4 После выпуска в обращение первой партии СИ изготовитель организует подконтрольную эксплуатацию этой партии для сбора информации о их метрологической надежности и в установленные сроки представляет материалы, относящиеся к корректировке МПИ, в организацию государственной метрологической службы, проводившую испытания СИ, которая после экспертизы представленных материалов устанавливает новое значение МПИ.

Расходы на экспертизу материалов и корректировку МПИ возлагают на изготовителя СИ.

В.1.5 Информацию о новом значении МПИ рассылают странам — участницам Соглашения[1)], в которых признаны результаты испытаний СИ данного типа.

В.1.6 Первичный МПИ СИ, импортируемых из стран, не являющихся участницами Соглашения, устанавливают при проведении испытаний этих СИ для целей утверждения типа в одной из стран — участниц Соглашения, в порядке, указанном в В.1.1—В.1.5.

Расходы на сбор материалов и корректировку МПИ учитывают в контракте на поставку СИ.

В.1.7 Первичный МПИ указывают в нормативном документе (НД) на методику поверки СИ.

Корректированное значение первичного МПИ утверждают путем внесения изменений в НД на методику поверки СИ, согласованных с организацией государственной метрологической службы, проводившей испытания.

В.2 Корректировка межповерочных и межкалибровочных интервалов в процессе эксплуатации

В.2.1 В процессе эксплуатации СИ конкретных групп МПИ, установленный в НД на методику поверки, может быть корректирован с учетом режимов и условий эксплуатации в сторону как уменьшения, так и увеличения. Основанием для установления новых значений МПИ являются результаты предыдущих поверок или калибровок СИ этой группы.

В.2.2 Корректировку МПИ проводит организация государственной метрологической службы или иная организация, осуществляющая поверку СИ данной группы. Новое значение МПИ согласуют с предприятиями (организациями), применяющими СИ данной группы.

Документом, подтверждающим новый МПИ, может быть согласованный с организацией, осуществляющей проверку, план-график поверки или документ иной формы, его заменяющий.

В.2.3 В тех случаях, когда предприятие, применяющее СИ, не согласно с предложением об изменении МПИ, результаты исследований, направленных на корректировку МПИ, передают на рассмотрение государственного научного метрологического центра или иной организации, уполномоченной органом управления государственной метрологической службы, которая обеспечивает экспертизу представленных материалов и по ее результатам выносит окончательное решение.

В.3 Научно-методическое руководство работами, связанными с установлением первичных МПИ и их корректировкой в странах — участницах Соглашения, осуществляют государственные научные метрологические центры или иные организации, уполномоченные органом управления государственной метрологической службы.

[1)] Соглашение о взаимном признании результатов государственных испытаний и утверждения типа, метрологической аттестации, поверки и калибровки средств измерений, а также результатов аккредитации лабораторий, осуществляющих испытания, поверку или калибровку средств измерений, принятое 13 марта 1992 г. в Москве уполномоченными органами по стандартизации, метрологии и сертификации государств — участников этого Соглашения.

УДК 389.14:006:354 МКС 17.020 Т80

Ключевые слова: средства измерений, метрологическая надежность, стабильность, обобщенный нормальный закон нестабильности, поверка, калибровка, межповерочный (межкалибровочный) интервал (МПИ), критерии назначения МПИ (метрологические и экономический), требования к исходным данным, методы определения первичного МПИ, методы корректировки МПИ на этапе эксплуатации, порядок установления МПИ

Гост применим к оборудованию неразрушающего контроля.

Рекомендации по межгосударственной стандартизации

Государственная система обеспечения единства измерений

**МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
МЕЖПОВЕРОЧНЫХ И МЕЖКАЛИБРОВОЧНЫХ ИНТЕРВАЛОВ
СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ**

РМГ 74—2004

Редактор *Л.В. Афанасенко*
Технический редактор *О.Н. Власова*
Корректор *М.И. Першина*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Подписано в печать 19.01.2006. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура Ариал. Печать офсетная. Усл.печ.л. 2,79.
Уч.-изд.л. 2,70. Тираж 94 экз. Зак. 50. Изд. № 3429/4. С 2367.

ФГУП «Стандартинформ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
Набрано во ФГУП «Стандартинформ» на ПЭВМ.
Отпечатано в филиале ФГУП «Стандартинформ» — тип. “Московский печатник”, 105062 Москва, Лялин пер., 6.