



Институт Энергетики и Машиностроения
Кафедра Стандартизации, Сертификации и Метрологии

ДИСЦИПЛИНА «ОБЩАЯ ТЕОРИЯ ИЗМЕРЕНИЙ»

ЛЕКЦИЯ 10. МЕЖПОВЕРОЧНЫЕ И МЕЖКАЛИБРОВОЧНЫЕ ИНТЕРВАЛЫ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ. МЕТОДЫ ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Ассоц. проф., PhD Бергалиева С.А.

s.bergaliyeva@satbayev.university

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

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

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.

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

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.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

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.

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.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

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).

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.

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.

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

КРИТЕРИИ УСТАНОВЛЕНИЯ МПИ И МКИ

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

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 $P_{м.и}^*$ в момент очередной поверки (либо предел средней доли СИ, забракованных при поверке, $\varepsilon^* = 1 - P_{м.и}^*$);

- предел допускаемых значений коэффициента метрологической исправности СИ $K_{м.и}^*$;

- предел допускаемых значений вероятности работы СИ в течение МПИ без метрологических отказов P_m^* .

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

КРИТЕРИИ УСТАНОВЛЕНИЯ МПИ И МКИ

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.

Применяют следующие критерии:

- а) при первом способе поверки и калибровке — ν_P^* и $P_{M.I}^*$;
- б) при втором и третьем способах поверки — $P_{M.I}^*$ и $K_{M.I}^*$; при этом метрологическая исправность СИ определяется как соответствие установленному в технической документации пределу допускаемых значений:
 - 1) нестабильности MX СИ — при втором способе;
 - 2) MX 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_M^* ;
 - г) экономический критерий можно применять при любом способе поверки и калибровке СИ.

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.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МПИ И МКИ

Вероятностные характеристики процесса дрейфа МХ СИ.

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

При определении МПИ по критерию метрологической надежности (нестабильности) — значение критерия (v^* , $P_{м.н}^*$, $K_{м.н}^*$ или P_m^*)

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/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)

$$C_1(x) = c_1 |x|^l;$$

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

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

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

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

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МПИ И МКИ

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.

ПОРЯДОК РАСЧЕТА МПИ И МКИ

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 $P_m(T)$] 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 $P_m(T)$ 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 $\min(T_1, T_2)$;

ПОРЯДОК РАСЧЕТА МПИ И МКИ

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 неустойчивости первой МХ в первой точке диапазона измерений, принимают

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

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

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

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

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

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

Ассоц. проф., PhD Бергалиева С.А.

s.bergaliyeva@satbayev.university