

# ОПЫТНО СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ

*Раннев Г.Г.<sup>1)</sup>, Сурогина В.А.<sup>2)</sup>, Тарасенко А.П.<sup>3)</sup>*

<sup>1)</sup> ИПИТ, ул. Академика Королева, д.4, к.1, кв. 458, г. Москва, 129515 Россия;

*email: G.G.rannev@yandex.ru*

<sup>2)</sup> МГМУ (МАМИ), ул. Павла Корчагина, д. 22, г. Москва, 107996 Россия;

*email: syrogina@mail.ru*

<sup>3)</sup> МГМУ (МАМИ), ул. Павла Корчагина, д. 22, г. Москва, 107996 Россия;

*email: panteleevich@mail.ru*

*Резюме:* Решение задач определения параметров качества создаваемых СИ напрямую зависит от качественной характеристики погрешности составляющих измерительного канала (ИК), а точность ИК определяется точностью каждого прибора, входящего в него. В данной работе рассматриваются методы определения составляющих и результирующей погрешности ИК.

*Ключевые слова:* Измерительный канал, погрешности ИК, случайная, систематическая, основная, дополнительная, динамическая, результирующая погрешность ИК.

Измерительный канал (ИК) – основной элемент систем автоматизации, без которого не возможен процесс измерения. ИК – это совокупность технических средств отдельной измерительной системы, которая предназначена для выполнения функции, от момента восприятия измеряемой величины до полученного результата многочисленных измерений, выраженного численно или соответствующим числом кодом. Качество будущих полученных данных напрямую зависит от количественной характеристики погрешности средств измерений составляющих ИК, а точность ИК определяется точностью каждого прибора, входящего в него. Точность – величина, описывающая степень соответствия полученного результата изменений реальной величине параметра, который исследуется.

ИК могут включать в себя несколько средств измерений различных типов, например, датчики, измерительные преобразователи, модули аналогового и частотного ввода и вывода, аналоговые и цифровые устройства вывода информации. Погрешность такой сложной системы желательно определять экспериментальным путем, однако это не всегда возможно или целесообразно.

Исходными данными для расчета погрешности ИК являются:

- метрологические характеристики средств измерений;
- погрешность метода измерений (методическая погрешность);
- характеристики влияющих величин (например, окружающая температура, влажность);

- характеристики измеряемого сигнала.

ГОСТ 8.009 для всех типов средств измерений устанавливает следующий комплекс метрологических характеристик, который указывается в эксплуатационной документации на средства измерений:

- систематическая составляющая основной погрешности;
- среднеквадратическое отклонение случайной составляющей основной погрешности;
- дополнительная погрешность для каждой из влияющих величин;
- динамическая погрешность.

Некоторые средства измерений обладают гистерезисом – для них кроме перечисленных погрешностей указывается случайная составляющая основной погрешности, вызванной гистерезисом.

Основная погрешность может быть указана без разделения ее на части (на систематическую, случайную и погрешность от гистерезиса), и этот вариант является наиболее распространенным. Случайную составляющую указывают в случае, когда она превышает систематическую более чем на 10%.

Дополнительная погрешность указывается в виде функции влияния внешнего фактора на основную погрешность или ее составляющие: систематическую и случайную. Обычно эта функция представляет собой линейную зависимость и тогда указывается только коэффициент влияния, например, 0,05%/°C.

Динамическая погрешность указывается

с помощью одной из следующих характеристик: импульсная, переходная, амплитудночастотная и фазочастотная, амплитуднофазовая характеристика, передаточная функция. Для минимальнофазовых цепей указывается только амплитудночастотная характеристика, поскольку фазочастотная однозначно может быть получена из амплитудночастотной характеристики.

Для расчета методической погрешности могут быть указаны сопротивления проводов, среднеквадратическое значение или спектральная плотность помех в них, емкость, индуктивность и сопротивление источника сигнала, а также другие факторы, которые возникают при создании системы, включающей средства и объект измерений.

Характеристики измеряемого сигнала задаются в виде функции от времени или функции спектральной плотности. Для случайного входного сигнала задается спектральная плотность мощности или автокорреляционная функция. Во многих случаях для оценки погрешности бывает достаточно знания скорости нарастания входного сигнала.

#### Методы суммирования погрешностей.

Перед суммированием все погрешности делят на следующие группы:

- систематические и случайные (коррелированные и некоррелированные);
- аддитивные и мультипликативные;
- основные и дополнительные.

Такое деление необходимо потому, что систематические и случайные погрешности, а также коррелированные и некоррелированные суммируются поразному, а аддитивные погрешности не складываются с мультипликативными.

Если некоторые погрешности указаны в виде доверительных интервалов, то перед суммированием их нужно представить в виде среднеквадратических отклонений.

Дополнительные погрешности могут складываться с основными либо перед суммированием погрешностей, либо на заключительном этапе, в зависимости от поставленной задачи. Второй вариант часто предпочтительнее, поскольку он позволяет оценивать погрешность всего измерительного канала в зависимости от величины внешних влияющих факторов в конкретных условиях эксплуатации.

При последовательном соединении нескольких средств измерений погрешности, проходя через измерительный канал с передаточной функцией (функцией преобразования)  $f(x)$  могут усиливаться или ослабляться. Для учета этого

эффекта используют коэффициенты влияния, которые определяются как

$$k = \frac{df(x)}{dx}.$$

Все погрешности перед суммированием приводят к выходу (или входу) измерительного канала путем умножения (деления) на коэффициент влияния.

Погрешности средств измерений являются случайными величинами, поэтому при их суммировании в общем случае необходимо учитывать соответствующие законы распределения. На практике пользуются более грубыми упрощенными методами, разработанными математической статистикой.

Математическое ожидание погрешностей средств измерений, как правило, равно нулю. Если это не так, то его (в виде поправки) складывают с систематической составляющей погрешности. В средствах автоматизации введение поправки выполняется автоматически с помощью микроконтроллера, входящего в состав средств измерений. Математическое ожидание случайной составляющей всегда равно нулю, поскольку при нормировании метрологических характеристик его относят к систематической составляющей.

Наиболее полное определение итоговой погрешности измерительного канала состояло бы в нахождении функции распределения суммы нескольких погрешностей измерения. Однако функция распределения суммы случайных величин находится с помощью операции свертки, что приводит к значительным практическим трудностям. Поэтому для оценки итоговой погрешности ограничиваются только суммированием дисперсий погрешностей.

На конечном этапе погрешности суммируют по однородным группам, затем находят общую погрешность, используя геометрическое суммирование для случайных погрешностей и алгебраическое для детерминированных.

Существует три способа суммирования погрешностей:

- алгебраический:

$$\sigma_{\Sigma} = \sum_{i=1}^N \Delta_i, \quad (1)$$

где  $i$  номер погрешности,  $N$  число суммируемых составляющих погрешностей.

- геометрический:

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^N \sigma_i^2}, \quad (2)$$

где  $\sigma_i$  – среднее квадратическое значение  $i$  – той погрешности;

- с учетом корреляции:

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^N \sigma_i^2 + 2 \sum_{i=1}^N \sum_{j<i}^N R_{ij} \sigma_i \sigma_j} \quad (3)$$

где  $R_{ij}$  – коэффициент корреляции между  $i$  и  $j$  составляющими

В этой формуле  $j \neq i$  потому, что члены с  $j=i$  уже учтены в сумме (2), а  $j < i$  для того, чтобы суммировать только члены, лежащие ниже диагонали корреляционной матрицы, поскольку вследствие ее симметричности

$$R_{ij} \sigma_i \sigma_j + R_{ji} \sigma_j \sigma_i = 2 R_{ij} \sigma_i \sigma_j$$

При  $R_{ij} = +1$  выражение (3) переходит в формулу алгебраического суммирования:

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^N \sigma_i^2 + 2 \sum_{i=1}^N \sum_{j<i}^N \sigma_i \sigma_j} = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^N \sigma_i\right)^2} = \sum_{i=1}^N \sigma_i \quad (4)$$

где  $\sigma_i$  складывается со своим знаком, т.е. коррелированные погрешности с противоположными знаками частично взаимно компенсируются, если их коэффициент корреляции равен единице.

При  $R_{ij} = 1$  погрешности вычитают попарно

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sigma_i^2 + \sigma_j^2 - 2\sigma_i \sigma_j} = \sqrt{(\sigma_i - \sigma_j)^2} = |\sigma_i - \sigma_j|,$$

т.е. при отрицательной корреляции погрешности частично компенсируются, если они имеют один и тот же знак.

Учитывая, что получить удовлетворительные оценки коэффициентов корреляции практически довольно трудно, используют следующий прием: при  $|R_{ij}| \geq 0,7$  считают, что  $|R_{ij}| = 1$ , при  $|R_{ij}| < 0,7$  полагают  $|R_{ij}| = 0$ .

**Систематические погрешности.** В наиболее типовом случае систематические составляющие основных погрешностей средств измерений суммируются геометрически, по формуле (2), поскольку они являются случайными величинами.

Формулы геометрического суммирования были получены для среднее квадратических погрешностей. Поэтому, если комплекс метрологических характеристик средств измерений включает предел допускаемых значений систематической составляющей основной погрешности  $\Delta_{ос}$  без указания среднее квадратического значения (по ГОСТ 8.009), то соответствующую ему среднее квадратическое значение находят, в соответ-

ствии с рекомендациями РД 5045384, по формуле

$$\sigma = \frac{\Delta_{ос}}{\sqrt{3}}.$$

Эта формула справедлива, если нет оснований полагать, что функция распределения данной погрешности является несимметричной и имеет несколько максимумов.

Метрологическая инструкция МИ 22322000 рекомендует иную формулу расчета  $\sigma$  – как половину предела допускаемой погрешности.

Выбор способа суммирования систематических составляющих основных погрешностей не является однозначным и это связано с отсутствием полной информации о законе распределения. Дело в том, что причиной существования основной погрешности является как технологический разброс параметров электронных компонентов, так и некомпенсированная нелинейность. Технологический разброс обычно является случайным и на этом основании систематическая составляющая погрешности может рассматриваться как случайная величина на множестве средств измерений одного и того же типа. Поэтому в формулах для расчета погрешностей она учитывается *геометрически*. Однако нелинейность передаточной характеристики средства измерений (нелинейность АЦП, нормирующих усилителей, термопар) у всех экземпляров приборов одного типа будет иметь примерно один и тот же вид, величину и знак. Например, погрешность, вызванная нелинейностью, в начале шкалы может быть положительной, в середине шкалы – отрицательной, а у верхнего предела шкалы – опять положительной, и так для всех экземпляров приборов одного типа. Поэтому погрешности, обусловленные нелинейностью, должны суммироваться алгебраически.

В современных модулях аналогового ввода используется автоматическая калибровка, позволяющая уменьшить случайную компоненту систематической погрешности и в этом случае преобладающей является детерминированная погрешность нелинейности.

Поскольку ГОСТ 8.009 не предусматривает нормирование таких особенностей поведения погрешностей, то выбор способа суммирования начинает зависеть не от технических, а от политических факторов. Если фактическая погрешность окажется выше расчетной и это повлечет за собой угрозу жизни людей, большой экономический ущерб, техногенную катастрофу и т. п., то суммирование погрешностей выполняют алгебраически, причем используют не среднее ква-

друптические отклонения, а пределы допустимых значений погрешности.

Если известен знак систематической погрешности, то его учитывают при суммировании.

Для наиболее ответственных применений следует использовать средства измерений, для которых указаны погрешность без разделения на случайную и систематическую компоненты, поскольку в этом случае погрешность указана с доверительной вероятностью, равной единице. Если же используются средства измерений, для которых указана случайная составляющая, то для них рассчитывают величину погрешности при доверительной вероятности, равной единице. Это условие существенно превышает требования к точности средства измерений.

Алгебраическое суммирование часто дает слишком завышенную оценку погрешности. Поэтому МИ 22322000 предусматривает промежуточный вариант между формулами геометрического и алгебраического суммирования:

$$\sigma_{\Sigma} = K \sqrt{\sum_{i=1}^N \sigma_i^2},$$

где  $K$  – поправочный коэффициент, равный 1,2 для наиболее важных параметров устройств: аварийной защиты и блокировки, контроля за соблюдением требований техники безопасности и экологической безопасности, контроля характеристик готовой продукции и т.д.

Для конкретных экземпляров приборов могут быть указаны не номинальные характеристики (имеющие одну и ту же величину для всех приборов данного типа), а индивидуальные. В этом случае систематическая погрешность является не случайной, а детерминированной величиной, поэтому должна учитываться в итоговой погрешности измерительного канала *алгебраически*.

**Случайные погрешности.** Случайные составляющие основной погрешности средств измерений по ГОСТ 8.009 задаются своими среднеквадратическими отклонениями, поэтому их суммирование выполняется непосредственно по формуле геометрического суммирования.

Если случайная погрешность является коррелированным случайным процессом и задана в виде функции автокорреляции  $R(t)$  или спектральной плотности мощности  $S(f)$ , то среднеквадратическое значение случайной составляющей погрешности находят по формуле:

$$\sigma^2 = 2 \int_0^{f_g} S(f) df,$$

где  $f_g$  – верхняя граничная частота полосы пропускания всего измерительного канала или цифрового фильтра, используемого при обработке полученных данных. Если задана функция автокорреляции, то спектральную плотность мощности находят по формуле.

$$S(f) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} R(\tau) \cos(\omega\tau) d\tau = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} R(\tau) e^{-i\omega\tau} d\tau$$

Случайная составляющая погрешности может быть уменьшена в несколько раз (в зависимости от величины фликкершума) путем усреднения результатов многократных измерений/

**Дополнительные погрешности.** Дополнительные погрешности задаются в виде функции влияния внешних факторов (температуры, влажности, напряжения питания) на основную погрешность измерения или, в случае линейной функции влияния, коэффициентом влияния. Например, может быть задано, что основная погрешность увеличивается на +0,05% при изменении напряжения питания на +20%.

Если задан диапазон изменения влияющих величин, в качестве их математического ожидания для расчетов с помощью функции влияния берут их среднее значение.

Среднеквадратическое отклонение дополнительной погрешности для линейной функции влияния находят по формуле

$$\sigma_{\varepsilon} = K_{\varepsilon} \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{2\sqrt{3}}$$

где  $K_{\varepsilon}$  коэффициент влияния внешнего фактора;  $\varepsilon_1, \varepsilon_2$  нижняя и верхняя граница изменения влияющей величины.

Дополнительная погрешность может увеличивать как систематическую, так и случайную составляющую основной погрешности. Для этого функции влияния задаются раздельно на каждую составляющую.

Если известно, что дополнительные погрешности нескольких средств измерений коррелируют (например, синхронно возрастают при увеличении напряжения питания в сети или температуры окружающей среды), то такие погрешности суммируют как коррелированные величины, с учетом коэффициента корреляции (4).

Дополнительные погрешности считаются несущественными, если их сумма составляет менее 17% от наибольшего возможного значения инструментальной погрешности в рабочих условиях эксплуатации.

#### Динамические погрешности

Динамическая погрешность при известном входном сигнале является детерминированной. Она обычно приводит к занижению показаний измерительного канала. Суммирование таких погрешностей выполняется алгебраически.

Динамическая погрешность считается не-существенной, если она составляет менее 17% от наибольшего возможного значения инструментальной погрешности в рабочих условиях эксплуатации.

#### Нахождение итоговой погрешности

После суммирования погрешностей по группам, как это было описано выше, результат измерения обычно выражают в виде

$$x = (x_0 + \Delta) \pm \sigma, \quad (5)$$

где  $x_0$  – измеренное значение;  $\Delta$  – сумма всех погрешностей, которые складывались алгебраически, т.е. детерминированных погрешностей. Детерминированные погрешности могут быть прибавлены к измеренной величине в качестве поправки;  $\sigma$  – сумма всех случайных погрешностей, которые складывались геометрически, в том числе с учетом корреляционных связей:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_{\Sigma\text{сист}}^2 + \sigma_{\Sigma\text{случ}}^2 + \sigma_{\Sigma\text{доп}}^2 + \sigma_{\Sigma\text{метод}}^2}, \quad (6)$$

где  $\sigma_{\Sigma\text{сист}}$  – сумма всех систематических погрешностей измерительного канала;  $\sigma_{\Sigma\text{случ}}$  – сумма всех случайных погрешностей;  $\sigma_{\Sigma\text{доп}}$  – сумма всех дополнительных погрешностей;  $\sigma_{\Sigma\text{метод}}$  – сумма всех случайных составляющих методических погрешностей, включая погрешность программного обеспечения. Детерминированные составляющие методических погрешностей учитываются в слагаемом  $\Delta$ .

Вместо среднеквадратического отклонения может быть указан предел допустимых значений. Однако должно быть явно указано, какая именно оценка погрешности использована, поскольку доверительные вероятности для предела допустимых значений (единица) и для среднеквадратического отклонения (0,68) существенно отличаются.

Случайная, систематическая и дополнительная погрешности могут быть указаны раздельно. МИ 13172004 рекомендует «вместе с результатом измерений представлять характеристики его погрешности или их статистические оценки». Поэтому состав характеристик погрешности может быть выбран в каждом конкретном случае индивидуально, в зависимости от смысла решаемой задачи.

При выполнении многократных измерений

результат измерений должен содержать также указание на количество измерений, использованных при усреднении и интервал времени, в течение которого были выполнены измерения.

Поскольку выражение для суммы дисперсий случайных величин (6) получено независимо от закона распределения, геометрическое суммирование погрешностей дает правильное значение дисперсии независимо от законов распределения отдельных составляющих. Однако при этом ничего нельзя сказать о функции распределения суммарной погрешности, в том числе о надежности (доверительной вероятности) полученного результата. Тем не менее, поскольку при суммировании пяти и более погрешностей закон распределения суммы близок к нормальному независимо от законов распределения отдельных слагаемых, то, зная среднеквадратическое отклонение итоговой погрешности, можно использовать нормальный закон распределения для указания доверительного интервала и доверительной вероятности результата измерений.

При оценке погрешности измерительных каналов средств автоматизации следует по возможности использовать экспериментальный метод. Однако в случаях, когда это невозможно или экономически нецелесообразно, делают расчет по изложенной выше методике. Типичной проблемой, которая при этом возникает, является отсутствие некоторых исходных данных. В этой ситуации метрологическая инструкция МИ 22322000 рекомендует использовать следующие «значения по умолчанию»:

- среднеквадратическое значение погрешности принимается равным половине предела допускаемых значений погрешности;
- математическое ожидание основной и дополнительной погрешности принимается равным нулю;
- корреляция между отдельными составляющими погрешности отсутствует;
- случайная составляющая погрешности измерений является некоррелированной случайной величиной (белым шумом) или вырождается в систематическую погрешность;
- функции распределения внешних влияющих величин предполагаются равномерными или нормальными;
- считается, что инерционные свойства средств измерений не оказывают влияния на погрешность измерений.

## Литература.

- [1] **Екимов А. В., Ревяков М. И.** *Надежность средств электроизмерительной техники.* Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отдние, 1986, 208 с.
- [2] **Ю. К. Беляев, В. А. Богатырев, В. В. Болотин и др** *Надежность технических систем: Спр.. Под ред. И. А. Ушакова.* М.: Радио и связь, 1985.
- [3] **Раннев Г. Г.** *Измерительные информационные системы: Учебник для студентов высших учебных заведений.* — М.: Издательский центр «Академия», 2010. — 336с.
- [4] **Раннев Г. Г.** *Интеллектуальные средства измерений: Учебник для студентов высших учебных заведений.* — М.: Издательский центр «Академия», 2011. — 272с.
- [5] **Раннев Г. Г., Тарасенко А. П.** *Методы и средства измерений: Учебник для ВУЗов.* — 6е издание стереотипное. — М.: Издательский центр «Академия», 2010. — 336с.
- [6] **Раннев Г. Г., Улитенко К. Я.** *К вопросу об оценке надежности многофункциональных АСУ ТП: Межвуз. сб. научных трудов/ Новосибир. электротехн. инт.* — Новосибирск, 1987. — 4957с.
- [7] **Фарберман М. Б., Берштин Р. Д., Дмитриченко С. С.** *«Планирование объемов последовательных испытаний деталей машин на долговечность».* Вестник машиностроения, N 8, 1987, 36с.
- [8] **Шульц Ю.** *Электроизмерительная техника: 1000 понятий для практиков: Справочник.* Пер. с нем. — М.: Энергоатомиздат, 1989. — 288с.
- [9] **Harter H.L., Moore A.H.** *An Evaluation of Exponential and Weibull Test Plans IEEE Transactions on Reliability, Vol. R25, N 2, June 1976, p. 100 104.*

## EXPERIMENTAL STATISTICAL METHODS FOR DETERMINING THE PARAMETERS OF QUALITY MEASUREMENT CHANNELS

**Rannev G.G.<sup>1)</sup>, Surogina V.A.<sup>2)</sup>, Tarasenko A.P.<sup>3)</sup>**

- <sup>1)</sup> ИИТ, str. Academician Korolev 4, k.1, Apt. 458, Moscow 129515, Russia;  
*email: G.G.rannev@yandex.ru,*
- <sup>2)</sup> MSEU (MAMI), Str. Pavel Korchagin, d. 22, Moscow, 107996, Russia;  
*email: syrogina@mail.ru*
- <sup>3)</sup> MSEU (MAMI), Str. Pavel Korchagin, d. 22, Moscow, 107996, Russia;  
*email: panteleevich@mail.ru*

*Summary:* the task of determining the quality parameters of the generated SI directly depends on the quality characteristics of the error components of the measuring channel (IR), and the accuracy of the IR is determined by the precision of each instrument included in it. This paper discusses methods for determining the constituents and the resultant error of the infrared.

*Keywords:* Measurement, error IR, random, systematic, major, minor, dynamic, the resulting error IR

## References

- [1] **Ekimov A.V., Revyakov M.I.** *Reliable means of electric engineering.* L.: Energoatomizdat, Leningrad. Depset, 1986 208.
- [2] **J. K. Belyaev, V.A. Bogatyrev, V.V. Bolotin et al** *Reliability of technical systems: Ref .. Ed. IA Ushakov.* M.: Radio and Communications, 1985.
- [3] **Rannev G.G.** *Measuring information systems: the textbook for students of higher educational institutions.* M.: Publishing center «Academy», 2010. 336s.
- [4] **Rannev G.G.** *Intelligent measurement: the textbook for students of higher educational institutions.* M.: Publishing center «Academy», 2011. 272s.
- [5] **Rannev G.G., Tarasenko A.P.** *Methods and measuring: Textbook for High Schools.* 6th edition stereotype. M.: Publishing center «Academy», 2010. 336s.

[6] **Rannev G.G., K.Y. Ulitenko** *The question of assessing the reliability of multiACS: Hi. Sat. scientific papers / Novosib. electrotechnical. Inst. Novosibirsk, 1987. 4957s.*

[7] **Farberman M.B., Bershtin R.D., Dmitrichenko S.S.** «*Planning volumes successive tests on the durability of machine parts.*» *Journal of Mechanical Engineering*, N 8, 1987, 36С.

[8] **J. Schultz** *Electrical appliances: 1000 concepts for practitioners: A Handbook. Trans. with it. M.: Energoatomizdat, 1989. 288s.*

[9] **Harter H.L., Moore A.H.** *An Evaluation of Exponential and Weibull Test Plans IEEE Transactions on Reliability*, Vol. R25, N 2, June 1976, p. 100 104.

## ОПИТНО СТАТИСТИЧЕСКИ МЕТОДИ ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ ПАРАМЕТРИТЕ НА КАЧЕСТВОТО НА ИЗМЕРВАТЕЛНИ КАНАЛИ

*Раннев Г.Г.<sup>1)</sup>, Суругина В.А.<sup>2)</sup>, Тарасенко А.П.<sup>3)</sup>*

<sup>1)</sup> ИПИТ, ул. Академика Королева, д.4, к.1, кв. 458, г. Москва, 129515 Россия;

*email: G.G.rannev@yandex.ru,*

<sup>2)</sup> МГМУ (МАМИ), ул. Павла Корчагина, д. 22, г. Москва, 107996 Россия;

*email: syrogina@mail.ru*

<sup>3)</sup> МГМУ (МАМИ), ул. Павла Корчагина, д. 22, г. Москва, 107996 Россия;

*email: panteleevich@mail.ru*

*Резюме:* Решаването на задачата за определяне на параметрите на качеството на създаваните СИ пряко зависи от качествената характеристика на грешката на компонентите на измервателния канал (ИК), а точността на ИК се определя от точността на всяко устройство, включено в него. Този доклад описва методите за определяне на съставящите компоненти и на сумарната грешка на ИК.

*Ключови думи:* измервателен канал, грешки на ИК, случайна, систематична, основна, допълнителна, динамична, сумарна грешка на ИК.