



## О ПРОБЛЕМЕ НОРМИРОВАНИЯ ТОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ

(Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика  
С.П. Королёва (национальный исследовательский университет))

Для количественного определения некоторой конкретной физической величины введена единица этой физической величины, представляющая собой физическую величину фиксированного размера, которому условно присвоено значение единицы. Для воспроизведения единицы физической величины или некоторого её кратного или дольного значения используется техническое устройство, называемое мерой этой физической величины. Наивысшее постоянство размера единицы физической величины обеспечивает мера, называемая международным эталоном этой физической величины. Необходимость такого постоянства обусловлена необходимостью обеспечить глобальное единство измерений для целей науки, производства, торговли и т.д.

Измерение любой физической величины заключается в сравнении её размера с размером меры при помощи технического устройства, называемого средством измерения и содержащего в себе в некотором виде (непосредственно или опосредовано) меру измеряемой физической величины.

Несовершенство средства измерения может приводить к тому, что полученный результат определения размера измеряемой физической величины (результат измерения) будет отличаться от её действительного значения на величину, называемую погрешностью измерения. Предельное значение этого отличия, то есть предельное значение погрешности измерения, может быть определено по точностным характеристикам, указываемым в сопроводительной технической документации на используемое средство измерения.

Из вышесказанного следует, что погрешность средства измерения конкретной физической величины при его изготовлении или метрологической аттестации (поверке), в конечном счёте, определяется опытным путём относительно международного эталона этой физической величины, то есть имеет под собой материальную основу и не может быть определена и уменьшена никакими абстрактными вычислениями и математической обработкой. Единственным исключением является возможность уменьшения соответствующей обработкой случайной погрешности многократных измерений физической величины, при условии, что во время измерений эта величина остаётся неизменной.

Иными словами, погрешность средства измерения это отклонение результата измерения данным средством измерения значения международного эталона измеряемой физической величины от указанного на эталоне номинального значения плюс погрешность самого эталона, которая, как правило, на несколько порядков меньше прогнозируемой погрешности средства измерения.

Правила, по которым определяются точностные характеристики конкретного экземпляра (или типа) средства измерения, называются нормированием точностных характеристик.



В машиностроении и в других отраслях техники исторически использовалось так называемое предельное значение погрешности, которое ни при каких условиях не могло быть превышено при проведении измерений данным экземпляром (или типом) средства измерения. Результирующая погрешность средства измерения при этом определяется как сумма модулей составляющих [1]. Отдельно указывается основная погрешность, определяемая в так называемых нормальных условиях (в условиях градуировки) и дополнительная погрешность, которая может возникать при отклонении условий эксплуатации от условий градуировки. На всех выпускавшихся средствах измерения, будь то измерительный прибор, измерительный преобразователь или мера, указывалось именно предельное значение погрешности, которую данное средство измерения может внести в результат измерения.

В последние десятилетия при нормировании точностных характеристик средств измерения, особенно нестандартных средств измерения и измерительных систем, стали использовать так называемый вероятностный подход. При таком подходе точностные характеристики средств измерения стали определяться методами теории вероятности, с указанием погрешности в виде некоторого параметра случайной величины, например, в виде среднеквадратического отклонения, а в некоторых случаях и в виде закона распределения возможной погрешности.

Таким образом, вполне оправданный вероятностный подход к оценке результата многократных измерений, содержащего весьма заметную случайную составляющую, стал использоваться при нормировании средств измерения, особенно, нестандартных средств измерений и измерительных систем. В результате этого появилась возможность завышать реальные точностные характеристики средств измерения, что при производстве всевозможных технических (да и иных) устройств приводит к снижению качества выпускаемой продукции, уменьшению её надёжности, к увеличению процента брака.

Практически опыт разработки и производства технических устройств показывает, что для пользователей средств измерения важны только предельные значения отклонений результата измерения физической величины или параметра и его никоим образом не интересует закон распределения результатов измерения в интервале этих предельных значений.

В то же время вероятностный подход справедлив при оценке точностных характеристик множества однотипных средств измерения, так как он позволяет определить эффективность используемых технологических и иных способов улучшения точностных характеристик средств измерений, получаемых в результате метрологических исследований (экспериментальных и теоретических). Кроме этого вероятностный подход необходимо использовать при многократных измерениях одной и той же величины с большим разбросом получаемых результатов.

Для высокотехнологичных отраслей производства очень важно, чтобы погрешность измерения ни при каких условиях не выходила за допустимые пределы. В этой связи большое значение имеет корректное определение пре-



дельных значений дополнительной погрешности, которая может возникнуть при отклонении условий окружающей среды от условий, при которых производилась градуировка средства измерения.

В отличие от основной погрешности, составляющие которой (погрешность используемой при градуировке меры, погрешность аппроксимации при нелинейной функции преобразования, случайная и вариационная погрешности) определяются по результатам градуировки, экспериментальное определение дополнительной погрешности представляется весьма проблематичным. Так как в конкретном экземпляре средства измерения может подбраться такое сочетание параметров элементов, которое даст заниженное (а то и нулевое) значение дополнительной погрешности. Поэтому, если средство измерения планируется производить не в единичном экземпляре, то теоретический расчёт дополнительной погрешности обязателен.

Пользователя средства измерения, как правило, интересует только отклонение результата измерения физической величины от её действительного значения. Однако, в большинстве случаев отдельное нормирование погрешности по аддитивной и мультипликативной составляющей не только оправдано, но и необходимо. Это обусловлено различием причин их возникновения, суммирования и способов уменьшения. Так, например, при наличии возможности периодической подачи на средство измерения нулевого значения измеряемой величины из результирующей погрешности могут быть исключены (до погрешности квантования) все аддитивные составляющие.

Резюмируя вышеизложенное можно сказать, что при достаточной разрешающей способности помимо аппаратных методов (автокалибровки, введение температурной поправки, стабилизация параметров и т.д.) повышение точности средства измерения возможно только его градуировкой с использованием более точной меры. Предельное значение дополнительной погрешности на стадии разработки средства измерения должно определяться теоретически по паспортным или измеренным данным на элементы, определяющие аддитивную и мультипликативную составляющие дополнительной погрешности.

### **Литература**

1. Измерения в промышленности. Справочное издание. Под ред. П.Профоса. -М.: Металлургия, 1980. – 648с.