

УДК 621.3.087.92

**МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ,  
ПРЕОБРАЗУЮЩИХ СИГНАЛ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ**

**Цитович Б.В.<sup>1</sup>, Соломахо В.Л.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Белорусский государственный институт повышения квалификации  
по стандартизации, метрологии и управлению качеством

<sup>2</sup>Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

**Аннотация.** Интенсивное развитие средств измерений, осуществляющих дискретное преобразование сигнала измерительной информации, потребовало расширения номенклатуры применяемых метрологических характеристик. Рассмотрены особенности их использования.

**Ключевые слова:** цифровые средства измерений, метрологические характеристики.

**METROLOGICAL CHARACTERISTICS OF MEASURING INSTRUMENTS CONVERTING  
THE SIGNAL OF MEASURING INFORMATION**

**Citovich B.<sup>1</sup>, Solomachov V.<sup>2</sup>**

*Belarusian State Institute for qualification raising and staff retraining in the field  
of standardization, metrology and quality management*

*Belarusian National Technical University*

*Minsk, Republic of Belarus*

**Abstract.** The intensive development of means of measurement carrying out signal discrete transformation of the measurement system has led to an expansion of the applied metrological characteristics. The features of their use are considered.

**Key words:** transformation means of measurement, metrological characteristics.

Все средства измерений (СИ), осуществляющие преобразование сигнала измерительной информации (измерительные преобразователи и приборы, измерительные каналы установок и систем), в соответствии с реализацией функции преобразования делят на две группы:

- аналоговые (континуальные) СИ;
- «цифровые» (дискретные СИ).

Распространено мнение, что дискретные СИ появились только в связи с применением электрических и электронных элементов СИ. Реально дискретные СИ появились более пяти веков назад, когда для астрономических приборов было разработано устройство дискретизации отсчитываемой доли основного деления (название «нониус» оно получило в честь португальского математика Педру Нуниша (1502–1578 лат. *Nonius*). В современных приборах используют вариант, предложенный в 1631 году французским математиком Пьером Вернье («верньёр»). Возможности применения микропроцессоров только существенно интенсифицировали процесс разработки дискретных СИ, что связано с их существенными достоинствами. Значительное число известных ранее и широко применяемых СИ, например, микрометры, измерительные головки, весы, термометры и др. модернизируют в дискретные.

Переход к иной форме преобразования сигнала измерительной информации приводит к некоторым качественным изменениям в их использовании. Различия функций преобразования сигнала измерительной информации аналоговым

(непрерывным, континуальным) и дискретным средствами измерений иллюстрируют рис. 1 и 2.

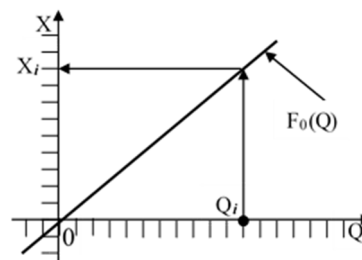


Рисунок 1 – Идеализированная модель непрерывного преобразования сигнала

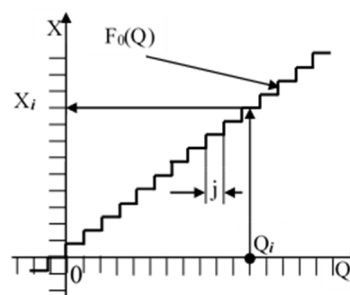


Рисунок 2 – Идеализированная модель дискретного преобразования сигнала

На рис. 2 обозначены система координат, где  $Q$  – ось интенсивности измеряемого свойства, а  $X$  – шкала для отображения выходного сигнала.  $F_0(Q)$  – номинальная функция преобразования сигнала измерительной информации. Значение  $X_i$

– выходной сигнал (результат преобразования измерения произвольного значения).  $Q_i$  – значение измеряемая величина.

Кажущееся сходство функций мешает различению некоторых важных особенностей нормирования их метрологических характеристик. Различия в трактовках при нормировании комплексов метрологических характеристик СИ связаны с разными подходами к ним пользователя и разработчика или исследователя СИ. Пользователь ставит во главу угла диапазон измерений и погрешности СИ, а для разработчика весьма существенными являются вариация показаний, порог чувствительности, соотношение систематической и случайной составляющих погрешности СИ и ряд других характеристик.

Для дискретных СИ важнейшей особенностью является номинальная ступень квантования  $j$ . Термин, установленный ГОСТ 8.009-84 «Межгосударственный стандарт. Государственная система обеспечения единства измерений. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений» иногда подменяют нестандартными терминами «дискрета», «дискретность», «шаг дискретности» или стандартными, но не соответствующими сути («чувствительность», «точность» и даже «цена деления»).

Примерным аналогом номинальной ступени квантования некорректно считают цену деления шкалы аналоговых приборов. У аналоговых СИ указатель может остановиться между отметками шкалы, что позволяет оператору округлять значение до ближайшей отметки или интерполировать долю деления «на глаз». В отличие от аналоговых, дискретные СИ имеют фиксированную разницу между любой парой соседних показаний, равную номинальной ступени квантования, поделить которую на доли невозможно. На эти различия следует обращать внимание при разработке методик выполнения измерений, методик поверки и калибровки СИ. Для этого следует четко различать альтернативные СИ.

Введение в действие ГОСТ 8.009 привело к стандартизации ряда метрологических характеристик, отсутствующих у аналоговых СИ. К ним в первую очередь относятся вид выходного кода и число разрядов кода. Код может быть десятичный (десятичный), двенадцатиричный, шестидесятиричный и другой, например, семиричный (для дней недели). Важно также предельное число

знаков на цифровом табло, которое может не совпадать с числом разрядов кода. Цифровое табло не определяет возможный диапазон показаний, заложенный в конструкцию СИ. Исправные часы не показывают 99 часов и 99 минут; поскольку значения текущего времени более 24 часов не несут бытового смысла.

Цена единицы наименьшего разряда выходного кода в предельном случае может совпадать с номинальной ступенью квантования входного сигнала. Однако номинальная ступень квантования может быть больше цены единицы наименьшего разряда кода. Номинальная ступень квантования для прибора (см. рис. 2) – наименьшее изменение измеряемой величины, на которое прибор реагирует сменной показаний на цифровом табло. Значение номинальной ступени квантования может быть кратно цене единицы наименьшего разряда кода.

Попытка однозначно связать аналоговых СИ с системой шкала-указатель, а «цифровые» СИ с наличием числового табло метрологически безграмотна. Например, бытовой «счетчик расхода воды» с «всплывающей» цифрой непрерывно вращающегося при работе прибора последнего барабана явно соответствует рис. 1. Сегодня с «цифровыми» электронными часами конкурируют электронно-механические часы с шаговым двигателем, функция преобразования которых полностью соответствует показанной на рис. 2. У таких часов при наличии выходных кодов (двенадцатиричного для часов, шестидесятиричных для минут и секунд) при наличии системы шкала-указатель имеются такие метрологические характеристики, как диапазон показаний (для часовой стрелки с пределами от 0 до 12 часов, для минутной стрелки от 0 до 60 минут и для секундной стрелки от 0 до 60 секунд (нулевое и последнее деления совпадают через оборот). Если цена наименьшего деления одна секунда, ее значение совпадает с номинальной ступенью квантования. Если штрихи на циферблате поставлены только у часовых цифровых отметок, цена деления для часовой стрелки равна 1 час, а для минутной 5 минут, и для секундной 5 секунд.

Очевидно, что для обеспечения единства измерений необходимо не только нормативно установить единицу и/или шкалу физической величины, но и обеспечить поверку применяемых средств измерений с корректным нормированием и контролем метрологических характеристик.