

Реферат

На тему: «Государственная метрологическая служба»

По Дисциплине: Метрология, стандартизация и сертификация

Выполнил:

Студент группы 12-СЭ-2

Фролов О.Ю

Проверил:

Темников А.С

2014 .

## **Содержание**

1. Основные термины
2. Классификация измерений
3. Основные характеристики измерений.
4. Понятие о точности
5. Классификация средств измерения
6. Основные источники погрешностей измерений
7. Классы точности средств измерений

Измерение – один из важнейших путей познания природы человека. Они играют значительную роль в современном обществе. Наука, техника и промышленность не могут существовать без измерений. Каждую сек в мире производится 1 млрд. измерительных операции результаты которых используются для обеспечения технического уровня и необходимого качества продукта, безопасности работы транспорта и т.д. Практически нет ни одной сферы деятельности где бы не использовались результаты измерений. Диапазоны измеряемых величин постоянно растут. Например длина измеряется  $10^{-10}$  -  $10^{17}$  метра, температура 0,5–106 К, сопротивление  $10^{-26}$  -  $10^{16}$  Ом, сила тока  $10^{-16}$  -  $10^4$  А. С ростом диапазона измеряемых величин возрастает и сложность измерения. Измерения по сути своей перестают быть одноактивным действием, превращают сложную процедуру подготовки эксперимента, интерпретации измеренной информации. В этом случае следует говорить об измерительных технологиях понимающихся как

последовательность действий направленных на получение измерительной информации. Другой фактор, подтверждающий фактор измерений – их значимость. Основой любой формы управления, анализа, планирования, контроля и регулирования является достоверная исходная информация, которая может быть получена путём измерения физических величин, параметров и показателей. Только высокая и гарантированная точность результатов измерений может обеспечить правильность применяемых решений.

Современный уровень науки и техники позволяет выполнять многочисленные и точные измерения однако затраты на них равны затратам на исполнительные операции. Важной задачей Метрологии как науки является создание эталонов физических величин имеющих диапазон необходимый для современной науки и техники. Эти эталоны постоянно совершенствуются с учётом последних открытий науки. Стоимость поддержания мировой системы эталонов высока. Сотрудничество с зарубежными странами совместная разработка научных программ Её высокая точность, качество и достоверность единообразия принципов и способов оценки и точность измерения имеет огромное значение. Важную роль в использовании достижений в метрологии в промышленности играют нормативные документы ССМ. Поэтому в процессе изучения курса МСС будут активно использовать последние нормативные материалы госстандартов.

## **Основные термины**

Основные термины сформулированы в ряде действующих нормативных документов (1970 г. введён ГОСТ 16263–70 «Метрология. Термины и определения»). Дальнейшее развитие Метрологии вызвала необходимость уточнения терминов и учёта при этом материалов изданных за рубежом (международный терминологический словарь). 1994 г. введён новый рекомендательный документ «Рекомендации. Метрология. Основные термины и определения», разработан НПО в НИИ Метрологии Д.М. Менделеева.

Метрология – наука об измерениях, метода и средствах обеспечения их единства и требования точности. (Метрология не только наука, но и область практической деятельности.)

Физическая величина – одно из свойств физического объекта общее в качественном отношении для многих физических объектов, но в количественном отношении разная для каждого и них.

Измерение – совокупность операций выполняемых с помощью технического средства хранящего единицу величины, позволяющая сопоставить измеренную величину её единицей и получить значение измеряемой величины.

Единство измерений – состояние измерений при котором их результаты выражены в законных единицах, а погрешности известны с определённой вероятностью и не выходят из дозволённых.

Первым условием обеспечения единства измерений является представление результатов единицах которые были бы одними и теми же всюду где производится измерения.

Второе условие: необходимость выполнять их так, чтобы «сопровождающие» измерения погрешность их результатов были бы известны и не выходили бы с заданной вероятностью за установленные пределы.

Погрешность – отклонение результатов измерений от истинного значения измеряемой величины.  $\Delta x = x_{изм} - x_{дейст}$ . Говорят не о погрешности измерения, а о точности. Качественно точность измерения характеризуется близостью к нулю результатов измерения.

## **Классификация измерений**

Измерение как экспериментальные процедуры определяют определённые значения определённых величин разнообразны, что объясняется множеством известных величин, различных характеров изменения их во времени, различными требованиями.

По способу получения информации:

прямые измерения, при которых искомые значения физической величины определяют путём сравнения с мерой этой величины (линейка, вольтметр)

– косвенные . При которых искомые значения физической величины определяет на основании результатов других физических величин связанных с искомой величиной некоторых заранее известных функциональных зависимостей (измерение мощности тока)

– совокупные измерения , при которых проводят одновременно измерения нескольких однородных величин с определённой искомой величины путем решения системы уравнения.

– совместные измерения при которых производятся измерения двух или нескольких неоднородных физических величин с целью нахождения зависимости между ними.

Как при совокупных так и при совместных измерений искомые значения находят путём решения уравнений. Поэтому эти методы близки друг к другу и различаются только потому, что при совокупных однородных величины, у совместимы неоднородные. Если провести разделения операций проводимых при совокупных измерениях, то они приводят к прямым, однородные к косвенным.

По характеру измерения величин в процессе измерения:

– Статистические измерения, которые проводятся при практическом постоянстве измеряемой величины (статистический режим).

– Динамическое измерения. Величины изменяются во времени (динамический режим).

К статистическим относятся параметры которые в процессе наблюдения не изменяются во времени или рассматриваются неизменяемыми (размеры обрабатываемой детали, эл-ое напряж)

Динамический режим возникает при измерении не изменяющихся величин непосредственно после включения средства измерения в следствии её инерционности. Кроме того, в современных технологический и др процессах величины могут претерпевать те или иные изменения. К ним относятся измерения параметров периодических и аperiodических сигналов изменения которых можно описать только вероятностными закономерностями. Характерными для «чистых» динамических измерениях является то, что результат измерений изменяющийся во времени физической величины представляется совокупностью её значений с указанием момента времени которым соответствует эти измерения.

В других случаях результат динамического измерения может быть представлен некоторым усреднённым числовым значением

Статистические измерения связаны с определением характеристик случайных процессов, шумовых сигналов и т.д.

По количеству измерительной информации:

1. Однократные. При которых число измерений равно числу измеряемых величин. Если измеряется одна величина, то измеряют один раз. При этом иметь ввиду, что руководствоваться одним опытом при измерении той или иной величины не всегда оправдано. Во многих случаях рекомендуется выполнить не менее двух-трёх измерений которые позволяют избежать грубых ошибок – промахов. При этом результат измерений, т.е. значение физической величины получены при измерении, есть среднее из этих двух-трёх расчётов.

2. Многократные. При которых число измерений больше числа измеряемых величин в  $n/m$  раз, где  $n$  – число измерений каждой величины,  $m$  – число измеряемых величин. Обычно для многократных измерений  $n \geq 3$ . Многократные измерения проводят с целью уменьшения влияний случайных составляющих погрешностей измерения.

По отношению к основным единицам измерения:

1) абсолютные. При которых результат измерения основывается на прямых измерениях одной или нескольких основных величин, и (или) использовании физических констант.

2) Относительные. При которых производятся измерения отношение измеряемой величины к некоторой однородной величине играющей роль единицы или измерения величины по отношению к однородной величине принимаемой за исходную.

### **Основные характеристики измерений.**

К основным характеристикам измерений относятся:

1. Применяемые при тех или измерениях принципы измерения.

2. Методы измерения.

3. Точность измерения.

1. Принципы измерений – физическое явление положенное в основу измерения. Рассмотрим некоторые широко распространённые явления:

а) пьезоэлектрический эффект, заключается в возникновении ЭДС на грани некоторых кристаллов (кварц) под действием внешних сил (сжатия, растяжения). Наибольшее применение для измерения нашли Кварц и пьезокерамика, обладающая достаточно высокой механической прочностью и температурной зависимостью. Пьезоэлектрический эффект обратим: ЭДС приложенная к пьезокристаллу вызывает механическое напряжение на их поверхности.

Измерительно-преобразовательный датчик на пьезоэлектрическом эффекте используют для динамических измерений.

б) Термодинамический эффект, широко применяется для измерения температуры. Два вида использования: 1) используют свойства изменения  $R_{\text{металлов}}$  и полупроводников при изменении температуры (медь, платина), соответствующий измерительный преобразователь называется терморезистором. Измерительные элементы п.п. преобразователя термисторы. С увеличением температуры  $R$  уменьшается, а термометра увеличивается. Другими способами использования термоэффекта является термоЭДС возникающая в термопаре.

г) Фотоэлектрический эффект. Для измерений используется внешний и внутренний фотоэффекты. Внешний возникает в вакуумированном баллоне, имеющим анод и фотокатод. При освещении фотокатода в нём под влиянием фотонов света эмитируются электроны. В случае наличия между анодом и фотокатодом электрического напряжения эмитируемые электроны образуют эклектический ток, называемый фототоком. Внутренний возникает при освещении слоя между некоторыми полупроводниками и металлами. В этом случае возбуждается ЭДС у ряда полупроводников под влиянием светового излучения, изменяется эклектическое сопротивление. Иногда это называется фоторезистивным эффектом, а устройство фоторезистор. «Темновое», при отсутствии света, сопротивление  $R$  достаточно большое  $10^8$  Ом, при освещении оно может уменьшаться до  $10^5$  Ом. Фоторезисторы обладают высокой чувствительностью.

2. Методы измерения. Метод измерения – совокупность используемых способов сравнений измеряемой величины с её единицей в соответствии с выбранной (реализованной) принципов измерений. Все измерения делятся на методы непосредственной оценки и методы сравнения. Использование метода непосредственной оценки позволяет определить значение величины непосредственно по отчётному устройству показывающему средства измерения. Мера отражающая единицу измерения в измерении не участвует. Её роль в показе измерения играет шкала проградуированная при его производстве с помощью достаточно точных средств измерений. Метод сравнения с мерой предусматривает сравнение измеряемой величины с равной мерой. Методы сравнения обычно реализуются различными путями. К основным из них можно отнести: дифференциальный метод, нулевой метод, метод измерения замещением метод совпадений.

Дифференциальный – метод, при котором измеряемая величина сравнивается с однородной величиной имеющей известное значение, воспроизводимой мерой. Точность этого метода может быть высокой и определяется точностью величины воспроизводимой меры.

Нулевой – метод является частным случаем дифференциального метода, заключается в том, что результаты воздействия измерения измеряемой величины взаимно уравниваются до нулевого показателя. Метод измерения замещением заключается в том, что измеряемая величина замещается мерой с известным значением величины. Метод совпадений заключается в том, что разность между измеряемой величиной и известной величиной измеряют используя совпадения отметок их шкал.

## **Понятие о точности**

Точность измерения определяется близостью к нулю погрешности измерений, т.е. близость результатов измерений к истинному значению измеряемой величины. Но если погрешность измерений можно количественно выразить в единицах измеряемой величины или в отношении погрешности и к результатам измерения, то точность измерений количественно результат измерения определить нельзя. Поэтому не говорят о высокой, средней, низкой точности измерения в качественном отношении.

## **Классификация средств измерения**

Средства измерений представляют собой техническое устройство, предназначенное для измерений имеющие в этих целях нормирования метрологические характеристики воспроизводящие и / или хранящие единицу физической величины. В отличие от средства измерения от других технических устройств является главным образом наличие меры и нормированных технической характеристики к средствам.

1. меры предназначенные для воспроизведения и / или хранения физической величины одного или нескольких заданных размеров и к мере относятся меры, весовые меры, нормальные. Мера, воспроизводящая официальную величину одного размера, называются однозначными , воспроизводящая величина различных

размеров – многозначных (миллиметровая линейка). Применяют также меры, наборы мер и магазины мер. Набор мер – комплект однородных мер разного размера, предназначенных для применения в различных сочетаниях. Магазин мер – наборы мер, конструктивно объединённых в одно устройство в котором предусмотрено ручное или автоматизированное соединение в одно целое. К однозначным мерам относятся стандартные образцы и стандартные вещества. Стандартные образцы представляют собой специально оформленное тело, установленного по результатам метрологической аттестации значения физической величины которые характеризуют свойства или состав материала вещества.

### Определение погрешности результатов измерений

Любые измерения лишь тогда приобретают какую-либо значимость когда из результатом можно доверять и и проводятся со следующими различными целями:

1. когда надо удостовериться в том, что производимые (приобретаемая) продукция соответствует заданной качественными и количественными свойствами.
2. Когда необходимо определить неизвестное свойство объекта (физической системы, процессов, явления) измерения.
3. Когда необходимо наблюдать за количественными и качественными измерениями объекта измерения.

Каждый объект измерения обладает некоторыми количеством свойств (признаков) для определённости которых можно судить о его содержании (состоянии). Какую бы цель не преследовали бы измерения, главным всегда остается оценка по их результатам испытанного значения величины (как правило физической), которая рассматривается как идеальная в качественном и количественном отношении её характеристик. Истинное значение величины с философской точки зрения сопоставляется абсолютной истине, т.е. оно может быть определено только в результате бесконечного процесса измерений, соответствующий бесконечным процессом совершенствования методов и средств измерения. Т.о. мы в состоянии наблюдать истинную величину. Например длину обрабатываемой детали, но определить её точное значение с помощью измерений е можем. Вместе с тем,

измерение целесообразно только тогда, если измеряемую величину можно сопоставить с некоторой известной величиной, мерой, эталоном и т.д. Поэтому для практического применения неизвестного истинному значению величины составляют действительное значение величины, это значение определяется экспериментально, приписывается измеряемой величине и рассматривается как величина, значение которой наиболее точно отражает данное измерительной задачи истинное значение измеряемой величины. Очевидно, истинное значение величины по своей природе является единственным в момент измерения. Действительным значением величины в зависимости методов средств используемых для его определения может иметь множество значений, сопоставляемых этому единственному. Погрешность результата измерений представляется отклонением результата измерений от истинной величины и её абсолютного значения которая равна разности между измеренными значениями. Поскольку истинное значение точно не известно, то также точно не известны и погрешности измерений. На этом основании иногда говорят о неопределённости погрешности измерений и предлагают заменить погрешность термином «неопределённость». На практике для определения погрешности измерения пользуются понятием действительного значения величины которому всегда приписывается определённое значение. Чем выше погрешность и метода средства измерения, с помощью которых определено действительное значение величины, тем увереннее оно может рассматриваться как близкое к истинному. Точность погрешности измерения определить невозможно, поэтому одной из задач метрологии является разработка методов оценки погрешности измерений с целью возможностей их уменьшения. При этом оценка погрешности чаще всего проводится применительно к определению абсолютного его значения выраженного в единицах измеряемой величины с помощью уравнения!!!! где – действительное значение измеряемой величины. Определение погрешности в виде (2) строго соответствует идеальной модели погрешности (1) является экспериментальной организации определения (1). В обоих случаях говорить о неопределённости погрешности измерения не корректно. Если при использовании средства измерения о действительных значениях измеряемой величины экспериментатор не осведомлён и т.о. затрудняется определить погрешность, то применяется процедуры % а производятся многократные измерения величины и находится среднее арифметическое значение результатов измерений. Оно и принимается за действительное значение измеряемой величины. После этого по (2) можно найти погрешность любого из приведённых измерений. Часто для определения действительного определения величины применяют более точное средство измерения (эталон).

## **Основные источники погрешностей измерений**

До сих пор были рассмотрены погрешности результаты измерений в соответствии с вожениями (1) и (2). В этих определения результат измерения зависит от многих факторов: 1) применение метода измерения 2) применение средства измерения. 3) условия проведения измерения (температуры, давления, влажности окружающей среды) 4) способы обработки результатов измерения 5) квалификация операторов проводящих и организующих измерения.

Указанные факторы по-разному сказываются на отличия результата измерений от чистого значения измеряемой величины. Прежде всего всегда существует погрешность за счёт замены истинного величины, её отображением в виде действительного значения. Этот источник погрешности когда экспериментатор проводящий измерения задано измеряемое значение не рассматривают. Большинство измерений проводимые с помощью рабочих средств измерения относятся к указанному случаю. Измерения, результаты которых определяются по шкале измерительного прибора не требуют оценки как истинного, так и действительного значений измеряемой величины. Определённые по шкале результат измерений отличается от действительного результата на известную величину, равную погрешности средства измерения. Другим источником погрешности измерения непосредственно связана с погрешностью средств измерения являются особенности применяемого метода измерения (при измерении массы жидкости в резервуаре). На результат измерений будет сказывается отличия значения плотности жидкости от её номинальной плотности за счёт неутонченного измерения атмосферного давления, её температуры. Обычно любой применяемый метод измерения вносит ту или иную погрешность в результат измерений, если методика измерений этот источник погрешностей не учтён. Источником погрешности метода измерения часто является приближение принятые для величины в случае косвенных и совокупных измерений. Это приводит к наличию математической зависимости связывающей истинную величину с измеряемыми величинами. Во многих измерительных процессах основным источником погрешности является применяемое средство измерения, его несовершенство: искажение характерных признаков измеряемой величины (входного сигнала) поступающих на вход средства измерения в процессе преобразования или измерительных преобразований. При этом входная величина (выходной сигнал) содержат погрешности измерительных преобразований. Кроме того принцип действия положенный в основу средства измерения может быть неадекватен к требованию воспроизведения измеряемой величины. Например, в цифровых средствах измерения аналоговый входной сигнал преобразуется в дискретный, в результате чего исходная функция описывающая измеряемую величину заменяется некоторой совокупностью некоторых её мгновенных значений. Восстановление исходной функции осуществляется с

помощью линейной интерпретацией между дискретными мгновенными значениями. Точное восстановление исходной функции при этом практически невозможно. Появляется погрешность метода, свойственного самому методу измерения. Т.о. методические погрешности могут быть независимыми от средства измерений и могут также определяться своим средством определения. В случае определения заранее неизвестных погрешностей методическая составляющая возникает в следствие неадекватности рассчитанных соотношений реальному содержанию измеряемой величины. Таким измерением относятся измерения с требованиями высокой точности или измерения с получением их результата путём последующего расчёта. Например, при проведении косвенных совокупных измерений. В данном случае алгоритмы подсчёта для нахождения результатов измерения его погрешность могут в большей или меньшей мере учитывать возможности использования существующих методов для соответствующей оценки истинного значения измеряемой величины. Например, упрощённые методы обработки результатов измерений могут также привести к недостоверной их оценки.

Средства измерений в зависимости от точности принятых в его конструктивной реализации решений адекватных выбранному принципу измерений физической величины является источником инструментальной погрешности. Часто наиболее существенных среди всех других источников погрешность. Например в случае неравенства плеч коромысла весов измеряемая масса будет уравниваться набором гирь (даже самых точных) с погрешностью вызываемой неравенством плеч. Погрешность будет представлять в виде инструментальной погрешности (одинаково присутствующих при всех измерениях).

Источником погрешности измерения, иногда достаточно грубой, может являться недостаточная квалификация оператора, его слабая подготовленность к измерениям, иногда и невнимательность.

Классификация погрешностей измерений

Погрешность измерений классифицируются следующим образом:

– по форме представления информации: абсолютная, относительные, приведённые. Абсолютная выражаемая в единицах измерения величины представляется разностью между измеренным и истинным значением измеряемой величины. Абсолютная

погрешность средства измерения соответствует указанному определению, но для меры и измерительного прибора имеет различный смысл. Абсолютная погрешность меры – разность между номинальным значением меры и истинным значением воспроизводимой ею величины. Абсолютная погрешность измерительного прибора представляется разность между показаниями прибора и истинным значением измеряемой величины. Показание прибора – значение измеряемой величины, определяемое по его отчётному устройству.

Относительная погрешность представляется отношением абсолютной погрешности к истинному значению измеряемой величины. Допускается вместо в уравнении пользоваться показаниями прибора. Обычно выражается в процентах. Приведённая погрешность измерения – отношение абсолютной погрешности к нормирующему значению величины. Нормирующее значение в зависимости от типа прибора принимается равной верхнему пределу измерения (в случае если нижний предел равен нулю).

Классификация погрешностей измерения

Погрешности измерения классифицируются следующим образом.

По форме представления информации погрешности делятся на:

- абсолютные
  
- относительные
  
- приведенные.

Абсолютная погрешность измерений  $\Delta$  выражаемая в единицах измеряемой величины, представляется разностью между измеренным и истинным (действительным) значением измеряемой величины  $\Delta = x_{изм} - x_{п(д)}$

Абсолютная погрешность средства измерений соответствует указанному определению, но для меры и измерительного прибора имеет различный смысл. Абсолютная погрешность меры – разность между номинальным значением меры и истинным (действительным) значением воспроизводимой ею величины. Абсолютная погрешность измерительного прибора представляется разностью между показанием прибора и истинным (действительным) значением измеряемой величины определяемое по отсчётному устройству.

Относительная погрешность  $\delta$  представляется отношением абсолютной погрешности к истинному (действительному) значению измеряемой величины  $\delta = \Delta / x_{п(д)}$  . Допускается в уравнении вместо  $x_{п(д)}$  пользоваться показаниями измерительного прибора. Обычно относительная погрешность выражается в процентах.

Приведённая погрешность  $\gamma$  (измерительного) прибора – отношение абсолютной погрешности к нормирующему значению  $x_{п} \quad \gamma = \Delta / x_{п}$

Нормирующее значение в зависимости от типа измерительного прибора принимается равным верхнему пределу измерений (в случае, если нижний предел – нулевое значение односторонней шкалы прибора)

Большинство измерительных приборов представляют собой совокупность измерительных преобразователей и, естественно, сигналы измерительной информации на выходе и на входе средства измерений могут не совпадать как по значению так и по природе физической величины (в датчиках). Соотношение между входными и выходными сигналами называется функцией преобразования средства измерений . Для датчиков функция преобразования является основной метрологической характеристикой. Функция преобразования может быть представлена формулой, таблицей, графиком (рис. 1)

где  $x$  – значение величины на входе;  $y$  – значение величины на входе средства измерений;

Для данного типа средства измерений (измерительного преобразователя) т.е. для множества однотипных средств измерений, функция преобразования является номинальной (действительной) характеристикой. Реальная функция преобразования конкретного измерительного преобразователя в большей или меньшей мере отличается от номинальной. Поэтому в технической документации на средства измерений обычно устанавливается область допустимых отклонений реальной функции преобразования от номинальной. Средство измерения с допускаемыми отклонениями функции преобразования метрологически исправным.

Если на входе прибора сигнал  $x_1$  (рис 1а), то на выходе измеренное значение  $y_1$ , а номинальное (действительное) значение  $u_n$ . Очевидно, абсолютная погрешность измерения по выходу будет  $\Delta y = y_1 - u_n$ . Таким же образом можно определить в соответствии с реальной и номинальной функциями преобразования абсолютную погрешность при других значениях входного сигнала и построить зависимость изменения абсолютной погрешности преобразователя (по выходу) в зависимости от значений входного сигнала. Если номинальная функция преобразования линейна, а реальная нелинейна, то зависимость погрешности по выходу имеет вид кривой, показанной на рисунке 1б. т.е. эта зависимость в принятом масштабе «повторяет» реальную функцию преобразования.

Иногда используют понятие «абсолютная погрешность средства измерения по входу», которая представляется разностью между значением величины на входе средства измерения и её действительными значениями на входе (рис 1а)  $\Delta x = x_1 - x_n$ . Для линейного преобразования погрешность по входу можно записать в виде  $\Delta y = y_1 - k_n x_1$  где  $k_n = \tan \alpha$  – угловой коэффициент, называемый коэффициентом преобразования. Тогда погрешность по входу будет иметь вид  $\Delta x = k_n^{-1} y_1 - x_1$ . В общем случае  $\Delta y = y - f_n(x)$ , где  $f_n(x)$  – номинальная (действительная) функция преобразования;  $y$  – измеренное значение сигнала.  $\Delta x = f_n^{-1}(y) - x$  где  $f_n^{-1}(y)$  – функция обратного преобразования, приводящая к значению сигнала на входе  $x_n$  (рис 1а),  $x$  – измеренное (реальное) значение сигнала на входе.

2. По характеру изменения результатов при повторных измерениях погрешности разделяются на: систематические, случайные. Систематическими называются погрешности которые при повторных измерениях остаются постоянными или изменяются закономерно, обычно прогрессируя. Постоянные систематические погрешности свидетельствуют о высоких или недостаточных показателях метрологической надёжности применяемого средства измерения и могут быть устранены (учтены) предусмотренными аппаратурными методами коррекции или

введением поправок в результаты измерений. Одной из распространённой систематической погрешностей является погрешность градуировки. Данная погрешность легко выявляется, составляется таблица поправок которая используется при определении результатов измерений.

Систематические погрешности могут вызываться недостаточно точным исполнением принципа и метода измерения (например инерционностью механизмов измерения)

Постоянные статистические погрешности в случаях, когда они известны, и значения их в виде поправок указаны в нормально-механистической документациина средство измерения, учитывается в каждом из результатов измерений. При этом поправка на систематическую погрешность, вводимая в результат измерений, равная её по абсолютному значению и противоположна по знаку. Закономерно изменяющиеся систематические погрешности, возрастающие со временем эксплуатации средства измерения, как правило, квазимонотонно, называются прогрессирующими систематическими погрешностями . Они вызываются процессами старения узлов средства измерения. Вследствие этого контролируемые и неконтролируемые параметры (характеристики) измерительных приборов изменяются и соответственно возрастают инструментальные погрешности средства измерений, по рассматриваемой классификационной группе, относятся к систематическим. Старению подвержены и меры, например, концевые меры длины, гири. Это происходит из-за постепенного стирания поверхностей, окисления и др процессов.

В каждом виде измерений, где применяются соответствующие средства измерений, изучаются как источники и значения систематических погрешностей, так и способы их устранения.

Систематические погрешности наиболее просто выявить путём сопоставления результатов измерений физической величины, проведенных с помощью исследуемого средства измерения, и с помощью однородного более точного (рис. 2)

По результатам измерений проведённых по схеме 2 систематическая погрешность может быть определена как  $\Delta_c = u - u_{\text{э}}$  ( $\Delta_c$  – систематическая,  $u$  – изучаемый  $u_{\text{э}}$  – эталонный)

Случайными называются погрешности, изменяющиеся по повторным измерениям непредвиденно, случайным образом. В процессе любого измерения присутствуют многочисленные влияющие величины (температура, давление) учесть которые практически невозможно, но их совместное воздействие (случайная комбинация воздействий) сказывается на получении результатов измерений, а следовательно, и на погрешности измерений. В связи с этим до проведения измерений предсказать значение случайной погрешности невозможно. Случайная погрешность в отличие от систематической не может быть исключена из результата измерений, но её влияние можно уменьшить с помощью многократных измерений искомой величины с последующим определением характеристик случайной погрешности методами математической статистики. Полученные при многократных измерениях результаты рассматриваются как случайные величины. Следует отметить, что после исключения (введения поправки) систематической погрешности выделить её не исключённую составляющую при обычных (рабочих) измерениях весьма затруднительно. Эти составляющие при измерениях часто проявляются со случайными погрешностями вместе со случайными погрешностями, поэтому каждый результат при этом рассматривается как случайная величина. Используя ещё более точное средство измерения при выявлении систематической погрешности, можно подвести её не исключённую составляющую до уровня «шума» который если и регистрируется, та как случайная погрешность.

К случайным погрешностям в большинстве случаев относится и так называемые грубые погрешности (промахи), характерные значительным превышением над ожидаемыми (указанной в нормативно-технической документации на средство измерения) погрешностью с учётом данных условий измерений. Источником грубой погрешности чаще всего является неправильный отсчёт показаний прибора. Иногда они могут возникать при скачкообразном изменении условий измерений (например внезапное изменение напряжения питающей сети). При статистическом анализе промахи могут быть выявлены и соответствующие им результаты исключены.

Близость к нулю случайных погрешностей измерений называется сходимостью измерений.

3. По причине возникновения погрешности разделяются на инструментальные, методические и субъективные. Инструментальная (приборная, аппаратная) погрешность – погрешность средства измерения определяемая несовершенством средств измерений, неидеальной реализацией принципа действия, конструктивно-технической особенностью, средства измерения и влиянием внешних условий. К инструментальным погрешностям обычно такие относят помехи на входе средства измерения, вызываемые её подключением к объекту измерений. Инструментальная погрешность является одной из наиболее ощутимых составляющих погрешности, причём некоторые из них являются систематическими, другие – случайными.

Методическая погрешность – погрешность обусловленная несовершенством, недостатками применённого в средстве измерения метода измерения и упрощении при построении конструкций средства измерения, в том числе математических зависимостей. К методическим погрешностям относится и невозможность идеального воспроизведения модели объекта измерений. В большинстве случаев эти погрешности относятся к систематическим.

Субъективная погрешность – возникает вследствие индивидуальных особенностей (степень внимательности, сосредоточённости, подготовленности) операторов, производящих измерения. Эти погрешности практически отсутствуют при использовании автоматических или автоматизированных средств измерений. В большинстве случаев субъективные погрешности относятся к случайным, но некоторые из них, относятся к личности оператора, могут быть систематическими.

4 По условиям проведения измерений погрешности средств измерений разделяются на основные, дополнительные. Основной называется погрешность, соответствующая нормальным условиям применения средства измерений. Эти условия устанавливаются нормативно-техническими документами на виды средств измерений или отдельные их виды. Установление условий применения и особенно нормальных условий является весьма важным для объяснения единообразия метрологических характеристик средств измерений. Выделение основной погрешности, соответствующей некоторым стандартным условиям применения, является одним из важнейших факторов обеспечения единства измерения.

Дополнительная погрешность – погрешность, возникающая вследствие отклонения одной из влияющих величин от нормального значения. Принято различать

дополнительные погрешности по отдельным влияющим величинам (например дополнительная температурная погрешность и др.)

## **Классы точности средств измерений**

Классом точности называется обобщенная характеристика средств измерений, определяемая пределами допускаемых основной и дополнительной погрешностей.

Для установления классов точности средств измерений применяются общие правила, в соответствии с которыми производится количественная оценка гарантированных границ погрешности средств измерений данного конкретного типа. В РФ такие правила содержатся в ГОСТ 8.401–80 «классы точности средств измерений. Общие требования»

Формы представления погрешностей измерений при установлении классов точности.

Форма представления класса точности средства измерений определяется пределами допускаемой основной погрешности измерений определяется пределами допускаемой основной погрешности измерений. В ряде случаев вместе с основной нормируются пределы допускаемой дополнительной погрешности, форма представления которой может отличаться от формы представления основной погрешности измерений.

Пределы допускаемых погрешностей измерений выражаются границами (верхней и нижней) абсолютной погрешности средства измерений. Сама форма представления класса точности пределами допускаемой основной абсолютной погрешности применяется преимущественно для мер массы или длины, которые принято выражать в единицах массы или длины. Класс точности измеряемых приборов в большинстве случаев выражается пределами допускаемой основной приведенной или относительной погрешности. При этом основой для определения формы представления класса точности прибора является характер изменения основной абсолютной погрешности средств измерений.

1. Если основная абсолютная погрешность имеет аддитивный характер, т.е. границы погрешностей измерительного прибора не изменяются в пределах диапазона измерений рис. 3

то класс точности представляется пределами допускаемой приведённой погрешности – пределы допускаемой основной абсолютной погрешности прибора;  $P$  – отвлечённое положительное числ, выбираемое из ряда чисел, указанных ниже;!! – нормирующее значение, выраженное в единицах абсолютной погрешности.

2. Если основная абсолютная погрешность имеет мультипликативный характер, т.е. границы погрешностей измерительного прибора линейно изменяются в пределах диапазона измерений (рис 4)! то класс точности представляется пределами допускаемой относительной погрешности в виде где – пределы допускаемой основной абсолютной погрешности прибора показания прибора (без учёта знака измеренной величины);  $q$  – отвлечённое положительное число.

3. Если основная относительная погрешность имеет и аддитивную и мультипликативную составляющие, то класс точности представляется допускаемой относительной погрешностью в виде

где – отвлечённые положительные числа. Положительные числа  $P$ ,  $q$ ,  $c$ ,  $d$  выбираются из установленного ряда  $1 \cdot 10^n$ ;  $1,5 \cdot 10^n$ ;  $2 \cdot 10^n$ ;  $2,5 \cdot 10^n$ ;  $4 \cdot 10^n$ ;  $5 \cdot 10^n$ ;  $6 \cdot 10^n$ ; ( $n = 1; 0; -1; -2; -3$  и т.д.)

На практике редко случается, когда абсолютная погрешность чисто аддитивная или чисто мультипликативная. Поэтому класс точности устанавливается когда либо мультипликативной, либо аддитивной погрешностью можно пренебречь.

При установлении класса точности по приведённой погрешности средства измерения (\*) нормирующее значение  $X_N$  выбирается с учётом следующих вариантов, определяемых видом и характером шкалы измерительного прибора. Если прибор имеет равномерную шкалу и нулевая отметка находится на левом краю шкалы или вне её, то за нормирующее значение  $X_N$  принимают конечное (правое) значение шкалы. Если же нулевая отметка находится внутри шкалы, то нормирующее значение принимается равным сумме конечных значений шкалы, без учёта знаков.  $B$

некоторых случаях прибор предназначается для измерения отклонения измеряемой величины от её номинального значения.

## **Обозначение классов точности**

Если пределы допускаемой основной погрешности выражены в форме абсолютной погрешности средства измерения то класс точности в документации и на средство измерения обозначается прописными буквами римского алфавита. Классам точности, которым соответствует меньшие пределы допускаемых погрешностей присваиваются буквы, находящиеся ближе к началу алфавита. Подобным же образом обозначаются классы точности средств измерения, для которых пределы допускаемых погрешностей установлены в виде формулы, таблицы, графика, не соответствует формулам (\*), (\*\*), (\*\*\*) . Примеры обозначения классов точности в документации и на средстве измерения приведены в таблице

Обозначение класса точности обычно не наносится на малогабаритные высокоточные меры (например, эталонные разновесы) или на те средства, для которых классы точности не устанавливаются. Так для многих типов радиоизмерительных приборов (генераторы высокочастотных и низкочастотных колебаний осциллографы) в техническом описании, паспорте, технических условиях указываются формулы, позволяющие определить систематическую, случайную или общую погрешность в соответствующем диапазоне измерений с учётом влияющих величин и др. На приборе класс точности в этих случаях не указывается (не устанавливается).

Пределы допускаемой дополнительной погрешности непосредственно не устанавливаются при установлении класса точности средства измерения, но в соответствии с ГОСТ 8.009–84 и ГОСТ 8.401–80 предусматривается их нормирование и указание в технической документации:

– в виде постоянного значения влияющей величины (в пределах рабочих условий средства измерений) или в виде постоянных значений по интервалам влияющей величины в рабочей области;

– путём указания отношения предела допускаемой дополнительной погрешности, соответствующего интервалу значений влияющей величины в интервале рабочих условий средства измерения к этому интервалу.

– Путём указания функциональной зависимости пределов допускаемых отклонений от номинальной функции влияния.

Пределы допускаемой дополнительной погрешности устанавливают обычно в виде долевого (крайнего) значения допускаемой основной погрешности средства измерения.

Пределы допускаемых погрешностей разрешается выражать не более чем двумя значащими цифрами, причём округление погрешности при установлении пределов не должно допускать 5%.