

# Основні поняття

## Лекція №1

« Что я измеряю время, это я знаю, но я не могу измерить будущего, ибо его еще нет; не могу измерить настоящего, потому что в нем нет длительности, не могу измерить прошлого, потому что его уже нет. Что же я измеряю? Время, которое проходит, но еще не прошло? »

Аврелий Августин

# ПОНЯТИЕ ИЗМЕРЕНИЯ, ПОГРЕШНОСТИ И ТОЧНОСТИ.

- **Измерение** (ГОСТ 16263-70) - нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств.
- **Метрология** - это наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.
- **Физическая величина** - это свойство, общее в качественном отношении множеству объектов и индивидуальное в количественном отношении у каждого из них.
- **Погрешность измерения** - отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины.

# ПОНЯТИЕ ИЗМЕРЕНИЯ, ПОГРЕШНОСТИ И ТОЧНОСТИ.

- *Определить истинное значение величины, то есть такое значение, которое идеальным образом отражало бы в качественном и количественном отношении соответствующее свойство объекта, не представляется возможным.*
- *На практике определяется действительное значение величины - значение, найденное экспериментальным путем и настолько приближающееся к истинному значению, что для данной цели может быть использовано вместо него.*
- *Результат измерения - оценка измеряемой величины в виде некоторого числа принятых для нее единиц, полученная путем измерения.*

$$\gamma = \frac{x-X}{X} = \frac{\Delta}{X}$$

## ПОНЯТИЕ ИЗМЕРЕНИЯ, ПОГРЕШНОСТИ И ТОЧНОСТИ.

- Итак, если  $x$  - результат измерения,  $X$  - истинное значение измеряемой величины, то абсолютная погрешность измерения.  
 $\Delta = x - X$ .
- Относительная погрешность - выражается в долях истинного значения измеряемой величины (либо в %):
  - $y = (x - X) / X = \Delta / X$
- Точность измерений по ГОСТ 16263-70 определяется как качество измерений, отражающее близость полученного измеренного значения к истинному значению измеряемой величины. Количественно точность характеризуется числом, равным обратному значению относительной погрешности, выраженной в долях измеряемой величины:
  - $E = 1 / y$
- При  $\gamma = 0.001$  точность измерений равна 1000. В метрологии и при практических измерениях точность, как правило, количественно не оценивается, а характеризуется косвенно, с помощью погрешности измерения.

# КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

- По способу получения числового значения искомой величины (иначе, по характеру уравнения измерения) измерения делят на прямые, косвенные, совокупные и совместные. Такая классификация важна с точки зрения обработки экспериментальных данных и расчета погрешностей.
- При прямом измерении искомое значение величины находят непосредственно из опытных данных, то есть прямо по шкале прибора (иногда показания прибора умножают на некоторый коэффициент, вводят соответствующие поправки и так далее).
- Например, измерение температуры стеклянным термометром, длины - метром, тока - амперметром и так далее.
- При этом простота и сложность процесса измерений во внимание не принимаются. Существенным признаком прямых измерений является то, что результат выражается в тех же единицах, что и измеряемая величина.



# КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

- При косвенных измерениях искомое значение измеряемой величины находят на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, которые находят в результате прямых, а иногда и косвенных совместных или совокупных измерений.
- Например, нахождение плотности твердого тела как отношение массы тела к его объему, причем, масса и объем измеряются непосредственно; нахождение удельного электрического сопротивления проводника по его сопротивлению, длине и площади поперечного сечения; измерение расхода жидкости по перепаду давления в сужающем устройстве.
- Таким образом, косвенное измерение всегда связано с расчетом (однако внесение поправки не превращает прямое измерение в косвенное).
- Прибегать к косвенным измерениям приходится тогда, когда искомую величину невозможно или сложно измерить непосредственно путем прямого измерения.

# КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

- При совокупных измерениях производятся одновременно измерения нескольких одноименных величин. Искомые значения величин находят решением системы уравнений, получаемых при прямых измерениях различных сочетаний этих величин.
- Совместные- это производимые одновременно измерения двух или нескольких не одноименных величин для нахождения зависимости между ними.
- Например, измерение, при котором массы отдельных гирь набора находят по известной массе одной из них и по результатам сравнения масс различных сочетаний гирь данного набора - это совокупное измерение. При этом искомые значения масс гирь определяют решением системы уравнений. Пример совместного измерения - определение температурных коэффициентов резисторов.

# КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

- Путем решения двух линейных уравнений с двумя неизвестными :
- $R_{t1} = R_0 + \alpha R_0 t_1 + \beta R_0 t_{12}$
- $R_{t2} = R_0 + \alpha R_0 t_2 + \beta R_0 t_{22}$
- определяют  $\alpha$  и  $\beta$
- Здесь  $R_{t1}$ ,  $R_{t2}$ ,  $t_1$ ,  $t_2$  являются величинами, измеряемыми прямым путем. Кроме того, измерения называются обыкновенными, если они выполняются с однократным наблюдением и статистическими, если они выполняются многократно. Последние выполняются для уменьшения погрешности.



# КЛАССИФИКАЦИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ

- Погрешности классифицируются по ряду признаков :
- По способу выражения погрешности разделяются на абсолютные, относительные и приведенные.
- По характеру изменения - систематические, случайные, грубые, промахи.
- По причинам возникновения - инструментальные и методические. По зависимости от значения измеряемой величины - аддитивные и мультипликативные.
- По зависимости от скорости изменения измеряемой величины - статические и динамические. Абсолютные и относительные погрешности были рассмотрены ранее. Поскольку значение относительной погрешности  $\gamma = \Delta/X$  зависит от текущего значения  $X$  и при  $X = 0$  стремится к бесконечности, в измерительной технике было введено понятие приведенной погрешности, равной
  - $y = \Delta/X_n$
- где  $X_n$  - нормирующее значение.

# КЛАССИФИКАЦИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ

- В качестве нормирующего значения принимают:
- верхний предел измерений  $X_k$ ;
- диапазон измерений;
- длину шкалы и другое (смотри дальше).
- **Систематические** - это погрешности постоянные или закономерно изменяющиеся при повторных измерениях одной и той же величины. Примером первого вида систематических погрешностей является погрешность градуировки шкалы, погрешности, возникающие в результате неправильной установки прибора и др.
- Примером второго типа систематических погрешностей является большинство дополнительных погрешностей, являющихся неизменяющимися во времени функциями вызывающих их влияющих величин (температура, напряжение и т. п.).

# КЛАССИФИКАЦИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ

- *Основное свойство систематических погрешностей состоит в том, что они могут быть почти полностью устранены введением соответствующих поправок.*
- *В зависимости от причин возникновения систематические погрешности делятся на несколько групп: инструментальные, методические, погрешности от неправильной установки прибора, погрешности, вызываемые условиями эксплуатации, а так же субъективные, зависящие от индивидуальных свойств человека.*
- *Особенностью систематических погрешностей является то, что их присутствие чрезвычайно трудно обнаружить, так как внешне они себя никак не проявляют и поэтому долгое время могут оставаться незамеченными. Единственный способ их обнаружения состоит в проверке нуля прибора и проверке чувствительности путем повторной аттестации прибора по образцовым приборам.*

# КЛАССИФИКАЦИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ

- Случайными называются погрешности, неопределенные по своей величине или не достаточно изученные, в появлении значений которых не удастся установить какой-либо закономерности. Они определяются сложной совокупностью причин, которые трудно поддаются анализу. Случайные погрешности легко обнаруживаются при повторных измерениях в виде некоторого разброса результатов. Для совокупности случайных погрешностей можно указать вероятность появления их различных значений.
- В подавляющем большинстве случаев процесс появления случайных погрешностей есть стационарный случайный процесс. Поэтому случайные погрешности характеризуют законом распределения их вероятностей или указанием параметров этого закона. Поскольку большинство составляющих погрешности реальных приборов проявляются именно как случайные, то их вероятностное описание является основным научным методом теории погрешностей.



# КЛАССИФИКАЦИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ

- Указанное выше разделение погрешностей на систематические и случайные является лишь приемом их анализа. В действительности все эти две составляющие проявляются совместно. **Грубые** погрешности существенно превышают погрешности, оправданные условиями измерения, свойствами примененных средств измерений, методом измерений и квалификацией экспериментатора. Такие погрешности могут возникнуть, например, при резком изменении напряжения в сети питания (если оно, в принципе, оказывает влияние на результат измерения). Грубые погрешности обнаруживаются статистическими методами и обычно исключаются из рассмотрения. **Промахи** - следствие неправильных действий экспериментатора. Это, например, неправильный отсчет показаний, ошибка при записи показаний. Промахи обнаруживаются нестатистическими методами и их следует всегда исключать из рассмотрения.



# КЛАССИФИКАЦИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ

- Причинами возникновения инструментальных погрешностей могут быть: низкое качество изготовления узлов прибора (инструмента), например, трение в опорах подвижной системы, зазоры в сочленениях деталей, неточность изготовления, сборки и регулировки деталей механизмов, а также изменение с температурой модуля упругости материалов чувствительных элементов, электрических и монтажных сопротивлений, линейных размеров деталей приборов (так называемые инструментальные температурные погрешности).
- Однако есть погрешности, которые останутся даже в том случае, если элементы прибора будут идеальными. Так, например, выходной сигнал мостовой неуравновешенной схемы зависит от изменения напряжения питания.

# КЛАССИФИКАЦИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ

- Если вместо неуравновешенной системы применить уравновешенную с нулевым отсчетом, то есть заменить один метод измерения другим, тогда указанной методической погрешности не будет.
- При анализе погрешностей большое значение имеет разделение погрешностей по их зависимости от значений  $X$  измеряемой величины. Если абсолютная погрешность измерения  $\Delta 0$  при всех значениях измеряемой величины  $X$  постоянна, то такая погрешность называется аддитивной (в переводе с латинского "получаемая путем сложения") или погрешность нуля. Если она является систематической, т.е. имеет один и тот же знак (положительна или отрицательна), то она может быть скорректирована путем смещения нулевого положения указателя.

# КЛАССИФИКАЦИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ

- *Если же аддитивная погрешность является случайной, то она не может быть скорректирована, так как принимает одни и те же значения, но различные по знаку. Примерами систематических аддитивных погрешностей являются погрешности от неточной установки приборов на нуль перед измерением, от термо - э.д.с. в цепях постоянного тока и т. п. Пример случайной погрешности - погрешность от трения в опорах измерительного механизма.*
- *Если абсолютная погрешность измерения пропорциональна текущему значению измеряемой величины  $X$  (может быть систематической и случайной), то такая погрешность называется мультипликативной погрешностью чувствительности.*

# КЛАССИФИКАЦИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ

- Причинами таких погрешностей могут быть: изменение коэффициента усиления усилителя, коэффициента деления делителя и др.
- Различают также статические и динамические погрешности, т.е. погрешности, зависящие от скорости изменения измеряемой величины во времени.
- Погрешности, не зависящие от скорости, называются статическими. Погрешности, появляющиеся при возрастании скорости, называются динамическими. Последние здесь не рассматриваются.

Спасибо за внимание!