**Практика №5**

**Расчёт методических погрешностей**

*Методическая погрешность* – это погрешность систематического характера, возникающая вследствие реализации принципа измерения. **Методические погрешности**могут возникнуть из-за:

а) несовершенства выбранного метода измерений,

б) ограниченной точности эмпирических формул, применяемых для описания явления или эффекта, положенного в основу измерения (принципа измерения),

в) ограниченной точности используемых в уравнениях физических констант,

г) несоответствием принятой модели измерений реальному объекту вследствие принятых допущений или упрощений.

Например, упрощение метода измерений (пренебрежение массой воздуха, вытесненного гирей) при измерении массы гири на рычажных весах по закону Архимеда. При технических измерениях ею, как правило, пренебрегают. Однако при точных измерениях с нею приходится считаться, и вносится соответствующая поправка. Или при измерении объемов тел, форма которых принимается (в модели измерений) геометрически правильной, путем измерения недостаточного числа линейных размеров. В этом случае существенную методическую погрешность будет иметь результат измерения объема помещения путем измерении одной длины, одной ширины и одной высоты. Для более точного измерения (вычисления) объема помещения следовало бы измерить эти параметры по каждой стене в нескольких местах. Применение измерительных приборов, подключение которых к объектам измерения влияет на измеряемую характеристику самого объекта, из-за наличия внутренних сопротивлений, отличных от теоретических (идеальных).

Погрешности метода присущи всем тем методам измерений, которые основаны на данных опытов, не имеющих строгого теоретического обоснования. Примером таких методов являются различные методы измерения твердости металлов. Один из них (метод Роквелла) определяет твердость по глубине погружения в испытываемый металл наконечника определенной формы под действием определенного импульса силы. В основу других методов (Бринелля и Виккерса) положена зависимость между твердостью и размером отпечатка, оставленного наконечником в определенных условиях воздействия. Каждый из этих методов измеряет твердость в своих шкалах, и перевод результата измерений из одной шкалы в другую производится приближенно. Объясняется это тем, что указанные методы используют различные явления, предположительно характеризующие твердость.

Оценки погрешностей формул и физических констант чаще всего известны. Когда они неизвестны, погрешности эмпирических формул переводят в разряд случайных, применяя прием рандомизации. С этой целью одну и ту же величину измеряют несколькими методами и по полученным экспериментальным данным вычисляют ее средневзвешенное значение. Или одну и ту же величину измеряют однотипными приборами, систематические погрешности которых одинаковы, случайные – различны.

Систематические погрешности могут быть уменьшены или исключены введением поправки – поправочного коэффициента (если значение погрешности постоянно) или поправочного множителя (если погрешность пропорциональна значению величины, т.е. увеличивается или уменьшается с увеличением/уменьше-нием значения измеряемой величины).

*Поправка* – значение ФВ, вводимое с целью исключения погрешности систематического характера. Поправка имеет знак, противоположный знаку погрешности. После введения в результат измерения поправки он считается *исправленным*.

**Пример 1.** Для измерения ЭДС **Е** в цепи схемы (рис. 1.) использован вольтметр класса 0,2 с верхним пределом измерения 3 В и внутренним сопротивлением RV = 30000 Ом. Определить относительную методическую погрешность измерения ЭДС и поправку, если внутреннее сопротивление источника ЭДС R = 350 Ом, а показание вольтметра U = 2,15 В.

**R RV  R RV**

**V**

**E E V**

а) б)

Рис. 1. Схема измерения ЭДС

**Решение**

Напряжение в цепи без учёта внутреннего сопротивления вольтметра (Рис. 1, а): ***U = E***

Напряжение, измеряемое вольтметром с учетом его внутреннего сопротивления (Рис. 1, б), определяется по формуле:



Относительная методическая погрешность измерения ЭДС равна:



тогда поправка: 

**Пример 2.** Вольтметром с верхним пределом измерения 150 В, током полного отклонения I = 1 мА и ценой деления шкалы 1 В, измеряют поочередно падение напряжения на резисторах R1 = 8 кОм и R2 = 16 кОм, соединенных последовательно и подключенных к источнику Uпит = 120 В, имеющему нулевое внутреннее сопротивление (рис. 2). Определить возможные показания вольтметра (без учета его погрешностей) и относительную методическую погрешность измерения напряжений.

***а***

**R1  V**

**Uпит *б***

**R2**

***в***

Рис. 2. Схема измерения падения напряжения на резисторах

**Решение**

Внутреннее сопротивление вольтметра равно:



При подключенном к сопротивлению ***R1*** вольтметре напряжение ***Uаб*** на участке ***аб*** будет равно:



при подключенном вольтметре к сопротивлению ***R2*** напряжение ***Uбв*** на участке ***бв*** будет равно:



При отключенном вольтметре напряжения на ***R1***и***R2*** соответственно будут равны:



Относительная методическая погрешность  измерения напряжения на R1 определяется по формуле:

**

С другой стороны, относительная методическая погрешность :



Аналогично определим относительную методическую погрешность  измерения напряжения на ***R2*** :



и 

Тогда возможные показания вольтметра с учетом цены деления шкалы (учиты-вается при округлении результатов) будут равны:  и 

**Пример 3.** В схему, изображенную на рис. 3, для измерения силы тока включен микроамперметр **μА** класса точности 1,5 с пределом измерения Imax = 1 мкА и внутренним сопротивлением RА = 730 Ом. При напряжении U = 15 мВ и сопротивлении R = 10000 Ом источника питания определить относительную методическую погрешность измерения силы тока и наибольшую относительную погрешность результата измерения.

**RA**

**μА**

**I**

**U R**

Рис. 3. Схема измерения силы тока

**Решение**

Ток, протекающий в цепи до включения микроамперметра:



Ток, протекающий в цепи после включения микроамперметра:



Относительная методическая погрешность измерения силы тока равна:



Определим предел допускаемой основной абсолютной погрешности результата измерения силы тока:



Тогда наибольшая относительная погрешность результата измерения силы тока:



т. е. относительная методическая погрешность измерения ***δI*** более чем в 6 раз превышает наибольшую относительную погрешность результата измерения силы тока. Следовательно, введение поправки обязательно.

**Пример 4.** Оценить составляющие погрешности измерения тока в цепи с сопротивлением 200 Ом миллиамперметром класса точности 0,5 на пределе измерения 0,25 мА, имеющим внутреннее сопротивление 2 Ом, если показание равно 0,18 мА. Измерение проведено при следующих условиях: температура окружающего воздуха +26 °С, давление 107,5 кПа и вблизи токоведущей шины с напряженностью магнитного поля 300 А/м, а миллиамперметр относится к группе А лабораторных приборов. Определить суммарную вероятную погрешность измерения при Рдов = 0,95.

**Решение**

Оценим пределы основной абсолютной погрешности измерения силы тока, возникающей при нормальных условиях проведения измерения:



Оценим пределы относительных дополнительных погрешностей (с учетом группы эксплуатации миллиамперметра), вызванных отклонением значений факторов окружающей среды от нормальных значений при проведении измерения:

а) температуры:



б) давления:





в) напряженности магнитного поля: **.**

Определим методическую погрешность, возникающую от изменения полного сопротивления цепи при включении миллиамперметра:





Поскольку методическая погрешность определена однозначно, необходимо определить и внести в результат измерения поправку, которая равна по абсолют-ному значению и противоположна по знаку абсолютной методической погрешности:



Исправленный результат измерения будет равен:



Определим основную относительную погрешность измерения:



Суммарная вероятная абсолютная и относительная погрешности измерения:



где  – коэффициент, зависящий от ***Рдов***и количества суммируемых составляю-щих погрешности ***i*** , и определяемый из таблицы 1;

**n** – общее количество суммируемых погрешностей.

Таблица 1. Значения коэффициента 

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Число  суммируемых составляющих | Значение  при доверительной вероятности | | | |
| Рдов = 0,90 | Рдов = 0,95 | Рдов = 0,99 | Рдов = 0,9973 |
| 2 | 0,97 | 1,10 | 1,27 | 1,34 |
| 3 | 0,96 | 1,12 | 1,37 | 1,50 |
| 4 | 0,96 | 1,12 | 1,41 | 1,58 |
| 5 | 0,96 | 1,12 | 1,42 | 1,61 |
| 6 | 0,96 | 1,12 | 1,45 | 1,64 |
| >6 | 0,95 | 1,13 | 1,49 | 1,73 |

Определим вероятную относительную погрешность измерения при заданной доверительной вероятности 0,95 и числе суммируемых составляющих n = 4 (основная и три дополнительных):



**Задачи для гр. 318, 318а**

1.Оценить абсолютную и относительную погрешности измерения напряжения на резисторах R1 и R2, если измерения выполняли поочередно одним вольтметром класса точности 0,5 с пределом измерения Umax = 250 В и внутренним сопротивле-нием RV = 250 кОм. Значения сопротивлений резисторов R1 = 12 кОм и R2 = 20 кОм, показания: Uизм R1 = 120 В, Uизм R2 = 200 В.

**U1 R1 V RV**

**U2 R2**

Рис. 4. Схема измерения сопротивлений

1. Определить относительную методическую погрешность измерения вольтмет-ром ЭДС источника напряжения Е (рис. 5), если внутреннее сопротивление вольтметра RV = 900 Ом, а внутреннее сопротивление источника ЭДС RE = 100 Ом.

**RE V RV**

**E**

Рис. 5. Схема измерения ЭДС

1. Определить относительную методическую погрешность измерения силы тока амперметром класса точности 1,0 на пределе 50 мА и внутренним сопротивлением RА = 0,2 Ом, включенным последовательно в цепь с источником ЭДС напряжением Е = 15 В, внутренним сопротивлением источника RЕ = 330 Ом и сопротивлением нагрузки RН = 500 Ом (рис. 6). Измеренное значение составило 32,6 мА.

**RE I RH**

**E**

**А RA**

Рис.6. Схема измерения силы тока в цепи

**Задачи для гр. 319, 319а**

1. Определить абсолютную и относительную погрешности при измерении напряжения на резисторах R1 = 3 кОм и R2 = 10 кОм(рис. 4) одним вольтметром класса точности 2,5 в диапазоне измерения 0…100 В и внутренним сопротивлением RV = 150 кОм. Показания вольтметра: Uизм R1 = 28 В, Uизм R2 = 92 В. Измерения выполнены поочередно.

2. В цепи, имеющей выходное сопротивление по отношению к зажимам амперметра R = 20 Ом, измеряют ток, ожидаемое значение которого равно 1,8 А. Из амперметров, параметры которых приведены ниже, выбрать такой, который позволяет произвести измерения силы тока с наивысшей точностью, включая методическую погрешность:

1) γкл = 0,2, RA = 1 Ом, Iнорм = 2 А;

2) γкл = 0,5, RA = 0,6 Ом, Iнорм = 2,5 А;

3) γкл = 1,0, RA = 0,16 Ом, Iнорм = 2 А.

Определить относительную методическую погрешность измерения силы тока амперметром класса точности 1,5 на пределе 0,5 А и внутренним сопротивлением RА = 0,08 Ом, включенным последовательно в цепь с источником ЭДС напряжением Е = 12 В, внутренним сопротивлением источника RЕ = 350 Ом и сопротивлением нагрузки RН = 150 Ом (рис. 6). Измеренное значение составило 0,44 А.

**Задачи для гр. 310, 311, 312**

1. Определить абсолютную и относительную погрешности измерения напря-жения на резисторах R1 и R2, если показания вольтметра класса точности 1,5 на пределе измерения 150 В на двух участках цепи (рис. 4) следующие: Uизм R1 = 100 В; Uизм R2 = 50 В. Измерения выполнены поочередно, внутреннее сопротивление вольтметра не учитывать.

2. Миллиамперметром М 106 класса точности 0,5 на пределе измерения 10 мА со шкалой на 100 делений измерен ток в цепи питания ОУ (операционного усилителя). Показание прибора равно 58,5 дел. Внутреннее сопротивление миллиамперметра равно 15 Ом, а цепь питания ОУ имеет сопротивление 600 Ом. Определить измеренное значение тока, возможную абсолютную погрешность измерения и поправку.

3. Определить относительную методическую погрешность измерения силы тока амперметром класса точности 1,0/1,5 на пределе 5 А и внутренним сопротивлением RА = 100 мОм, включенным последовательно в цепь с источником ЭДС напряжени-ем Е = 9 В, внутренним сопротивлением источника RЕ = 250 Ом и сопротивлением нагрузки RН = 100 Ом (рис. 6). Измеренное значение составило 3,55 А.