

**Практическая работа №2.  
«Выбор приборов по метрологическим  
характеристикам».**

**1) Что такое погрешность и что она представляет собой?**

**Что включает в себя погрешность?**

**2) Классификация погрешностей по способу выражения.**

**3) Классификация погрешностей по причинам и условиям возникновения (основная).**

**4) Дать определение: рабочие условия измерений (дополнительная).**

**5) Что представляет собой предел допускаемой основной погрешности и предел допускаемой дополнительной погрешности?**

**6) Дать обобщенную характеристику класса точности (КТ).**

**7) Классификация погрешностей по характеру изменений.**

**8) Классификация погрешностей по зависимости от измеряемой величины.**

**9) Как нормируют метрологические характеристики?**

**10) Классификация погрешностей в зависимости от влияния характера изменения измеряемой величины.**



## ***Цель работы:***

- 1) Ознакомление с основными методами и средствами радиоизмерений на предприятии.**
- 2) Научиться выбирать измерительные приборы по метрологическим характеристикам и параметрам приборов для измерения электрических величин.**
- 3) Развить практические навыки на основе приобретенных технических знаний, познавательную деятельность учащихся умение логически мыслить.**
- 4) Воспитывать интерес к дисциплине.**

## ***1. Краткие сведения из теории:***

**Грамотный выбор средства измерения (в частности - измерительного прибора) – это важный вопрос, от решения которого в значительной мере зависит достоверность результатов измерения (регистрации) и эффективность работы в эксперименте.**

**Если есть возможность выбрать один прибор из нескольких одноптипных, подходящих по диапазонам измерений и основным эксплуатационным характеристикам, то прежде всего следует руководствоваться метрологическими характеристиками приборов.**

**Если примерное значение измеряемой величины известно, условия проведения эксперимента достаточно определены, то можно оценить (т.е. определить хотя бы приблизительно) ожидаемые инструментальные погрешности всех сравниваемых приборов.**



**Существуют два подхода к оценке погрешностей результатов измерений: детерминированный и вероятностный (статистический).**

**Первый – проще, но дает в общем случае завышенную оценку погрешности, т.к. в нем рассматривается наихудший случай сочетания всех составляющих. Он иногда так и называется - метод наихудшего случая.**

**Рассмотрим (детерминированный) подход на примере выбора прибора для статического однократного измерения периодического напряжения электрической сети.**

**Допустим предполагаемый диапазон измеряемых средних квадратических (действующих) значений 170 В ... 260 В. Номинальная частота 50 Гц. Полоса частот (спектр) исследуемого напряжения ограничен верхней частотой - 2000 Гц. Температура в эксперименте предполагается порядка + 30°C ... + 35°C.**

**Суммарная инструментальная погрешность должна быть обеспечена на уровне не хуже 3% ... 4%).**

Предположим, в нашем распоряжении три прибора: А, Б, В (см. рис.1):

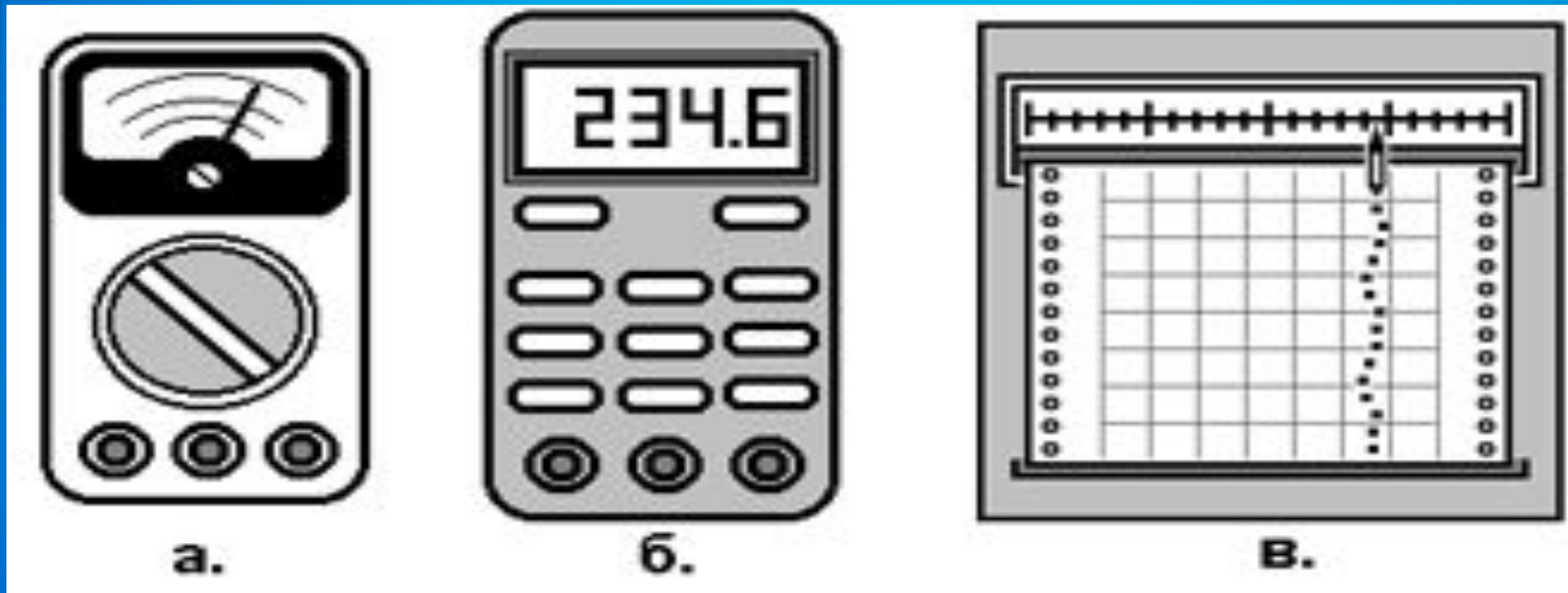


Рис.1. Имеющиеся приборы.

## **ПРИБОР А.**

**Аналоговый многофункциональный измерительный прибор (тестер) с подходящим диапазоном измерения переменных напряжений 0 ... 300 В. Класс точности прибора (предельное значение основной приведенной погрешности  $g_{\text{п}}$ ) в этом режиме и на этом диапазоне: 1,5 (т.е.  $g_{\text{п}} = \pm 1,5 \%$ ). Дополнительная погрешность определена в паспорте на прибор как "основная на каждые 10°C" в пределах изменения температур окружающей среды до + 50°C.**

## **ПРИБОР Б.**

**Цифровой мультиметр с подходящим диапазоном измерения переменных напряжений 0 ... 400 В. Класс точности прибора (предельное значение основной абсолютной погрешности  $D_{\Pi}$ ) на этом диапазоне:  $D_{\Pi} = \pm (0,005 \cdot X_k + 0,005 \cdot X)$ , где  $X_k$  - верхнее значение диапазона измерения ( в нашем случае  $X_k = 400 \text{ В}$  );  $X$  - предполагаемое измеренное значение ( в нашем случае  $X = 170 \text{ В} \dots 260 \text{ В}$  ).  
Дополнительная погрешность определена как "половина основной на каждые  $10^{\circ}\text{C}$ " в пределах изменения температур окружающей среды до  $+ 50^{\circ}\text{C}$ .**



## **ПРИБОР В.**

**Аналоговый самопишущий вольтметр переменного напряжения с диапазоном измерения 500 В. Класс точности прибора (предельное значение основной относительной погрешности  $d_{\text{п}}$  во всем диапазоне рабочих температур ( 0 ... + 45°C )  $d_{\text{п}} = \pm 5,0 \%$ .**

Классы точности всех приборов заданы по-разному и графически зависимости значений абсолютных и относительных погрешностей от значения измеряемой величины  $X$  можно представить так - см. рис.2

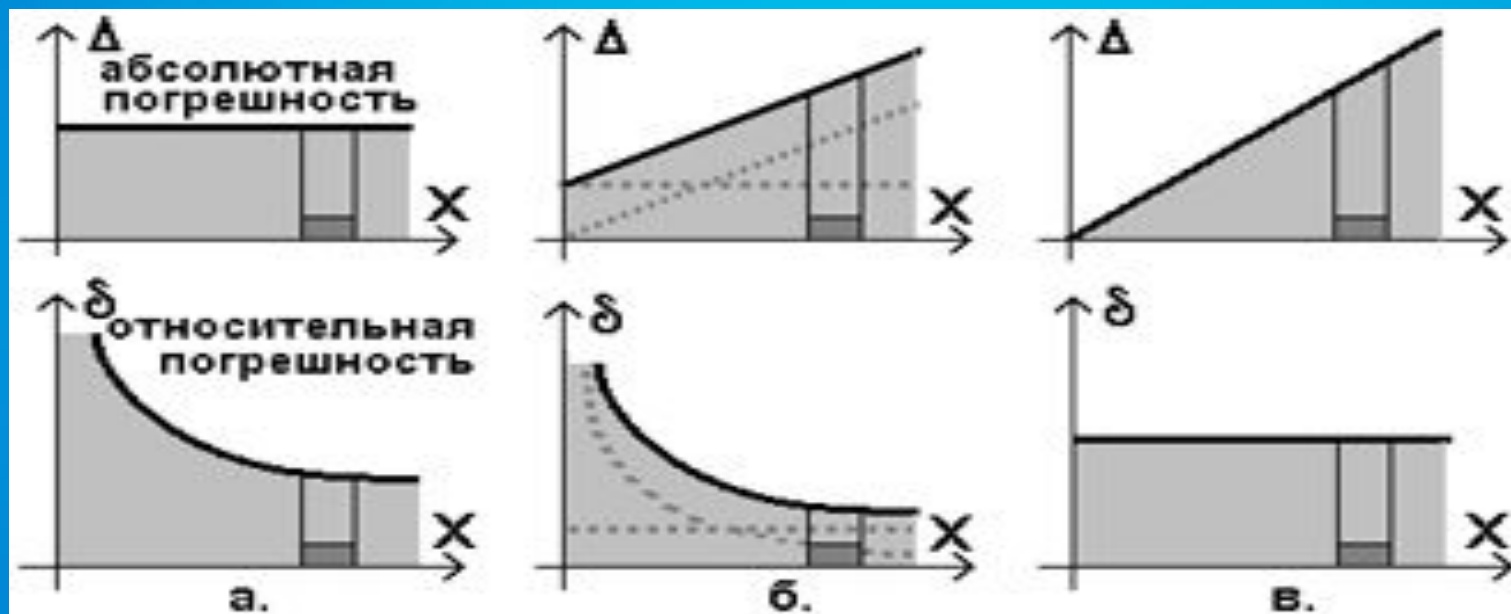


Рис. 2. Зависимость абсолютных и относительных погрешностей рассматриваемых приборов от значения измеряемой величины  $X$ .

**Пренебрегая методическими погрешностями, погрешностями взаимодействия, субъективными погрешностями, оценим количественно абсолютные ( $D$ ) и относительные ( $d$ ) инструментальные погрешности предполагаемых результатов измерения напряжения всеми приборами. Причем, воспользуемся наиболее простым подходом - методом наихудшего случая, т.е. определим максимально возможные значения погрешностей при заданных условиях.**

Предельное значение основной абсолютной погрешности  $D_{10}$ :

$$D_{10} = \frac{g_n \cdot X_n}{100\%}$$

где  $X_n$  - диапазон измерения (нормирующее значение - часто аналог конечного значения  $X_k$ ).

$$D_{10} = \frac{\pm (1,5\% \cdot 300B)}{100\%} = \pm 0,5B$$

Предельное значение основной относительной погрешностей  $d_{10}$

$$d_{10} = \pm \frac{4,5B}{170B} \cdot 100\% = \pm 2,65\%$$

Дополнительная (температурная) абсолютная погрешность  $D_{1д}$  определяется так:

$$D_{1д} = D_{10} \cdot \frac{35 - 20}{10} = \pm \frac{4,5B \cdot 15^\circ C}{10^\circ C} = \pm 6,75B$$



Дополнительная (температурная) абсолютная погрешность  $D_{\text{т}}$  определяется так:

$$D_{\text{т}} = D_{10} \cdot \frac{35 - 20}{10} = \pm \frac{4,5\text{В} \cdot 15^{\circ}\text{C}}{10^{\circ}\text{C}} = \pm 6,75\text{В}$$

Суммарная инструментальная абсолютная погрешность  $D_1$  равна:

$$D_1 = D_{10} + D_{\text{т}} = \pm(4,5 + 6,75)\text{В} = \pm 11,25\text{В}$$

Предельное значение суммарной относительной погрешностей  $d_1$  (для худшего значения  $X = 170\text{В}$ )

$$d_1 = \pm \left( \frac{11,25\text{В}}{170\text{В}} \right) \cdot 100\% = \pm 6,61\%$$

## **Прибор Б.**

Предельное значение основной абсолютной погрешности  $D_{20}$

$$D_{20} = \pm(0,005 \cdot X_k + 0,005 \cdot X)$$

где:  $X_k$  - верхнее значение диапазона измерения (в нашем случае  $X_k = 400$  В);  
 $X$  - предполагаемое измеренное значение ( в нашем варианте - диапазон значений  $X = (170 \dots 260)$  В.

Меньшему значению  $X$  соответствует погрешность

$$D_{20} = \pm(0,005 \cdot 400\text{В} + 0,005 \cdot 170\text{В}) = \pm(2,0\text{В} + 0,85\text{В}) = \pm 2,85\text{В}$$

Большему значению  $X$  соответствует погрешность

$$D_{20} = \pm(0,005 \cdot 400\text{В} + 0,005 \cdot 260\text{В}) = \pm(2,0\text{В} + 1,3\text{В}) = \pm 3,3\text{В}$$

Дополнительная (температурная) абсолютная погрешность  $D_{2д}$  определяется для границ диапазона возможных значений  $X$  так:

$$D_{2д} = \frac{1}{2} \cdot \frac{D_{20} \cdot (35 - 20)}{10} = \pm \frac{1}{2} \left( \frac{2,8В \cdot 15^{\circ}C}{10^{\circ}C} \right) = \pm 2,1В$$

$$D_{2д} = \frac{1}{2} \cdot \frac{D_{20} \cdot (35 - 20)}{10} = \pm \frac{1}{2} \left( \frac{3,3В \cdot 15^{\circ}C}{10^{\circ}C} \right) = \pm 2,48В$$

Суммарная инструментальная абсолютная погрешность  $D_2$  для границ диапазона возможных значений  $X$  равна:

$$D_2 = D_{20} + D_{2д} = \pm(2,8 + 2,1) = \pm 4,9В$$

$$D_2 = D_{20} + D_{2д} = \pm(3,3 + 2,48) = \pm 5,78В$$

Предельные значения суммарной относительной погрешности  $d_2$  для границ диапазона значений  $X = (170 \dots 260) \text{ В}$ , соответственно:

$$d_2 = \pm \left( \frac{4,9\text{В}}{170\text{В}} \right) \cdot 100\% = \pm 2,88\%$$

$$d_2 = \pm \left( \frac{5,78\text{В}}{260\text{В}} \right) \cdot 100\% = \pm 2,22\%$$



### ***Прибор В.***

Предельное значение общей относительной погрешностей  $d_3 = \pm 5,0\%$  (во всем диапазоне рабочих температур).

Предельное значение общей абсолютной погрешности  $D_3$

$$D_3 = \frac{(d_3 \cdot X)}{100\%}$$

где  $X$  - измеренное значение.

$$D_3 = \pm \frac{(5,0\% \cdot 260В)}{100\%} = \pm 13В$$

Найденные оценки предельных значений суммарных абсолютных и относительных инструментальных погрешностей сведены в таблицу 1. (Следует отметить, что реальные погрешности могут иметь любые конкретные значения, не превышающие рассчитанных предельных значений).

**Таблица 1.Оценки суммарных инструментальных погрешностей**

<b>Приборы</b>	<b>Оценки предельных значений суммарных абсолютных погрешностей D (округленно)</b>	<b>Оценки предельных значений суммарных относительных погрешностей d (округленно)</b>
<b>А.</b>	$\pm 11 \text{ В}$	$\pm 6,6 \%$
<b>Б.</b>	$\pm 4,9 \text{ В} / \pm 5,8 \text{ В}$	$\pm 2,9 \%$ / $\pm 2,2 \%$
<b>В.</b>	$\pm 13 \text{ В}$	$\pm 5,0 \%$ .

**Таким образом, можно сделать следующий вывод:**

**В данном случае, естественно, правильнее выбрать второй прибор (прибор Б) , т.к. он обеспечивает требуемое значение предельной относительной погрешности (  $\pm 2,9\%$  /  $\pm 2,2\%$  ) во всем диапазоне возможных значений измеряемого напряжения.**

**Строго говоря, необходимо учитывать и другие возможные составляющие общей погрешности результата. Например, в данном случае, погрешность взаимодействия, вызванную недостаточно высоким входным сопротивлением измерителя напряжения.**

**Отметим, что не следует стремиться выбрать прибор с минимальной (а тем более - с нулевой) погрешностью. Требование неоправданно высокой точности к прибору приводит к увеличению затрат на эксперимент.**