



# ЦИФРОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА 101

ТОЭ, ФИЗИКА, ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ

УРЖУМЦЕВ ОЛЕГ

[NETBUG@MIT.EDU](mailto:NETBUG@MIT.EDU)

[NB3.ME](http://NB3.ME)




$$P = U * I$$

- Для известного тока и напряжения можно посчитать мощность, рассеиваемую на элементе
  - Если сопротивление элемента изменяется, максимум выделяемой мощности может находиться не на крайнем значении сопротивления
- Все элементы имеют пределы рассеиваемой мощности
- Провода также имеют сопротивление и максимальную рабочую температуру

$$P = U * I$$

- Потому чем больше ток или напряжение, тем больше мощность. Т.к. резистор (или провода) не выполняет какой либо полезной нагрузки, то мощность, выпадающая него это потери в чистом виде. В данном случае мощность можно через закон Ома выразить так:
- $P = R * I^2$
- увеличение сопротивления вызывает увеличение мощности расходуящееся на потери, а если возрастает ток, то потери увеличиваются в квадратичной зависимости. В резисторе вся моща уходит в нагрев. По этой же причине, кстати, аккумуляторы нагреваются при работе – у них тоже есть внутреннее сопротивление, на котором и происходит рассеяние части энергии

# ПРОИЗВОДНЫЕ ФОРМУЛЫ

- $P = U * I$

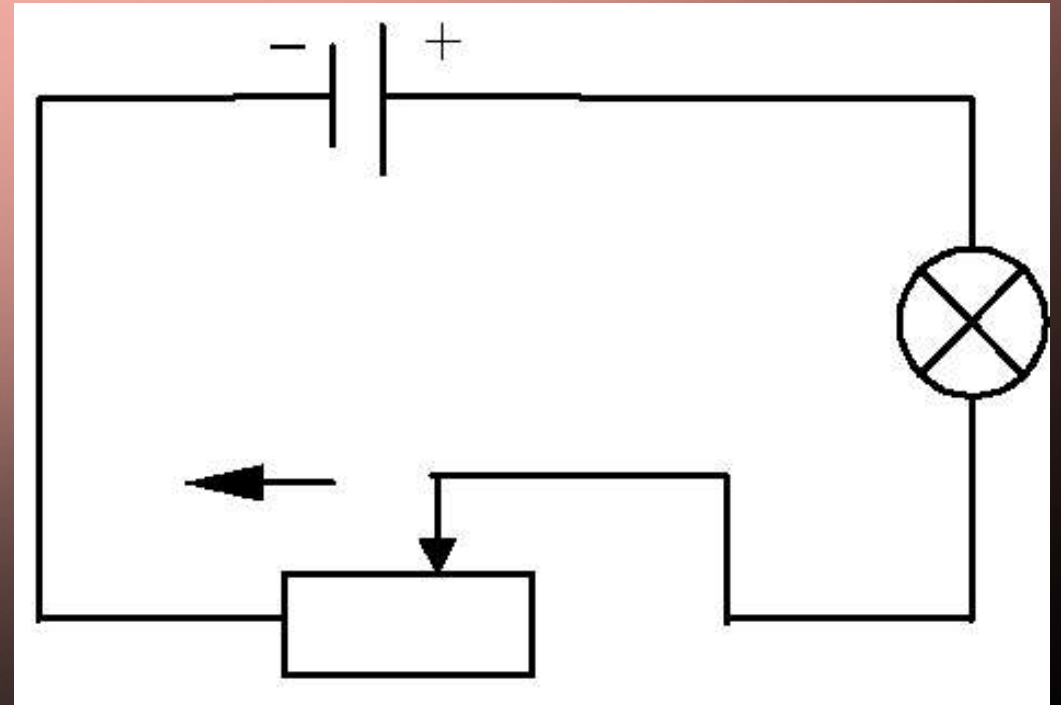
- $U = I * R \Rightarrow P = \frac{U^2}{R}$

- $I = U / R \Rightarrow P = I^2 R$

- Мощность имеет квадратичную зависимость от напряжения и тока при неизменном сопротивлении нагрузки!
- NB: Для получения той же мощности на нагрузке при повышении напряжения в n раз ток падает в такое же количество раз.  
Как следствие, при напряжении в 220 вольт в сетях происходит в два раза меньше падение напряжение на проводах и в четыре раза меньше теряется мощность по сравнению с сетями на 110 вольт!

# ПРАКТИКА. РАССЕЙВАЕМАЯ МОЩНОСТЬ

- Задание. Определить, при каком значении переменного резистора рассеиваемая на нём мощность максимальна.
- $R_{HL1} = 10 \text{ Ом}$
- Задание 2. Собрать схему с резистором, на котором будет рассеиваться 1 Вт. Напряжение питания от 5 до 20V. Обжечься.

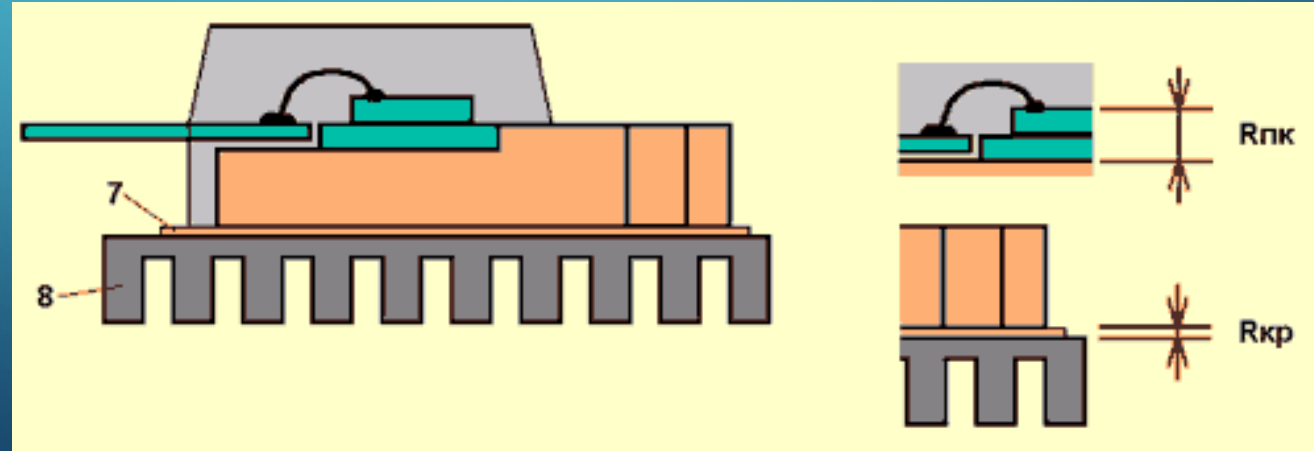


# ОТВЕТ

- Ответ: при сопротивлении реостата  $R_1 = 10 \text{ Ом}$
- TBD доказательство

# ТЕПЛОРАССЕЯНИЕ

- Рассеянная на элементе мощность передаётся окружающей среде в виде:
  - Излучения (полезного либо побочного теплового)
  - Теплопроводности (обычно в рамках системы элемент-радиатор)
  - Конвекции (охлаждение маломощных элементов и радиаторов мощных)





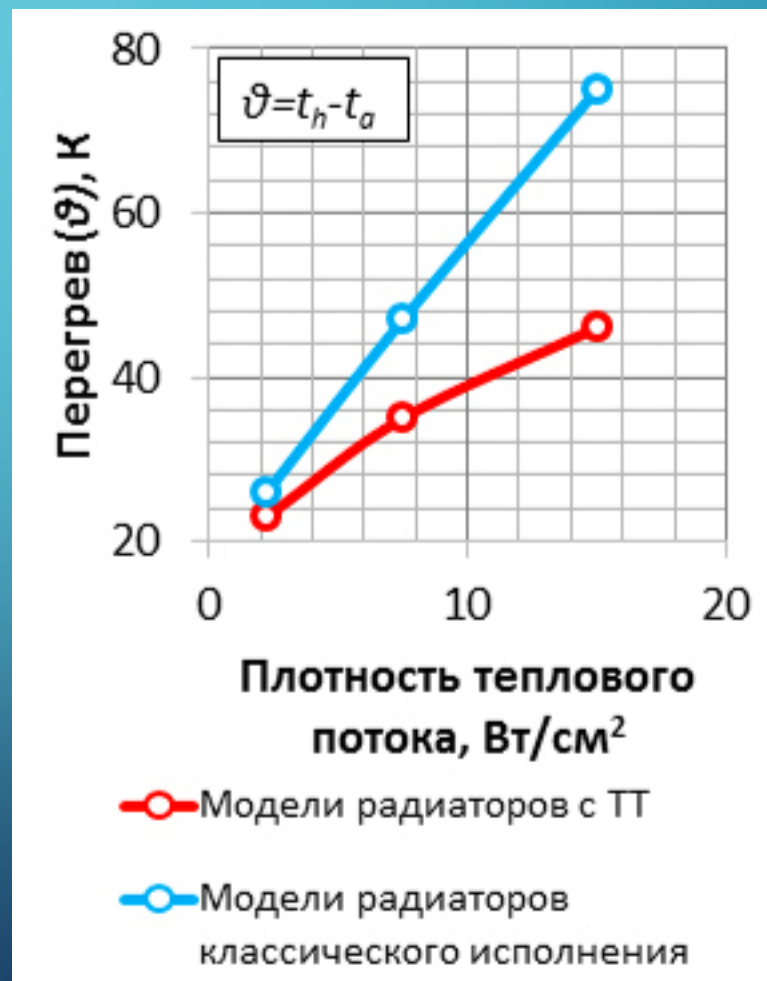
# ТЕПЛОВОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ

$$R_p = \frac{\delta_p}{\lambda_p \cdot S_p}$$

$\delta_p$  – длина проводника, м,

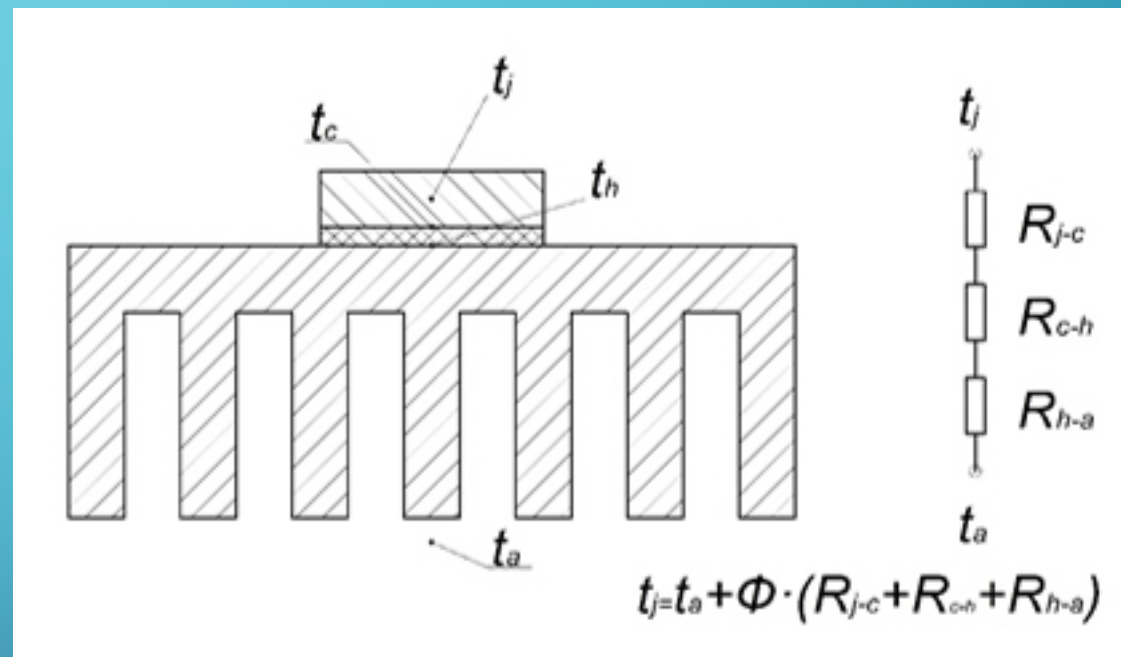
$\lambda_p$  – коэффициент теплопроводности проводника, Вт/(м·К),

$S_p$  – площадь поперечного сечения проводника, м<sup>2</sup>



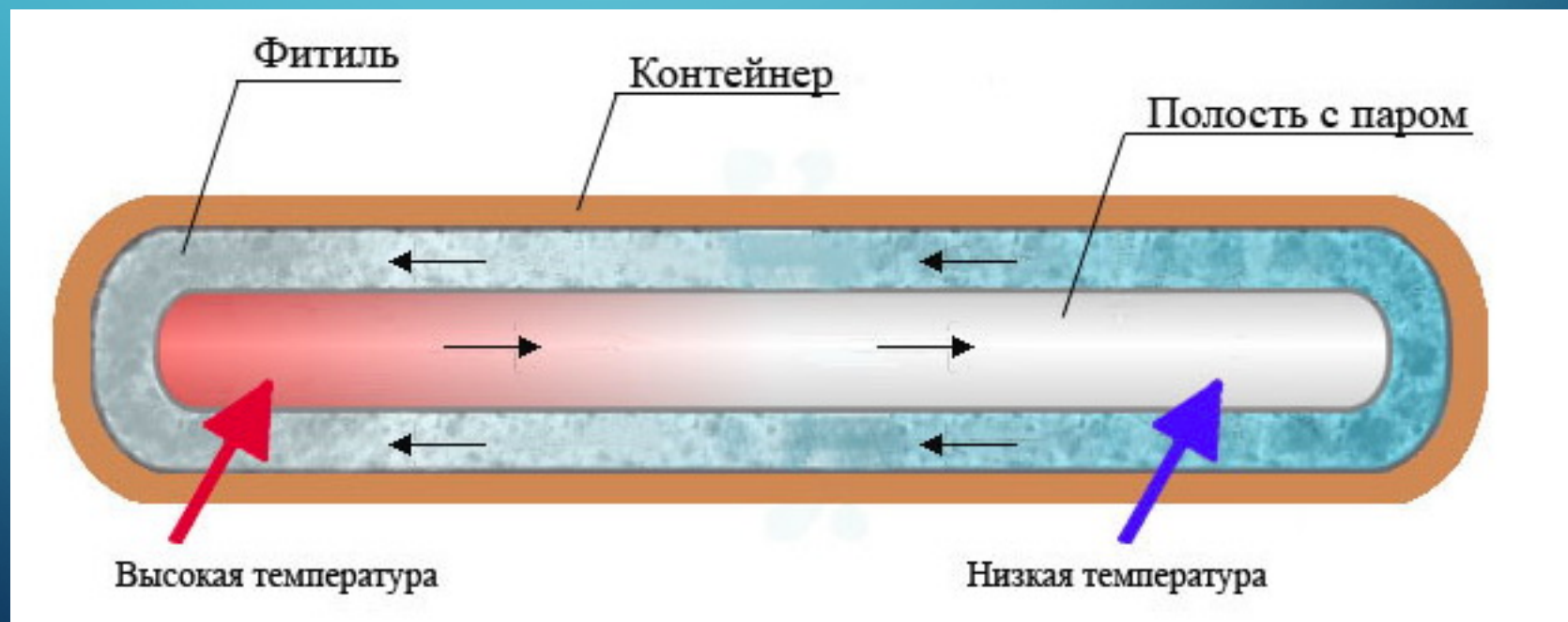
# ПРИМЕР. ОХЛАЖДЕНИЕ СВЕТОДИОДНОЙ МАТРИЦЫ

- $t_j$  – температура кристалла матрицы,  
 $t_c$  – температура корпуса матрицы,  
 $t_h$  – температура основания радиатора,  
 $t_a$  – температура окружающей среды,  
 $R_{j-c}$  – тепловое сопротивление узла «кристалл – корпус матрицы»,  
 $R_{c-h}$  – тепловое сопротивление узла «корпус матрицы – основания радиатора»,  
 $R_{h-a}$  – тепловое сопротивление узла «основание радиатора – окружающая среда»,  
 $\Phi$  – тепловая мощность светодиодной матрицы



# ТЕПЛОВЫЕ ТРУБКИ

- За счёт низкого давления в трубе,  $T_{\text{кипения}}$  может быть достаточно низкой (в районе 30-50°C)
- Конвекция значительно эффективнее теплопроводности



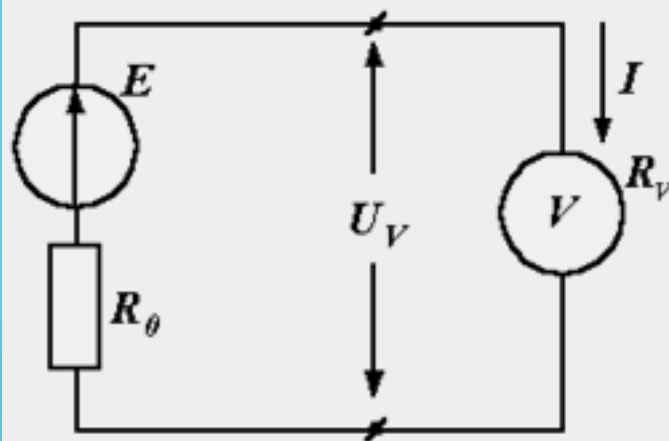
# ПОЛЕЗНЫЕ СТАТЬИ

- Рассеяние тепла на примерах: <http://radiokot.ru/articles/02/>

# ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

- Напряжение измеряется подключением вольтметра параллельно точкам, между которыми измеряется напряжение
- Ток измеряется последовательно с нагрузкой включённым в разрыв провода амперметром
- Выбор задачи диктует выбор режима на мультиметре и способ его подключения!

# ПОГРЕШНОСТЬ ВОЛЬТМЕТРА



**Пример 1.2.** ЭДС батареи измеряется вольтметром, имеющим сопротивление  $R_V$ . Чему равно показание вольтметра при трех различных значениях его сопротивления, если  $E = 80$  В,  $R_0 = 100$  Ом?

**Решение.** Показание вольтметра  $U_V$  равно падению напряжения на его сопротивлении (рис. 1.5):

Рис. 1.5. Измерение ЭДС вольтметром

$$U_V = IR_V = \frac{E}{R_0 + R_V} R_V = \frac{E}{\frac{R_0}{R_V} + 1}; \quad (1.2)$$

а)  $R_V = 100$  кОм:

$$U_V = \frac{80}{\frac{100}{100000} + 1} = 79,92 \text{ В};$$

б)  $R_V = 2,5$  кОм:

$$U_V = \frac{80}{\frac{100}{2500} + 1} = 76,92 \text{ В};$$

в)  $R_V = 400$  Ом:

$$U_V = \frac{80}{\frac{100}{400} + 1} = 64 \text{ В}.$$

# ПОГРЕШНОСТЬ ВОЛЬТМЕТРА

- Нормируется сопротивление измерительного прибора на единицу шкалы (кОм на В)
- Не зависит от выбранного предела, зависит только от измерительной головки
- Для расширения предела используются включённые последовательно добавочные резисторы

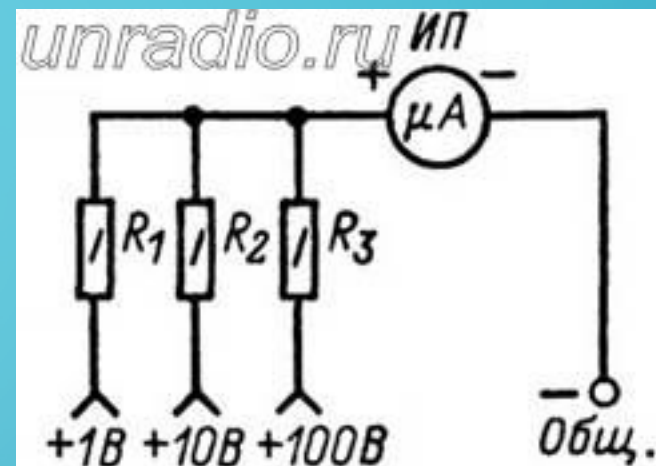


Рис. 231. Вольтметр постоянного тока на три предела измерений.

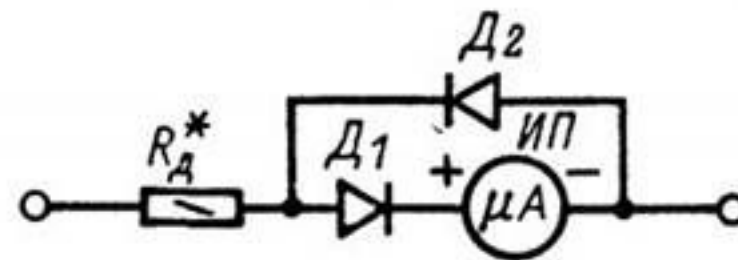


Рис. 232. Вольтметр переменного тока.

# ПОГРЕШНОСТЬ ВОЛЬТМЕТРА

- Допустим, ИП имеет сопротивление 2.5 Ком ток полного отклонения 100  $\mu\text{A}$ .
- => полное отклонение достигается при  $U = IR \Rightarrow U = 2500 * 0.0001 \Rightarrow 0.25\text{V}$
- Этот прибор будет иметь чувствительность 10  $\text{кОм/V}$
- Т.е. На пределе в 100V его сопротивление равно 1  $\text{МОм}$ .

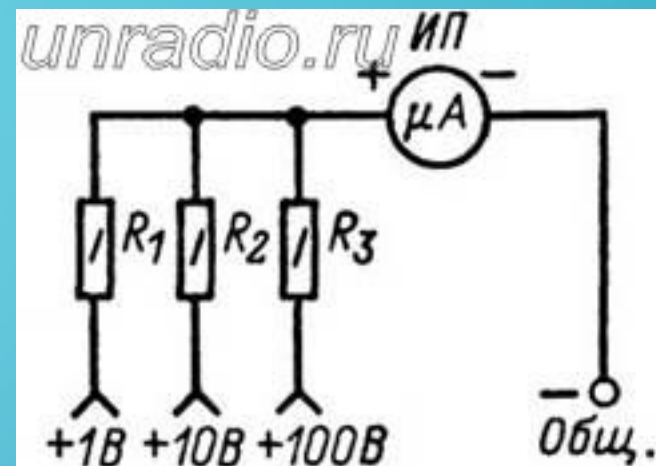


Рис. 231. Вольтметр постоянного тока на три предела измерений.

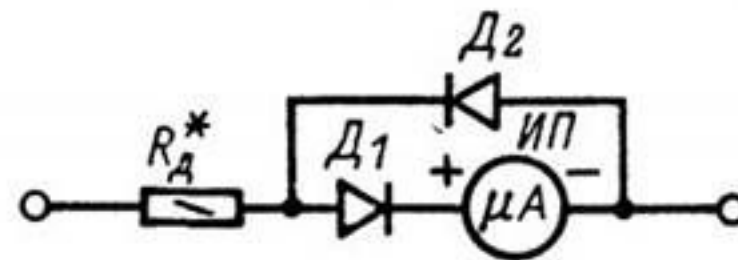


Рис. 232. Вольтметр переменного тока.

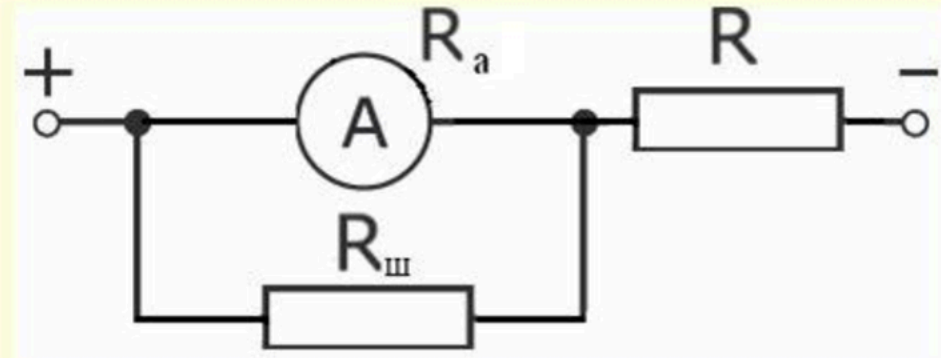


# ПОГРЕШНОСТЬ АМПЕРМЕТРА

- Аналогичным образом, включенный в разрыв провода (выключателя) амперметр имеет ненулевое сопротивление
- => вносит искажения (снижает ток, является балластным резистором)

# Повышение пределов измерения амперметра

**ШУНТ** – проводник, подключаемый параллельно амперметру для расширения пределов его измерений. При таком включении шунта часть измеряемого тока ответвляется и через амперметр будет идти ток силой в  $n$  раз меньше измеряемого тока.



$$R_{ш} = \frac{R_a}{n-1}, n = \frac{I}{I_a}$$

