

Работа 1.1.1

Определение систематических и случайных погрешностей при измерении удельного сопротивления нихромовой проволоки

7 сентября 2023 г.

1 Аннотация

В работе измеряется удельное сопротивление нихромовой проволоки двумя способами: 1) путем анализа графика ВАХ проволоки, 2) путем вычисления по известной формуле $R = \rho \frac{l}{S}$, где R измерено посредством моста Уильсона (моста постоянного тока).

Цель работы: измерить удельное сопротивление нихромовой проволоки и вычислить систематические и случайные погрешности при использовании измерительных приборов.

Оборудование: линейка, штангенциркуль, микрометр, нихромовая проволока, амперметр, стрелочный вольтметр, источник ЭДС, мост Уильсона (мост постоянного тока), реостат, ключ, провода.

2 Теоритические сведения

Удельное сопротивление цилиндрической проволоки определяется по формуле: $\rho = \frac{R}{l} S$, а учитывая что $S = \pi \frac{d^2}{4}$,

$$\rho = \frac{R}{l} \frac{\pi d^2}{4}$$

Где R - сопротивление отрезка проволоки, l - его длина, d - диаметр.

По закону Ома для участка цепи:

$$R = \frac{U}{I}$$

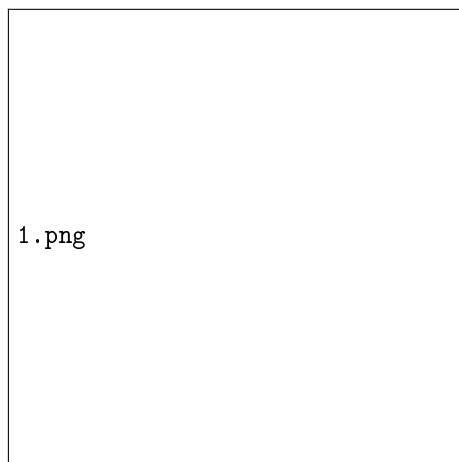


Рис. 1: Используемая схема

U - напряжение на участке цепи, I - сила тока, R - сопротивление.

Таким образом, для определения сопротивления проволоки достаточно измерить силу тока и напряжение на нем. Это возможно с помощью схемы рис.1.

Вольтметр верно измеряет падение напряжения на проволоке, а амперметр измеряет сумму токов через проволоку и вольтметр. Поэтому можно записать систему:

$$\begin{cases} I_A = I + I_V, \\ IR = U_V, \\ I_V R_V = U_V \end{cases}$$

U_V - показания вольтметра, I_A - показания амперметра

Выразив токи I и I_V и подставив их в первое уравнение получим

$$R_1 = \frac{U_V}{I_A} = R \frac{R_V}{R + R_V}$$

3 Оборудование и экспериментальные погрешности

Линейка: $\Delta_{\text{лин}} = \pm 0.5$ мм (половина цены деления)

Штангенциркуль: $\Delta_{\text{шт}} = \pm 0.05$ мм (половина цены деления)

Микрометр: $\Delta_{\text{мик}} = \pm 0.01$ мм (маркировка производителя)

Амперметр: $\Delta_A =$

Вольтметр: $\Delta_V =$

4 Измерения и обработка данных

4.1 Измерение длины проволоки l

Значения l измерялись с помощью линейки, результаты приведены в Табл. 1

4.2 Измерение диаметра проволоки d

Проволока неоднородна, поэтому ее диаметр различен в разных местах. Мы можем измерить его в нескольких местах и усреднить полученные значения.

Измерения с помощью штангенциркуля показали одинаковый диаметр проволоки для $N = 12$ измерений, $d_{шт} = 0.4$ мм.

Для измерения диаметра был также использован микрометр, который вы-

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$d_{шт}$, мм	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4

явил отличия в диаметре проволоки в разных ее местах (см. Табл. 1).

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
d , мкм	380	380	360	390	360	370	350	340	360	380	370	370

4.3 Вычисление сопротивления проволоки R

Измерить сопротивление отрезка проволоки R возможно двумя способами

4.3.1 Метод вычисления R путем анализа ВАХ проволоки

Для снятия ВАХ проволоки была собрана схема Рис. 1

ВАХ снималась для трех разных длин проволоки путем постепенного уменьшения напряжения источника. Результаты измерений приведены в Табл. 3

4.3.2 Метод прямого измерения R с помощью моста постоянного тока

Для измерения R использовался мост постоянного тока Р4833. Для трех l были подобраны такие положения рубильников, при котором стрелка прибора была минимально отклонена от нуля.

№	Уист, В	Uv, дел	Uv, мВ	Ia, мА
1	3.5	148	592	111.16
2	3.3	137	548	103.42
3	3.1	130	520	97.84
4	2.9	121	484	90.41
5	2.7	115	460	86.6
6	2.3	98	392	73.78
7	1.9	80	320	60.3
8	1.5	64	256	47.9
9	1.1	36	144	26.63
10	0.7	23	92	17.29
11	0.2	3	12	1.98

Для $l = 20$ см $R = \Omega$;

для $l = 30$ см $R = \Omega$;

для $l = 50$ см $R = \Omega$;