

## 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 Теоретические 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:

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

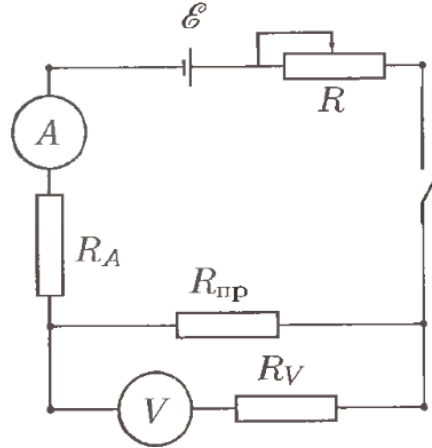


Рис. 1: Используемая схема

$U$  - 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:

$$\begin{cases} I_A = I + I_V \\ IR = U_V \\ I_V R_V = U_V \end{cases} \quad (1)$$

$U_V$  - 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*:  $\Delta_{\text{микм}} = \pm 0.01$  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,  $d_{\text{шт}} = 0.4\text{мм}$ .

Для измерения диаметра был также использован микрометр, который вы-

Таблица 1: Результат измерения  $d$  штангенциркулем

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$d_{\text{шт}}$ , 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).

Таблица 2: Результат измерения  $d$  микрометром

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$d_{\text{мкм}}$ , 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

$$U_V(\text{мВ}) = 4U_V(\text{дел}), \text{ т.к. } 1 \text{ дел} = \frac{600 \text{ мВ}}{150 \text{ дел}} = 4 \text{ мВ}$$

№	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

Таблица 3: ВАХ проволоки  $l = (500.0 \pm 0.5)$  мм

№	Уист, В	Uv, дел	Uv, мВ	Ia, мА
1	3.5	150	600	184.86
2	3.3	143	572	176.44
3	3.1	136	544	167.57
4	2.9	124	496	152.78
5	2.7	118	472	145.04
6	2.3	100	400	123.58
7	1.9	84	336	103.16
8	1.5	67	268	82.66
9	1.1	48	192	59.25
10	0.7	21	84	25.31
11	0.2	2	8	1.79

Таблица 4: ВАХ проволоки  $l = (300.0 \pm 0.5)$  мм

#### 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.

Для  $l = 20$  см  $R = \Omega$ ;

для  $l = 30$  см  $R = \Omega$ ;

для  $l = 50$  см  $R = \Omega$ ;

№	U <sub>ист</sub> , В	U <sub>V</sub> , дел	U <sub>V</sub> , мВ	I <sub>a</sub> , мА
1	3.5	149	596	271.1
2	3.3	139	556	256.15
3	3.1	130	520	241.29
4	2.9	123	492	227.4
5	2.7	112	448	208.09
6	2.3	98	392	181.76
7	1.9	80	320	147.89
8	1.5	64	256	118.08
9	1.1	47	188	87.3
10	0.7	16	64	29.91
11	0.2	6	24	10.65

Таблица 5: ВАХ проволоки  $l = (200.0 \pm 0.5)$  мм