

Лабораторная работа №1.1.1  
Определение удельного сопротивления  
нихромовой проволоки

Мыздриков Иван

5 сентября 2024 г.

# 1 Введение

## Цель работы:

- измерить удельное сопротивление нихромовой проволоки двумя способами
- вычислить систематические и случайные ошибки

## В работе используются:

- линейка
- штангенциркуль
- микрометр
- отрезок проволоки из нихрома
- амперметр
- вольтметр
- мост постоянного тока

## 2 Ход работы

Для расчета удельного сопротивления измерим сопротивление проволоки с известной геометрией и высчитаем удельное сопротивление по формуле

$$\rho = \frac{R \pi d^2}{l} \quad (1)$$

где  $R$  - сопротивление проволоки,  $l$  - длина проволоки,  $d$  - диаметр проволоки.

Измерения мы будем проводить для 3х длин проволоки - 50, 30, 20 см.

Для начала измерим толщину проволоки, учитывая что из-за неровностей она меняется по длине проволоки, поэтому измерим его в нескольких точках и усредним. При измерении штангенциркулем везде получаем одно и то же значение

$$d_{\text{шц}} = (0.35 \pm 0.05) \text{ мм}$$

При измерении микрометром получаем значения

$d, \text{ мм}$	0.36	0.36	0.35	0.35	0.36	0.34	0.35	0.36	0.35	0.36
-----------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Таблица 1: Измерения диаметра проволоки микрометром

Усреднив значения из таблицы, посчитав дисперсию выборки и суммировав её с систематической ошибкой  $\Delta d_{\text{сист}} = 0.005 \text{ мм}$  получаем

$$d_{\text{мр}} = (0.354 \pm 0.005) \text{ мм}$$

Сразу же подсчитаем площадь поперечного сечения для обоих случаев

$$S_{\text{мр}} = (0.098 \pm 0.003) \text{ мм}^2$$

$l, \text{ см}$	20		30		50	
№	$U, \text{ мВ}$	$I, \text{ мА}$	$U, \text{ мВ}$	$I, \text{ мА}$	$U, \text{ мВ}$	$I, \text{ мА}$
1	505	273	640	211	655	130
2	360	178	450	150	585	117
3	310	152	350	115	515	108
4	240	116	290	96	425	84
5	180	89	235	77	385	77
6	145	70	195	64	335	67

Таблица 2: Измерения зависимости  $U(I)$  при различных  $l$

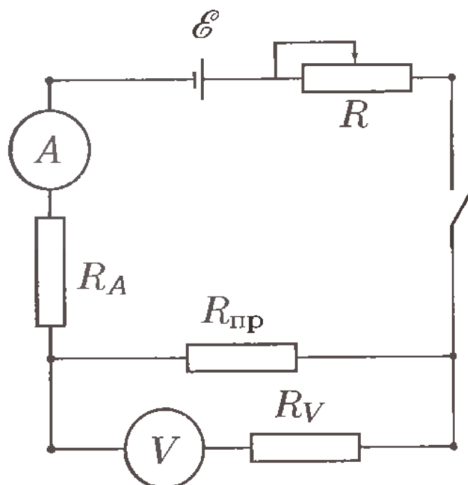


Рис. 1: Схема установки

Измерения будем проводить по схеме ниже. Обозначим показания вольтметра как  $U$ , а амперметра как  $I$ . Легко получить формулу для  $R_{\text{пр}}$

$$R_{\text{пр}} = \frac{U}{I} \left( 1 + \frac{U/I}{R_v} \right)$$

Из характеристик вольтметра знаем что сопротивление вольтметра порядка  $4.095 \text{ к}\Omega$ , поэтому поправка  $\frac{U/I}{R_v}$  0.5%, что больше относительных погрешностей вольтметра и амперметра в 2.5 раза. Исходя из этого пренебрежем влиянием сопротивления вольтметра и воспользуемся приближенной формулой

$$R_{\text{пр}} \approx \frac{U}{I}$$

Для нахождения сопротивления построим график  $U(I)$ , и из наклона прямой найдем сопротивление. Из графика получаем следующие данные.

$l, \text{ см}$	20	30	50
$R_{\text{пр}}, \Omega$	$1.787 \pm 0.14$	$3.018 \pm 0.041$	$4.425 \pm 0.85$

Таблица 3: Расчетные  $R_{\text{пр}}$  от  $l$

Сравним с данными измерения от моста Р4833.

$l, \text{ см}$	20	30	50
$R_{\text{пр}}, \Omega$	$2.057 \pm 0.01$	$3.046 \pm 0.01$	$5.059 \pm 0.01$

Таблица 4:  $R_{\text{пр}}$  от  $l$  по измерениям Р4833

Рассмотрим на сколько процентов расчетные сопротивления меньше измеренных.

$l, \text{ см}$	20	30	50
$\varepsilon, \%$	13.1	0.075	12.53

Таблица 5: Различие между сопротивлениями

Эти различия очень большие и никак не объясняются погрешностями. Так как график идеально линейный только при  $l=30\text{см}$  и совпадает со значениями моста при этом же условии, стоит предположить, что в измерениях вольтметра и амперметра была дополнительная ошибка при  $l=20\text{см}$  и  $l=50\text{см}$ . Вероятно она вызвана человеческим фактором (неправильное округление при записи измерений), потому стоит использовать значения моста для измерения удельного сопротивления.

Погрешность моста в диапазоне измерения  $\pm 0.01\Omega$ . Воспользуемся формулами для подсчета удельного сопротивления и его погрешности.

$$\rho = \frac{RS}{l}$$

$$\Delta\rho = \rho \sqrt{\left(\frac{\Delta R}{R}\right)^2 + \left(\frac{\Delta S}{S}\right)^2 + \left(\frac{\Delta l}{l}\right)^2}$$

Для площади сечения  $S$  воспользуемся значением, полученным с помощью микрометра. Подставляя числа получаем

$l, \text{ см}$	20	30	50
$\rho, \Omega_{\text{м}}$	10.08	9.95	9.91
$\Delta\rho, \Omega_{\text{м}}$	0.31	0.3	0.3

Таблица 6: Различие между сопротивлениями при использовании моста

$l, \text{ см}$	20	30	50
$\rho, \Omega_{\text{м}}$	8.756	9.98	8.673
$\Delta\rho, \Omega_{\text{м}}$	8.41	0.33	1.94

Таблица 7: Различие между сопротивлениями при первом способе (вольтметр и амперметр)

Как ответ запишем среднее

$$\rho = (9.98 + 0.31)\Omega_{\text{см}}, \varepsilon_{\rho} \approx 3\%$$

### 3 Заключение

Значение удельного сопротивления совпадает с табличными значениями для нихрома. Значения сопротивления измеренных косвенным методом оказались в среднем на 5% ниже реальных, что скорее всего объясняется либо некалиброванностью вольтметра, либо его аномальной малостью внутреннего сопротивления вольтметра (порядка  $100\Omega$ ). В любом случае даже используя заниженные сопротивления приходим к тому же выводу что проволока действительно нихромовая.

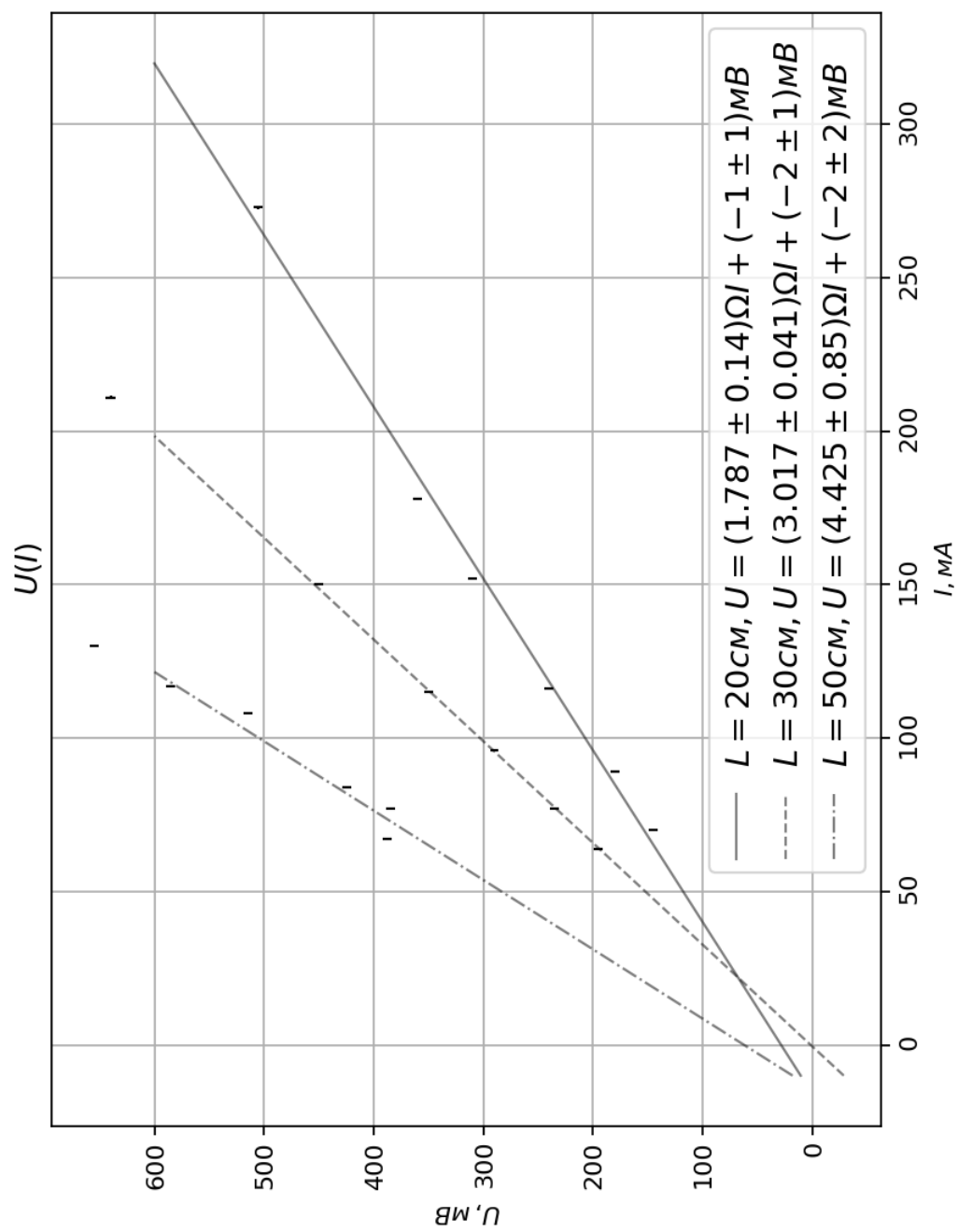


Рис. 2: График зависимости  $U(I)$