

Лабораторная работа №1.1.1  
Определение удельного сопротивления  
нихромовой проволоки

Гёлецын А.Г.

22 июля 2022 г.

# 1 Введение

## Цель работы:

- измерить удельное сопротивление нихромовой проволоки
- 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

$$d_{\text{шц}} = (0.35 \pm 0.025) \text{ мм}$$

При измерении микрометром получаем значения

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

$$d_{\text{мр}} = (0.352 \pm 0.005) \text{ мм}$$

Сразу же подсчитаем площадь поперечного сечения для обоих случаев

$$\begin{aligned} S_{\text{шц}} &= (0.096 \pm 0.01) \text{ мм}^2 \\ S_{\text{мр}} &= (0.097 \pm 0.003) \text{ мм}^2 \end{aligned}$$

$l, \text{ см}$	20		30		50	
№	$U, \text{ мВ}$	$I, \text{ мА}$	$U, \text{ мВ}$	$I, \text{ мА}$	$U, \text{ мВ}$	$I, \text{ мА}$
1	44	21.043	72	22.94	64	12.25
2	108	52.54	124	39.32	124	23.49
3	152	72.92	150	47.11	180	34.08
4	208	99.78	200	63.61	216	40.65
5	288	136.66	260	81.57	272	51.03
6	352	167.88	296	93.15	328	61.63
7	400	190.63	328	103.25	360	68.02
8	448	213.55	392	122.90	388	72.11
9	536	255.11	456	142.73	452	85.10
10	580	277.14	500	157.06	484	90.78
11			556	174.32	536	100.23
12					588	110.10

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

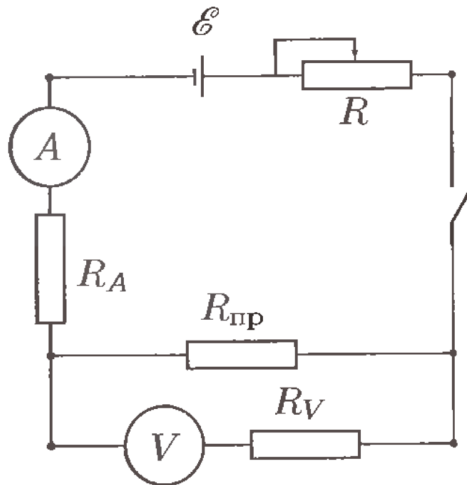


Рис. 1: Схема установки

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  $k\Omega$ , поэтому поправка  $\frac{U/I}{R_v}$  порядка 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
$R_{\text{пр}}, \Omega$	$2.102 \pm 0.008$	$3.199 \pm 0.011$	$5.357 \pm 0.031$

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

Сравним с данными измерения от моста Р4833.

$l, \text{ см}$	20	30	50
$R_{\text{пр}}, \Omega$	2.2949	3.3843	5.4173

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

Рассмотрим на сколько процентов расчетные сопротивления меньше измеренных.

$l, \text{ см}$	20	30	50
$\varepsilon, \%$	8.4	5.5	1.1

Таблица 5: Различие между сопротивлениями

Эти различия очень большие и никак не объясняются погрешностями. Так как график идеально линейный, то на вряд ли это из за плохих измерений. Тут есть 2 объяснения. Первое это то что мост выдает сопротивление, которое отличается от реального умножением на константу, второе это то же самое но только с вольтметром. Я больше ссылаюсь на второй вариант, поэтому для расчета удельного сопротивления я буду брать сопротивления с моста.

Погрешность моста в диапазоне измерений  $\pm 0.01\Omega$  (рассчитано по классу точности). Воспользуемся следующими формулами для подсчета удель-

ного 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
$\rho, 10^{-4}\Omega\text{см}$	1.11	1.09	1.05
$\Delta\rho, 10^{-4}\Omega\text{см}$	0.04	0.03	0.03

Таблица 6: Различие между сопротивлениями

Как ответ запишем среднее

$$\rho = (1.08 \pm 0.04)10^{-4}\Omega\text{см}, \varepsilon_\rho \approx 4\%$$

### 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.

Устройство	Вольтметр аналоговый, магнитлэлектрический
Класс точности	0.2
Предел измерения	600мВ
Цена деления	4мВ/дел
Чувствительность	250дел/В
Абсолютная погрешность	2мВ
Внутреннее сопротивление	2000Ω

Устройство	Амперметр цифровой
Класс точности	0.2
Предел измерения	2А
Абсолютная погрешность	Единица младшего разряда
Внутреннее сопротивление	1.2Ω

Таблица 7: Характеристики измерительных приборов

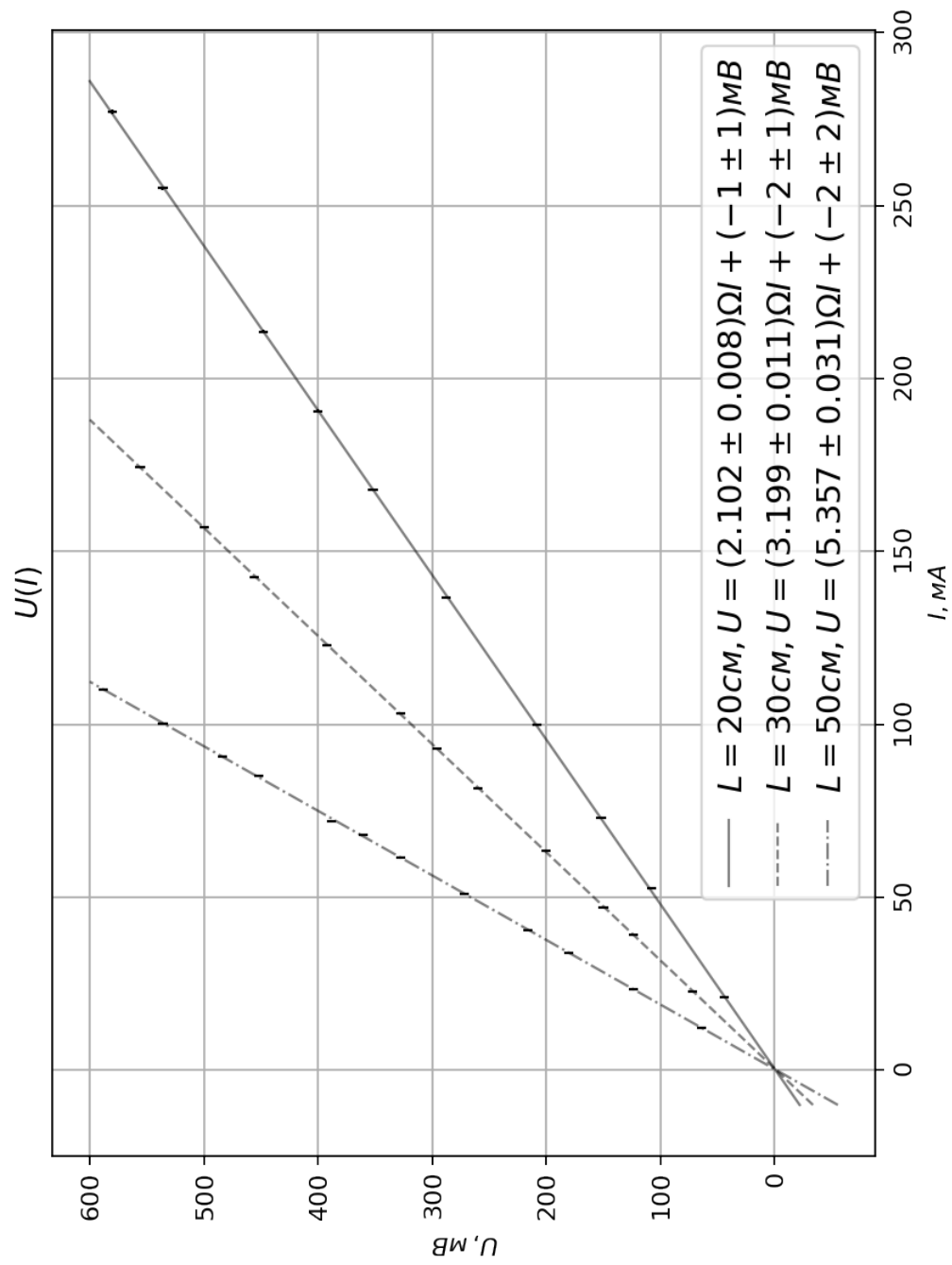


Рис. 2: График зависимости  $U(I)$