

Лабораторная работа №11

Цель работы: определить удельное сопротивление материала проволоки реохорда.

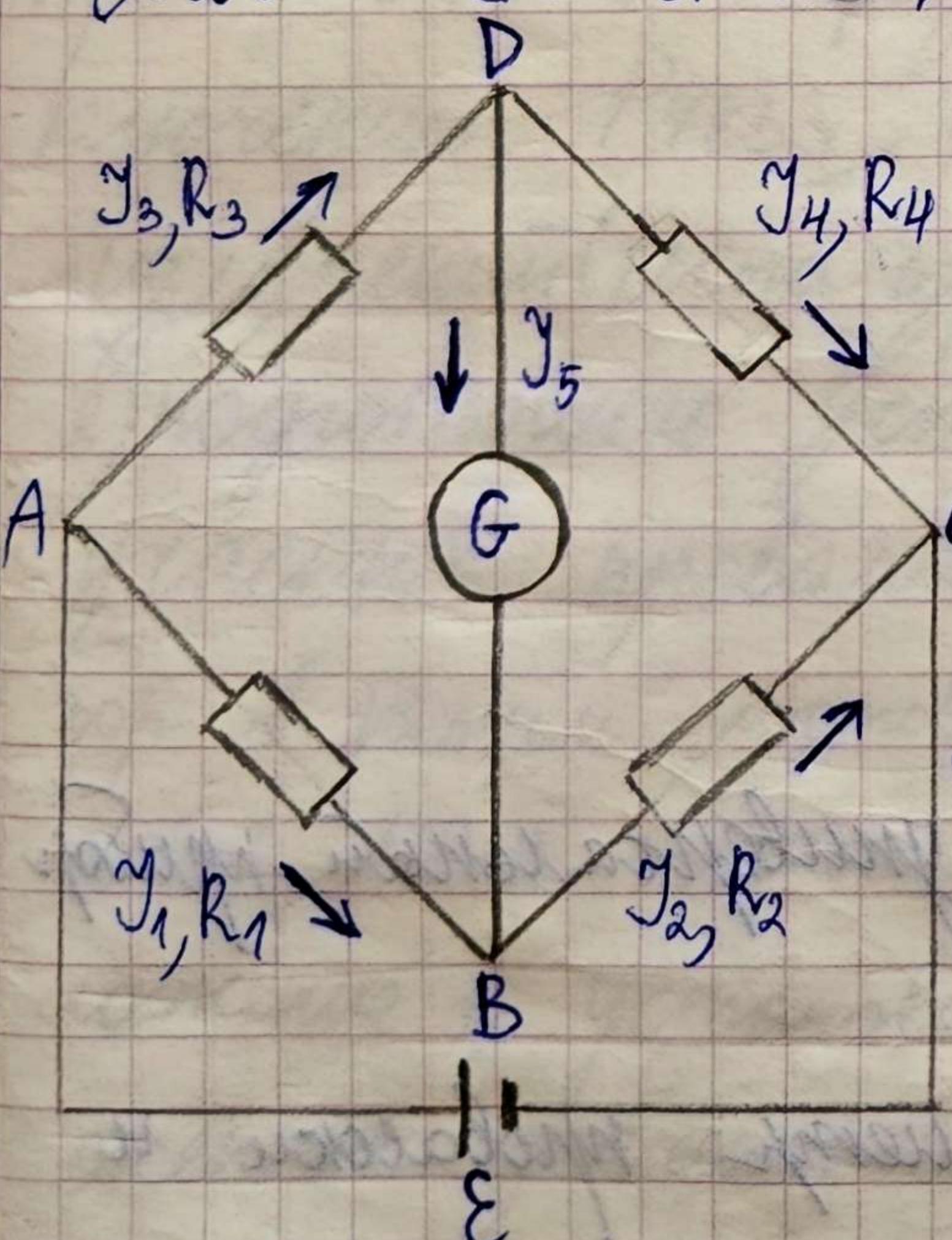
Оборудование: прибор измерительный универсальный Р4833, гальванометр реохорд вольтметрический, соединительные провода, шинки.

$\rho = \frac{R \cdot S}{l}$ — формула удельного сопротивления материала проволоки, изготовленной из однородного материала и имеющей всюду одинаковую площадь поперечного сечения S , где R — сопротивление, l — длина проволоки.

Основные методы измерения сопротивлений:

- косвенный (измерение напряжения и тока)
- непосредственного определения (при помощи амперметров и манометров)
- мостовой.

Мост Уитстона: G — гальванометр



R_1, R_2, R_3, R_4 — активное сопротивление (имена моста)

E — источник ЭДС

С Мост сбалансирован, когда разность потенциалов между D и B и ток I_5 равны нулю.

I правило Кирхгофа:

алгебраическая сумма токов в каждом узле равна нулю.

$$\sum_{i=1}^n I_i = 0$$

II правило Кирхгофа:
алгебраическая сумма падений напряжения на всех участках любого замкнутого контура цели равна алгебраической сумме всех ЭДС этого контура.

$$\sum_{i=1}^n U_i = \sum_{i=1}^n E_i$$

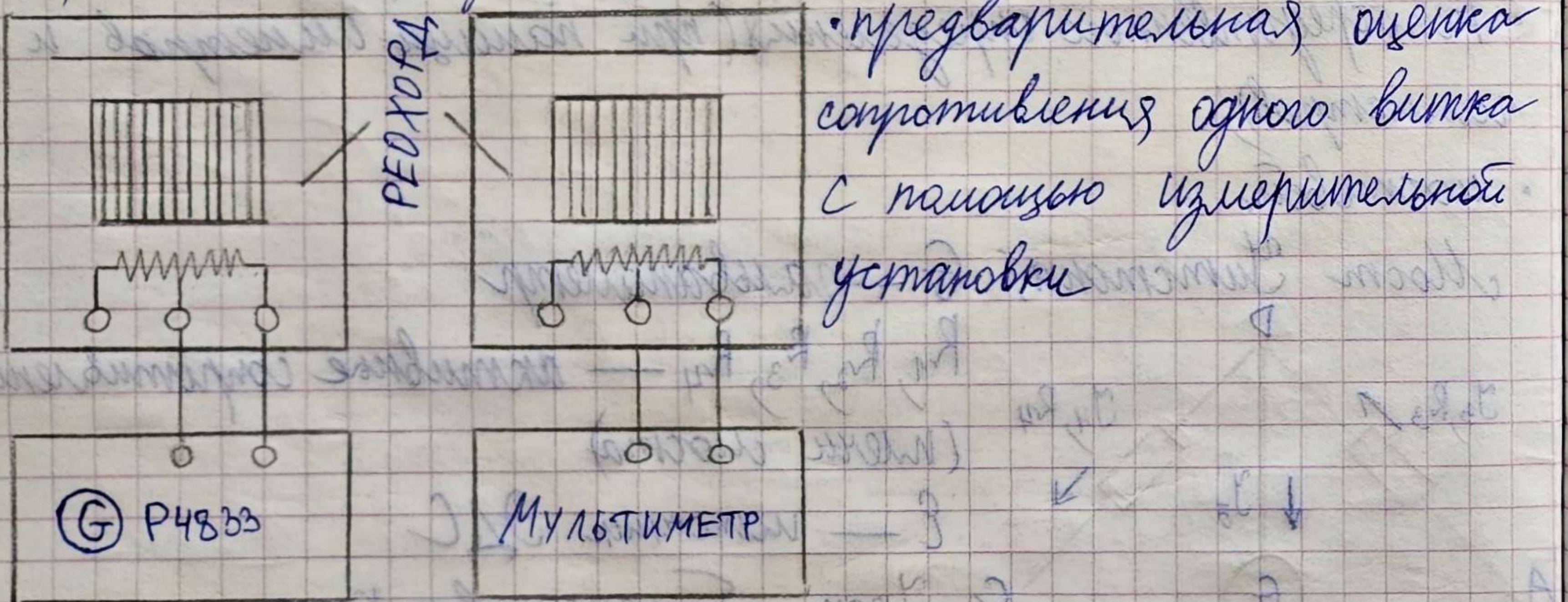
Зависимые мосты.

$$J_3 R_3 = J_1 R_1$$

$$J_4 R_4 = J_2 R_2$$

$$J_5 = 0 \Rightarrow J_1 = J_2 \cdot J_3 = J_4 \text{ тогда } \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} \text{ (условие равновесия)}$$

Экспериментальная установка Р4833.



Лог работы:

- 1) Получить допуск к работе, проверить универсальность прибора Р4833 мультиметр и реохорд;
- 2) записать указанное на реохорде диаметр проволоки и диаметр барабана реохорда, а также соответствующие номенклатуры; определить соотношение глубин нарезки ножа ножа проволоки в барабане реохорда и диаметра проволоки; глубину укладки проволоки в нож;

- 3) линейкой измерить длину участка барабана, на котором установлен проволока, подсчитать кол-во витков, записать результаты;
- 4) собрать схему (подключить один из крайних зажимов к зажиму скользящего контакта (Ω и $\frac{1}{\Omega}$)), в направлении от подсоединеного конца проволоки к середине реохорда отсчитать 40 витков и установить скользящий контакт;
- 5) включить мультиметр (Ω), перевести в режим ампер, определить сопротивление одного витка проволоки и записать результаты;
- 6) определить ожидаемые значения сопротивлений участков проволоки R_{av} реохорда, диапазон от 10 до 46 витков с шагом 4 витка, заполнить три листа таблицы;
- 7) обесточить и разобрать установку, подготовить к подключению Р4833, собрать установку для мостовых измерений (используя те же зажимы);
- 8) подготовить установку к измерениям: вогнуть участок проволоки длиной 10 витков, перевести прибор в режим мостовых измерений (Γ — встроенный гальванометр МО-2 — мостовые измерения), установить ручку xN в положение 1; установить на магните рассчитанное при заданном значении сопротивления 10 витков проволоки нажать кнопку «труба» ();

- 9) включить кнопкой «сеть» Р4833 произвести трубоудлинительную моста, измерить сопротивление в зависимости от движений стрелки, используя зеркальную шкалу;

при достижении баланса нажать кнопку "меню" (■) и привести окончательную балансировку листа; записать результат измерения в таблицу (4-ый столбец)

10) вспомним осталось 9 измерений; установить на магните сопротивления новое значение равное полученному предыдущего и следующего сопротивления и перенести скользящий контакт на рёберце на 4 блока в сторону увеличения, привессти 9 измерений.

11) проверка, подпись, разобрать прибор и привести в порядок рабочее место.

12) построить график зависимости R от $N_{\text{бум}}$

13) с помощью МИК аппроксимировать график линейной зависимости, вспомнив удельное электрическое сопротивление и погрешность измерений.

Таблица:

N	$N_{\text{бум}}$	$R_{\text{Ом}}$	$R_{\text{Ом}}$
1	10	42,22	42,41
2	14	59,1	59,6
3	18	75,99	76,15
4	22	92,88	93,06
5	26	109,77	109,83
6	30	126,65	126,69
7	34	143,54	143,57
8	38	160,43	160,36
9	42	177,31	177,25
10	46	194,2	194,04

$$d_{\text{пробочки}} = 0,4 \text{ мм} \pm 0,01 \text{ мм}$$

$$d_{\text{бортика}} = 160 \text{ мм} \pm 1 \text{ мм}$$

$$S_{\text{бортика}} = 123 \text{ мм} \pm 0,5 \text{ мм}$$

$$d_{\text{шайбы}} = 0,2 \text{ мм}$$

$$R_{1 \text{ блок}} = 4,222 \text{ Ом}$$

$$N_{\text{блока}} = 50$$

$$\frac{168,87}{40} \approx 4,222 \text{ Ом}$$

Ольга
16.09.09

Вспомним, что

1) площадь поперечного сечения проволоки:

$$S = \frac{\pi d^2}{4}, S = \frac{3,14 \cdot (0,4)^2}{4} \approx 0,125 \text{ мм}^2$$

$$G_s = S \cdot 2 \cdot \frac{G_d}{d}, G_s = 0,125 \cdot 2 \cdot \frac{0,01}{0,4} = 0,63 \cdot 10^{-2} \text{ мм}^2$$

2) длина проволоки:

$$l = l - \frac{\text{ширина блока}}{\Delta x} \quad l = \sqrt{l_{\text{бум}}^2 + \Delta x^2}$$

$$l_{\text{бум}} = 2\pi R = \pi d, l_{\text{бум}} = 3,14 \cdot (160 \text{ мм} + 1 \text{ мм}) = 502,65 \text{ мм} \pm 3,14 \text{ мм}$$

$$\Delta x = \frac{S_{\text{шайба}}}{N_{\text{блока}}} \quad \Delta x = \frac{0,123 \pm 0,05 \text{ мм}}{50} = 2,46 \text{ мм} \pm 0,01 \text{ мм}$$

$$l = \sqrt{502,65^2 + 6,0516} \approx 503,66 \text{ мм}$$

$$G_l = \sqrt{\frac{l_{\text{бум}}^2}{l_{\text{бум}}^2 + \Delta x^2} \cdot G_{\text{бум}}^2 + \frac{\Delta x^2}{l_{\text{бум}}^2 + \Delta x^2} \cdot G_{\Delta x}^2} = \sqrt{\frac{252653,022}{252653,074} \cdot 9,8596 + \frac{6,0516}{252653,074} \cdot 9,0001} \approx$$

$$\approx 3,14 \text{ мм}$$

$$l = 502,66 \text{ мм} \pm 3,14 \text{ мм}$$

3) построение графика обработки МИК:

$$g = \frac{R_N}{l}, R_N = \frac{g \cdot l}{S_N} \cdot N$$

$$\text{после } \frac{g \cdot l}{S_N} = k \text{ можно}$$

$$R_N = k \cdot N$$

МИК:

взять за $y_i = kx_i + b$ функцию, обозначающую зависимость сопротивления от количества блоков

$$f = \sum_{i=1}^N (y_i - kx_i - b)^2 \cdot \frac{df}{dk} = -2 \sum_{i=1}^N x_i (y_i - kx_i - b) = 0$$

научив систему линейных уравнений:

$$\sum_{i=1}^N x_i y_i - k \sum_{i=1}^N x_i^2 - b \sum_{i=1}^N x_i = 0 \quad | : N$$

$$\langle xy \rangle - k \langle x^2 \rangle - b \langle x \rangle = 0 \quad (1)$$

$$\frac{df}{db} = -2 \sum_{j=1}^N (y_j - kx_j - b) = 0$$

$$\sum_{i=1}^N y_i - k \sum_{i=1}^N x_i - b \cdot N = 0 \quad | : N$$

$$\langle y \rangle - k \langle x \rangle - b = 0 \quad (2)$$

$$\begin{cases} \langle xy \rangle - k \langle x^2 \rangle - b \langle x \rangle = 0, \\ \langle y \rangle - k \langle x \rangle - b = 0 \end{cases}$$

$$\langle xy \rangle - k \langle x^2 \rangle - \langle x \rangle \langle y \rangle + k \langle x \rangle^2 = 0$$

$$k = \frac{\langle xy \rangle - \langle x \rangle \langle y \rangle}{\langle x^2 \rangle - \langle x \rangle^2}$$

$$\langle x \rangle = \frac{90+14+18+22+26+30+34+38+42+46}{10} = 28$$

$$\langle y \rangle = \frac{9241+59,6+76,15+93,06+109,83+126,69+143,57+160,36+177,25+194,04}{40} =$$

$$= 118,30$$

$$\langle x^2 \rangle = \frac{100+196+324+484+676+900+1156+1444+1764+2116}{10} = 916$$

$$\langle xy \rangle = \frac{10 \cdot 9241+14 \cdot 59,6+18 \cdot 76,15+22 \cdot 93,06+26 \cdot 109,83+30 \cdot 126,69+34 \cdot 143,57+38 \cdot 160,36+42 \cdot 177,25+46 \cdot 194,04}{40} = 3867,82$$

$$k = \frac{3867,82 - 28 \cdot 118,30}{916 - 784} = \frac{555,42}{132} = 4,21 \text{ OMy}; \quad k = (4,21 \pm 0,01)$$

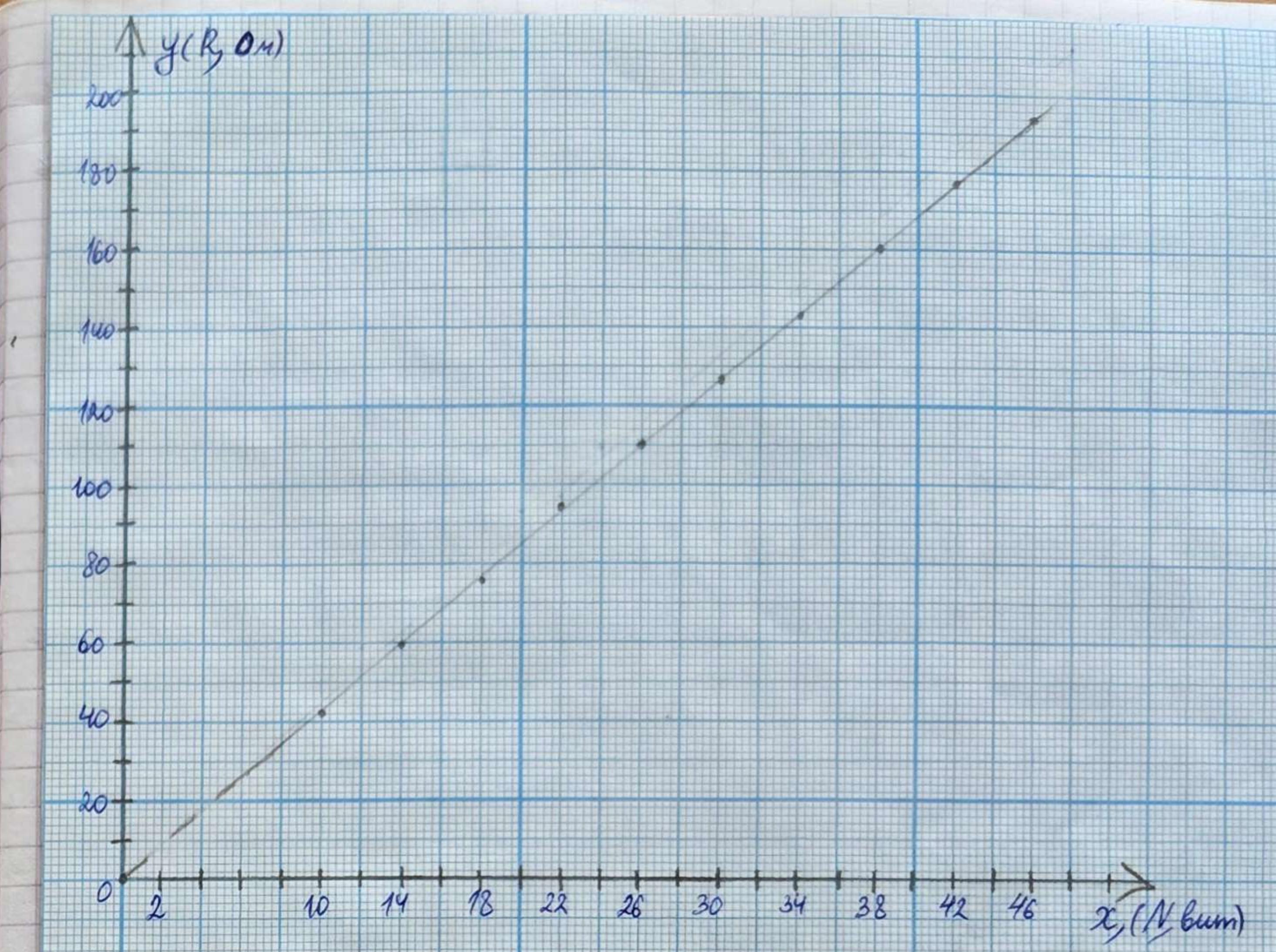
$$b = \langle y \rangle - k \langle x \rangle; \quad b = 118,30 - 4,21 \cdot 28 = 9,42 \text{ OMy}$$

$$G_k = \frac{1}{\sqrt{N}} \cdot \sqrt{\langle y^2 \rangle - \langle y \rangle^2 - k^2}$$

$$\langle y^2 \rangle = \frac{(9241)^2 + (59,6)^2 + (76,15)^2 + (93,06)^2 + (109,83)^2 + (126,69)^2 + (143,57)^2 + (160,36)^2 + (177,25)^2 + (194,04)^2}{10} = 16331,95$$

$$G_k = \frac{1}{\sqrt{10}} \cdot \sqrt{\frac{16331,95 - 13994,89}{916 - 784} - (4,21)^2} \approx 0,0051$$

$$G_b = G_k \sqrt{\langle x^2 \rangle - \langle x \rangle^2}; \quad G_b = 0,0051 \cdot \sqrt{916 - 784} \approx 0,06$$



4) вычисление удельного сопротивления и погрешности:

$$R_h = \rho \frac{l}{S} \cdot N = kN \Rightarrow g = \frac{sk}{l}$$

$$S = \frac{0,725 \cdot 4,21}{502,66} = 1,05 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Ou} \cdot \text{мм}^2}{\text{мм}}$$

$$G_S = \sqrt{\frac{k^2}{l^2} \cdot G_k^2 + \frac{S^2}{l^2} \cdot G_l^2 + \frac{k^2 S^2}{l^4} \cdot G_{kl}^2} = \frac{1}{l} \sqrt{k^2 G_k^2 + S^2 G_l^2 + \frac{k^2 S^2 G_{kl}^2}{l^2}} =$$

$$= \frac{1}{502,66} \sqrt{4,21^2 \cdot 0,63^2 \cdot 10^{-4} + 0,125^2 \cdot 0,0051^2 + \frac{4,21^2 \cdot 9,0051^2 \cdot 3,14^2}{502,66^2}} = 5,28 \cdot 10^{-5}$$

$$G_{S_{\text{изм}}} = \frac{5,28}{1,05} \cdot 10^{-2} = 0,05$$

$$g = 1,05 \frac{0,4 \cdot \text{мм}^2}{\text{мм}} \pm 0,05 \frac{0,4 \cdot \text{мм}^2}{\text{мм}}$$

$$g = (1,05 \pm 0,05) \frac{\text{мм}}{\text{мм}}$$