

Лабораторная работа №20

Цель работы: ознакомление с принципом действия осциллографа, а также ознакомление с его настройкой с некоторыми методами исследования электрических процессов.

Оборудование: Электронный осциллограф — измерительный прибор, предназначенный для наблюдения за при необходимости — и фотографированием электрических процессов, генератор сигналов звуковой и ультразвуковой частоты типа ГЗ-33.

Теория:

Прибор даёт возможность:

- 1) наблюдать кривые периодических процессов;
- 2) наблюдать одиночное изображение;
- 3) измерять напряжение;
- 4) измерять разность фаз;
- 5) измерять частоту;
- 6) измерять частоту модуляции.

Основные блоки электронного осциллографа:

- 1) электроно-лучевая трубка;
- 2) входной амплитуодор;
- 3) усилитель входных сигналов;
- 4) усилитель горизонтального отклонения;
- 5) генератор развертки;
- 6) блок питания.

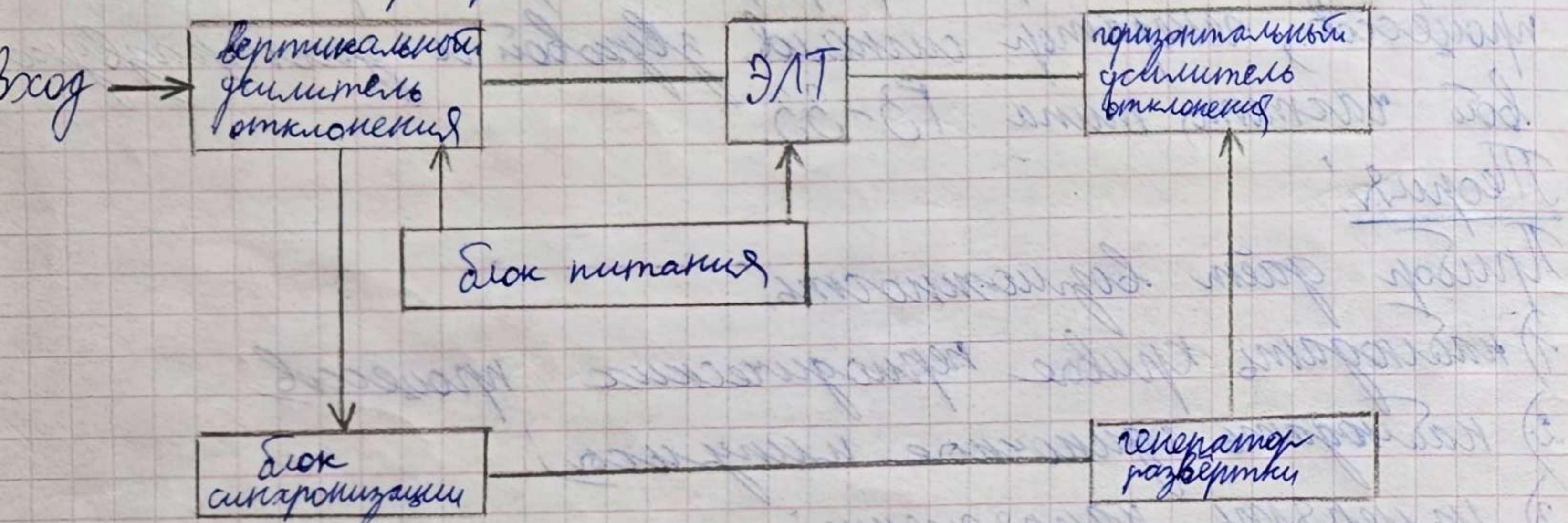
Принцип работы: исследуемый сигнал с гнездом "вход" подаётся или на усилитель вертикального отклонения или непосредственно на отклонение

частоту электронно-лучевой трубки. Усилитель усиливает исследуемый сигнал до величины, удобной для изображения на экране электронно-лучевой трубки.

С выхода усилителя сигнал подается на вертикаль-

-отклоняющие пластинки электронно-лучевой трубки.

Генератор поперечной развертки вырабатывает импульсное напряжение, необходимое для равномерного перемещения электронного луча по горизонтали, а также осциллографа.



Строение электронно-лучевой трубки:



- 1) катод
- 2) модулятор
- 3) анод
- 4) вертикально отклоняющие пластинки
- 5) горизонтально отклоняющие пластинки
- 6) ЭКРАН

1) место падения луча
2) второй анод

Для синхронизации частоты генератора используется синхронизирующее напряжение, которое в зависимости от рода работы может быть скомбинацией:
а) с усилителем вертикального отклонения при внутренней синхронизации;

б) с меандра "вспышка синхрониз" при падении синхронизирующей вспышки напряжения;

в) от сети.

Напряжение развертки или вспышки сигнала развертки с меандром "вход" в зависимости от рода работы подается на усилитель горизонтального отклонения, а с выхода его напряжение на горизонтально отклоняющие пластинки электронно-лучевой трубки или напряжение может подаваться непосредственно на горизонтально отклоняющие пластинки, минуя усилитель.

Блок питания состоит из выпрямителя для питания ламповой схемы и высоковольтного выпрямителя для трубки.

Основные параметры осциллографа:

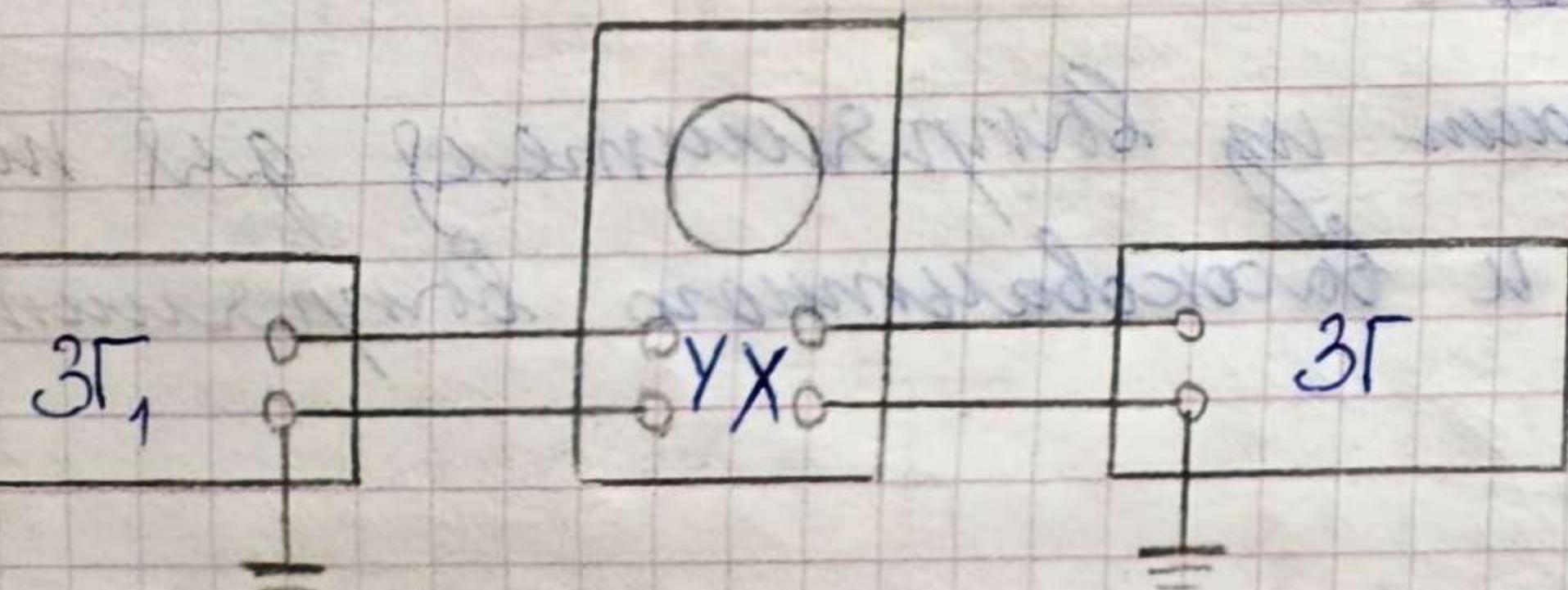
а) чувствительность осциллографа — величина отклонения луча по экрану в мк при изменении напряжения на данном входе на 1 вольт или на 1 мк следовательно, равномерность чувствительности мк/в или мк/мк.

Чувствительность осциллографа может определять

с помощью регулировки козметрического усилителя на соответствующем виде, при характеристики осциллографа указывается величина максимальной чувствительности, измеренная при максимальном козметрическом усилении соответствующего усилителя. Козметрическое усиление на разных частотах различно, поэтому чувствительность осциллографа зависит от частоты исследуемого сигнала.

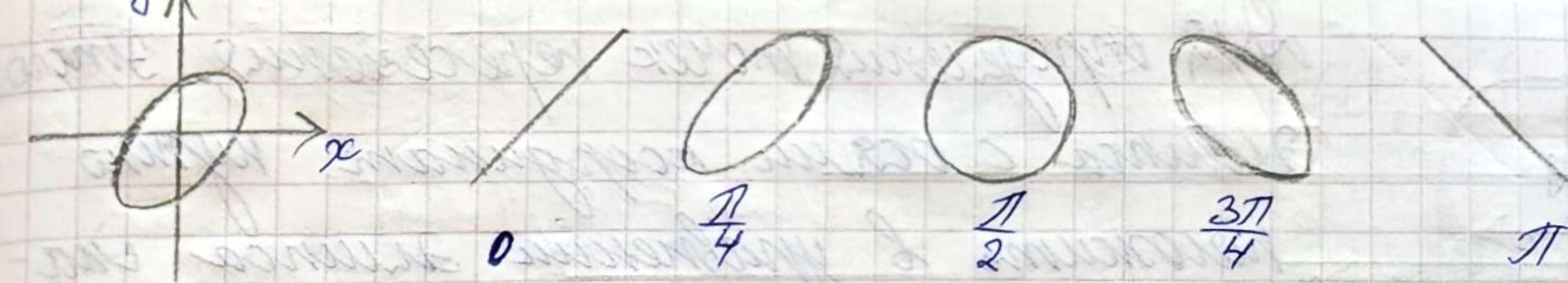
Чувствительность трубки определяется как отклонение луча в нем при изменении напряжений на соответствующих паре пластин на Гаварт. Минимальное время развертки (или обратная ему величина — максимальная частота развертки) — полоса пропускания — диапазон частот сигналов в козметрическом усилении усилителей (один вертикального и горизонтального отклонения).

I. Осциллограф — измерение частоты



При подаче напряжения на вход Y и X луч будет описывать фигуру лиссану. Вид фигуры зависит от формы и амплитуды, а также от соотношения между частотами и разами подводимых напряжений.

Фигура лиссану будут неподвижными, если частоты подаваемых напряжений относятся как целые числа: $1/1, 1/2, 1/3, \dots, 2/1, 2/3, 2/5, 3/4$. При отношении частот



Установивая форму фигур при указанной соотношении частот получается следующим образом. Рассмотрим два вибратора перпендикулярных колебаний x и y с частотами $\omega_x = \omega$ и $\omega_y = n\omega_x = n\omega$:

$$x = x_0 \sin(\omega t)$$

$$y = y_0 \sin(n\omega t + \varphi),$$

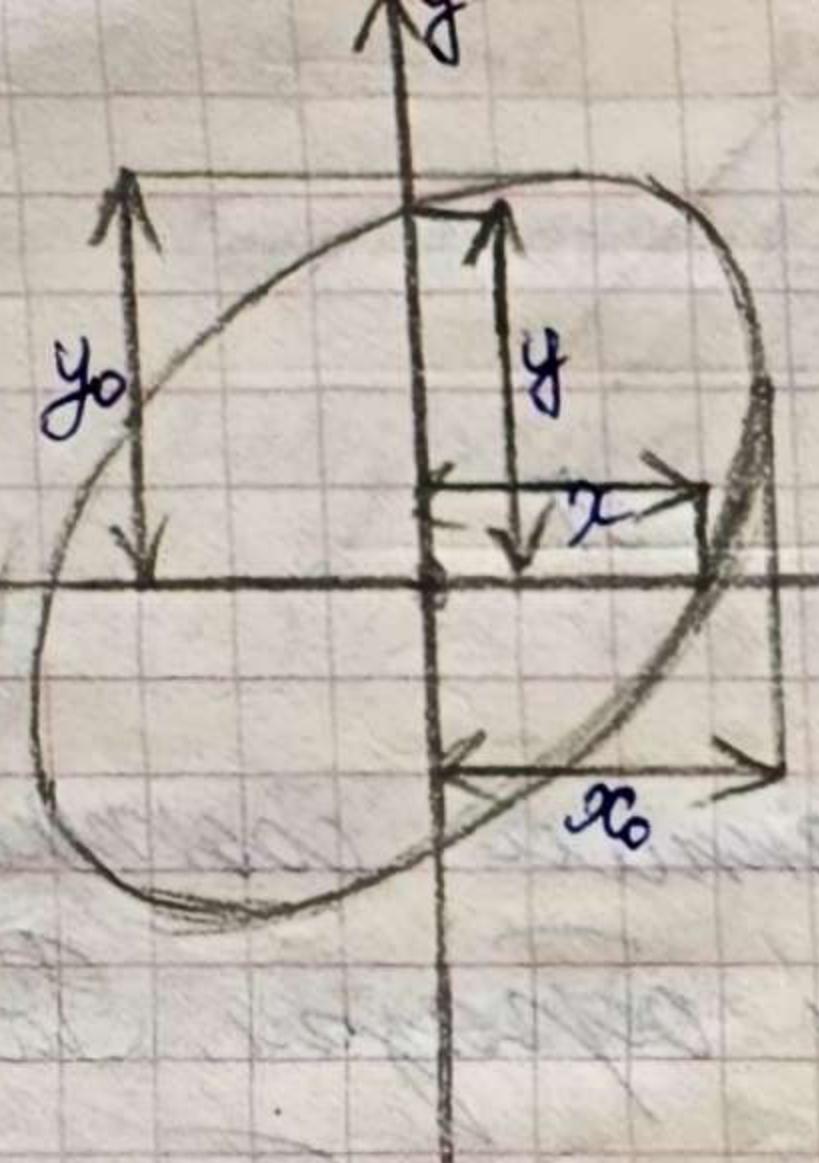
где φ — начальная разность фаз между колебаниями. Если n — число рациональное, то $n = \frac{\omega_y}{\omega_x} = \frac{T_x}{T_y} = \frac{n_x}{n_y}$ (T_x, T_y — соответствующие периоды колебаний).

Из соотношений (1) следует: $n_x T_x = n_y T_y = t$, т.е. за промежуток t совершается n_x полных колебаний в направлении оси y , n_y полных колебаний в направлении оси x .

II. Осциллограф-разветвитель

Если подать на вертикально и горизонтально отклоняющие пластинки электронно-лучевой трубки напряжения одинаковой частоты $x = x_0 \sin(\omega t), y = y_0 \sin(\omega t + \varphi)$ в результате сложения этих колебаний на экране получим изображение эллиса в виде $y = \frac{y_0}{x_0} (x \cos \varphi + \sqrt{x_0^2 - x^2} \sin \varphi)$

x_0, y_0 — амплитудные значения отклонений пульс x, y — мгновенные значения отклонений пульс



Для определения точек пересечения этого эллипса с осями координат нужно положить в уравнение эллипса сначала $y=0$, а затем $x=0$.

$$\sin \varphi = \pm \frac{x}{x_0} = \pm \frac{y}{y_0}$$

$$x_0 \cdot y = 10 \text{ или } x = y = 7 \text{ или}$$

III. Исследование биений с помощью осциллографа.

Биение — явление периодического изменения результатирующей амплитуды при наложении колебаний с одинаковыми частотами.

Частота биений ω_b , характеризующая изменение амплитуд, равна разности частот, задаваемых каждым генератором в отдельности ($\omega_{bf} = \omega_1 - \omega_2$). Это следует из результата сложения двух колебаний:

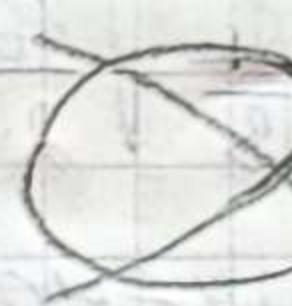
$$x = x_0 \sin(\omega_1 t + \varphi_1) \text{ и } y = y_0 \sin(\omega_2 t + \varphi_2)$$

При $x_0 \approx y_0$ находим колебание:

$$z = x + y = \frac{x_0}{\sqrt{2}} \sqrt{1 + \cos[(\omega_1 - \omega_2)t + \varphi_1 - \varphi_2]} \sin\left(\frac{\omega_1 + \omega_2}{2}t + \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}\right)$$

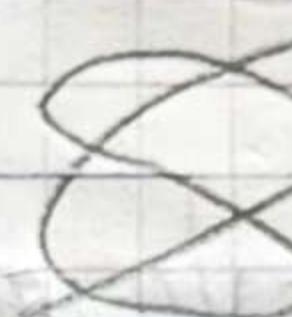
$\frac{x_0}{\mu\text{B}}$	вид фигуры	отсчёт по линейке
1:1	/	30,30,5
1:2	С	30,60,5
1:3	S	30,92
2:3	О	60,92

3:4



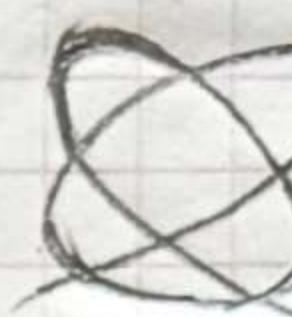
60,81

3:5



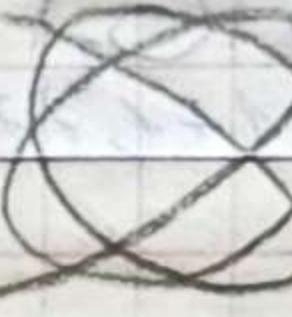
60,101

4:5



80,101

5:6



100,122

Таблица 11. Измерение чувствительности осциллографа

номер измерения	1	2	3	4	5	6	7	8
напряжение (μB)	1	2	3	4	5	6	7	8
длина (мм)	4	6	8	11	13	15	18	20
чувствительность ($\frac{\text{мм}}{\mu\text{B}}$)	3,83	3,12	1,88	1,94	1,83	1,76	1,81	1,77

$$\text{Восчисление: } G_i = \frac{l_i}{U_i \sqrt{2}}$$

Построение графика по методу наименьших квадратов

$$l = k \cdot U + b, \text{ где } k = \overline{G}$$

По МНК найдём зависимость k и b от l и U :

$$k = \frac{\bar{U}l - \bar{U} \cdot \bar{l}}{\bar{U}^2 - (\bar{U})^2}, \quad k = \frac{65,6 \text{ мм} \cdot \mu\text{B} - 4,5 \mu\text{B} \cdot 11,9 \text{ мм}}{25,5 \mu\text{B}^2 - 20,25 \mu\text{B}^2} = \frac{12,05 \text{ мм}}{5,25 \mu\text{B}} \approx 2,3 \text{ мм}$$

$$b = \bar{l} - k \bar{U}; \quad b = 11,9 \text{ мм} - 2,3 \frac{\text{мм}}{\mu\text{B}} \cdot 4,5 \mu\text{B} = 1,55 \text{ мм}$$

$$\bar{U} = \frac{1+2+3+4+5+6+7+8}{8} \mu\text{B} = 4,5 \mu\text{B}, \quad \bar{l} = \frac{4+6+8+11+13+15+18+20}{8} \text{ мм} = 11,9 \text{ мм}$$

$$\frac{\bar{U}^2}{\bar{U}^2} = \frac{(1+4+9+16+25+36+49+64)}{8} \mu\text{B}^2 = 25,5 \mu\text{B}^2$$

$$\bar{U}l = \frac{(4+12+24+44+65+90+126+160)}{8} \text{ мм} \cdot \mu\text{B} = 65,6 \text{ мм} \cdot \mu\text{B}$$

$$l = 2,3 \bar{U} + 1,55$$

$$G_{\text{сумм}} = \sqrt{G_1^2 + G_2^2}, \quad G_{\text{сумм}} = \sqrt{0,25 + 0,0025} \frac{\text{мм}}{\mu\text{B}} \approx 0,5 \frac{\text{мм}}{\mu\text{B}}$$

$$G_k = \frac{1}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{\frac{\bar{l}^2 - (\bar{l})^2}{U^2 - (\bar{U})^2}} - k; G_k = \frac{1}{\sqrt{B}} \cdot \sqrt{\frac{169,4 \text{ мм} - 141,6 \text{ мм}}{25,5 \text{ мм}^2 - 20,25 \text{ мм}^2}} - k \cdot \bar{l}^2 \approx 0,02 \frac{\text{мм}}{\text{мВ}}$$

$$\bar{l}^2 = \frac{(16+36+64+121+169+225+324+400)}{8} \text{ мм}^2 \approx 169,4 \text{ мм}^2$$

$$G_{\text{норм}} = \sqrt{G_{\text{сумм}}^2 + G_k^2}; G_{\text{норм}} = \sqrt{0,25 + 0,0004} \frac{\text{мм}}{\text{мВ}} \approx 0,5 \frac{\text{мм}}{\text{мВ}}$$

$$G = (2,0 \pm 0,5) \frac{\text{мм}}{\text{мВ}}$$

$$G_{\text{ср}} = \frac{1}{g}(G_1 + G_2 + G_3 + G_4 + G_5 + G_6 + G_7) = \frac{383+212+168+194+183+176}{8}$$

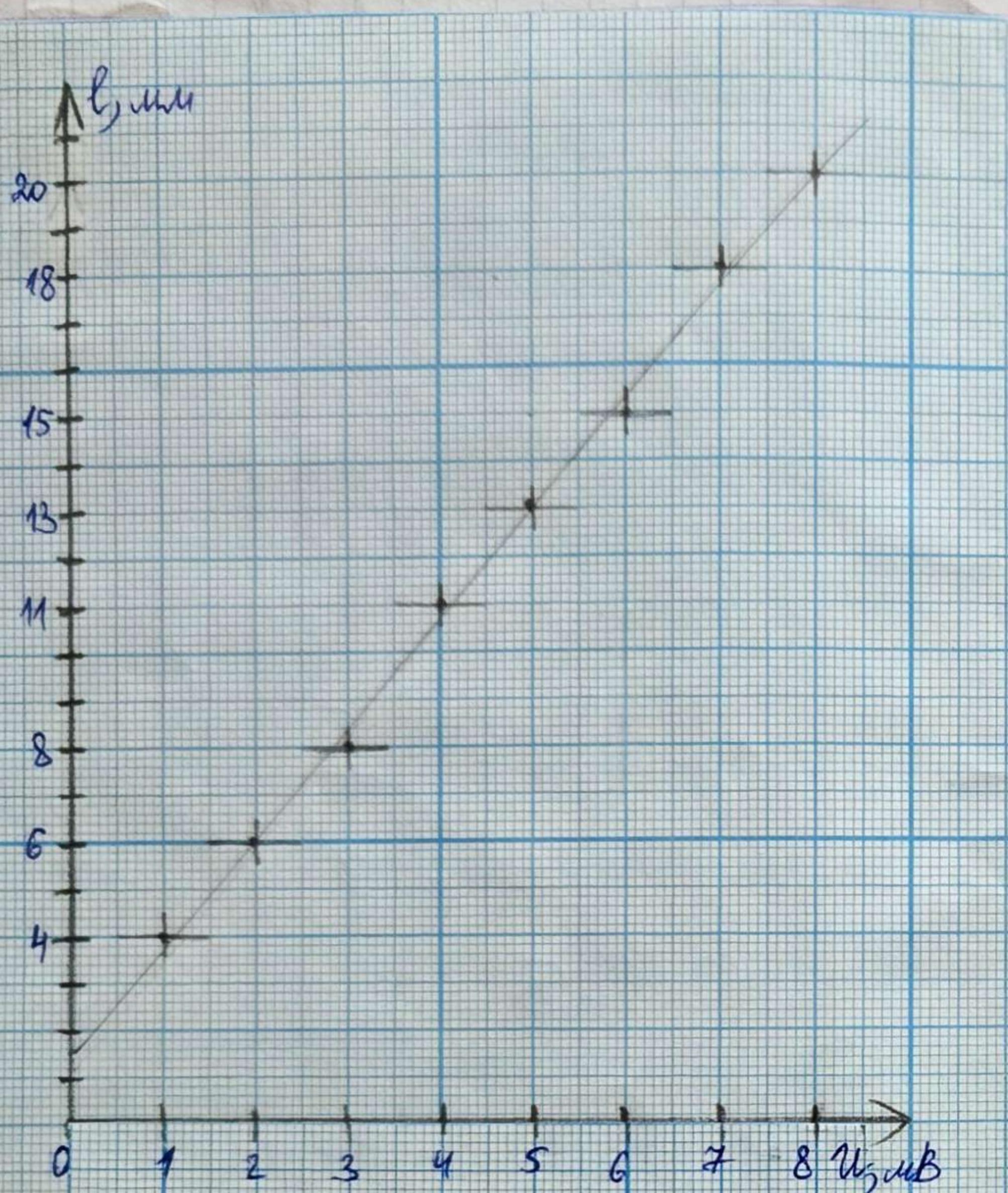


Таблица №2. Измерение

номер измерения	1	2	3	4	5	6	7	8	
напряжение (мВ)	1	3	5	8	10	12	14	17	20
длина (мм)	3	4	6	8	10	11	13	15	17
чувствительность (мм/мВ)	2,12	0,94	0,85	0,71	0,71	0,65	0,65	0,62	0,6

$$\text{Величина } G_i = \frac{\bar{l}_i}{\sqrt{2} \bar{U}_i}$$

Построение графика по методу наименьших квадратов;

$$l = k \cdot U + b, \text{ где } k = G$$

По МНК найдём зависимость k и b от l и U :

$$k = \frac{\bar{U}l - \bar{U}\bar{l}}{U^2 - (\bar{U})^2}, k = \frac{124,2 \text{ мм} \cdot \text{мВ} - 10 \cdot 17,67 \text{ мм}}{25,5 \text{ мм}^2 - 20,25 \text{ мм}^2} = \frac{27,5 \text{ мм}}{5,25 \text{ мм}^2} \approx 0,52 \frac{\text{мм}}{\text{мВ}}$$

$$b = \bar{l} - k \bar{U}; b = 17,67 \text{ мм} - 0,52 \frac{\text{мм}}{\text{мВ}} \cdot 10 \text{ В} = 1,9 \text{ мм}$$

$$\bar{U} = \frac{(1+3+5+8+10+12+14+17+20)}{9} \text{ В} = 10 \text{ В}; \bar{l} = \frac{(3+4+6+8+10+11+13+15+17)}{9} \text{ мм} \approx 9,67 \text{ мм}$$

$$\bar{U}^2 = \frac{(1+3+5+8+10+12+14+17+20)^2}{9} \text{ В}^2 = 136,4 \text{ В}^2$$

$$\bar{l}^2 = \frac{(3+4+6+8+10+11+13+15+17)^2}{9} \text{ мм}^2 = 124,2 \text{ мм}^2$$

$$l = 0,78 \text{ У} + 1,9$$

$$G_{\text{сумм}} = \sqrt{G_u^2 + G_{\text{норм}}^2}; G_{\text{сумм}} = \sqrt{0,25 + 0,0025} \frac{\text{мм}}{\text{В}} \approx 0,5 \frac{\text{мм}}{\text{В}}$$

$$G_k = \frac{1}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{\frac{\bar{l}^2 - (\bar{l})^2}{U^2 - (\bar{U})^2}} - k; G_k = \frac{1}{\sqrt{9}} \cdot \sqrt{\frac{114,33 \text{ мм}^2 - 93,5 \text{ мм}^2}{136,4 \text{ В}^2 - 100 \text{ В}^2}} - 0,52 \approx 0,07 \frac{\text{мм}}{\text{В}}$$

$$\bar{l}^2 = \frac{(9+16+26+64+100+121+169+225+289)}{9} \text{ мм}^2 \approx 114,33 \text{ мм}^2$$

$$G_{\text{норм}} = \sqrt{G_{\text{сумм}}^2 + G_k^2}; G_{\text{норм}} = \sqrt{0,25 + 0,007^2} \frac{\text{мм}}{\text{В}} \approx 0,51 \frac{\text{мм}}{\text{В}}$$

$$G = (0,9 \pm 0,5) \frac{\text{мм}}{\text{В}}$$

$$G_{\text{ср}} = \frac{1}{g}(G_1 + G_2 + G_3 + G_4 + G_5 + G_6 + G_7) = \frac{2,12 + 0,94 + 0,85 + 0,71}{7}$$

Исследование блоков с

$$N_{\text{max}} = 12$$

$$W_{\text{левого}} = 900 \text{ Гц}$$

$$W_{\text{правого}} = 840 \text{ Гц}$$

$$\{ W_p = W_u - W_n$$

$$\{ W_p \cdot N_{\text{max}} = \frac{W_u + W_n}{2}$$

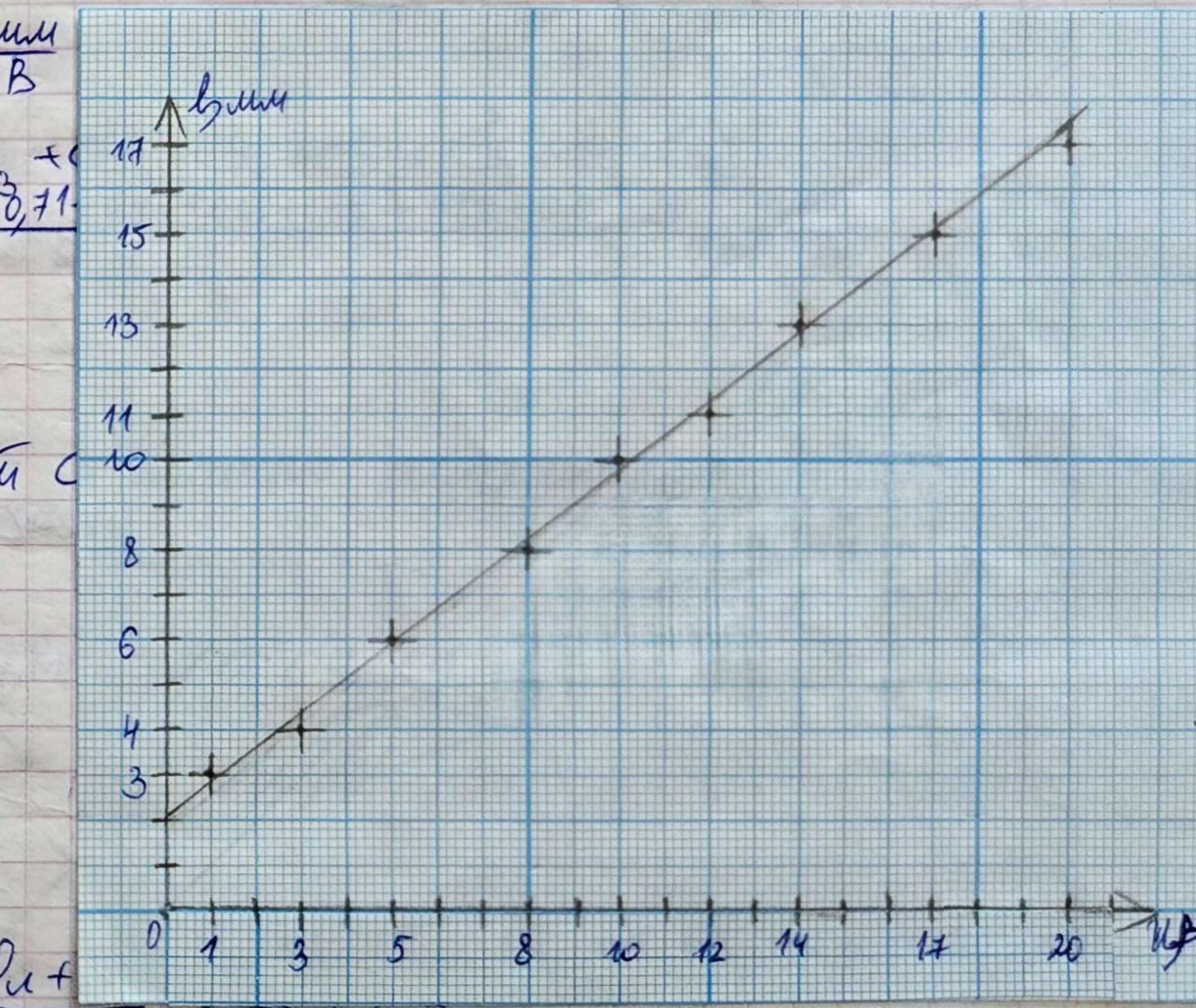
$$(W_u - W_n) \cdot N_{\text{max}} = \frac{W_u + W_n}{2} \Rightarrow W_n = \frac{W_u - (W_u - W_n) \cdot N_{\text{max}}}{2N_{\text{max}} + 1}$$

$$W_n = \frac{900 \text{ Гц} \cdot (2 \cdot 12 - 1)}{2 \cdot 12 + 1} = \frac{900 \text{ Гц} \cdot 23}{25} = 36 \cdot 23 = 828 \text{ Гц}$$

$$\text{расстояние } \% \quad W_n \cdot x = 100 W_n \Rightarrow x = \frac{100 W_n}{W_n}$$

$$W_n \quad x = \frac{100 \% \cdot 828 \text{ Гц}}{840 \text{ Гц}} \approx 98,57 \%$$

погрешность прибора: 1,43 %



$$\omega_1 = 900 \text{ rad/s}$$

$$\omega_2 = 840 \text{ rad/s}$$

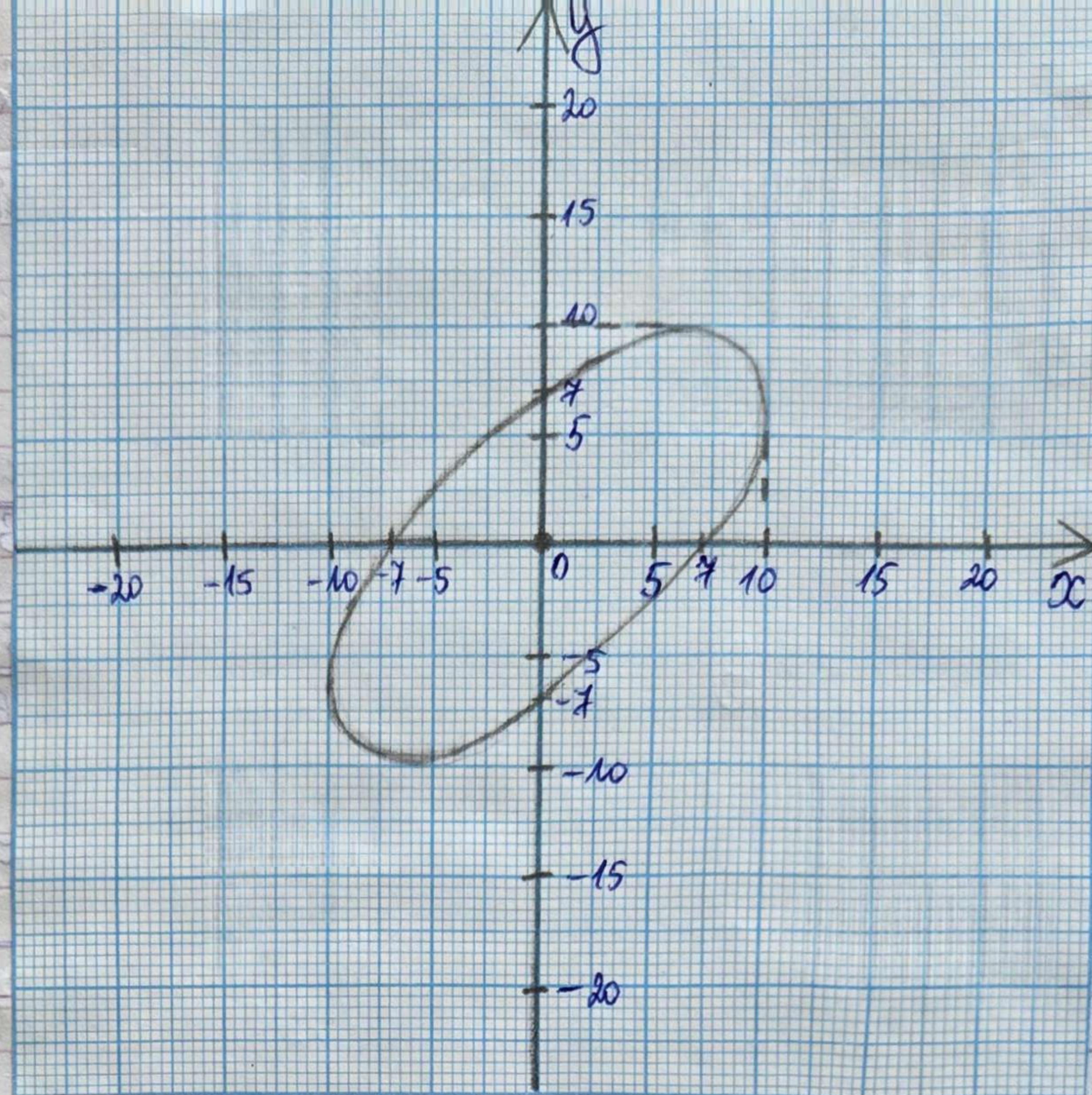
$$x_0 = y_0 = 10 \text{ mm}$$

$$x = y = 7 \text{ mm}$$

$$\sin \varphi = \frac{x_0}{x_0} = \frac{y_0}{x_0}$$

$$\sin \varphi = \frac{7}{10} = 0.7$$

$$\varphi = \arcsin 0.7 \approx 44.5^\circ$$



$$\frac{(D+D+D+D+D+D+D+D)}{8} = \frac{30 + 520 + 380 + 230 + 150 + 110 + 280 + 150}{8} = 250$$

Übertragung der Drehungen auf die Achsen

$$(1 - \sqrt{1 - \frac{r^2}{R^2}}) \cdot R = r \cdot \sqrt{\frac{R^2 - r^2}{R^2}}$$

$$1 - \sqrt{1 - \frac{r^2}{R^2}} = \frac{r^2}{R^2} \Rightarrow 1 - \frac{r^2}{R^2} = 1 - \sqrt{1 - \frac{r^2}{R^2}}$$

$$1 - \frac{r^2}{R^2} = \frac{r^2}{R^2} \Rightarrow 1 = \frac{2r^2}{R^2}$$

die Winkelgeschwindigkeit ist gleich