

ННГУ им. Лобачевского

Факультет: Высшая школа общей и прикладной физики

## **ОТЧЕТ**

**Лабораторная работа №17:**

**Осциллограф**

Выполнили:

Ковригин Марк

Митяшин Илья

Нижний Новгород

2023г

**Цель работы:** изучить устройство осциллографа и принцип его работы.

**Оборудование:** генератор сигналов низкочастотный ГЗ-109, осциллограф электронный.

**Теоретическое обоснование:**

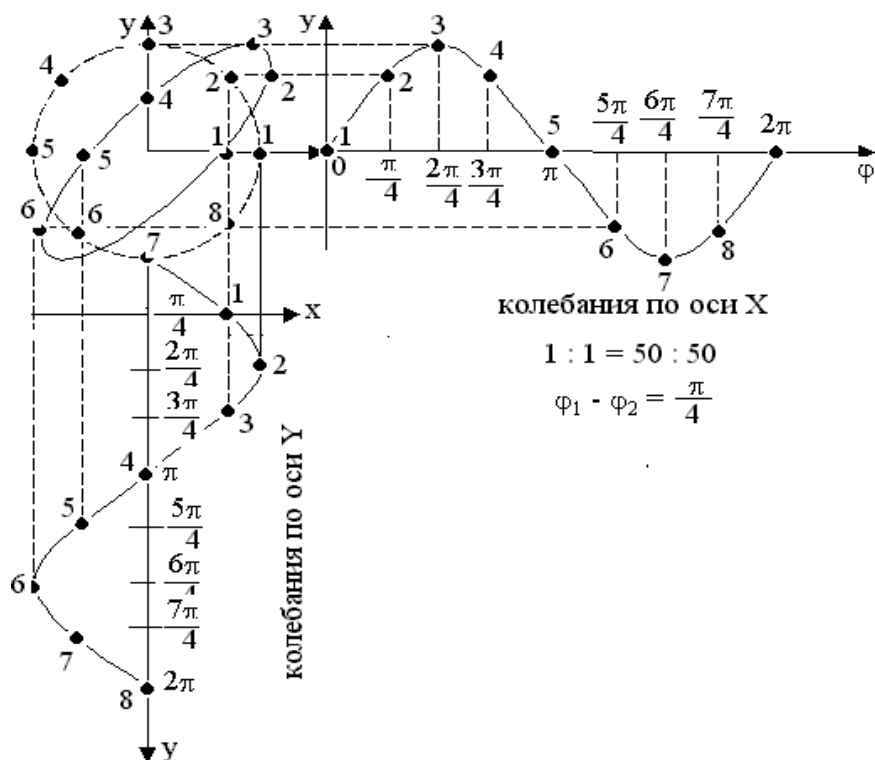
### Фигуры Лиссажу

Вид фигур зависит от соотношения между периодами (частотами), фазами и амплитудами обоих колебаний. Математическое выражение для кривой Лиссажу:

$$\begin{cases} x(t) = A \sin(\omega_x t + \varphi_x) \\ y(t) = B \sin(\omega_y t + \varphi_y) \end{cases}$$

Где  $A, B$  — амплитуды колебаний;  $\omega_x$  и  $\omega_y$  — частоты,  $\varphi_x$  и  $\varphi_y$  — сдвиг фаз.

Вид кривой сильно зависит от соотношения  $\omega_x/\omega_y$ . Когда соотношение равно 1, фигура Лиссажу имеет вид эллипса, при определённых условиях она имеет вид окружности. Ещё один пример фигуры Лиссажу — парабола ( $\omega_x/\omega_y = 2$ ,  $\varphi_x = \pi/4$ ). При других соотношениях фигуры Лиссажу представляют собой более сложные фигуры, которые являются замкнутыми при условии  $\omega_x/\omega_y$  — рациональное число. Фигуры строятся методом сложения взаимно-перпендикулярных колебаний:



### Контрольные вопросы

1. Как влияет на чувствительность ЭЛТ величина напряжения на втором аноде?

Чувствительность ЭЛТ обратно пропорциональна напряжению на втором аноде.

2. Каково назначение ускоряющего анода трубки?

Электрон, попадая в поле 3 анода, разгоняется до большой скорости, что обеспечивает уменьшение суммарного времени пролета электронов, позволяя получить приемлемую яркость и фокусировку. Кроме того, с помощью третьего анода облегчается отвод от поверхности экрана вторичных электронов.

3. *Меняется ли чувствительность трубки при изменении частоты сигнала, подаваемого на отклоняющие пластины?*

При высокой частоте сигнала, подаваемого на отклоняющие пластины чувствительность трубки будет меняться.

4. *Почему напряжение развертки должно быть линейным?*

При линейном напряжении луч будет равномерно двигаться по экрану слева направо, а за время  $\theta$  быстро возвращается в исходное положение.

5. *Каковы основные требования, предъявляемые к усилителям вертикального и горизонтального отклонения?*

Он должен обладать хорошей линейностью, чтобы не искажать форму исследуемого сигнала (иными словами, его коэффициент усиления не должен зависеть от величины входного сигнала при фиксированном положении ручек «Ослабление» и «Усиление»), и иметь достаточно широкую полосу пропускания, чтобы можно было исследовать высокочастотные сигналы.

6. *Почему входное сопротивление вертикального усилителя стремятся сделать как можно большим, а входную емкость как можно меньшей?*

Чтобы усилитель отклонения как можно меньше шунтировал источник исследуемого сигнала, его входное сопротивление стремятся сделать как можно большим, а входную емкость как можно меньшей.

7. *Почему время обратного хода развертки должно быть существенно меньше времени прямого хода? Чем определяется время обратного хода тиратронного генератора развертки?*

Время обратного хода развертки должно быть существенно меньше времени прямого хода, чтобы луч успел вернуться в начальное положение. Время обратного хода определяется временем разрядки, то есть пока напряжение на конденсаторе (и на аноде тиратрона) не упадет до величины напряжения гашения.

8. *Почему на экране осциллографа не виден обратный ход развертки?*

На экране осциллографа не виден обратный ход развертки, потому что время обратного хода развертки существенно меньше времени прямого хода.

9. *По какой причине амплитуда синхронизирующего напряжения не должна быть слишком большой?*

Амплитуда синхронизирующего напряжения следует выбирать наименьшей величины, при которой наблюдается устойчивое изображение, так как при большой амплитуде может измениться амплитуда и длительность напряжения развертки.

10. Как будут выглядеть картины, подобные приведенным на рис. 9, если синхронизацию осуществлять короткими прямоугольными импульсами?

Тогда напряжение развертки будет тоже в виде прямоугольников.

### Экспериментальная часть:

Определение величины чувствительности вертикального и горизонтального каналов осциллографа

(ослабление 1:1, частота генератора 1000 Гц, диапазон частот выкл.)

Y – канал усиление по X-min по Y-max	U, В	9*10 <sup>-3</sup>	12*10 <sup>-3</sup>	15*10 <sup>-3</sup>	Максим альное значени е шкалы, В
	h, мм	16	22	28	
	χ, мм/В	6,29* 10 <sup>2</sup>	6,48 * 10 <sup>2</sup>	6,59 * 10 <sup>2</sup>	
	χ среднее, мм/В	6,45 * 10 <sup>2</sup>			

X – канал усиление по Y-min по X-max	U, В	0.9	1.2	1.5	Максимальное значение шкалы, В
	h, мм	52	68	88	
	χ, мм/В	20,43	20,03	20,74	
	χ среднее, мм/В	20,4			

### Погрешности измерений:

*Вертикальный канал:*

$$1) h=16 \pm 2(\text{мм}) \quad \delta h=0.125 \quad U=9 \cdot 10^{-3} \pm 1 \cdot 10^{-3}(\text{В}) \quad \delta U=0.111$$

$$2) h=22 \pm 2(\text{мм}) \quad \delta h=0.091 \quad U=12 \cdot 10^{-3} \pm 1 \cdot 10^{-3}(\text{В}) \quad \delta U=0.083$$

$$3) h=28 \pm 2(\text{мм}) \quad \delta h=0.071 \quad U=15 \cdot 10^{-3} \pm 1 \cdot 10^{-3}(\text{В}) \quad \delta U=0.067$$

$$\delta h=0.096 \quad \delta U=0.087 \quad \delta \chi=0.183 \quad \chi=645.00(\text{мм/В}) \quad \Delta \chi=118.04(\text{мм/В})$$

*Горизонтальный канал:*

$$1) h=52 \pm 2(\text{мм}) \quad \delta h=0.038 \quad U=0.9 \pm 0.1(\text{В}) \quad \delta U=0.111$$

$$2) h=68 \pm 2(\text{мм}) \quad \delta h=0.029 \quad U=1.2 \pm 0.1(\text{В}) \quad \delta U=0.083$$

$$3) h=88 \pm 2(\text{мм}) \quad \delta h=0.023 \quad U=1.5 \pm 0.1(\text{В}) \quad \delta U=0.067$$

$$\delta h=0.030 \quad \delta U=0.087 \quad \delta \chi=0.117 \quad \chi=20.40(\text{мм/В}) \quad \Delta \chi=2.39(\text{мм/В})$$

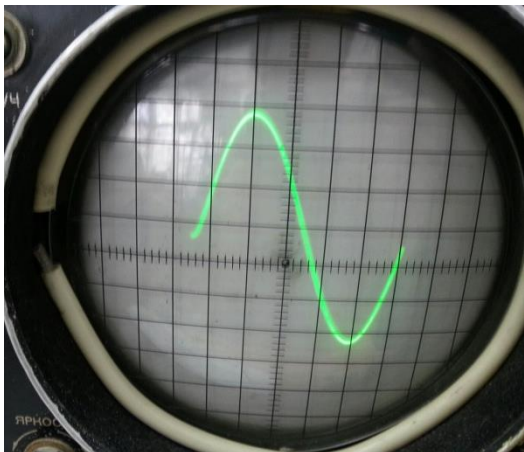
### Изучение работы развёртки

(ослабление 1:1, диапазон частот- вкл., усиление по X, Y)

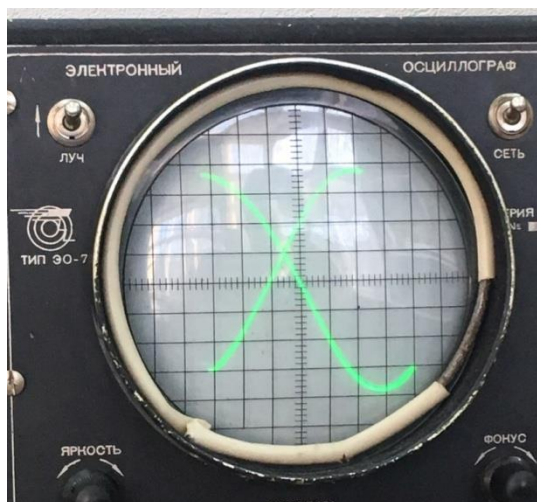
$f_{\text{развертки}} = 120 \text{ Гц}$

Изображения при различных  $n/m$ :

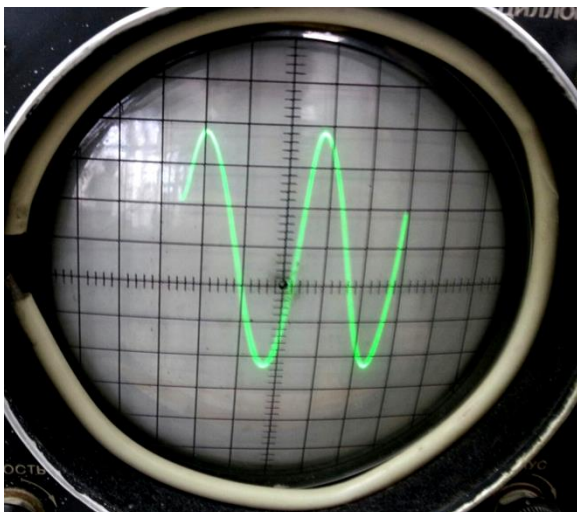
1)  $n/m=1$ ,  $f_{\text{сигнала}} 120 \text{ Гц}$



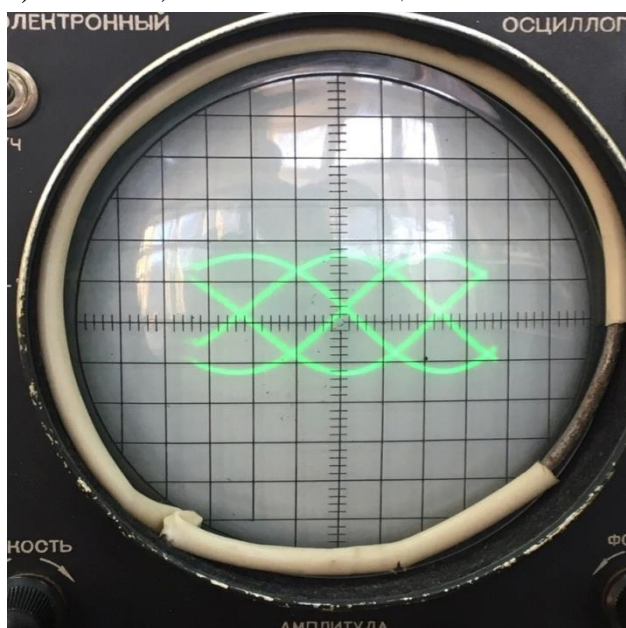
2)  $n/m=1/2$ ;  $f_{\text{сигнала}} 60 \text{ Гц}$



3)  $n/m=2$ ;  $f_{\text{сигнала}} 240 \text{ Гц}$



4)  $n/m=3/4$ ;  $f$  сигнала 90 Гц



5)  $n/m=2/3$ ;  $f$  сигнала 80 Гц



Срыв синхронизации при изменении частоты генератора  
(на частоте напряжения развёртки 120 Гц)

$n/m$ ( $nT_p = mT_{\text{сиг}}$ нала)	Амплитуда синхронизаци и, дел.	$-\Delta f$ , Гц	$+\Delta f$ , Гц	$\Delta f$ среднее, Гц
$n/m=1$	2	8	8	8
	9	18	36	27
$n/m=1/2$	2	-		-
	9			-
$n/m=2$	2	25	5	15
	9	35	60	47,5

Из этой таблицы следует, что при увеличении амплитуды синхронизации удержание частоты и фазы лучше (больше  $\Delta f$  срыва синхронизации). В то же время наблюдается связь абсолютного значения  $\Delta f$  срыва синхронизации с абсолютным значением напряжения развёртки: при увеличении напряжения развёртки увеличивается и абсолютное значение  $\Delta f$  срыва синхронизации.

При уходе в срыв при повышении частоты картинка бежит влево, при уменьшении – вправо.

#### Оценить время послесвечения трубки

Также мы измерили время послесвечения трубки, сначала отключив сигнал и найдя предельное значение частоты развертки, при котором уже не видно мерцания отрезка, а потом найдя сигнал от генератора, который создаёт на экране картинку, характерную для  $n/m=1$ .

Частота, при которой происходит сливание - 46 Гц, из чего можно сделать вывод что  $\tau \approx 0.022$  с

#### Проверка линейности вертикального канала усиления

(ослабление 1:100, диапазон частот – выкл., усиление по X - min)

Усиление				
3	U, В	3	4	5
	h, мм	22	28	36
5	U, В	3	4	5
	h, мм	36	48	58
7	U, В	3	4	5
	h, мм	52	68	84

Теперь для того, чтобы построить графики воспользуемся методом наименьших квадратов, где  $y=ax+b$ , где

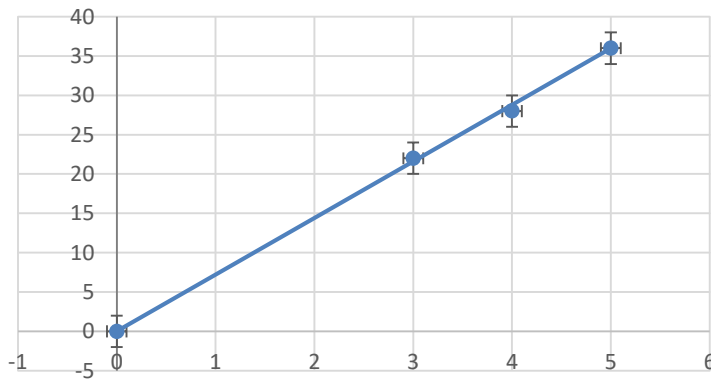
$$a = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_{cp})(y_i - y_{cp})}{\sum_{i=1}^n (x_i - x_{cp})^2}$$

$$b = y_{cp} - ax_{cp}$$

Также рассчитаем коэффициент детерминации по формуле:

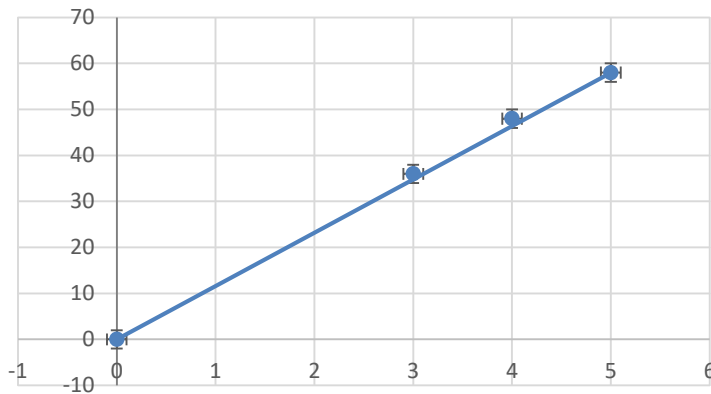
$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

Усиление 3



Используя метод МНК, получаем прямую  $y=7x+0.6667$  с коэффициентом детерминации 0.9932

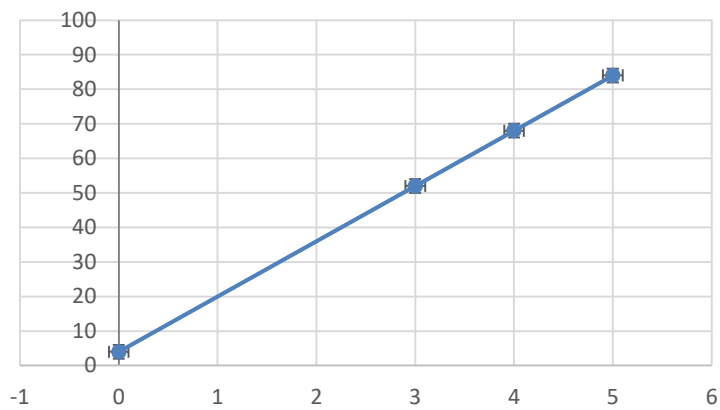
Усиление 5



Используя метод МНК, получаем прямую  $y=11x+3.3333$  с коэффициентом детерминации 0.9973



### Усиление 7



Используя метод МНК, получаем прямую  $y=16x+4$  с коэффициентом детерминации 0.9999

Из графиков видно, что вертикальный усилитель имеет хорошую линейность.

#### Оценка частотных свойств вертикального усилителя

f, Гц	$1 \cdot 10^2$	$2 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^5$
h, мм	20	20	20	20	16	12	2	2

1)  $f=100 \pm 1$  (Гц)     $h=20 \pm 2$  (мм)

2)  $f=200 \pm 1$  (Гц)     $h=20 \pm 2$  (мм)

3)  $f=1000 \pm 1$  (Гц)     $h=20 \pm 2$  (мм)

4)  $f=2000 \pm 1$  (Гц)     $h=20 \pm 2$  (мм)

5)  $f=10000 \pm 1$  (Гц)     $h=16 \pm 2$  (мм)

6)  $f=20000 \pm 1$  (Гц)     $h=12 \pm 2$  (мм)

7)  $f=100000 \pm 1$  (Гц)     $h=2 \pm 2$  (мм)

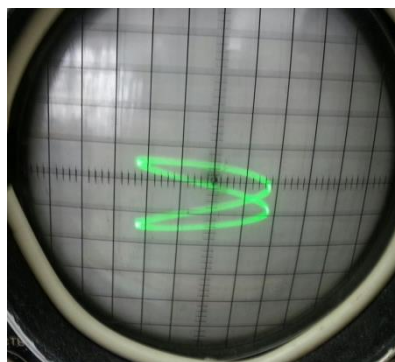
8)  $f=200000 \pm 1$  (Гц)     $h=2 \pm 2$  (мм)

## Фигуры Лиссажу:

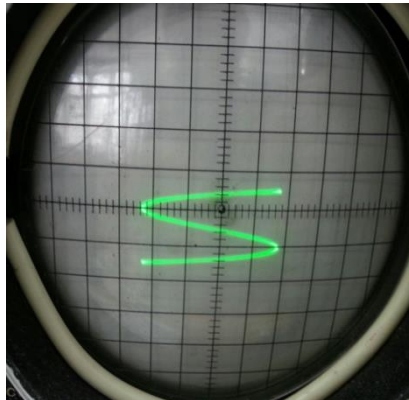
1)  $N=1$



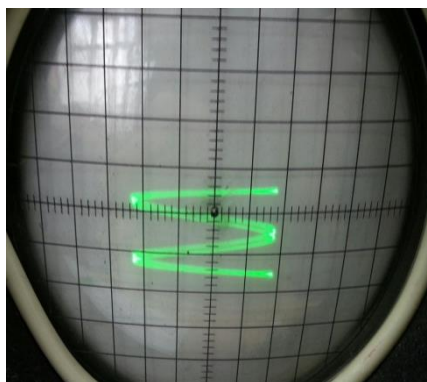
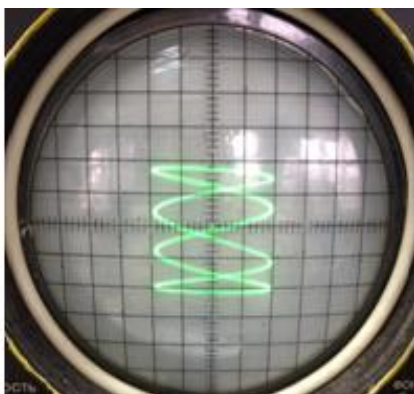
2)  $N=2$



3)  $N=3$



4)  $N=4$



**Вывод:** в течение работы осциллографом мы разобрались с его устройством и назначением ручек управления им. Определили величину чувствительности вертикального и горизонтального канала развертки. Получили осциллограммы напряжений при разных отношениях частот напряжений сигнала и развертки ( $n/m$ ). Оценили время послесвечения трубки. Получили устойчивые изображения, используя синхронизацию от генератора. Оценили линейность вертикального усилителя. Исследовали частотные свойства вертикального усилителя. Получили на экране фигуры Лиссажу при  $n=1,2,3,4$ .