

Национальный исследовательский университет «МЭИ»
Институт Радиотехники и электроники
Кафедра радиотехнических приборов и антенных систем

ОТЧЕТ
по лабораторной работе №1
«Исследование основных энергетических соотношений в
радиолокации»
по курсу «Теория и техника радиолокации и радионавигации»

Выполнил: Росляков А.Н.

Группа: ЭР-11м-21

Бригада №1

Москва, 2021

Цель работы:

Экспериментальное исследование энергетических соотношений в радиолокации. Экспериментально исследуются:

- Характеристики приемопередатчика импульсной РЛС с наносекундной разрешающей способностью;
- Зависимость мощности отраженного сигнала от расстояния до цели в соответствии с основным уравнением РЛС;
- Определение эффективной площади рассеяния (ЭПР) различных целей простой геометрической формы: шар, металлический лист, цилиндр, уголкового отражатели;
- Определение ширины диаграммы обратного рассеяния (ДОР) для целей различной геометрической формы: шар, металлический лист, цилиндр, уголкового отражатели.

Ход работы:

Структурная схема лабораторной установки:

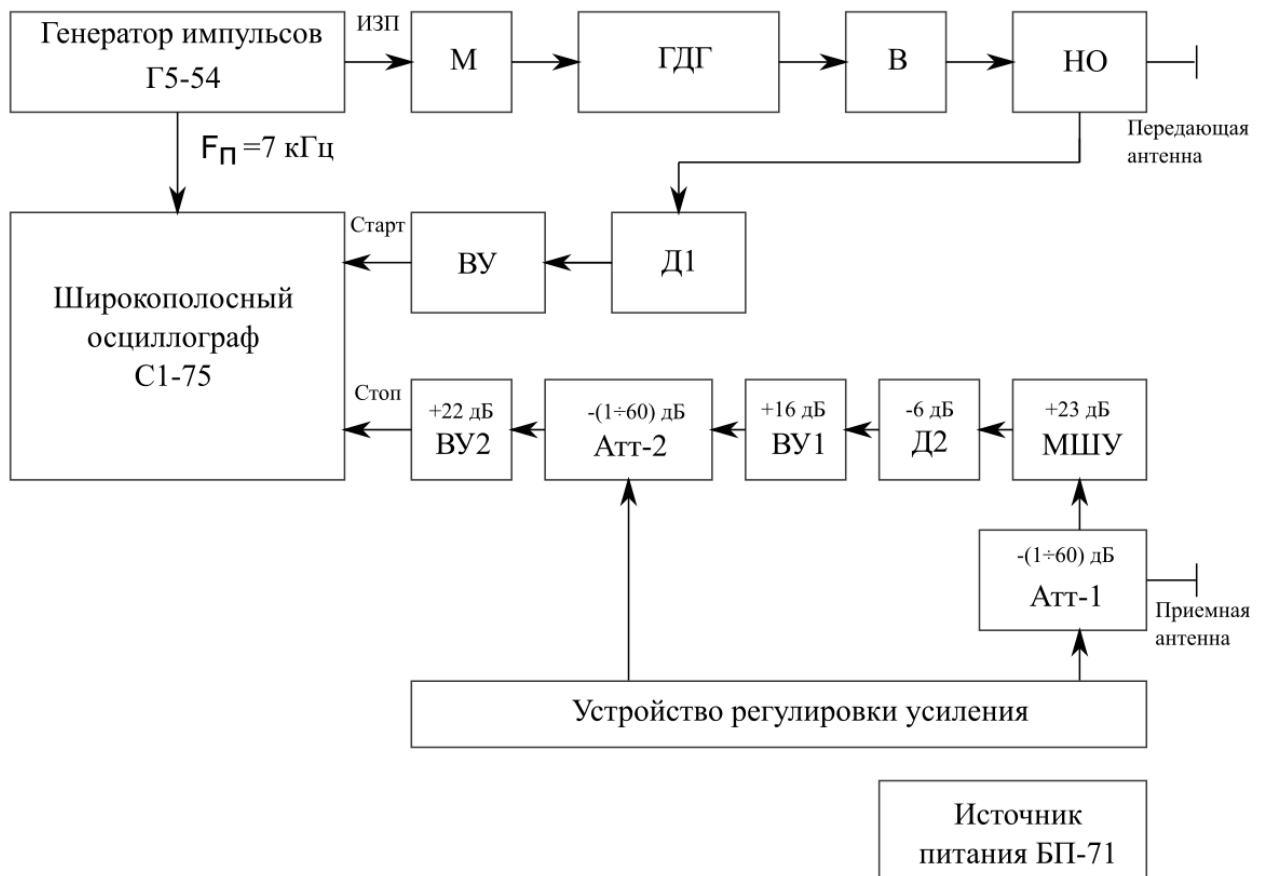


Рисунок 1 – Структурная схема установки

Название блоков:

М – модулятор;
ГДГ – генератор на диоде Ганна;
В – вентиль;
НО – направленный ответвитель;
ВУ, ВУ1, ВУ2 – видеоусилители ;
Д1, Д2 – квадратичные детекторы;
Атт-2 – видеоаттенюатор;
Атт-1 – СВЧ аттенюатор;
МШУ – малошумящий усилитель СВЧ;
ИЗП – импульс запуска передатчика.

Тактико-технические данные установки:

Рабочая длина волны – $\lambda = 3\text{ см}$;
Частота повторения зондирующих импульсов $F_{\text{п}} = 7\text{ кГц}$;
Полоса частот приемного тракта $\Delta f_{\text{с}} = 500\text{ МГц}$;
Шумовая температура приемника $T_{\text{ш}} \approx 300\text{ К}$;
Длительность импульсов – $\tau = 2\text{ нс}$;
Коэффициент направленного действия рупорной антенны – $G = 83,3$;
Ширина ДН антенны 26 градусов;
Мощность от 30 до 40 мВт (при расчетах взята средняя - 35 мВт).

Домашняя подготовка:

Пункт 4. Рассчитать ЭПР целей, используемых в лабораторной работе.

Таблица 1

| Объект | Размеры объекта, см | ЭПР, м ² |
|----------------------|---|---|
| Сфера | Радиус $r_{ш} = 12.9$ | $\sigma = \pi \cdot r_{ш}^2 = 0.052$ |
| Угловой отражатель-1 | Размер ребра $l = 15$ | $\sigma = \frac{4 \cdot \pi}{3} \cdot \frac{L^4}{\lambda^2} = 2.356$ |
| Цилиндр | Радиус $r = 12$ Высота $h = 44.6$ | $\sigma = \frac{2 \cdot \pi}{3} \cdot r \cdot L^2 = 4.999$ |
| Угловой отражатель-2 | Размер ребра $l = 30$ | $\sigma = \frac{4 \cdot \pi}{3} \cdot \frac{L^4}{\lambda^2} = 37.699$ |
| Металлический лист | Ширина $a = 21.2$ см Длина $b = 26.4$ см | $\sigma = 4 \cdot \pi \cdot \frac{a^2 \cdot b^2}{\lambda^2} = 43.737$ |

Пункт 5. Рассчитать мощность отраженного от цели сигнала на входе приемника при двух значениях R (1,5 м и 3 м) для шара, углового отражателя-1 и углового отражателя-2.

Мощность сигнала на входе приемника рассчитывается по формуле:

$$P_c = \frac{P_{прд} \cdot G_{прд} \cdot G_{прм} \cdot \lambda^2 \cdot \sigma}{(4 \cdot \pi)^3 \cdot R^4}$$

Таблица 2

| Объект | Дальность (R1=1,5м, R2=3м) | $P_{прм}$, мкВт |
|--|-------------------------------|------------------|
| Шар | R1 | 1.131 |
| | R2 | 0.07 |
| Угловой отражатель – 1 ($l = 15$ см) | R1 | 51.26 |
| | R2 | 3.204 |
| Угловой отражатель – 2 ($l = 30$ см) | R1 | 820.2 |
| | R2 | 51.26 |

Пункт 6. Изобразить графически ДОР для шара, углового отражателя-1, металлического листа.

Шар:

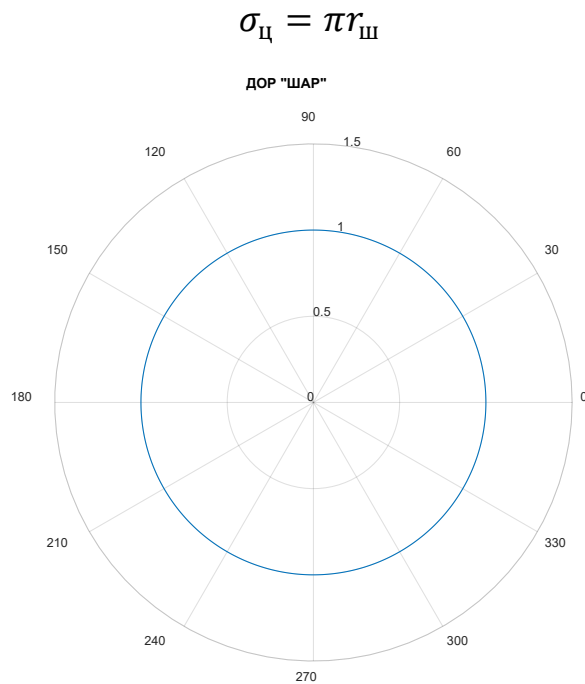


Рисунок 2 – ДОР сферы

Металлическая пластина:

$$\sigma_{\text{ц}}(\theta, \varphi) = 4\pi \frac{a^2 b^2}{\lambda^2} \cos^2 \varphi \cdot \cos^2 \theta \cdot \left[\frac{\sin\left(\frac{2 \cdot \pi}{\lambda} \cdot a \cdot \sin \varphi \cdot \cos \theta\right)}{\frac{2 \cdot \pi}{\lambda} \cdot a \cdot \sin \varphi \cdot \cos \theta} \right]^2 \cdot \left[\frac{\sin\left(\frac{2 \cdot \pi}{\lambda} \cdot b \cdot \sin \theta\right)}{\frac{2 \cdot \pi}{\lambda} \cdot b \cdot \sin \theta} \right]^2$$

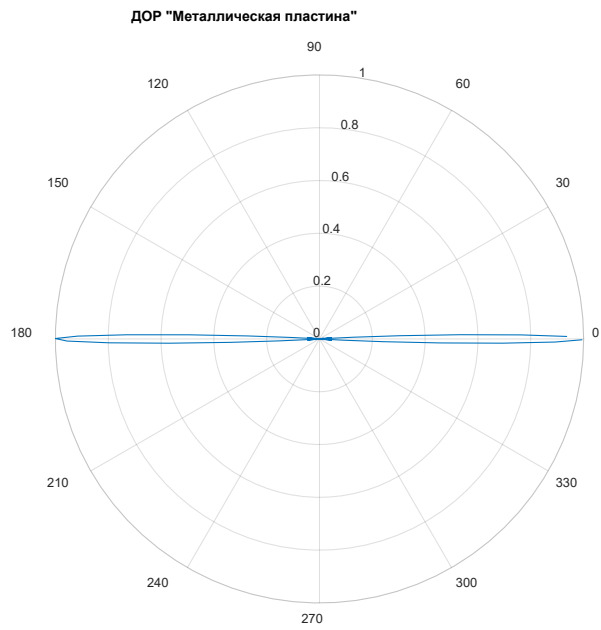


Рисунок 3 – ДОР металлической пластины

Угловой излучатель-1:

$$\sigma_{\text{ц}} = \frac{4}{3} \pi \frac{L^4}{\lambda^2}$$

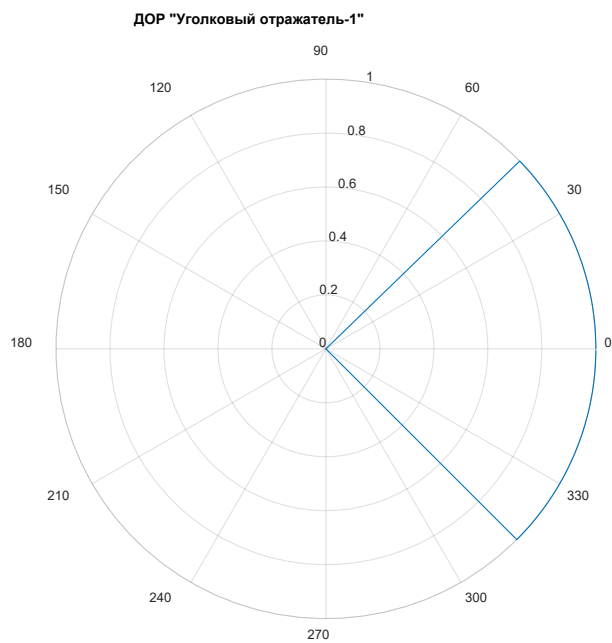
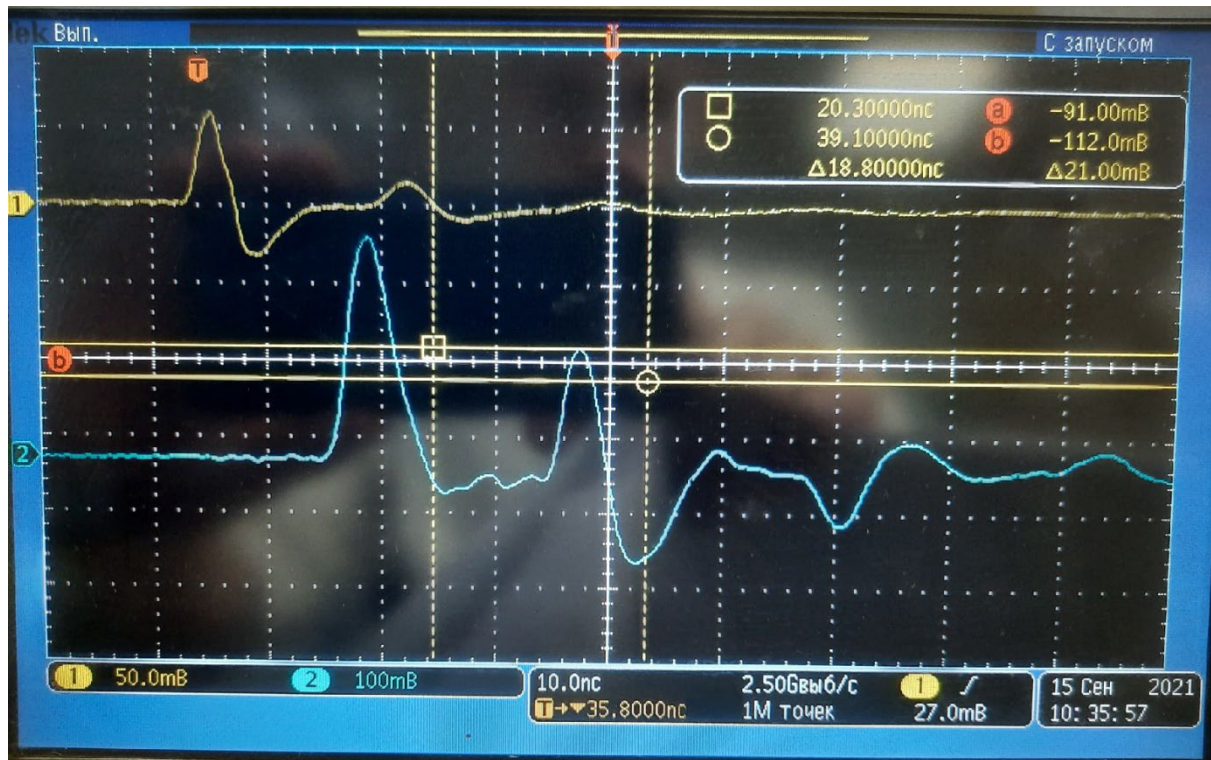


Рисунок 4 – ДОР углового отражателя

Лабораторное задание

1. Исследование осциллограмм



Вывод: на осциллограмме приемного канала наблюдаются импульс прямого прохождения, вызванный связью между близко расположенными антеннами, и отраженный от цели импульс. При облучении неподвижной цели импульсами с периодической последовательностью, отраженные импульсы принимаются так же периодически. Время задержки будет отсчитываться от импульса прямого прохождения, так как в данном случае учитываются все прочие задержки и разница между импульсами показывает время на распространение э/м волны в пространстве.

2. Исследование технических характеристик РЛС

| $\tau_{и}$ | $T_{п}$ | $Q_{рас}$ | $P_{и\text{прд}}$ | $P_{ср\text{ прд}}$ |
|------------|---------|-----------|-------------------|---------------------|
| 2.24 нс | 2 мкс | 892 | 30 – 40 мВт | 35 – 45 мкВт |

$$Q_{рас} = \frac{T_{п}}{\tau_{и}} = \frac{2 * 10^{-6}}{2.24 * 10^{-9}} = 892$$

$$P_{\text{ср прд}} = \frac{P_{\text{и прд}}}{Q_{\text{рас}}} = 35 - 45 \text{ мкВт}$$

3. Исследование зависимости мощности отраженного от цели сигнала в зависимости от дальности до нее

| | Цель | Дальность $R_3 = 3\text{м.}$ Аттенюатор $A_3 \text{ дБ}$ | Дальность $R_3 = 1.5\text{м.}$ Аттенюатор $A_{1,5} \text{ дБ}$ | Разница $A_{1,5} - A_3 \text{ дБ}$ |
|---|-------------------|---|---|---------------------------------------|
| 1 | Шар (№1) | 0 | 14 | 14 |
| 2 | Угловой отр. (№2) | 10 | 18 | 8 |
| 3 | Угловой отр. (№3) | 22 | 29 | 7 |

Вывод: При увеличении дальности до цели мощность сигнала сильно падает, что соответствует основному уравнению радиолокации.

4. Исследование зависимости мощности отраженного от цели сигнала от величины ее ЭПР

| Цель | Размер цели | $\sigma_{\text{ц}}, \text{м}^2$ | $\frac{\sigma_{\text{ц рас}}}{\sigma_{\text{ш}}}$ | Аттен юатор $A_{\text{ц№}}, \text{дБ}$ | Разница между целью и шаром |
|--------------------------|--|---------------------------------|---|--|--------------------------------------|
| Шар (№1) | $r_{\text{ш}} = 12.5 \text{ см}$ | 0.052 | 0 | 0 | - |
| Угловой отр. (№2) | $a = 20 \text{ см}$ | 2.36 | 16.74 | 20 | 20 |
| Угловой отр. (№3) | $a = 40 \text{ см}$ | 37.7 | 28.77 | 30 | 30 |
| Цилиндр поперечно(№4) | $L = 44.6 \text{ см}$ $r = 12 \text{ см}$ | 4.99 | 20 | 14 | 14 |
| Пластина (№5) | $a = b = 25 \text{ см}$ | 43.74 | 29.4 | 29 | 29 |

Вывод: при увеличении ЭПР цели мощность отраженного сигнала увеличивается. ЭПР зависит от геометрической формы цели и расположения её в пространстве относительно РЛС. Для конуса, расположенного вершиной в направлении РЛС ЭПР минимальна, так как уровень мощности, отраженной в сторону РЛС минимален.

5. Измерение ширины диаграммы обратного рассеивания целей

| Цель | $\theta_{\text{ц}}$, град |
|-----------------------|----------------------------|
| Угловой отр. (№2) | 36 |
| Угловой отр. (№3) | 36 |
| Цилиндр поперечно(№4) | 22 |
| Пластина (№5) | 2 |

Вывод: ДОР, так же, как и ЭПР, зависит от геометрической формы цели. Для определения ширины диаграммы ДОР необходимо поворачивать цель на определенный угол, пока амплитуда импульса, отражённого от цели не уменьшится в 2 раза относительно её максимального значения. Для шара значение ЭПР постоянно для всех углов облучения. Угловые отражатели имеют наибольшую ширину ДОР. Так же заметна зависимость ее ширины от расположения цели в пространстве относительно РЛС на примере конуса. В случае продольного расположения конуса – его ЭПР крайне мала и замерить ширину ДОР не удастся.

6. Определение координат цели

| t_3 | $R_{\text{рас}}$ | $R_{\text{изм}}$ | α , град | β , град |
|---------|------------------|------------------|-----------------|----------------|
| 25.6 нс | 384см | 377 см | 185 | 6 |

$$R_{\text{рас}} = \frac{c * t_3}{2} = \frac{3 * 10^8 * 25.6 * 10^{-9}}{2} = 3.84\text{м} = 384\text{см}$$

Вывод: по времени задержки между импульсом прямого прохождения и импульсом, отраженным от цели, можно определить расстояние до цели. Для

определения угловых координат, необходимо, что бы главный лепесток излучающей антенны полностью облучал цель. В данной работе расчетная дальность практически совпадает с реальной.