

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«МЭИ»**

ИНСТИТУТ РАДИОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОНИКИ

КАФЕДРА РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ И АНТЕННЫХ СИСТЕМ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

РАСЧЕТНЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ТЕМЕ:

«ДАЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЯ РЛС»

ФИО СТУДЕНТА: ЖЕРЕБИН В.Р.

ГРУППА: ЭР-15-15.

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ: ИПАНОВ Р.Н.

МОСКВА, 2020 Г.

Задача 1. Определить дальность обнаружения цели, летящей на высоте 300 м и имеющей ЭПР 80 м², если мощность в импульсе передатчика РЛС 500 кВт, чувствительность приемника на 87 дБ ниже уровня 1 мВт, коэффициент усиления антенны 400, несущая частота 100 МГц. Антенна поднята над поверхностью Земли на 10 м.

Решение

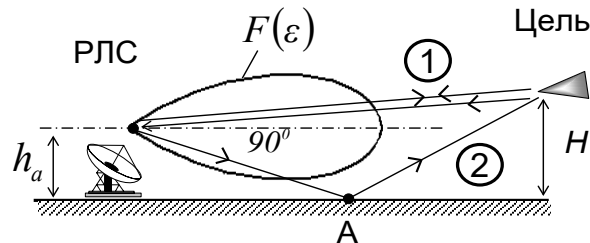


Рисунок 1 – иллюстрация к решению задачи

Так как цель низколетящая, то будет иметь место отражение электромагнитной волны от поверхности земли. Будем считать, что диаграмма направленности РЛС симметрична, расположена горизонтально, а отражение от земли зеркальное, тогда дальность обнаружения цели будет вычисляться по приближенной формуле:

$$r = \sqrt[8]{\frac{\mathcal{E}_{\text{пер}} G A \sigma_{\text{ц}}}{\mathcal{E}_{\text{пр.мин}} (4\pi)^2}} \sqrt{\frac{4\pi}{\lambda} h_a H} = \sqrt[8]{\frac{P_{\text{пер}} G A \sigma_{\text{ц}}}{P_{\text{пр.мин}} (4\pi)^2}} \sqrt{\frac{4\pi}{\lambda} h_a H}$$

Длина волны

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{100 \times 10^6} = 3 \text{ м}$$

Минимальная мощность принимаемого сигнала

$$P_{\text{пр.мин}} = 10^{\frac{-87}{10}} = 10^{-8.7} \approx 2 \times 10^{-9} \text{ мВт} = 2 \times 10^{-12} \text{ Вт}$$

Для совмещенного радиолокатора с одной антенной на прием и передачу коэффициенты A и G связаны

$$G = \frac{4\pi}{\lambda^2} A \Leftrightarrow A = \frac{\lambda^2}{4\pi} G$$

Таким образом, дальность обнаружения цели

$$r = \sqrt[8]{\frac{P_{\text{пер}} G^2 \lambda^2 \sigma_{\text{ц}}}{P_{\text{пр.мин}} (4\pi)^3}} \sqrt{\frac{4\pi}{\lambda} h_a H} = \sqrt[8]{\frac{500 \times 10^3 \cdot 400^2 \cdot 3^2 \cdot 80}{2 \times 10^{-12} \cdot (4\pi)^2}} \sqrt{\frac{4\pi \cdot 100 \times 10^6}{3 \times 10^8} 10 \cdot 300}$$

$$\approx 66 \times 10^3 \text{ м} = 66 \text{ км}$$

Задача 4. На каких дальностях будут обнаружены истребители F16 с ЭПР 5 м^2 и F117A с ЭПР $0,025 \text{ м}^2$? Характеристики РЛС: импульсная мощность передатчика – 1000 кВт, длительность импульса 1 мкс, коэффициент усиления антенны – 1000, рабочая длина волны 5 см, коэффициент шума приемника – 10, коэффициент различимости – 5.

Решение

Для расчета воспользуемся основным уравнением радиолокации

$$r_0 = \sqrt[4]{\frac{\mathcal{E}_{\text{пер}} G A \sigma_{\text{ц}}}{\mathcal{E}_{\text{пр. min}} (4\pi)^2}} = \sqrt[4]{\frac{P_{\text{пер}} \tau_{\text{и}} G A \sigma_{\text{ц}}}{\mathcal{E}_{\text{пр. min}} (4\pi)^2}}$$

Необходимо определить чувствительность приемника. Полагаем, что приемник работает в нормальных условиях, то есть шумовая температура приемника составляет $T = 293^\circ \text{ K}$

$$N_0 = k k_{\text{ш}} T = 1,38 \times 10^{-23} \cdot 10 \cdot 293 \approx 4 \times 10^{-20}$$

$$\mathcal{E}_{\text{пр. min}} = \gamma N_0 = 5 \cdot 4 \times 10^{-19} = 2 \times 10^{-19}$$

Для совмещенного радиолокатора с одной антенной на прием и передачу коэффициенты A и G связаны

$$G = \frac{4\pi}{\lambda^2} A \Leftrightarrow A = \frac{\lambda^2}{4\pi} G$$

Таким образом, дальность обнаружения истребителя F16 с ЭПР 5 м^2

$$r_0 = \sqrt[4]{\frac{P_{\text{пер}} \tau_{\text{и}} G^2 \lambda^2 \sigma_{\text{ц}}}{\mathcal{E}_{\text{пр. min}} (4\pi)^3}} = \sqrt[4]{\frac{1 \times 10^6 \cdot 1 \times 10^{-6} \cdot 1000^2 \cdot (5 \times 10^{-2})^2 \cdot 5}{2 \times 10^{-19} \cdot (4\pi)^3}} \approx 75 \times 10^3 \text{ м} = 75 \text{ км}$$

, а дальность обнаружения истребителя F117A с ЭПР $0,025 \text{ м}^2$

$$r_0 = \sqrt[4]{\frac{P_{\text{пер}} \tau_{\text{и}} G^2 \lambda^2 \sigma_{\text{ц}}}{\mathcal{E}_{\text{пр. min}} (4\pi)^3}} = \sqrt[4]{\frac{1 \times 10^6 \cdot 1 \times 10^{-6} \cdot 1000^2 \cdot (5 \times 10^{-2})^2 \cdot 0,025}{2 \times 10^{-19} \cdot (4\pi)^3}} \approx 20 \times 10^3 \text{ м}$$

$$= 20 \text{ км}$$

Задача 14. На каком расстоянии от цели произойдет захват цели головкой самонаведения (ГСН) полуактивного типа, если цель сопровождается РЛС подсветки с мощностью передатчика 25 кВт, коэффициентом усиления антенны 5000, рабочей длиной волны 0,05 м с дальностью 50 км. ЭПР цели равна 10 м². Минимальная чувствительность приемника ГСН минус 125 дБ/Вт, коэффициент усиления антенны ГСН равен 10.

Решение

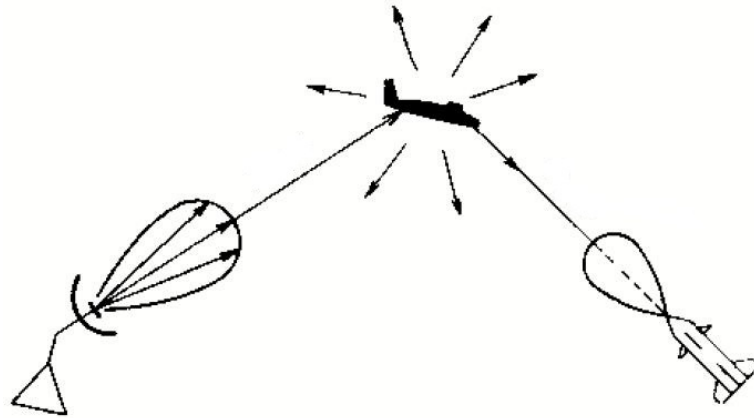


Рисунок 2 – иллюстрация к решению задачи

Максимальное значение произведения дальности $r_{\text{пер}}$ от передатчика РЛС сопровождения до цели и $r_{\text{пр}}$ от цели до приемника головки самонаведения определяется формулой

$$r_{\text{пер}} r_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{\mathcal{E}_{\text{пер}} G_{\text{пер}} G_{\text{пр}} \lambda^2 \sigma_{\text{ц}}}{\mathcal{E}_{\text{пр.min}} (4\pi)^3}} = \sqrt{\frac{P_{\text{пер}} G_{\text{пер}} G_{\text{пр}} \lambda^2 \sigma_{\text{ц}}}{P_{\text{пр.min}} (4\pi)^3}}$$

Минимальная мощность принимаемого сигнала

$$P_{\text{пр.min}} = 10^{\frac{-125}{10}} = 10^{-12.5} \approx 3 \times 10^{-13} \text{ Вт}$$

В свою очередь, расстояние от цели до приемника головки самонаведения

$$r_{\text{пр}} = \frac{\sqrt{\frac{P_{\text{пер}} G_{\text{пер}} G_{\text{пр}} \lambda^2 \sigma_{\text{ц}}}{P_{\text{пр.min}} (4\pi)^3}}}{r_{\text{пер}}} = \frac{\sqrt{\frac{25 \times 10^3 \cdot 5000 \cdot 10 \cdot 0,05^2 \cdot 10}{3 \times 10^{-13} \cdot (4\pi)^3}}}{50 \times 10^3} \approx 4,5 \times 10^3 \text{ м} = 4,5 \text{ км}$$