

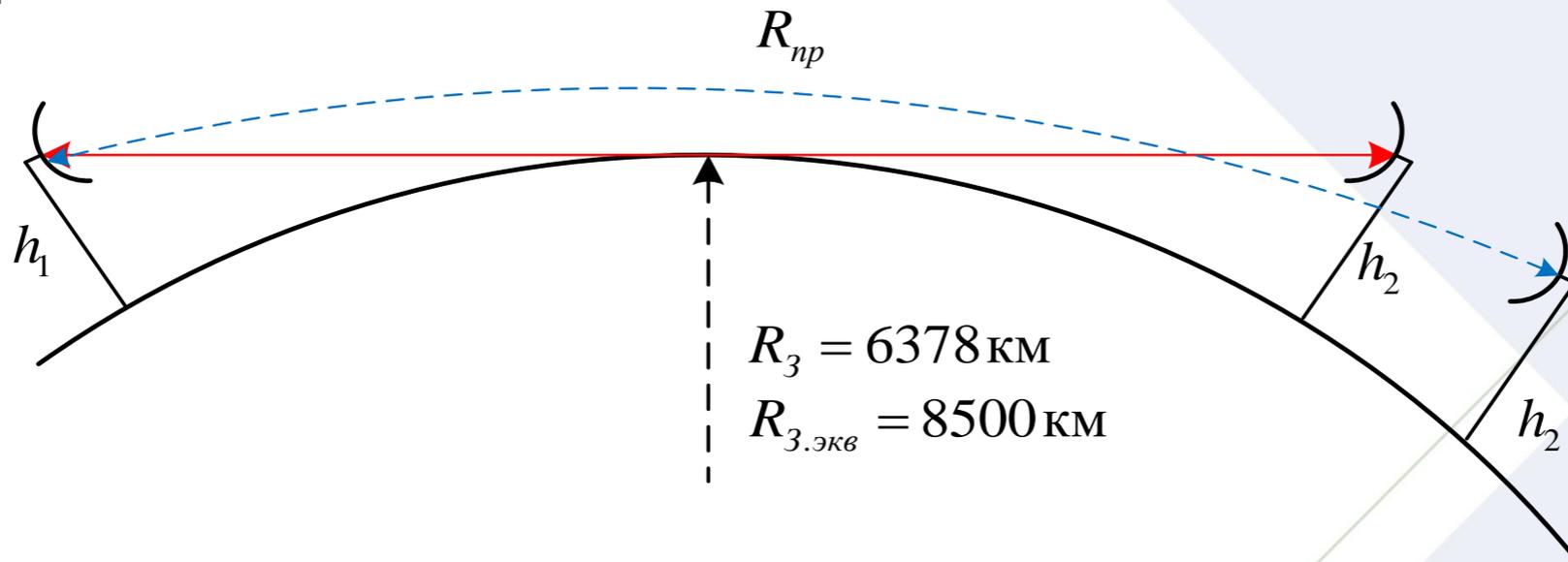


# КАЛЬКУЛЯТОР СТЦ



# 1. ПРЯМАЯ РАДИОВИДИМОСТЬ

Формула расчета прямой радиовидимости позволяет получить значение предельной дальности прямой радиовидимости при известных параметрах подъема антенн (в метрах) и стандартной атмосфере.



$$R_{пр} = 3,57 \left( \sqrt{h_1} + \sqrt{h_2} \right)$$

$$R_{пр} = 4,12 \left( \sqrt{h_1} + \sqrt{h_2} \right)$$

- предельная дальность прямой видимости (без учета атмосферной рефракции), дальность прямой радиовидимости на частотах свыше 1 ГГц, км

- предельная дальность прямой радиовидимости при нормальной рефракции (стандартная атмосфера), дальность прямой радиовидимости на частотах до 1 ГГц, км

**Рефракция радиоволн** – плавное отклонение (преломление, искривление) траекторий распространения радиоволн в атмосфере от прямой линии при переходе через среду с плавно изменяющимися параметрами.



## 2. ОТНОШЕНИЕ МОЩНОСТЕЙ

Формулы пересчета предназначены для преобразования отношения двух энергетических величин (мощностей) в единицы децибел и обратно (рек. МСЭ-R V.574).

2. Отношение мощностей

$$P_M = 10 \lg(P_2/P_1), \text{ дБ}$$

Отношение мощностей

Значение\* разы

- отношение мощностей из раз в дБ

2. Отношение мощностей

$$P_2/P_1 = 10^{0,1 \cdot P_M}, \text{ раз}$$

Отношение мощностей

Значение\* дБ

- отношение мощностей из дБ в раз

$$P_M = 10 \lg(P_2 / P_1), \text{ дБ}$$

- относительный уровень мощности

$$P_1 = 1 \text{ [Вт, мВт]}$$

- абсолютный уровень мощности

Обратный пересчёт:

$$P_2 / P_1 = 10^{0,1 \cdot P_M}, \text{ раз}$$

или

$$P_2 = P_1 \cdot 10^{0,1 \cdot P_M}, \text{ раз}$$

Увеличение энергетической величины на 1 дБ означает её увеличение в  $10^{0,1} \approx 1,259$  раза.

$P_M$	$P_2/P_1$
40 dB	10000
20 dB	100
10 dB	10
6 dB	≈ 4
3 dB	≈ 2
1 dB	≈ 1,26
0 dB	1
-1 dB	≈ 0,79
-3 dB	≈ 0,5
-6 dB	≈ 0,25
-10 dB	0,1
-20 dB	0,01
-40 dB	0,0001





### 3. ЧАСТОТА И ДЛИНА ВОЛНЫ

Формула расчета частоты и длины волны обеспечивает преобразование рабочей частоты в значение длины волны и обратно.

3. Частота и длина волны

$$\lambda = \frac{c}{f},$$
$$c = 299.792.458 \text{ м/с}$$

---

3000 МГц

Результат = 10,0 см

- получение значения длины волны в м

3. Частота и длина волны

$$f = \frac{c}{\lambda},$$
$$c = 299.792.458 \text{ м/с}$$

---

0.01 м

Результат = 29979,2 МГц

- получение значения частоты в МГц



## 4. КОНВЕРТЕР дБм - мкВ

Конвертер предназначен для взаимного пересчета величины мощности в напряжение и обратно. Может использоваться при пересчете значения параметра чувствительности приёмника и в др. случаях. При расчетах необходимо учитывать комплексное сопротивление тракта.

### Конвертация величины дБм - мкВ

#### 4. Конвертер дБм - мкВ

$$U = \sqrt{P \cdot R}$$

---

Конвертировать мкВ в дБм  
 Конвертировать дБм в мкВ

Уровень  $P$ , дБм  
-100

---

Сопротивление  $R$ , Ом  
75

---

Результат = 2,73861 мкВ

### Конвертация величины мкВ - дБм

#### 4. Конвертер дБм - мкВ

$$P = U^2 / R$$

---

Конвертировать мкВ в дБм  
 Конвертировать дБм в мкВ

Напряжение  $U$ , мкВ  
100

---

Сопротивление  $R$ , Ом  
50

---

Результат = -67,0 дБм



## 5. КОНВЕРТЕР МЕР ДЛИНЫ И ВЕСА

Конвертер мер длины и веса предназначен для пересчета величин длины и веса в соответствующие значения Международной системы единиц (СИ) - ГОСТ 8.417-2002.

### Конвертация величин длины

Меры длины и веса

$$L = L_{\text{дюйм}} * 0.0254$$

Значение\* дюйм

Меры длины и веса

$$L = L_{\text{морская миля}} * 1852$$

Значение\* морская миля

Меры длины и веса

$$L = L_{\text{фут}} * 0.3048$$

Значение\* фут

Меры длины и веса

$$L = L_{\text{ярд}} * 0.9144$$

Значение\* ярд

Меры длины и веса

$$L = L_{\text{миля}} * 1609.344$$

Значение\* миля

### Конвертация величин веса

Меры длины и веса

$$m = m_{\text{фунт}} * 0.4536$$

Значение\* фунт

Меры длины и веса

$$m = m_{\text{унция}} * 0.0283$$

Значение\* унция





## 6. ПЕРЕВОД СКОРОСТИ

Формула перевода скорости необходима для пересчёта величин скорости из км/ч в м/с и обратно

6. Перевод скорости

777 м/с

Результат = 2797,2 км/ч

- перевод скорости м/с, км/ч

6. Перевод скорости

777 км/ч

Результат = 215,8 м/с

- перевод скорости км/ч, м/с





## 7. ПЕРЕВОД ВРЕМЕНИ В СЕКУНДЫ

Перевод времени в секунды позволяет выразить величину времени в секундах.

**7. Время в секунды** ⋮

Часы  
10

---

Минуты  
10

---

Секунды  
10

---

Результат = 36610 секунд





## 8. РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ ДВУМЯ ТОЧКАМИ

Обеспечивается расчёт расстояния между двумя заданными географическими координатами

8. Расстояние между двумя точка... ⋮

Система координат

- Градусы, десятичные
- Градусы, минуты, секунды
- Плоская прямоугольная, X, Y

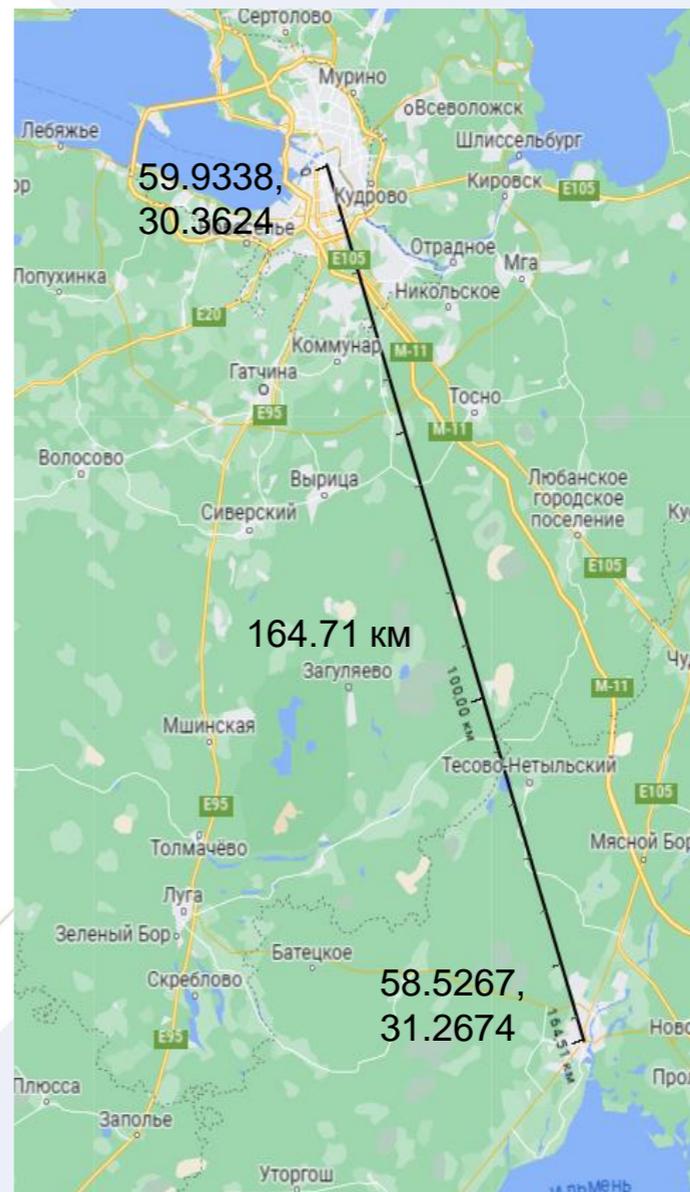
Точка 1

Широта, градусы	Долгота, градусы
<u>59.9338</u>	<u>30.3624</u>

Точка 2

Широта, градусы	Долгота, градусы
<u>58.5267</u>	<u>31.2674</u>

Результат = 164,7106 км







## 10. КУ АПЕРТУРНОЙ АНТЕННЫ

Формула расчета коэффициента усиления (КУ) апертурной антенны позволяет рассчитать её коэффициент усиления при известных значениях ширины диаграмм направленности антенны в азимутальной и угломестной плоскостях.

**Апертурная антенна** – антенна, у которой может быть выделена плоская поверхность раскрыва, формирующая излучение.

### 9. КУ апертурной антенны

$$G_a = 45 - 10 \lg \theta_{аз} - 10 \lg \theta_{ум}$$

Ширина ДН по азимуту  $\theta_{аз}$ , град

10

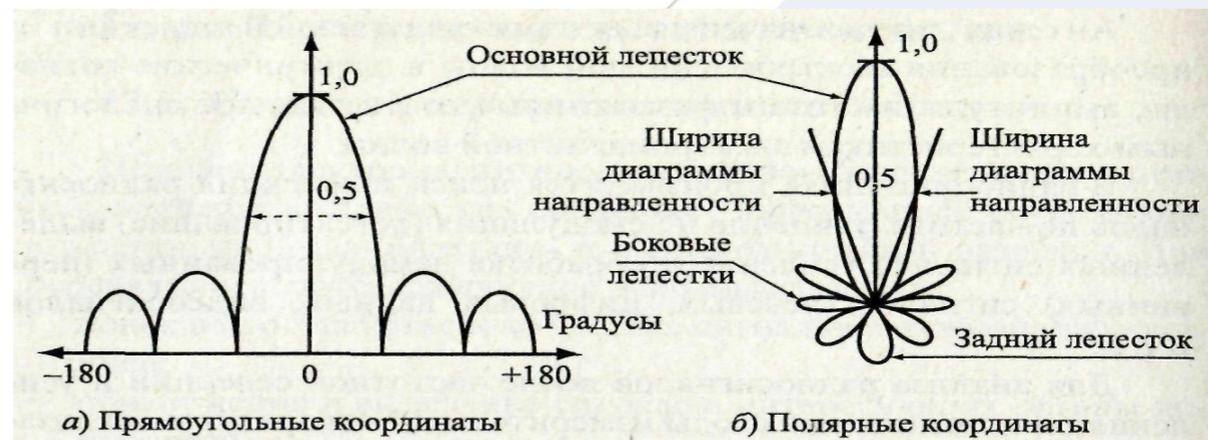
Ширина ДН по углу места  $\theta_{ум}$ , град

10

Результат = 25,0 дБ

Расчёт КУ апертурной антенны, дБ

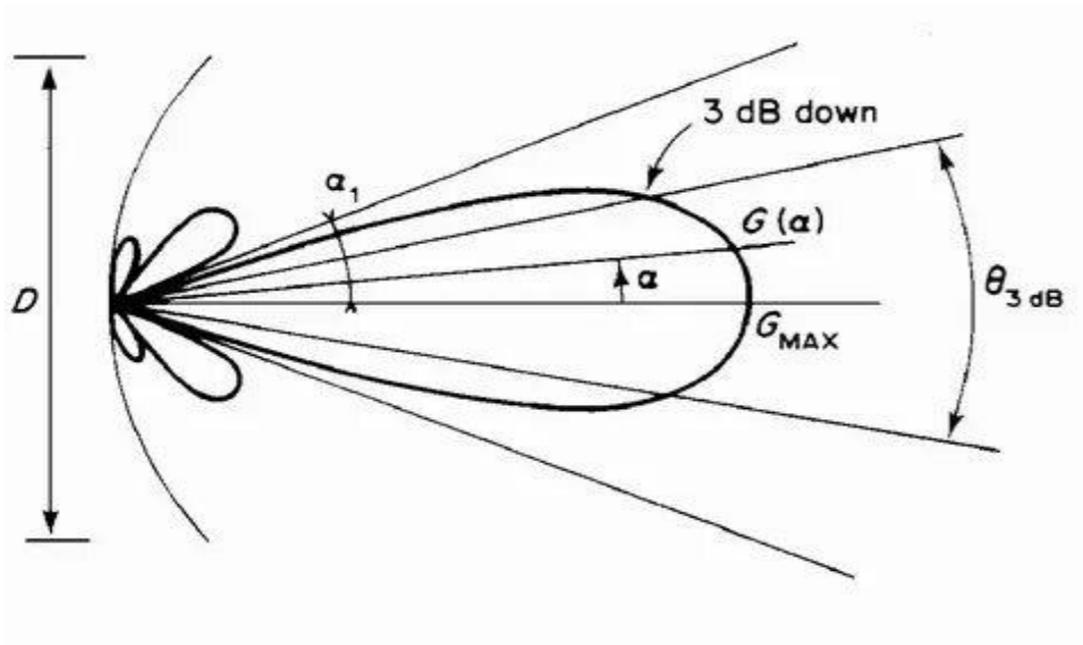
**Шириной диаграммы направленности антенны** называется угол, в пределах которого мощность потока излучаемой мощности менее ее максимального значения не более чем в 2 раза (3 дБ).





## 11. КУ ПАРАБОЛИЧЕСКОЙ АНТЕННЫ

Формула расчета КУ параболической (зеркальной) антенны позволяет при известных параметрах диаметра антенны, рабочей частоты и коэффициента использования поверхности (типичные значения КИП - 0,5...0,7) рассчитать величину её коэффициента усиления.



### 10. КУ параболической антенны

$$G_a = 10 \lg \left[ \eta \left( \frac{\pi D f}{300} \right)^2 \right]$$

Диаметр антенны  $D$ , м

4.6

Средняя частота  $f$ , МГц

12000

Коэффициент использования поверхности  $\eta$

0.6

Результат = 53,0 дБ





## 12. ЗАПРЕДЕЛЬНАЯ ЧАСТОТА ВОЛНОВОДА

Инструмент позволяет рассчитать запердельную (минимальную рабочую) частоту волновода или рупорной антенны основываясь на оценке геометрических параметров раскрыва

Прямоугольный волновод (рупор)

11. Запердел. частота волновода ⋮

$$f = \frac{150}{l}$$

---

Тип волновода (рупора)

Прямоугольный

Круглый

Длинная стенка прямоугольного волновода (рупора)  $l$ , мм

100

Результат = 1.5 ГГц

Круглый волновод (рупор)

11. Запердел. частота волновода ⋮

$$f = \frac{175,82}{d}$$

---

Тип волновода (рупора)

Прямоугольный

Круглый

Диаметр круглого волновода (рупора)  $d$ , мм

100

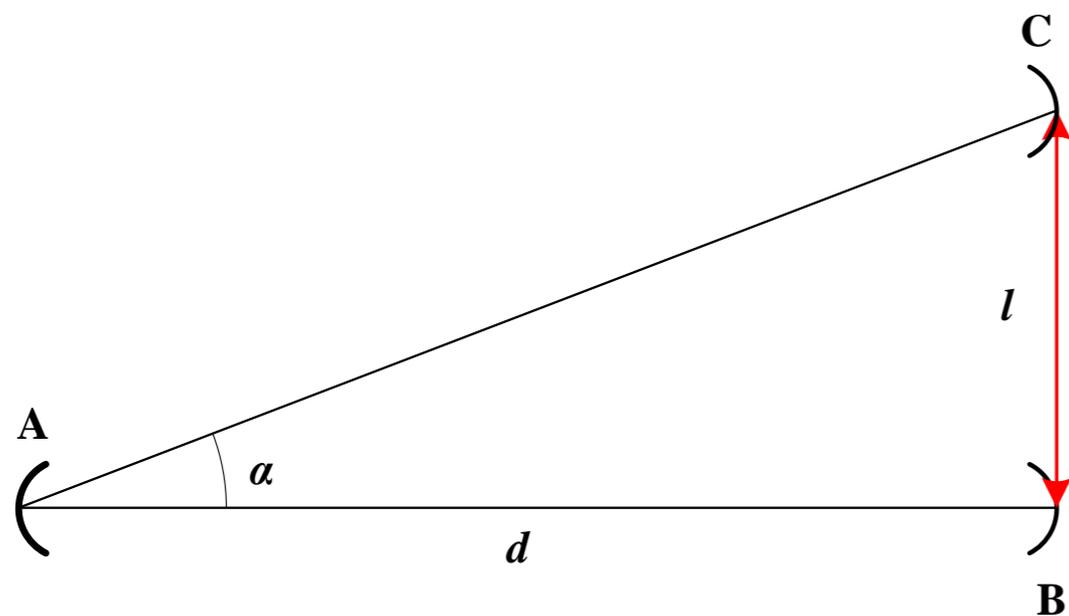
Результат = 1.758 ГГц



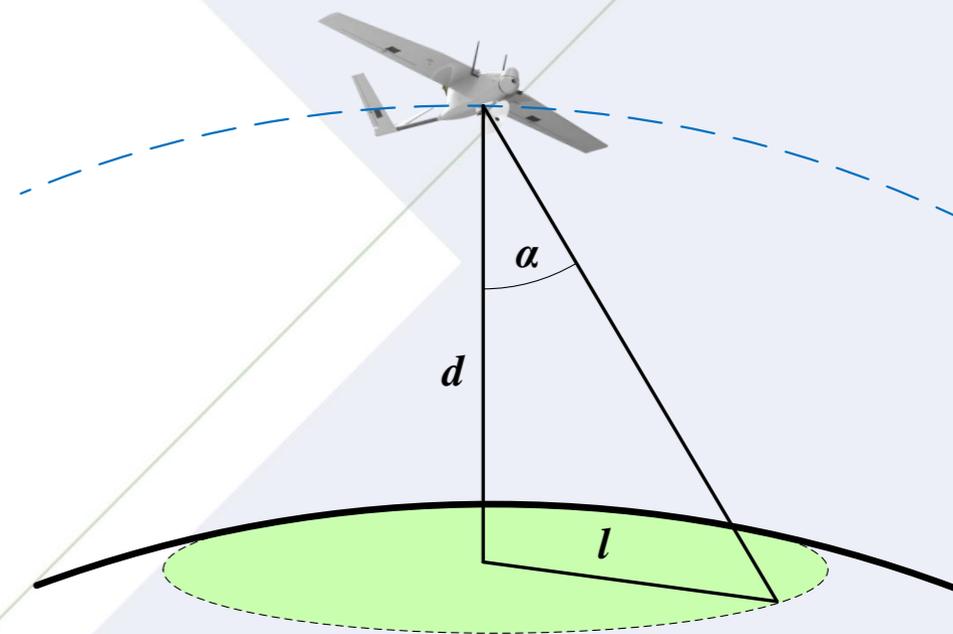


### 13. УГЛОВАЯ ВЕЛИЧИНА В ЛИНЕЙНУЮ

Формула перевода угловой величины в линейную обеспечивает расчёт линейного расстояния между объектами (точки В и С) при заданном угловом положении между ними. Может быть использована при определении инструментальной погрешности пеленгатора или зоны действия источника помех на определенном расстоянии.



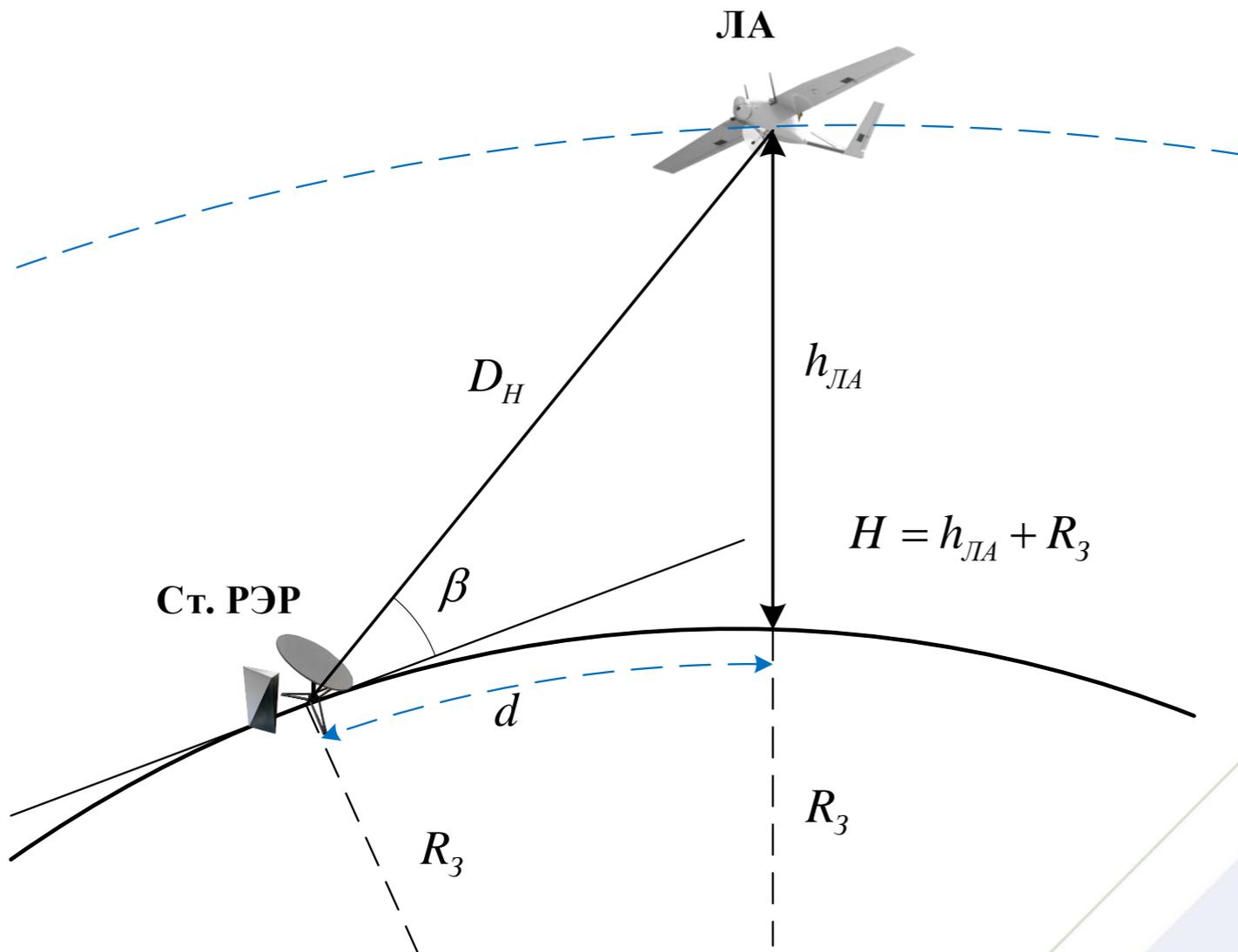
$$l = d \cdot \tan \left( \alpha \cdot \frac{\pi}{180} \right)$$





## 14. РАСЧЕТ УГЛА МЕСТА ПО ВЫСОТЕ И ДАЛЬНОСТИ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Формула расчета угла места (УМ) по высоте и дальности летательного аппарата (ЛА) позволяет получить значение УМ антенны при её наведении на ЛА с известными параметрами высоты и дальности полета.



Наклонная дальность, км

$$D_H = \sqrt{H^2 + R_3^2 - 2HR_3 \cos(d / R_3)}$$

Угол места, град

$$\beta = \arccos \left( \frac{D_H^2 + R_3^2 - H^2}{2D_H R_3} \right) \cdot \frac{180}{\pi} - 90$$



## 15. ОСЛАБЛЕНИЕ В СВОБОДНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Формула расчета ослабления в свободном пространстве необходима для численной оценки затухания радиосигнала на линии связи (медианное значение) при заданных параметрах дистанции и рабочей частоты на линии прямой видимости.

### 14. Ослабление в свобод. простр-ве

$$L_{\text{св}} = 32.44 + 20 \lg(d) + 20 \lg(f)$$

Частота  $f$ , МГц

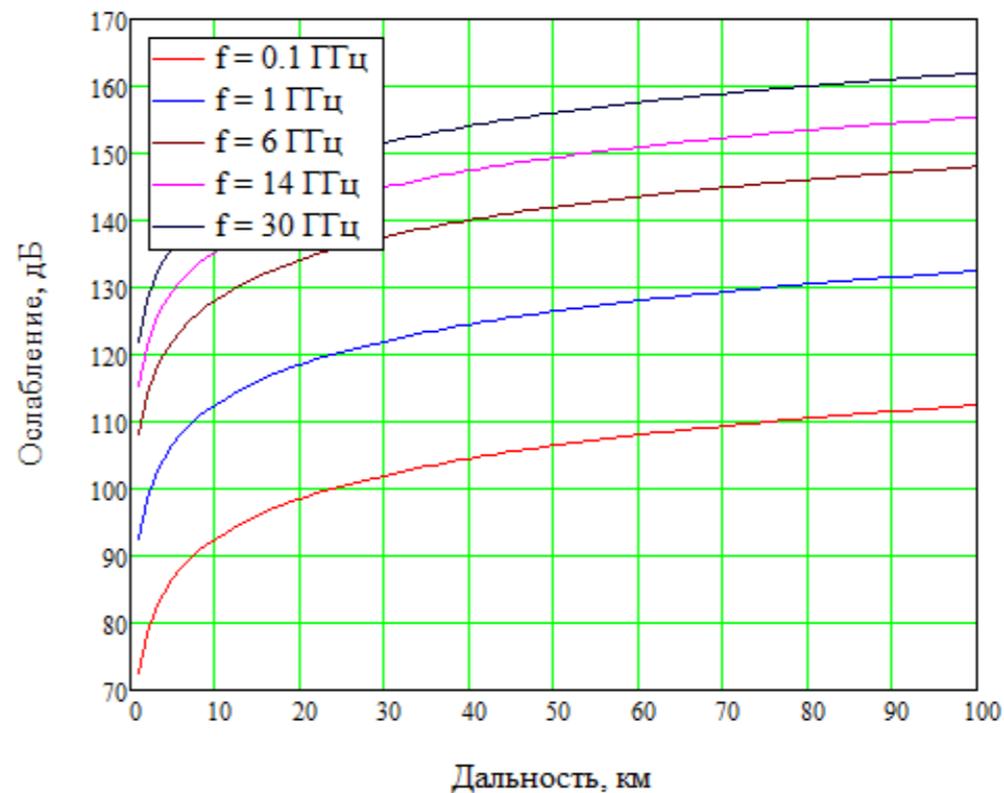
1000

Дальность  $d$ , м

10000

Результат = 112,4 дБ

- ослабление в свободном пространстве (Рекомендация МСЭ-R P.525), (**медианное значение** ослабления радиосигнала, **не учитывает** затухание в атмосферных газах и замирания сигнала в тропосфере)





## 16. ЭНЕРГОПОТЕНЦИАЛ

Формула расчета энергопотенциала обеспечивает расчёт эквивалентной изотропно-излучаемой мощности радиопередающего устройства, выраженной в Вт.

### 15. Энергопотенциал

$$E = 10 \lg(p) + G_a - L_\phi$$

---

Выходная мощность  $p$ , Вт

100

---

Потери в тракте  $L_\phi$ , дБ

1

---

Коэфф.усиления антенны  $G_a$ , дБ

10

---

Результат = 794,3 Вт

**Эквивалентная изотропно-излучаемая мощность** (ЭИИМ, англ. EIRP — Equivalent Isotropically Radiated Power) — произведение мощности радиочастотного сигнала, подводимого к антенне, на абсолютный коэффициент усиления антенны.





## 17. УРОВЕНЬ СИГНАЛА В ТОЧКЕ ПРИЁМА

Формула расчета уровня сигнала в точке приёма позволяет рассчитать медианную мощность радиосигнала в точке приема на входе антенны радиоприемного устройства при известных энергетическом потенциале передатчика, дальности и рабочей частоте.

### 16. Уровень сигнала в точке приёма ⋮

$$P_{\text{пр}} = E_c - 20 \lg(f) - 20 \lg(d) - 2.44$$

Энергопотенциал передатчика  $E$ , дБВт

50

Частота  $f$ , МГц

1000

Дальность (прямая видимость)  $d$ , км

100

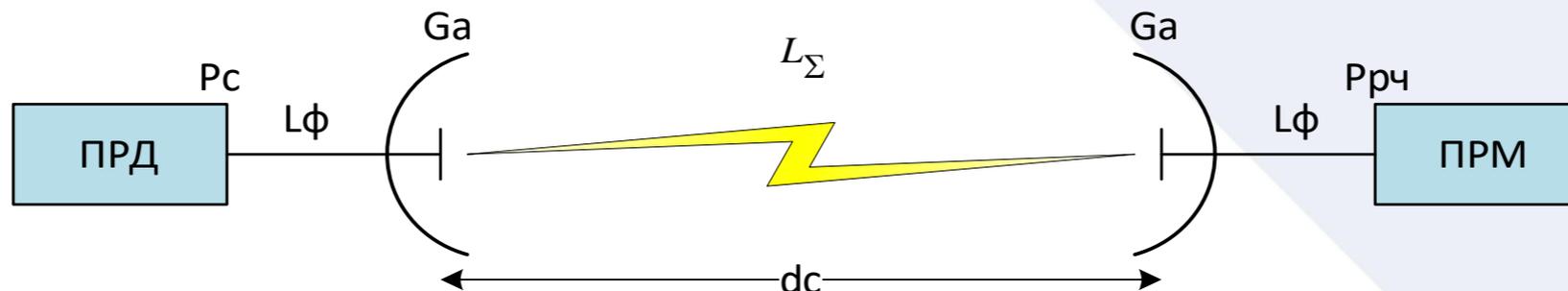
Результат = -52,44 дБм

- уровень сигнала в точке приёма (медианный), дБм



## 18. ДИСТАНЦИЯ СВЯЗИ

Формула расчета дистанции связи позволяет оценить дальность связи на линии передачи при известных энергетических параметрах радиопередающего и радиоприемного устройств.



$$P_{np} = E_C - L_{cv} + 30$$

- медианный уровень сигнала на входе антенны, дБм

$$E_C = 10 \lg(P_C) + G_a - L_\phi$$

- энергопотенциал ПРД, дБВт

$$L_{cv} = 32,44 + 20 \lg(d) + 20 \lg(f)$$

- ослабление в свободном пространстве (Рекомендация МСЭ-R P.525), дБ

$$L_{\Sigma \text{дон}} = E_C + G_a - L_\phi - P_{pч}$$

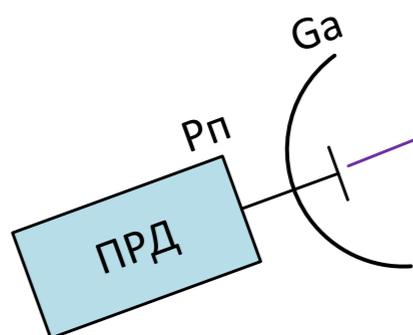
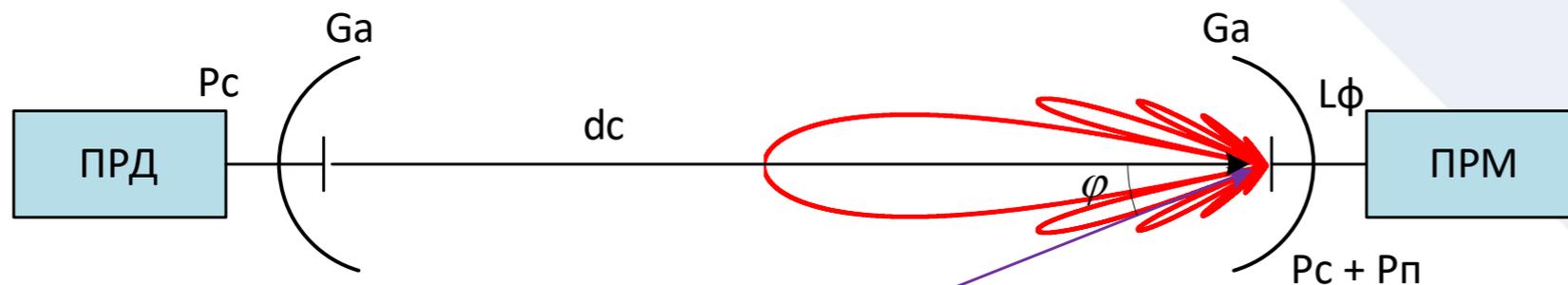
- предельные допустимые потери на линии связи, дБ

$$d_c = 10^{\frac{L_{\Sigma \text{дон}} - 32,44 - 20 \lg(f)}{20}}$$



## 19. ДИСТАНЦИЯ ПОДАВЛЕНИЯ

Формула расчета дистанции подавления необходима для оценки дальности подавления радиосигнала на линии связи.



$$\Delta G_a = G_a - G_a(\varphi)$$

- ослабление антенны по БЛ, дБ

$$E_C = 10 \lg(P_C) + G_a - L_\phi$$

- энергопотенциалы ПРД, дБВт

$$E_\Pi = 10 \lg(P_\Pi) + G_a$$

$$V_{пол}, V_{\Delta f}$$

- коэффициенты совпадения по поляризации и полосе частот

$$K_\Pi = P_\Pi / P_C$$

- коэффициент подавления, дБ

$$d_\Pi = d_C \cdot \sqrt{10^{0,1(E_\Pi - E_C - \Delta G_a - K_\Pi)}} \cdot V_{пол} \cdot V_{\Delta f}$$



## 20. ДИСТАНЦИЯ ПОДАВЛЕНИЯ GPS

Формула расчета дистанции подавления GPS необходима для оценки возможной дальности подавления сигнала спутниковой радионавигационной системы (СРНС) GPS.

$$f_c = 1575,42 \text{ МГц}$$

$$P_{c.\max} = -156 \text{ дБВт}$$



Значения ОСШ на входе АП СРНС, при котором отсутствует решение навигационной задачи

Виды помехи	Режим работы АП СРНС	Значение ОСШ, дБ
Гармоническая	обнаружение	-36...-46
	слежение	-57...-60
Шумовая широкополосная	обнаружение	-41...-48
	слежение	-44...-49

$$\Delta G_{\text{п}} = G_a - G_a(\varphi_{\text{п}}) \text{ - ослабление антенны GPS по БЛ}$$

$$K_{\text{п}} = P_{\text{п}} / P_c \text{ - коэффициент подавления GPS}$$

$$d_{\text{п}} = \frac{0,3}{4\pi f} \sqrt{P_{\text{п}} 10^{0,1(G_{\text{п}} - \Delta G_{\text{п}} - K_{\text{п}} - P_{c.\max})}}$$



## 21. УРАВНЕНИЕ РАДИОСВЯЗИ

«Уравнение радиосвязи» позволяет рассчитать уровень сигнала на входе приёмника при известных энергетических параметрах передатчика, антенно-фидерных устройств и общих потерях в канале связи, а также рассчитать дальность связи или радиоэлектронной разведки.

14:55 89%

20. Уравнение радиосвязи

$$P_r = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2}{(4\pi)^2 d^2 L_{\text{доп}}}$$

Тип расчета

Уровень сигнала на входе приема

Дальность связи (РЭР)

Мощность радиопередатчика  $P_t$ , Вт

1

Длина волны  $\lambda$ , м

0.05

КУ передающей антенны  $G_t$ , дБи

30

КУ приемной антенны  $G_r$ , дБи

30

Дистанция связи  $d$ , м

10000

14:56 90%

20. Уравнение радиосвязи

$$d = \sqrt{\frac{P_t G_t G_r \lambda^2}{(4\pi)^2 P_r L_{\text{доп}}}}$$

Тип расчета

Уровень сигнала на входе приема

Дальность связи (РЭР)

Мощность радиопередатчика  $P_t$ , Вт

1

Длина волны  $\lambda$ , м

0.05

КУ передающей антенны  $G_t$ , дБи

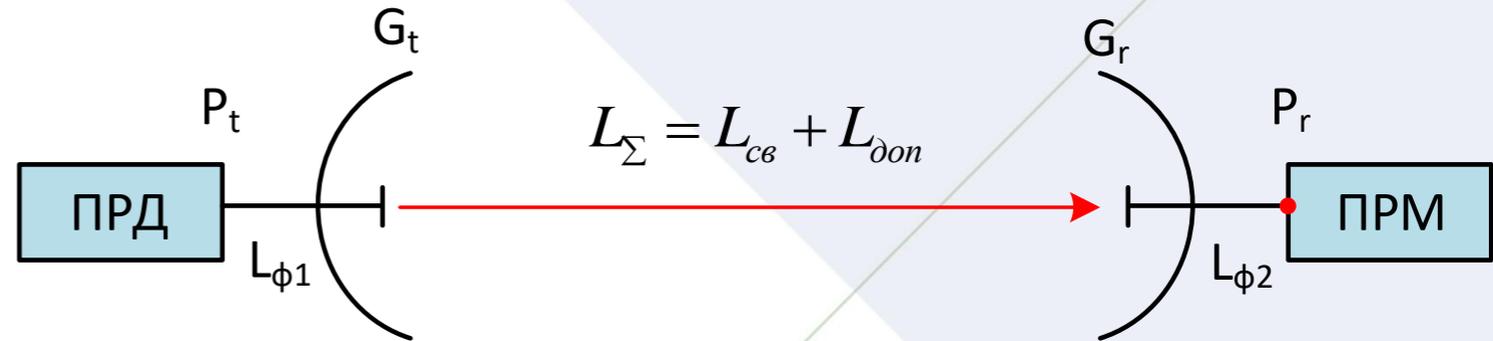
30

КУ приемной антенны  $G_r$ , дБи

30

Уровень сигнала на входе приемника  $P_r$ , дБм

-90



$$P_r = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2}{(4\pi)^2 d^2 L_{\text{доп}}}$$

$$d = \sqrt{\frac{P_t G_t G_r \lambda^2}{(4\pi)^2 P_r L_{\text{доп}}}}$$

$$L_{\text{доп}} = L_\phi + L_a + L_p + L_{\text{пол.}} + L_{\text{нав.}} + \Delta M_{\text{зам}}$$

### Общие потери в канале радиосвязи:

- в свободном пространстве (дистанция, частота)
- фидерном тракте (фидеры, фильтры и т.п.)
- в атмосфере (газы, осадки)
- в рельефе (интерференция, дифракция)
- поляризационные
- наведения антенн
- замирания (интерференция, дождь и т.п.)

## 22. УРАВНЕНИЕ РАДИОЛОКАЦИИ

«Уравнение радиолокации» — формула, позволяющая рассчитать дальность действия радиолокатора при известных энергетических параметрах передатчика и приемника РЛС, а также рассеивающей способности цели.

### 22. Уравнение радиолокации

$$D_{max} = \sqrt[4]{\frac{P_t G_t G_r \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 P_{r.min}}}$$

Мощность радиопередатчика  $P_t$ , Вт

100

КУ передающей антенны  $G_t$ , дБи

35

КУ приемной антенны  $G_r$ , дБи

35

Длина волны  $\lambda$ , м

0.05

Эффективная площадь рассеивания  $\sigma$ , м<sup>2</sup>

0.08

Минимальная чувствительность приёмника  $P_{r.min}$ , дБВт

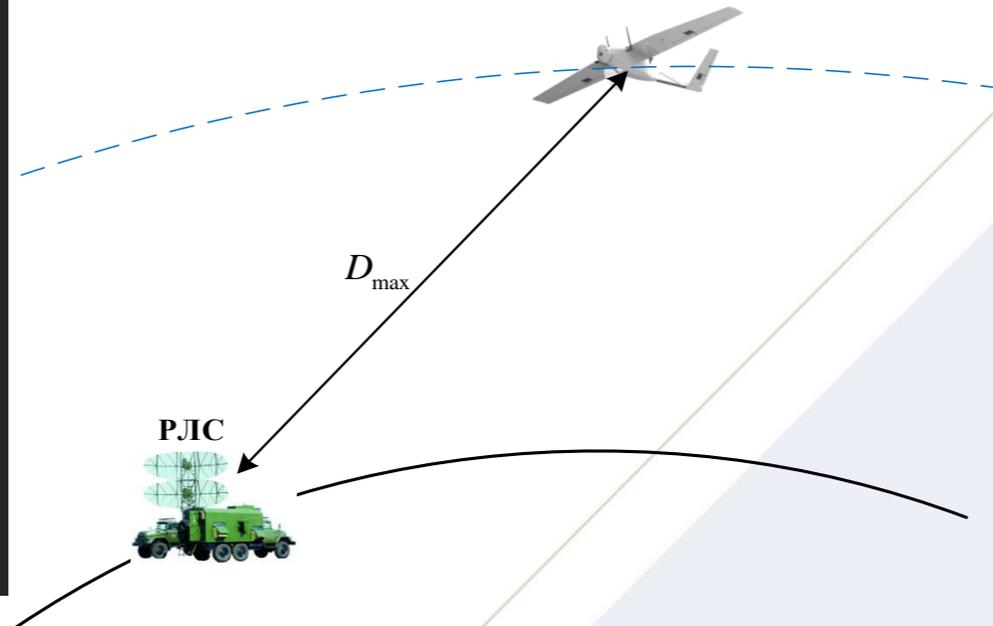
-135

Результат = 7,5136 км

Дальность действия радиолокатора с пассивным ответом

$$D_{max} = \sqrt[4]{\frac{P_t G_t G_r \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 P_{r.min}}}$$

- $P_t$  - мощность передатчика, Вт;
- $G_t$  - коэффициент усиления антенны при излучении, раз;
- $G_r$  - коэффициент усиления приемной антенны, раз;
- $\lambda$  - длина волны, м;
- $\sigma$  - эффективная площадь рассеяния цели, м<sup>2</sup>;
- $P_{r.min}$  - минимальная чувствительность приёмника, Вт.



Тип цели	$\sigma$ [м <sup>2</sup> ]
Самолёт-истребитель	3...12
Малозаметный истребитель	0,3...0,4
Фронтовой бомбардировщик	7..10
Катер	50
Ракетный катер	500
Эсминец	10000
Автомобиль	3...10
БПЛА Phantom3	0,06
БПЛА RQ-11 Raven	0,08