

# Курс задач

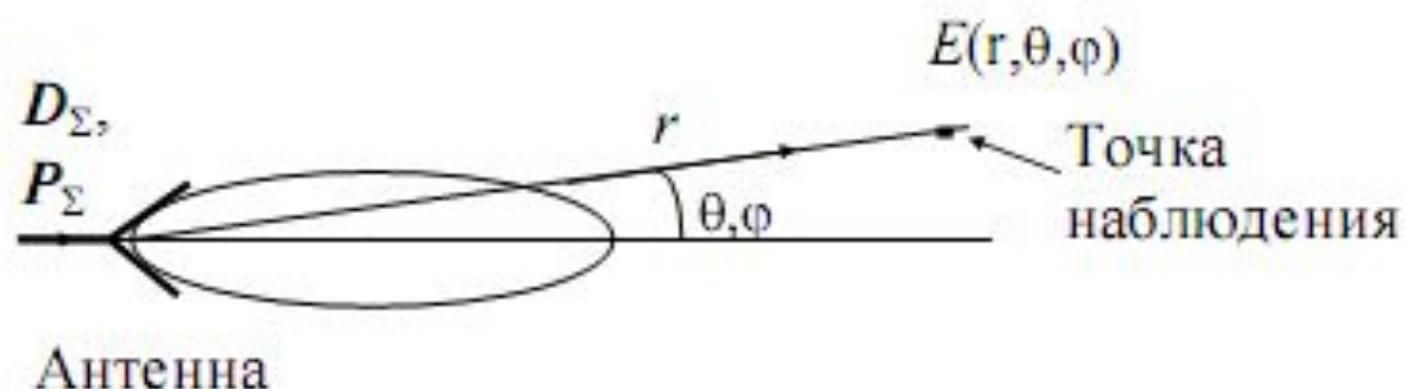


Рис. 1. Излучение антенны в свободном пространстве

$$E_m = \frac{\sqrt{60 \cdot P_{\Sigma} \cdot D_{\Sigma}}}{r} \cdot F(\theta, \varphi) \quad \begin{bmatrix} B \\ M \end{bmatrix}$$

Плотность потока мощности поля излучения антенны в этой точке может быть вычислена следующим образом:

$$P_{\text{ср}} = \frac{E_m^2}{240 \cdot \pi} \quad \left[ \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \right].$$

Мощность, извлекаемая приемной антенной из падающей волны

$$P_{\text{пр}} = P_{\text{ср}} \cdot S_{\text{эф}} \quad [\text{Вт}],$$

$$S_{\text{эф}} = \frac{D_{\text{пр}} \cdot \lambda^2}{4 \cdot \pi}.$$

$$P_{\text{пр}} = P_{\Sigma} \cdot D_{\Sigma} \cdot D_{\text{пр}} \cdot \left( \frac{\lambda}{4 \cdot \pi \cdot r} \right)^2 \cdot F_{\Sigma}(\vartheta, \varphi) \cdot F_{\text{пр}}(\vartheta', \varphi') \quad [Bm],$$

$$U_m = \sqrt{P_{\text{пр}} \cdot \rho} \quad [B],$$

$$L_{\text{св}} = \frac{P_{\Sigma}}{P_{\text{св}}}.$$

Обычно потери выражаются в децибелах (дБ).

$$L_{\text{св}}[\text{дБ}] = 10 \cdot \lg L_{\text{св}} = 20 \cdot \lg \left( \frac{4 \cdot \pi \cdot r}{\lambda} \right) - 10 \cdot \lg D_{\Sigma} - 10 \cdot \lg D_{\text{пр}}.$$

$$L_{\text{св}}[\text{дБ}] = 10 \cdot \lg L_{\text{св}} = 20 \cdot \lg \left( \frac{4 \cdot \pi \cdot r}{\lambda} \right) - 10 \cdot \lg D_z - 10 \cdot \lg D_{\text{пр}} + \\ + \alpha_z \cdot \alpha_z + \alpha_{\text{пр}} \cdot \alpha_{\text{пр}} \quad (6)$$

# Задачи

1.1. Вычислить напряженность поля изотропной антенны (коэффициент усиления равен единице), излучающей в свободном пространстве мощность 10 Вт на расстоянии 1 км.

1.1. Вычислить напряженность поля изотропной антенны (коэффициент усиления равен единице), излучающей в свободном пространстве мощность 10 Вт на расстоянии 1 км.

$$E_m = \frac{\sqrt{60 \cdot P_{\Sigma} \cdot D_{\Sigma}}}{r} \cdot F(\theta, \varphi)$$

1.2. Напряженность поля вблизи приемной антенны должна составлять 5 мВ/м. Определить, какой должна быть излучаемая мощность элементарным электрическим диполем, чтобы на расстоянии 2 км создать требуемую напряженность поля. Выбрать необходимую ориентацию диполя.

1.3. Плотность потока мощности, создаваемая антенной с коэффициентом усиления, равном 10, составляет  $10^{-8}$  Вт/м<sup>2</sup>. Определить, на каком расстоянии в направлении максимального излучения было проведено измерение, если излучаемая мощность составляет 1 кВт.

1.3. Плотность потока мощности, создаваемая антенной с коэффициентом усиления, равном 10, составляет  $10^{-8}$  Вт/м<sup>2</sup>. Определить, на каком расстоянии в направлении максимального излучения было проведено измерение, если излучаемая мощность составляет 1 кВт.

$$P_{\text{ср}} = \frac{E_m^2}{240 \cdot \pi}$$

$$E_m = \frac{\sqrt{60 \cdot P_{\Sigma} \cdot D_{\Sigma}}}{r} \cdot F(\theta, \varphi)$$

1.4. Вычислить, какую мощность может перехватить приемная антенна, удаленная на расстояние 30 тысяч км от передающей антенны, если обе они имеют коэффициент усиления 20 дБ, а излучаемая мощность составляет 1 кВт.

1.4. Вычислить, какую мощность может перехватить приемная антенна, удаленная на расстояние 30 тысяч км от передающей антенны, если обе они имеют коэффициент усиления 20 дБ, а излучаемая мощность составляет 1 кВт.

$$P_{\text{пр}} = P_{\Sigma} \cdot D_{\Sigma} \cdot D_{\text{пр}} \cdot \left( \frac{\lambda}{4 \cdot \pi \cdot r} \right)^2 \cdot F_{\Sigma}(\vartheta, \varphi) \cdot F_{\text{пр}}(\vartheta', \varphi') \quad [Вт],$$

1.5. Передающая и приемная антенны удалены друг от друга на расстояние 20 км. Вычислить ослабление сигнала на пути от передатчика до приемника на частоте 900 МГц, если обе антенны имеют единичный коэффициент усиления.

1.5. Передающая и приемная антенны удалены друг от друга на расстояние 20 км. Вычислить ослабление сигнала на пути от передатчика до приемника на частоте 900 МГц, если обе антенны имеют единичный коэффициент усиления.

$$L_{св}[\text{дБ}] = 10 \cdot \lg L_{св} = 20 \cdot \lg \left( \frac{4 \cdot \pi \cdot r}{\lambda} \right) - 10 \cdot \lg D_{\Sigma} - 10 \cdot \lg D_{\text{пр}}$$

1.6. Излучаемая мощность радиомодема составляет 100 Вт на частоте 2,4 ГГц. Какой коэффициент усиления должна иметь антенна у приемной части, если требуемая для нормальной работы мощность должна быть  $5 \cdot 10^{-9}$  Вт, а коэффициент усиления передающей антенны равен 10 дБ?

1.7. Передающая антенна телевизионной станции ДМВ диапазона (частота несущей 550 МГц) имеет коэффициент усиления, равный 4, и излучает мощность 1 кВт. С каким коэффициентом усиления следует использовать приемную антенну, чтобы на расстоянии 10 км получить напряжение на входе телевизионного приемника 10 мВ? Входное сопротивление телевизора 75 Ом. Учитывать только прямой луч между антеннами.

1.8. Решить задачу 1.7 в предположении, что телевизор и приемная антенна соединены кабелем РК-75-4-13, имеющем волновое сопротивление 75 Ом и потери на этой частоте 0,35 дБ/м. Длина соединительного кабеля 20 метров.

1.9. Определить предельную дальность связи наземной станции слежения со спутником, имеющим приемную антенну с коэффициентом усиления 30 дБ, если требуемый уровень сигнала на выходе приемной антенны должен быть не менее  $10^{-14}$  Вт. Наземная станция оборудована антенной с коэффициентом усиления 50 дБ и излучает мощность 10 кВт. Частота радиоканала 4 ГГц. Потерями на трассе пренебречь.

1.10. Плотность потока мощности вблизи приемной антенны составляет  $800 \text{ мкВт/м}^2$ . Вычислить величину мощности, отдаваемой антенной в согласованную нагрузку ( $R_H=50 \text{ Ом}$ ), если коэффициент усиления антенны составляет 20 дБ, а частота несущей - 10 ГГц.

1.11. Напряженность поля, создаваемая изотропной антенной на расстоянии 1 км, составляет 2 мВ/м. Вычислить, какую мощность принимает антенна с коэффициентом направленного действия, равном 8, удаленная на расстояние 3 км от передающей антенны. Частота радиоканала 100 МГц.

1.13. Передатчик с антенной, имеющий коэффициент усиления 3 дБ, на расстоянии 10 км создает напряженность поля 100 мВ/м. Какова будет напряженность поля, если установить антенну с коэффициентом усиления 10 дБ?

1.14. Охранная система работает на принципе перекрытия узконаправленного радиолуча. Определить интенсивность дождя, при которой система дает ложное срабатывание, если излучаемая на частоте 40 ГГц мощность равна 10 мВт. КНД передающей и приемной антенн 20 дБ. Дальность разнесения антенн равна половине предельно допустимого рассеяния, определяемого по необходимой величине входного сигнала, составляющего 900 пВт.

1.17. Для связи двух объектов, разнесенных на расстояние 10 км, можно использовать радиомодемы двух фирм. Один из них работает на частоте 2,4 ГГц, излучает мощность 1 Вт и имеет на обоих концах антенны с коэффициентом усиления 24 дБ. Другой работает на частоте 950 МГц, излучает мощность 5 Вт и имеет антенны с коэффициентом усиления 12 дБ. В каком случае на приемном конце радиоканала будет больше уровень сигнала?

## Поле излучателей, поднятых над поверхностью Земли

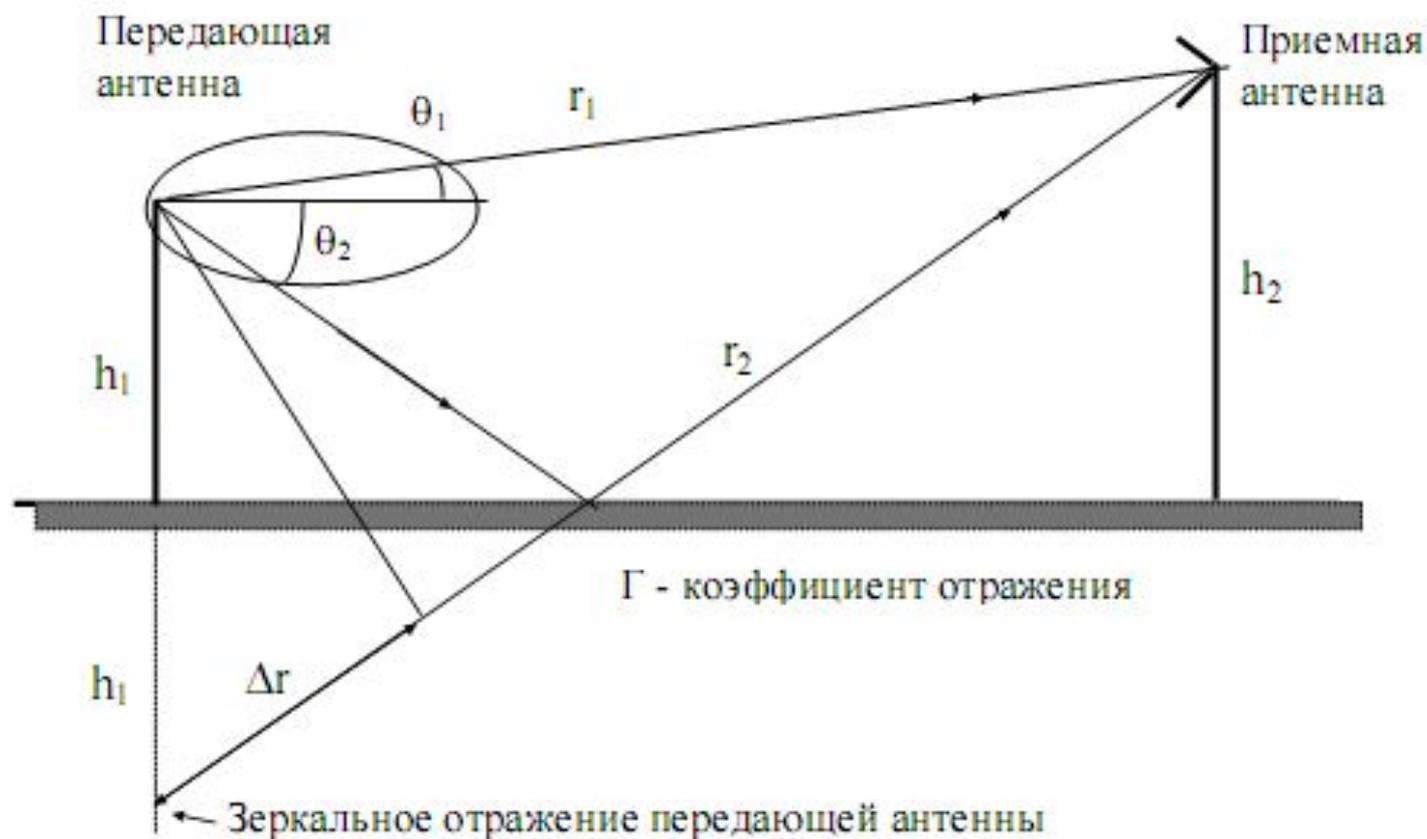
В следствие кривизны земной поверхности зона прямой видимости в случае, когда высота подвеса передающей и приемной антенн ( $h_1$  и  $h_2$ ) много меньше радиуса Земли ( $R_3=6370$  км), ограничена расстоянием

$$r_0 = 3,57 \cdot (\sqrt{h_1[\text{м}]} + \sqrt{h_2[\text{м}]}) \quad [\text{км}]. \quad (7)$$

Для разных расстояний  $r$  между антеннами выделяются зоны:

- а) освещенная и поверхность Земли можно считать плоской  
 $r < 0.2 r_0$ ;
- б) освещенная, но следует учитывать кривизну земной поверхности  
 $0.2 r_0 < r < 0.8 r_0$ ;
- в) зона полутени  
 $0.8 r_0 < r < 1.2 r_0$ ;
- г) зона тени  
 $r > 1.2 r_0$ .

$$\dot{E}_{\text{пр}} = j \cdot \frac{\sqrt{60 \cdot P_{\Sigma} \cdot D_{\Sigma}}}{r_1} \cdot F(\vartheta_1) \cdot e^{-jkr_1} \left[ \frac{B}{M} \right],$$



$$\dot{E}_{\text{отр}} = j \cdot \frac{\sqrt{60 \cdot P_{\Sigma} \cdot D_{\Sigma}}}{r_2} \cdot F(\vartheta_2) \cdot \dot{I} \cdot e^{-jkr_2} \left[ \frac{B}{M} \right]$$

Напряженность суммарного поля в точке приема

$$E_m = \left| \dot{E}_{\text{пр}} + \dot{E}_{\text{отр}} \right|$$

$$E_m = \frac{\sqrt{60 \cdot P_{\Sigma} \cdot D_{\Sigma}}}{r} \cdot \sqrt{1 + \Gamma_{\theta, z}^2 + 2 \cdot \Gamma_{\theta, z} \cdot \cos\left(\frac{4 \cdot \pi \cdot h_1}{\lambda} \cdot \sin \vartheta + \psi_{\theta, z}\right)},$$

$$E_m = \frac{\sqrt{60 \cdot P_{\Sigma} \cdot D_{\Sigma}}}{r} \cdot 2 \cdot \left| \sin\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot h_1 \cdot h_2}{\lambda \cdot r}\right) \right| \left[ \frac{B}{M} \right]$$

$$E_m = \frac{\sqrt{60 \cdot P_{\Sigma} \cdot D_{\Sigma}}}{r} \cdot 4 \cdot \pi \cdot \frac{\sqrt{h_1^2 + h_0^2} \cdot \sqrt{h_2^2 + h_0^2}}{r \cdot \lambda} \left[ \frac{B}{M} \right],$$

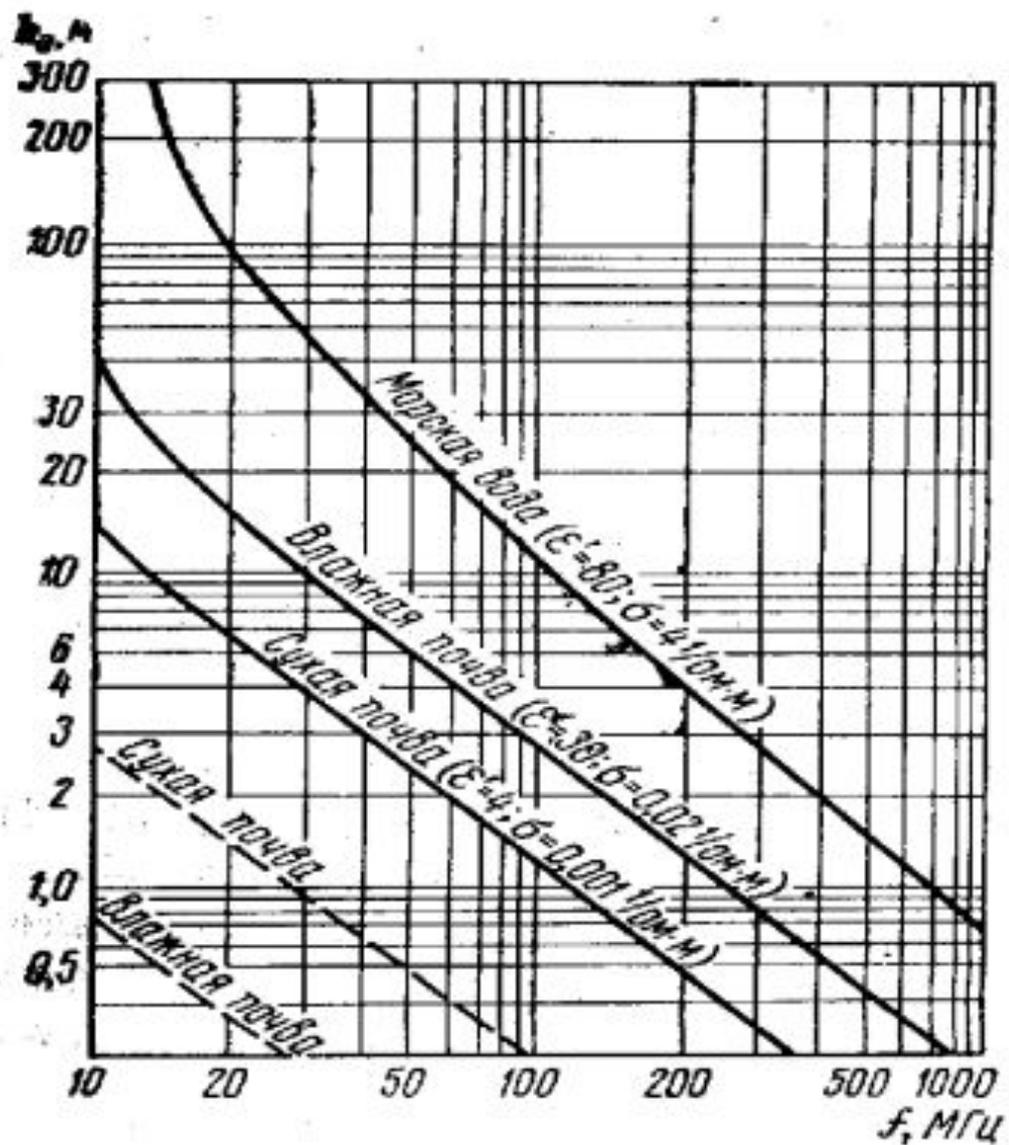


Рис.3. Минимальная эффективная высота подвеса антенны

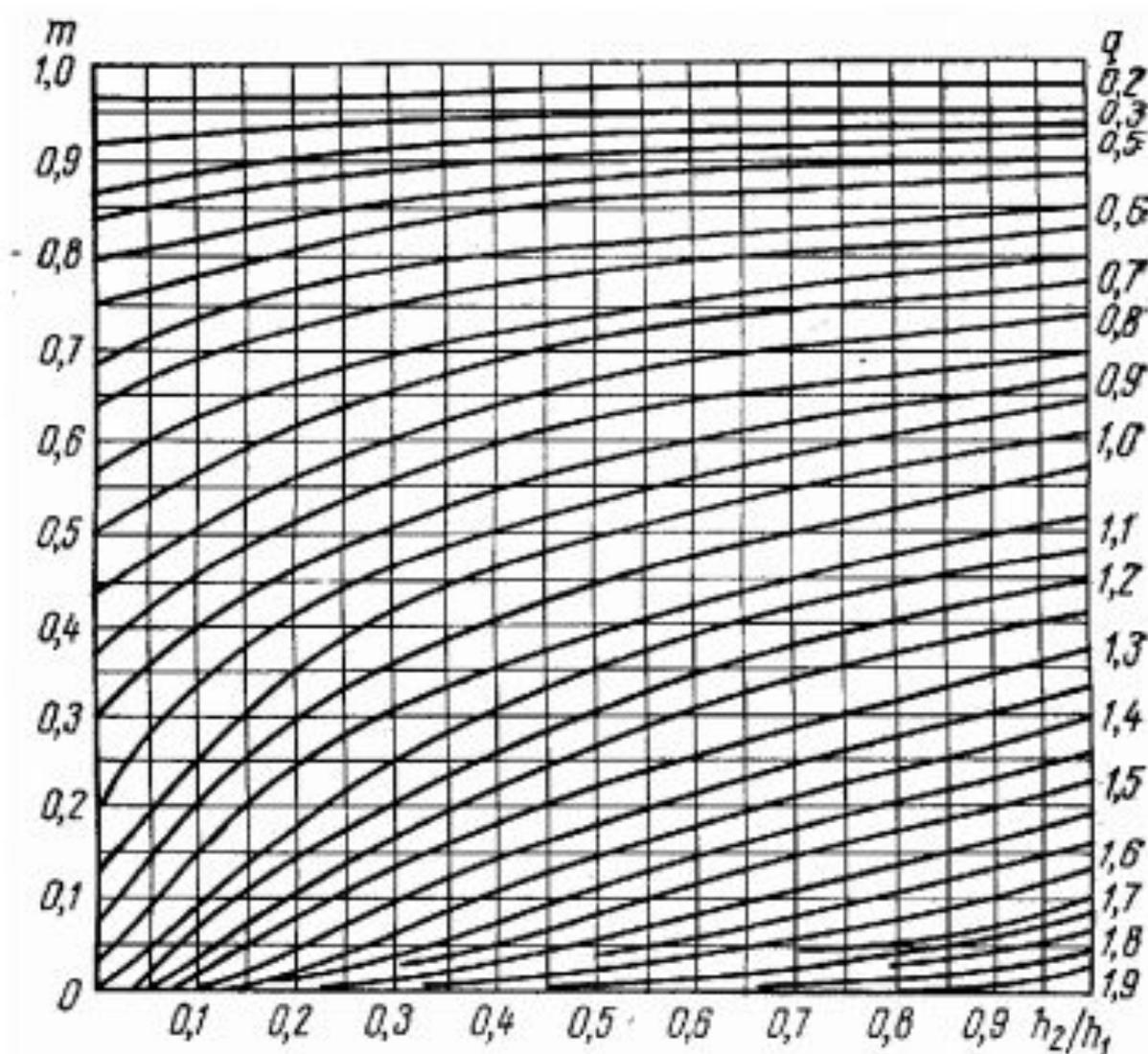


Рис.4. Зависимость отношения приведенных высот подвеса антенн

2.1. Высота подвеса антенны третьего телевизионного канала телецентра в городе Екатеринбурге составляет 180 метров. Определить освещенную зону телецентра и зону полутени, если высота подвеса приемной антенны 10 метров.

2.2. Мощность, излучаемая антенной третьего телевизионного канала телецентра в Екатеринбурге, составляет 5 кВт. Коэффициент направленного действия (КНД) передающей антенны равен 3. Какова напряженность электрического поля на границе освещенной зоны, если частота несущей составляет 80 МГц? Остальные параметры смотрите в задаче 2.1.

2.1. Высота подвеса антенны третьего телевизионного канала телецентра в городе Екатеринбурге составляет 180 метров. Определить освещенную зону телецентра и зону полутени, если высота подвеса приемной антенны 10 метров.

2.2. Мощность, излучаемая антенной третьего телевизионного канала телецентра в Екатеринбурге, составляет 5 кВт. Коэффициент направленного действия (КНД) передающей антенны равен 3. Какова напряженность электрического поля на границе освещенной зоны, если частота несущей составляет 80 МГц? Остальные параметры смотрите в задаче 2.1.

В следствие кривизны земной поверхности зона прямой видимости в случае, когда высота подвеса передающей и приемной антенн ( $h_1$  и  $h_2$ ) много меньше радиуса Земли ( $R_3=6370$  км), ограничена расстоянием

$$r_0 = 3,57 \cdot (\sqrt{h_1[\text{М}]} + \sqrt{h_2[\text{М}]}) \quad [\text{км}]. \quad (7)$$

Для разных расстояний  $r$  между антеннами выделяются зоны:

а) освещенная и поверхность Земли можно считать плоской

$$r < 0.2 r_0;$$

б) освещенная, но следует учитывать кривизну земной поверхности

$$0.2 r_0 < r < 0.8 r_0;$$

в) зона полутени

$$0.8 r_0 < r < 1.2 r_0;$$

г) зона тени

$$r > 1.2 r_0.$$

2.3. Вычислить необходимую высоту подвеса приемной телевизионной антенны, удаленной от телецентра на расстояние 25 км, если передающая антенна поднята на высоту 150 метров. Приемная антенна должна попасть на границу освещенной зоны.