

31/34/2

Одобрено кафедрой
«Транспортная связь»

МОБИЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ СВЯЗИ

Задание на контрольную работу
с методическими указаниями
для студентов VI курса

специальности

210700 АВТОМАТИКА, ТЕЛЕМЕХАНИКА И СВЯЗЬ
НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ (АТС)

специализации

210702 СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ (СПИ)



Москва – 2004

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Контрольную работу по дисциплине «Мобильные системы связи» студенты выполняют на VI курсе. *Цель работы* – закрепить и углубить теоретические знания студентов, научить их применять эти знания для решения практических задач для организации и проектирования сотовых, транкинговых и спутниковых систем связи.

Варианты исходных данных выбираются по двум последним цифрам учебного шифра.

На обложке контрольной работы указываются: дисциплина, по которой выполняется проект, учебный шифр, домашний адрес, название филиала и УКП.

ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ НА ТЕМУ «СИСТЕМЫ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ»

Задача 1

На основании данных приведенных в табл. 1 и 2 необходимо определить энергетические параметры сотовых или транкинговых систем связи.

Таблица 1

№ п/п	Исходные данные	Вариант (последняя цифра учебного шифра)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	Тип местности	Железнодорожная станция			Участок железной дороги			Крупный город		Небольшой город	
2	Частота несущей f_0 , МГц	800	850	920	400	450	300	300	900	930	810
3	Высота антенны базовой станции H , м	40	60	50	85	75	60	90	80	50	60

Таблица 2

№ п/п	Исходные данные	Вариант (предпоследняя цифра учебного шифра)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	Высота антенны мобильной станции h , м	3	1,5	2	25	10	8	1	7	4	15
2	Расстояние R , км	5	3	1	10	1,5	2,8	8	2	1,7	2,5

С о с т а в и т е л и: канд. техн. наук, проф. С.С. КОСЕНКО,
преп. Д.А. ПОКАЦКИЙ

Р е ц е н з е н т — канд. техн. наук, преп. С.А. БЕРЕЗИН

Задача 2

На основании данных приведенных в табл. 3 и 4 определить энергетические параметры наземного и спутникового оборудования.

Таблица 3

№ п/п	Параметр	Вариант (последняя цифра учебного шифра)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	Рабочая частота f_0 , ГГц	11	10,5	9,5	9	11,5	12	8	8,5	12,5	10
2	Коэффициент усиления антенны ИСЗ D_1 , дБ	60	65	55	60	63	52	63	68	62	58
3	Коэффициент усиления наземной антенны D_2 , дБ	65	62	50	55	62	68	58	60	60	67

Таблица 4

№ п/п	Параметр	Вариант (предпоследняя цифра учебного шифра)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	Мощность на входе приемника наземной станции $P_{пр. НС}$, дБм	128	110	115	120	114	105	125	118	130	145
2	Расстояние от ИСЗ до наземной станции R , км $\cdot 10^3$	6,1	6	6,8	5	4	4,5	4,8	5,2	5,7	5,5
3	Мощность на входе приемника ИСЗ $P_{пр. ИСЗ}$, дБм	135	140	138	145	155	130	157	132	158	137

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЗАДАЧЕ 1

Расчетные потери электромагнитной энергии B_p при распространении радиоволн составляют:

$$B_p = P_{пер} - P_{пр}, \quad (1)$$

где $P_{пер}$ – мощность передатчика, дБ,
 $P_{пр}$ – мощность принимаемого сигнала, дБ.

Расчетные потери определяются в соответствии с моделью Окамуры-Хата по следующим формулам [1]:

для железнодорожной станции, пригородной зоны, не-большого города:

$$B'_p = A + B \cdot \lg R - C; \quad (2)$$

для участка железной дороги, открытой местности:

$$B''_p = A + B \cdot \lg R - D; \quad (3)$$

для городского района, плотно застроенного многоэтажными домами, крупного города:

$$B'''_p = A + B \cdot \lg R. \quad (4)$$

В этих формулах:

$$A = 69,55 + 26,16 \cdot \lg f_0 - 13,82 \cdot \lg H - a(h); \quad (5)$$

$$B = 44,9 - 6,55 \cdot \lg H; \quad (6)$$

$$C = 2 \left(\frac{\lg f_0}{28} \right)^2 + 5,4; \quad (7)$$

$$D = 4,27 \cdot (\lg f_0)^2 - 19,33 \cdot \lg f_0 + 40,94. \quad (8)$$

Величина $a(h)$ зависит от несущей частоты, высоты h антенны мобильной станции и величины города:

для небольших, средних и малых городов:

$$a'(h) = (1,1 \cdot \lg f_0 - 0,7) h - (1,56 \cdot \lg f_0 - 0,8); \quad (9)$$

для $f_0 \geq 200$ МГц и крупных городов:

$$a''(h) = 8,28 \cdot (\lg 91,54 \cdot h)^2 - 1,1; \quad (10)$$

для $f_0 \geq 400$ МГц и крупных городов:

$$a'''(h) = 3,2 \cdot (\lg 11,775 \cdot h)^2 - 4,97. \quad (11)$$

В этих расчетах:

R – расстояние между антеннами базовой и мобильной станций, км;

f_0 – частота рабочей несущей частоты, МГц;

H и h – соответственно высоты антенн базовой и мобильной станций, м;

Величины A , B , C , D и $a(h)$ выражены в дБ.

Пример 1 к задаче 1

Задано: участок железной дороги, где организована транкинговая радиосвязь. Антенна базовой станции установлена на антенной башне радиорелейной станции, $H = 70$ м. Антенна мобильной станции (МС) находится на посту ЭЦ, $h = 3,5$ м.

Расстояние между БС и МС $R = 15$ км.

Определяем расчетные потери по формуле (3):

$$B''_p = A + B \cdot \lg R - D$$

$$\lg f_0 = \lg 350 = 2,54$$

$$\lg H = \lg 70 = 1,85$$

$$\lg R = \lg 15 = 1,17$$

Величину $a(h)$ определяем по формуле (9):

$$a'(h) = (1,1 \cdot 2,54 - 0,7) \cdot 3,5 - (1,56 \cdot 2,54 - 0,8) = 4,16.$$

Находим A по формуле (5):

$$A = 69,55 + 26,16 \cdot 2,54 - 13,82 \cdot 1,85 - 4,16 = 104,27 \text{ дБ}$$

Находим B по формуле (6):

$$B = 44,9 - 6,55 \cdot 1,85 = 32,78 \text{ дБ}$$

Находим D по формуле (8):

$$D = 4,27 \cdot 2,54^2 - 19,33 \cdot 2,54 + 40,94 = 22,68 \text{ дБ}$$

Расчетные потери составят:

$$B''_p = 104,27 + 32,78 \cdot 1,7 - 22,68 \approx 120 \text{ дБ}$$

В соответствии с [1] чувствительность приемника мобильной станции $P_{\text{пр. МС}}$ составляет — 105 дБ. Поэтому мощность передатчика базовой станции должна быть не менее:

$$P_{\text{пер. БС}} = B_p + P_{\text{пр. МС}} = 120 - 105 = 15 \text{ дБм, т.е. } P_{\text{пер. БС}} \approx 32 \text{ Вт.}$$

Если учесть, что чувствительность приемника БС составляет $P_{\text{пр. БС}} = -(117 \div 120)$ дБ, то мощность передатчика мобильного устройства должна быть $P_{\text{пер. МС}} = 120 - 117 = 3$ дБм, что составляет примерно 2 Вт.

Пример 2 к задаче 1

Необходимо рассчитать энергетические параметры для сотовой связи в крупном городе при $f_0 = 850$ МГц, $H = 75$ м, $h = 25$ м, $R = 5$ км.

Расчетные потери определяем по формуле (4):

$$B'''_p = A + B \cdot \lg R;$$

$$\lg f_0 = \lg 850 = 2,93;$$

$$\lg H = \lg 75 = 1,875;$$

$$\lg R = \lg 5 = 0,7.$$

Величину $a(h)$ определяем по формуле (11):

$$a'''(h) = 3,2 \cdot (\lg 11,775 \cdot 25)^2 - 4,97 = 14,55 \text{ дБ.}$$

Подставляя найденные значения в формулы (5), (6) для A и B , получаем:

$$A = 69,55 + 26,16 \cdot 2,93 - 13,82 \cdot 1,875 - 14,55 = 105,74 \text{ дБ;}$$

$$B = 44,9 - 6,55 \cdot 1,875 = 32,62 \text{ дБ.}$$

Расчетные потери:

$$B''_p = 105,74 + 32,62 \cdot 0,7 = 128,57 \text{ дБ.}$$

Тогда мощность передатчика БС должна быть не менее:

$$P_{\text{пер. БС}} = 128,75 - 105 = 23,75 \text{ дБм, что составляет } P_{\text{пер. БС}} \approx 170 \text{ Вт}$$

Мощность передатчика мобильного устройства должна составлять $P_{\text{пер. МС}} = 128,57 - 120 = 8,57 \text{ дБм} \approx 7 \text{ Вт}$.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЗАДАЧЕ 2

Искусственные спутники земли (ИСЗ) могут быть активными (т.е. имеющими передатчики) и пассивными (имеют только отражающие антенны).

Период обращения ИСЗ по круговой орбите вокруг Земли вычисляется по формуле [2]

$$T = 1,66 \cdot 10^{-4} \cdot (r_{\text{км}})^{3/2}, \text{ мин,} \quad (11)$$

где $r_{\text{км}}$ – радиус орбиты:

$$r = R + H, \quad (12)$$

где $R = 6370 \text{ км}$ – радиус Земли;

H – высота обращения ИСЗ над поверхностью Земли.

При $T = 24 \text{ ч}$ ИСЗ будет стационарным, синхронным, т.е. представляться земному наблюдателю неподвижным. При этом можно определить r из формулы (11) и H из формулы (12).

Мощность передатчика на активном стационарном ИСЗ равна:

$$P_{\text{пер. ИСЗ}} = -P_{\text{пр. НС}} + L_0 - D_1 - D_2 \quad (13)$$

где $P_{\text{пр. НС}}$ – мощность на входе приемника наземной станции, дБ;

L_0 – потери в свободном пространстве.

$$L_0 = 20 \cdot \lg(4 \cdot \pi \cdot r) - 20 \cdot \lg \lambda \quad (14)$$

λ – длина волны на рабочей частоте:

$$\lambda = \frac{c}{f_0}, \quad (15)$$

c – скорость распространения электромагнитной энергии, D_1 и D_2 – коэффициенты направленности антенны ИСЗ и наземной станции.

Мощность наземного передатчика для радиосвязи при помощи ИСЗ в качестве пассивного транслятора вычисляется по формуле:

$$P_{\text{пер. НЗ}} = -P_{\text{пр. ИСЗ}} + L'_0 - D_1 - D_2, \text{ дБм,} \quad (16)$$

где $P_{\text{пр. ИСЗ}}$ – мощность на входе приемника ИСЗ, дБм;
 L'_0 – потери с учетом пассивного отражателя, дБ:

$$L'_0 = 20 \cdot \lg \left(\frac{16 \cdot \pi \cdot R^2}{\lambda \cdot d} \right), \quad (17)$$

где R – расстояние от ИСЗ до наземной станции;

λ – длина волны;

d – диаметр металлического отражателя на ИСЗ,

$d = (15 \div 20) \cdot \lambda$

Пример к задаче 2

Необходимо определить мощность передатчика на активном стационарном ИСЗ при следующих данных:

$$P_{\text{пр. НС}} = -110 \text{ дБм;}$$

$$f_0 = 12 \text{ ГГц;}$$

$$D_1 = 50 \text{ дБ;}$$

$$D_2 = 45 \text{ дБ.}$$

Используя формулу (11) находим r при $T = 24$ ч:

$$r = 42180 \text{ км.}$$

Определяем длину волны:

$$\lambda = \frac{300000 \text{ км/с}}{12 \cdot 10^9 \text{ Гц}} = 2,5 \text{ см}$$

По формуле (14) определяем потери:

$$L_0 = 20 \cdot \lg(4 \cdot \pi \cdot 42,18 \cdot 10^8) - 20 \cdot \lg 2,5 = 206,5 \text{ дБ.}$$

Используя формулу (13) находим:

$$P_{\text{пер. ИСЗ}} = -110 + 206,5 - 50 - 45 = 1,5 \text{ дБм, что составляет } 1,42 \text{ Вт.}$$

При использовании ИСЗ в качестве пассивного ретранслятора мощность наземного передатчика определяется по формуле (16). Величины $P_{\text{пр. ИСЗ}}$, D_1 , D_2 берем из таблиц 3 и 4.

Например:

$$D_1 = 65 \text{ дБ;}$$

$$D_2 = 60 \text{ дБ;}$$

$$f_0 = 11 \text{ ГГц;}$$

$$P_{\text{пр. ИСЗ}} = -140 \text{ дБм;}$$

$$R = 5000 \text{ км.}$$

Находим L'_0 по формуле (17), при этом возьмем $d = 20 \cdot \lambda$; $\lambda = 2,73 \text{ см}$; $d = 54,6 \text{ см}$

$$L'_0 = 20 \cdot \lg\left(\frac{16 \cdot \pi \cdot (5 \cdot 10^8)^2}{2,73 \cdot 54,6}\right) = 338,5 \text{ дБ.}$$

Мощность наземного передатчика равна:

$$P_{\text{пер. НЗ}} = -140 + 338,5 - 65 - 60 = 73,5 \text{ дБм, что составляет примерно } 540 \text{ кВт.}$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мобильные системы связи: Уч. пос. для вузов /В.П. Ипатов, В.К. Орлов, И.М. Самойлов, В.Н. Смирнов; Под ред. В.П. Ипатова. — М.: Горячая линия — Телеком, 2003. — 272 с.
2. Долуханов М.П. Распространение радиоволн. —М.: Изд-во «Связь», 1965. — 400 с.

МОБИЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ СВЯЗИ

Задание на контрольную работу
с методическими указаниями

Редактор *В.К. Тихоньчева*
Компьютерная верстка *Ю.А. Варламова*

Тип. зак.	Изд. зак. 342	Тираж 150 экз.
Подписано в печать 07.07.04	Гарнитура Times.	Офсет
Усл. печ. л. 0,75		Формат 60×90 ¹ / ₁₆

Издательский центр РГОТУПСа,
125993, Москва, Часовая ул., 22/2

Типография РГОТУПСа, 125993, Москва, Часовая ул., 22/2