

.Таблица 1

N - число ТЛФ каналов в стволе;

$L / L_{эт}$ - заданная протяженность линии связи / протяженность гипотетической (эталонной) линии;

λ - средняя длина волны рабочего диапазона частот;

R_0 - средняя протяженность интервала;

$h1/h2$ - высоты подвеса антенн на интервале линии связи.

Последние две цифры номера зач. книжки	N	$L / L_{эт}$, км	λ , см	R_0 , км	$h1/h2$, м
01, 51	60	1400/1400	3.7	36	45/34
02, 52	120	820/1400	3.7	32	23/43
03, 53	300	1400/1400	15.8	65	45/60
04, 54	600	2500/2500	8.2	56	30/40
05, 55	720	2160/2500	8.2	60	50/60
06, 56	1020	2300/2500	5.07	45	50/40
07, 57	1320	1800/2500	5.07	50	55/34
08, 58	1920	1400/2500	5.07	41	30/45
09, 59	60	700/1400	3.7	29	40/40
10, 60	120	1000/1400	3.7	34	30/25
11, 61	300	1050/1400	15.8	64	56/60
12, 62	600	2100/2500	8.2	48	56/34
13, 63	720	1760/2500	8.2	52	40/45
14, 64	1020	980/2500	8.2	48	34/58
15, 65	1320	780/2500	5.07	46	40/40
16, 66	1920	1950/2500	5.07	50	50/56
17, 67	60	1200/1400	3.7	31	40/30
18, 68	120	600/1400	3.7	30	46/56
19, 69	300	400/600	3.7	33	43/45
20, 70	600	1900/2500	8.2	50	40/30
21, 71	720	1100/2500	8.2	54	60/45
22, 72	1020	830/2500	8.2	53	50/60
23, 73	1320	1100/2500	5.07	48	50/48
24, 74	1920	1400/2500	5.07	49	45/45
25, 75	60	340/1400	3.7	33	24/34
26, 76	120	600/1400	3.7	29	34/35
27, 77	300	600/600	3.7	30	45/44
28, 78	600	1700/2500	8.2	50	51/52
29, 79	720	1200/2500	8.2	52	46/48
30, 80	1020	1200/2500	8.2	53	57/60
31, 81	1320	1000/2500	5.07	46	48/45
32, 82	1920	1680/2500	5.07	48	39/42
33, 83	300	340/1400	15.8	67	50/60

34, 84	600	780/2500	8.2	49	35/45
35, 85	720	2050/2500	8.2	55	45/45
36, 86	1020	2500/2500	8.2	54	40/40
37, 87	1320	1350/2500	5.07	46	45/45
38, 88	1920	1230/2500	5.07	48	50/51
39, 89	120	260/1400	3.7	33	34/36
40, 90	300	360/600	3.7	32	23/26
41, 91	600	1570/2500	8.2	52	46/48
42, 92	720	1250/2500	8.2	57	52/53
43, 93	1020	1400/2500	8.2	49	57/57
44, 94	1320	2000/2500	5.07	46	43/43
45, 95	1920	1800/2500	5.07	43	40/40
46, 96	300	500/500	3.7	34	41/23
47, 97	600	2000/2500	8.2	49	36/36
48, 98	720	1800/2500	8.2	48	34/42
49, 99	1320	2300/2500	5.07	41	44/45
50, 00	1920	2500/2500	5.07	42	50/54

N - число ТЛФ каналов в стволе;

$L / L_{эт}$ - заданная протяженность линии связи / протяженность гипотетической (эталонной) линии;

λ - средняя длина волны рабочего диапазона частот;

R_0 - средняя протяженность интервала;

h_1/h_2 - высоты подвеса антенн на интервале линии связи.

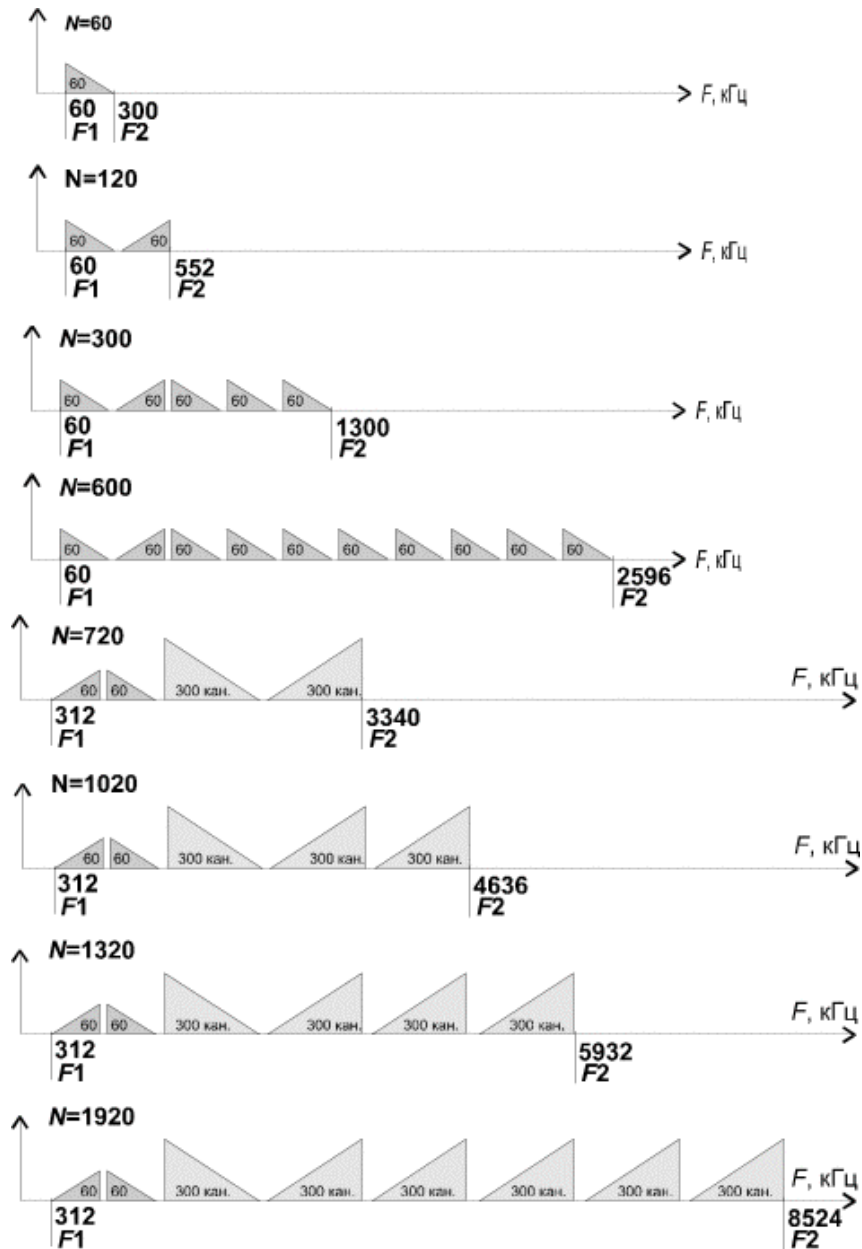
РАБОТА 1. Расчет параметров аналоговых радиорелейных линий с частотным разделением каналов.

Задание

1. Определить граничные частоты многоканального сигнала для заданного N при ЧРК, нарисовать линейный спектр сигнала и рассчитать среднюю мощность многоканального сигнала.
2. Из таблицы параметров аналоговой радиорелейной аппаратуры выбрать аппаратуру, подходящую по числу передаваемых каналов.
3. Рассчитать полосу частот, занимаемую частотно-модулированным сигналом, и ширину полосы частот ВЧ тракта.
4. По заданным протяженности интервала и высотам подвеса антенн рассчитать уровень сигнала на входе приемника ($P_{пр 0}$).
5. Рассчитать мощность тепловых шумов на выходе телефонного канала.
6. Определить минимально допустимый множитель ослабления и соответствующий ему уровень сигнала на входе приемника.

Выберите вариант задания, соответствующий последним двум цифрам номера вашей зачетной книжки из **табл.1**.

1. Для заданного числа каналов определите граничные частоты группового спектра (F_1 и F_2) из **прил.5**. Зарисуйте вид соответствующего группового спектра.



Затем, рассчитайте уровень средней мощности многоканального сигнала, учитывая следующие положения:

- при $N > 240$

$$P_{\text{ср}} = p_k + 10 \lg N, \text{ дБм0}, \quad (1)$$

где:

для отечественных данных

$p_k = -13$ дБм (50 мкВт),

для данных МСЭ-Т

$p_k = -15$ дБм (32 мкВт),

- при $N \leq 240$

$$P_{\text{ср}} \approx -1 + 4 \lg N, \text{ дБм0}. \quad (2)$$

Рассчитайте среднюю мощность многоканального сигнала:

$$P_{\text{ср}} = 10^{\frac{P_{\text{ср, дБм0}}}{10}}, \text{ мВт}. \quad (3)$$

2. Их таблицы (прил.7) выберите (по числу каналов и рабочей длине волны) подходящую аппаратуру связи и запишите ее основные параметры.

3. Для расчета полосы частот, занимаемой ЧМ сигналом воспользуйтесь следующей методикой:

- определите значение эффективной девиации частоты

$$\Delta f_{\text{эфф}} = \Delta f_k \sqrt{\frac{P_{\text{ср}}, \text{ мВт}}{1 \text{ мВт}}}, \text{ кГц}, \quad (4)$$

где Δf_k - девиация частоты на один канал,

- определите пиковую девиацию частоты

при $N > 240$

$$\Delta f_{\text{пик}} = 3.33 \Delta f_{\text{эфф}}, \quad (5)$$

при $N = 60$

$$\Delta f_{\text{пик}} = 4.1 \Delta f_{\text{эфф}}, \quad (6)$$

при $N = 120$

$$\Delta f_{\text{пик}} = 3.7 \Delta f_{\text{эфф}}. \quad (7)$$

- рассчитайте индекс частотной модуляции

$$m_f = \frac{f_{\text{пик}}}{F_2}, \quad (8)$$

- определите полосу частот, занимаемую частотно-модулированным сигналом

$$\Pi = 2 F_2 (1 + m_f + \sqrt{m_f}), \quad (9)$$

Необходимую полосу пропускания ВЧ тракта РРЛ можно принять, численно равной удвоенной полосе Π .

4. Очевидно, что качество работы линии связи, определяется уровнем сигнала на входе приемника $P_{\text{пр}}$ и возможными отклонениями этого уровня при замираниях.

В этом пункте работы нужно определить уровень сигнала на входе приемника ($P_{\text{пр}0}$) при работе в свободном пространстве

$$P_{\text{пр}0} = \frac{P_{\text{пд}} \eta_1 G_1 \eta_2 G_2 \lambda^2}{16 \pi^2 R_0^2}, \text{ Вт}. \quad (10)$$

Для расчета выберите коэффициенты усиления передающей и приемной антенн (G_1 и G_2) из таблицы параметров антенн (прил. 8) и рассчитайте КПД фидерных линий (η_1 и η_2) по заданным высотам подвеса антенн

$$\eta = 10^{-0.1 a_{\text{ф}} l_{\text{ф}}}, \quad (11)$$

где $a_{\text{ф}}$ - погонное затухание в фидерной линии (0.04-0.09 дБ/м),

$l_{\text{ф}} = h + l_{\text{гор}}$, м - длина фидерной линии,

h - высота h_1 или h_2 ,

$l_{\text{гор}}$ - длина горизонтальной части фидерной линии (10 - 20 м).

5. Мощность теплового шума на выходе верхнего по частоте ТЛФ канала при распространении сигнала в свободном пространстве определяется по формуле:

$$P_{\text{шт}i} = 10^9 \frac{n_{\text{ш}} k T \Delta F_k k_{\text{п}}^2 \left(\frac{F_2}{\Delta f_k} \right)^2}{P_{\text{пр}0}} \beta_{\text{пр}}, \text{ пВт}, \quad (12)$$

где $n_{ш}$ - коэффициент шума приемника, ед.,

ΔF_k - ширина полосы частот одного канала (3100 Гц);

k - постоянная Больцмана ($1.38 \cdot 10^{-23}$, Вт/Гц град),

T - абсолютная температура (290 К),

$k_{п}$ - психофотметрический коэффициент (0.75);

$P_{пр0}$ - мощность сигнала на входе приемника (ф. 10), Вт;

$\beta_{пр}$ - коэффициент, учитывающий изменение девиации частоты при введении предскажений (0.4).

6. В этом пункте контрольной работы необходимо определить примерное значение минимально допустимого множителя ослабления ($V_{мин доп}$).

$V_{мин доп}$ - такое ослабление сигнала на интервале РРЛ, при котором мощность шума на выходе ТЛФ канала равна **47500 пВт**. Этот параметр является основой для расчета устойчивости связи и, в большинстве случаев, составляет величину 30 - 50 дБ.

Расчет можно провести по следующей формуле:

$$V_{мин доп} = \sqrt{\frac{P_{шт i}}{P_{шт макс доп}}}, \quad (13)$$

где $P_{шт макс доп} = 47500 - P_{ш пост}$, (14)

$P_{ш пост}$ - мощность шумов линии связи, величина которых не зависит от величины замираний сигнала на интервале РРЛ. В контрольной работе принять эту величину в пределах 3000 - 7000 пВт.

Полученное значение $V_{мин доп}$ необходимо перевести в дБ по формуле:

$$V_{мин доп, дБ} = 20 \lg (V_{мин доп}). \quad (15)$$

Если значение $V_{мин доп}$ получится меньше 30 дБ, то нужно улучшить энергетические показатели на интервале РРЛ. Для этого следует выбрать:

- антенны с большим коэффициентом усиления,
- аппаратуру с большей мощностью передатчика,
- аппаратуру с меньшим коэффициентом шума приемника,
- фидерные линии с меньшим погонным затуханием.

Если значение $V_{мин доп}$ получится неоправданно большим (больше 50 дБ), то нужно, наоборот, ухудшить энергетические показатели на интервале РРЛ.

В заключение определите мощность сигнала на входе приемника при $V = V_{мин доп}$:

$$P_{пр} = P_{пр0} (V_{мин доп})^2. \quad (16)$$

Результаты расчета записать в таблицу.

N	.....
F_2 , кГц	.....
$P_{ср}$, мВт ($P_{ср}$, дБм0)	.....
$\Delta f_{эфф} / \Delta f_{пик}$, МГц	.....
m_f	.....
Π , МГц	.....
$P_{шт i}$, пВт	.....
$P_{пр0}$ Вт / $P_{пр0}$, дБм	.....
$V_{мин доп}$, раз / $V_{мин доп}$, дБ	.....
$P_{пр}$, Вт / $P_{пр}$, дБм	.....

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Параметры аналоговой радиорелейной аппаратуры

Параметры	Курс -2М	Курс -4	Курс -6	Курс -8	Рассвет -2	Восход -М	Радуга -4	Электроник а- Связь 6-1	Трал- 8 60/12 0
Диапазон частот, ГГц	1.7- 2.1	3.4- 3.9	5.6- 6.2	7.9- 8.4	3.4-3.9	3.4-3.9	3.4-3.9	5.6-6.2	7.9- 8.4
Число каналов, N	300	720	1320	300	600	1020	1920	1920	60/12 0
Мощность Пд, Вт/дБм	1.5 / 32	0.5 / 27	7.5 / 39	0.4 / 26	5 / 37	10 / 40	2 / 33	1 / 30	0.3 / 25
Коэф. шума Пр, ед/дБ	5.6 / 7.5	8 / 9	10 / 10	8 / 9	25 / 14	10 / 10	2.8 / 4.5	2.8 / 4.5	8 / 9
Δfк, кГц	200	200	140	200	200	200	140	140	200
Система резерв.	2+1	3+1	3+1	3+1	3+1	постан ц.	3+1	3+1	1+1

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

Коэффициенты усиления некоторых типов антенн, дБ

Тип антенны	Диапазон частот, ГГц				
	1.7 - 2.1	3.4 - 3.9	5.6 - 6.2	7.6 - 8.4	10.7 - 11.7
РПА-2П	-	39.5	43	-	-
АДЭ-5	38	43.5	47.5	-	-
АДЭ-3.5	35	40.5	43.6	46.3	-
АМДУ-2.5	-	37.7	41.9	44.7	-
АМДУ-1.75	-	-	38.8	41.6	44.4
ПАС	31	40	43	45	-