

МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ  
И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Северо-Кавказский филиал  
ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного  
бюджетного образовательного учреждения высшего образования  
«Московский технический университет связи и информатики»

**А.Г. ЖУКОВСКИЙ**

Методические указания  
по выполнению практического занятия №1  
по дисциплине

**ЛИНИИ РАДИОСВЯЗИ И МЕТОДЫ ИХ ЗАЩИТЫ**

Направление подготовки 11.03.02  
Инфокоммуникационные технологии и системы связи  
профиль Защищенные инфокоммуникационные системы

Ростов-на-Дону  
2022

Методические указания  
по выполнению практического занятия №1  
по дисциплине  
«Линии радиосвязи и методы их защиты»

Составитель: А.Г. Жуковский, проф. каф. «ИТСС»

Рассмотрено и одобрено  
на заседании кафедры «ИТСС»  
Протокол № 5 от 19.12.2022

## **Практическое занятие №1**

### **Расчет параметров радиоканала.**

### **Энергетический расчет радиолинии**

#### **Цель занятия:**

1. Закрепить теоретические знания по организации радио релейной связи.
2. Приобрести первичные умения по определению максимального расстояния пролета по исходным данным или максимальной мощности (чувствительности приемника при заданном расстоянии в пролете РРЛ).
3. Воспитание добросовестного отношения к учебе, настойчивости и целеустремленности в овладении знаниями и стремления в совершенстве освоить свою профессию (учебную дисциплину), способности к самостоятельному (творческому) труду (решению поставленных задач).

#### **Примечание:**

В результате проведения занятия обеспечиваются следующие уровни обученности, определенные Квалификационными требованиями:

#### **б) ЗНАТЬ:**

- Основные подходы и концепции создания систем связи с использованием радиорелейных и спутниковых ретрансляторов.
- Технические характеристики систем спутниковой и радиорелейной связи.

#### **в) УМЕТЬ ИСПОЛЬЗОВАТЬ:**

- Методику проектирования радиорелейных и спутниковых линий связи.

## Тема. РАСЧЕТ УРОВНЕЙ СИГНАЛОВ НА ИНТЕРВАЛЕ РРЛ

Рассмотрим упрощенную структурную схему интервала радиолинии и соответствующую диаграмму уровней (рис. 1). Очевидно, что качество работы линии связи, определяется уровнем сигнала на входе приемника  $P_{пр}$  и возможными отклонениями этого уровня при замираниях.

На диаграмме уровней видно, что сигнал излучается передатчиком с уровнем  $P_{пд}$ , проходит через разделительный фильтр (РФ), в котором уровень упадет за счет внутренних потерь и поступает через фидерную линию в передающую антенну с коэффициентом усиления  $G_1$ . За счет потерь в фидерной линии  $L_{ф1}$  уровень сигнала еще уменьшится, а в передающей антенне увеличится на величину  $G_1$ .

При распространении сигнала по интервалу РРЛ (протяженностью  $R_0$ , на рабочей частоте  $f$ ) уровень сигнала упадет за счет ослабления свободного пространства, потерь в газах атмосферы и некоторых дополнительных потерь. Общее ослабление сигнала за счет этих причин может достигнуть 130-140 дБ и больше.

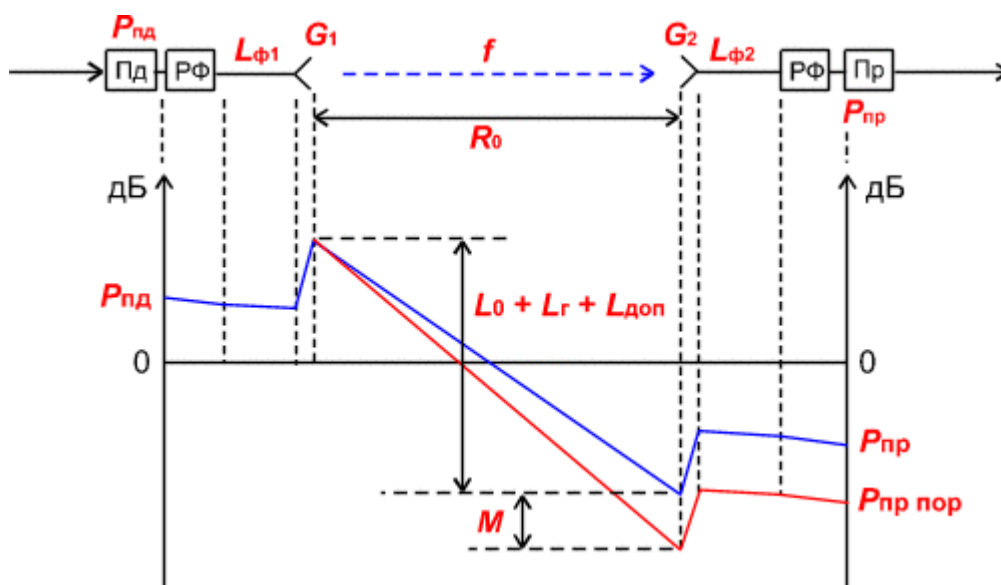


Рис. 1

В приемной антенне уровень сигнала увеличится на величину  $G_2$ , затем уменьшится в приемной фидерной линии, в разделительном фильтре и поступит на вход приемника с уровнем  $P_{пр}$ . Это значение получается в отсутствии замираний сигнала на пролете РРЛ.

Запас на замирания ( $M$ ) является разницей между пороговым значением уровня сигнала на входе приемника  $P_{пр}$  и пороговым значением  $P_{пр пор}$ , которое определяется из параметров конкретной аппаратуры цифровых РРЛ для заданной величины  $k_{ош}$  ( $10^{-3}$  или  $10^{-6}$ ).

Перед расчетами необходимо выяснить, для каких характерных точек на пролете линии связи приведены технические данные на аппаратуру фирмой - изготовителем. Основные точки показаны на рис. 2.

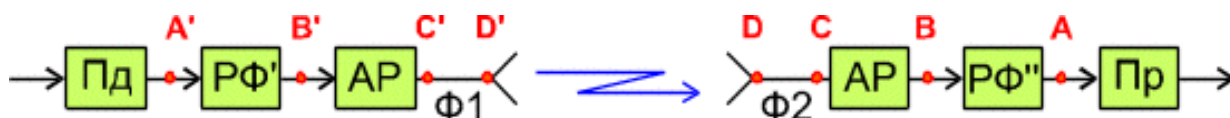


Рис. 2

К примеру могут быть данные на уровень мощности передатчика для точки **A'**, **B'** или **C'**, а пороговое значение уровня сигнала на входе приемника может относиться к точкам **C**, **B** или **A**.

Уровень сигнала на входе приемника ( **$P_{пр}$** , дБм)

$$P_{пр} = P_{пд} + G1 + G2 - L0 - L_{ф1} - L_{ф2} - L_{г} - L_{рф} - L_{доп}, \quad (1)$$

где  **$P_{пд}$**  - уровень мощности передатчика, дБм;

**$G1$ ,  $G2$**  - коэффициенты усиления передающей и приемной антенн. При расчетах можно выбрать параметры типовых антенны из [таблицы](#) или задаться диаметрами антенн (для параболических структур) и определить их коэффициенты усиления из соотношения:

$$G = 20 \lg(D) + 20 \lg(f) + 17.5, \text{ дБ} \quad (1)$$

где  **$D$**  - диаметр антенны, м (для диапазона частот выше 10 ГГц  **$D$**  = 0.3 - 1.2 м),  **$f$**  - рабочая частота, ГГц (при расчетах используйте округленное значение средней частоты выбранного диапазона).

При выборе антенн необходимо учитывать, что на практике не применяются антенны с коэффициентами усиления большими, чем 45 - 47 дБ.

**В дальнейших расчетах эти параметры можно будет изменять для оптимизации проектируемой линии связи.**

**$L_{ф1}$ ,  $L_{ф2}$** - ослабление сигнала в фидерных линиях ( **$\Phi1$** ,  **$\Phi2$** ), дБ.

**$L_{ф1} = La$** , где  **$L$**  - длина фидера, м;  **$a$**  - погонное затухание фидера, дБ/м,

**$L_{ф2}$**  - определяется аналогично.

Погонное затухание в фидерных линиях зависит от типа волновода и конструктивных особенностей АФТ [[1](#), глава 3].

При отсутствии фидера (когда приемопередатчики объединены с антенной в виде моноблока) необходимо учитывать конструктивные особенности устройства объединения. При диаметре антенн 30 - 50 см приемопередающий блок соединяется с антенной непосредственно с помощью прецизионного волноводного соединителя, поэтому в этих случаях потери в фидерах можно принять равными 0 дБ.

При больших диаметрах антенн соединение проводится коротким отрезком гибкого волновода, потери в котором

$$L_{ф1} = L_{ф2} = 0.5 \text{ дБ.}$$

**$L_{рф}$**  - определяется из параметров аппаратуры. Обычно значение ослабления в разделительных фильтрах соответствует сумме потерь в передающем и приемном устройствах ( **$РФ'$**  +  **$РФ''$** , рис. 2).

При моноблочной конструкции, данные на уровень мощности передатчика и пороговые значения уровня сигнала на входе приемника, часто относятся к точкам, соответствующим уровням на антенном волноводном соединителе (другими словами, в значения уровней уже заложены потери в разделительных фильтрах).

В этих случаях величина потерь  **$L_{рф} = 0$** . При разнесенной конструкции приемопередатчиков и антенн, потери в РФ составляют 4 - 5 дБ (в РРЛ большой емкости).

**$L_{доп}$**  - дополнительные потери, складывающиеся из потерь в антенных обтекателях  **$L_{ао}$**  и потерь от перепада высот приемной и передающей антенн  **$L_{пв}$** . ( **$L_{доп} = 1 - 2$  дБ**)..

$$L0 = 20 \lg(4.189 \cdot 10^4 R0 f), \text{ дБ}, \quad (2)$$

где  **$R0$**  - протяженность интервала РРЛ, км,

**$f$**  - рабочая частота, ГГц,

**$L_{г}$**  рассчитывается по формуле

$L_{\Gamma} = (\gamma_o + \gamma_n) R_0$ , дБ.

где  $\gamma_o$ ,  $\gamma_n$  - погонные затухания в водяных парах и атомах кислорода атмосферы (дБ/км), определяемые из графика ([прил. 2](#)).

## Дополнения

### Параметры некоторых типов антенн РРЛ

$f$ , ГГц	Тип	$G$ , дБ	Габариты, м	Изготовитель
2	АДЭ-3.5	35	D - 3.5	Россия
	АДЭ-5	38.5	D - 4.9	Россия
4	АПА 5/6 ПН	38.2	D - 3	НЕС (Япония)
	РПА-2П	39.5	3*2*6	Россия
	НРХ10-44D	40.3	D - 3.3	Эндрю (США)
	НРХ12-44D	42.5	D - 3.7	Эндрю (США)
	АДЭ-5	43.5	D - 4.9	Россия
6	АПА 5/6 ПН	41.4	D - 3	НЕС (Япония)
	АДЭ-3.5	42.5	D - 3.5	Россия
	РПА-2П	43	3*2*6	Россия
	НРХ12-56D	44.5	D - 3.7	Эндрю (США)
8	АНК1.1/8	37.6	D - 1.1	Россия
	АМД-1.75	41.5	D - 1.75	Россия
	АМД-2.5	44.5	D - 2.5	Россия
	АДЭ-3.5	46.3	D - 3.5	Россия
11	АДЭ-1	38.5	D - 1	Россия
	АНК1.1/11	40.6	D - 1.1	Россия
	НРХ6-107D	44	D - 1.8	Эндрю (США)
	АДУ-1.75/11	44.5	D - 1.75	Россия

В диапазонах частот выше 12 ГГц используются антенны диаметром 0.3 - 1.2 м.

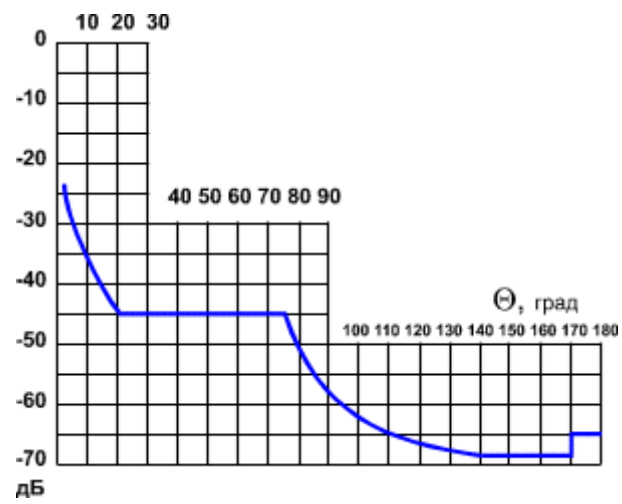
Формулы расчета гарантированной величины огибающих боковых и задних лепестков диаграмм направленности параболических антенн и примеры диаграмм направленности, рассчитанной по формулам и предоставляемой производителями оборудования

$A(\Theta)$	Углы	Примечание
$-G + 40 - 10 \lg(Da * f / 30) - 25 \lg(\Theta/2)$	$4500 / f / Da \leq \Theta \leq 75^\circ$	не $> -G$
$-G - 20 \lg[(\Theta - 72) / 3]$	$75^\circ < \Theta \leq 170^\circ$	не $> -(G + 25)$
$-(G + 20)$	$170^\circ < \Theta \leq 180^\circ$	-

$G$  - коэффициент усиления антенны, дБ (в общем случае, здесь нужно подставлять значение коэффициента направленного действия антенны, но для данных диапазонов частот  $KНД \approx G$ );

$Da$  - диаметр антенны, см;  $f$  - рабочая частота, ГГц;

$\Theta$  - угол, отсчитываемый от направления главного лепестка антенны, град.



На рис. П1.2 показаны диаграммы направленности антенн аппаратуры РРЛ типа PASOLINK фирмы NEC в стандартном и улучшенном исполнении.

## Приложения к изучаемым курсам

### ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Некоторые типы аппаратуры цифровых РРЛ

Аппаратура	Фирма	$f$ , ГГц	$P_{\text{ид}}$ , дБм	Модуляция	Скорость, Мбит/с	$P_{\text{пор}}$ ( $10^{-3}$ ), дБм
Эриком - 11	Россия	10.7-11.7	16	ЧММС	2 8	- 86 - 83
Радан - 2	Россия	10.7-11.7	17	ЧМ	1	- 78
Радан-МГ-120/480	Россия	10.7-11.7	18.5	ММС	34	- 73
Радан-МГ-11-120	Россия	10.7-11.7	18.5	ММС	8	- 87
Радан-МС-11-15/30	Россия	10.7-11.7	18	ЧМ	2	- 87
Nateks-Mikrolink SDH	НТЦ Натекс, Россия	10.75-11.25	24	128 QAM	STM-1	- 70*
МИК-РЛ11	Микран, Россия	10.7-11.7	28.5	QPSK	2 8 34	- 90 - 86 - 81
SRA 1/1S	Siemens	12.7-13.3	22.5	32 TCM	STM-0	- 80.5
NL 183	Nera	12.7-13.3	24	40ФМ	8	- 88
Бист-13	Россия	12.7-13.3	10 - 26	-	2 8 16	- 90 - 87 - 78
PASOLINK <sup>+</sup> (13)	NEC Япония	12.7-13.3	16.5 16.5 19.5 19.5	128 QAM(RS) 32 QAM(RS) 16 QAM (RS) 16 QAM (RS)	STM-1 STM-0 8 x 2 16 x 2	- 70 - 80 - 86.5 - 83.5
PASOLINK 13	NEC Япония	12.7-13.3	23 23 20 20	QPSK QPSK 16 QAM 16 QAM	4 8 8 x 2 16 x 2	- 92.5 - 89.5 - 83.5 - 80.5
SAGEM/LINK	Россия	12.7-13.2	22	QPSK	2 x 2 4 x 2 8 x 2 16 x 2 (34)	- 98 - 95 - 93 - 89
Nateks-Mikrolink	НТЦ Натекс, Россия	12.75-13.25	20	QPSK	2 x 2 4 x 2 8 x 2 16 x 2 (34)	- 92 - 89 - 87 - 84
FlexyHopper	Nokia	12.7-13.3	20	$\pi/4$ DQPSK	2 x 2 4 x 2 8 x 2 16 x 2	- 93 - 90 - 87 - 84
Nateks-Mikrolink	НТЦ Натекс,	12.75-	18	128 QAM	STM-1	- 70*



SDH	Россия	13.25				
МИК-РЛ13	Микран, Россия	12,75 - 13,25	28.5	QPSK	2 8 34	- 90 - 86 - 81
FlexyHopper	Nokia	14.5-15.3	20	$\pi/4$ DQPSK	2 x 2 4 x 2 8 x 2 16 x 2	- 93 - 90 - 87 - 84
SRA 1/1S	Siemens	14.5-15.3	21.5	32 TCM	STM-0	- 80
Nateks-Mikrolink	НТЦ Натекс, Россия	14.5-15.3	16	QPSK	2 x 2 4 x 2 8 x 2 16 x 2 (34)	- 92 - 89 - 87 - 84
NL 185	Nera	14.5-15.3	21	4ОФМ	8	- 88
Радиян-15	Радиян СПб	14.5-15.3	20 (26)	-	2 8 16 34	- 89 - 86 - 83 - 80
Радиус-15	Радиус-2 Москва	14.5-15.3	23	QPSK	2	- 87
MINI-LINK 15-C	Ericsson Швеция	14.5-15.3	18 (25)	4FSK	2 8 16 34	- 93 - 87 - 84 - 81
MINI-LINK 15-E (Микро) MINI-LINK 15-E	Ericsson Швеция	14.5-15.3	18 (25)	C-QPSK	2 4 8 16 34	- 94 - 91 - 88 - 85 - 82
PASOLINK 15	NEC Япония	14.5-15.3	23 23 20 20	QPSK QPSK 16 QAM 16 QAM	4 8 8 x 2 16 x 2	- 92.5 - 89.5 - 84 - 81
PASOLINK + (15)	NEC Япония	14.5-15.3	16.5 17 20 20	128 QAM(RS) 32 QAM(RS) 16 QAM (RS) 16 QAM (RS)	STM-1 STM-0 8 x 2 16 x 2	- 70 - 80.5 - 87 - 84
Nateks-Mikrolink SDH	НТЦ Натекс, Россия	14.4- 15.35	18	128 QAM	STM-1	- 70*
МИК-РЛ15	Микран, Россия	14,4 - 15,35	19.5	QPSK	2 8 34	- 90 - 86 - 81
FlexyHopper 18	Nokia	17.7-19.7	18	$\pi/4$ DQPSK	2 x 2 4 x 2 8 x 2	- 93 - 90 - 87

					16 x 2	- 84
Nateks-Mikrolink	НТЦ Натекс, Россия	17.7-19.7	16	QPSK	2 x 2 4 x 2 8 x 2 16 x 2 (34)	- 92 - 89 - 87 - 84
Nateks-Mikrolink SDH	НТЦ Натекс, Россия	17.7-19.7	17	128 QAM	STM-1	- 70*
MINI-LINK 18-E (Микро)  MINI-LINK 18-E	Ericsson Швеция	17.7-19.7	18 (23)	C-QPSK	2 4 8 16 34	- 94 - 91 - 88 - 85 - 82
PASOLINK 18	NEC Япония	17.7-19.7	23 23 20 20	QPSK QPSK 16 QAM 16 QAM	4 8 8 x 2 16 x 2	- 93 - 90 - 84 - 81
PASOLINK <sup>+</sup> (18)	NEC Япония	17.7-19.7	18 15 17 20 20	32 MLCM 128 QAM (RS) 32 QAM (RS) 16 QAM (RS) 16 QAM (RS)	STM-1 STM-1 STM-0 8 x 2 16 x 2	- 80 - 71.5 - 80 - 87 - 84
CITYLINK 155 32 TCM/18	Nera	17.7-19.7	17 (21)	32 TCM	STM-1	- 73
МИК-РЛ18	Микран, Россия	17.7-19.7	25.5	QPSK	2 8 34	- 90 - 86 - 81
Радиян-23	Радиян СПб	21.2-23.6	25	-	2 8 16 34	- 87 - 84 - 81 - 78
MINI-LINK 23-C	Ericsson Швеция	21.2-23.6	20	4FSK	2 4 8 16	- 92 - 86 - 83 - 80
CITYLINK 155 32 TCM/23	Nera	21.2-23.6	16.5	32 TCM	STM-1	-72.5
MINI-LINK 23-E (Микро)  MINI-LINK 23-E	Ericsson Швеция	21.2-23.6	20	C-QPSK	2 4 8 16 34	- 93 - 90 - 87 - 84 - 81
PASOLINK 23	NEC Япония	21.2-23.6	23 23 20 20	QPSK QPSK 16 QAM 16 QAM	4 8 8 x 2 16 x 2	- 90.5 - 87.5 - 83 - 80
PASOLINK <sup>+</sup> (23)	NEC Япония	21.2-23.6	18 15	32 MLCM 128 QAM	STM-1 STM-1	- 80 - 71.5

			17 20 20	(RS) 32 QAM (RS) 16 QAM (RS) 16 QAM (RS)	STM-0 8 x 2 16 x 2	- 80 - 87 - 84
Galaxy 23	Harris, USA	21.2-23.6	19	32 TCM	STM-1	- 76
FlexyHopper 23	Nokia	21.2-23.6	18	$\pi/4$ DQPSK	2 x 2 4 x 2 8 x 2 16 x 2	- 93 - 90 - 84 - 81
МИК-РЛ23Р	Микран, Россия	21,2...23,6	20, 23	QPSK	2 8 34	
Nateks-Mikrolink SDH	НТЦ Натекс, Россия	22.0-22.6 23.0-23.6	17	128 QAM	STM-1	- 70*
Galaxy 26	Harris, USA	24.3-26.5	19	32 TCM	STM-1	-76
MINI-LINK 26-C	Ericsson Швеция	24.3-26.5	10, 19	4FSK	2 4 8 16	- 88 - 85 - 82 - 79
MINI-LINK 26-E (Микро)  MINI-LINK 26-E	Ericsson Швеция	24.3-26.5	10, 18	C-QPSK	2 4 8 16 34	- 91 - 88 - 85 - 82 - 79
PASOLINK 26	NEC Япония	24.3-26.5	20 20 19 19	QPSK QPSK 16 QAM 16 QAM	4 8 8 x 2 16 x 2	- 90 - 87 -82 -79
PASOLINK <sup>+</sup> (26)	NEC Япония	24.3-26.5	17 14 16 19 19	32 MLCM 128 QAM (RS) 32 QAM (RS) 16 QAM (RS) 16 QAM (RS)	STM-1 STM-1 STM-0 8 x 2 16 x 2	- 79.5 - 71 - 79.5 - 86 - 83
FlexyHopper 26	Nokia	24.3-26.5	18	$\pi/4$ DQPSK	2 x 2 4 x 2 8 x 2 16 x 2	- 92 - 89 - 86 - 83
Nateks-Mikrolink SDH	НТЦ Натекс, Россия	24.5-26.5	17	128 QAM	STM-1	- 70*
Перевал Перевал-2	ГРПЗ Россия	37-39.5	21, 25	-	2 8	- 73 - 70
Galaxy 38	Harris, USA	37-39.5	16.5	32 TCM	STM-1	-74.5
MINI-LINK 38-C	Ericsson Швеция	37-39.5	15	4FSK	2 4 8	- 87 - 81 - 78

					16	- 75
MINI-LINK 38-E (Микро)	Ericsson Швеция	37-39.5	15	C-QPSK	2	-88
MINI-LINK 38-E					4	- 85
					8	- 82
					16	- 79
					34	- 76
PASOLINK 38	NEC Япония	37-39.5	16	QPSK	4	- 89
			16	QPSK	8	- 86
			15.5	16 QAM	8 x 2	-81
			15.5	16 QAM	16 x 2	-78
PASOLINK + (38)	NEC Япония	37-39.5	13.5	32 MLCM	STM-1	- 78
			12.5	32 QAM (RS)	STM-0	- 78.5
			15.5	16 QAM (RS)	8 x 2	- 85
			15.5	16 QAM (RS)	16 x 2	- 82
FlexyHopper 38	Nokia	37-39.5	16	$\pi/4$ DQPSK	2 x 2	- 90
					4 x 2	- 89
					8 x 2	- 86
					16 x 2	- 83
Nateks-Mikrolink SDH	НТЦ Натекс, Россия	37.0-39.5	15	128 QAM	STM-1	- 70*
Бист	Бист Россия	37-39.5	18	2PSK	2	- 87
				QPSK	8	- 84
				QPSK	34	- 75
				8 PSK	51	- 69
Sandra-3	Россия	92-95	10	ОФМ-2	10	- 76

## Виды модуляции в цифровых системах связи

<b>ЧМ</b> - частотная модуляция <b>ММС</b> - модуляция с минимальным сдвигом <b>4ОФМ</b> - четырехпозиционная относительная фазовая модуляция <b>ОФМ-2</b> - двухпозиционная относительная фазовая модуляция <b>8 PSK</b> - восьмипозиционная фазовая модуляция	<b>4 FSK</b> - четырехпозиционная частотная модуляция <b>QPSK</b> - квадратурная фазовая модуляция <b>C-QPSK</b> - квадратурная фазовая модуляция с постоянной огибающей (непрерывной фазой) <b><math>\pi/4</math> DQPSK</b> - квадратурная фазовая модуляция с относительным кодированием и сдвигом $\pi/4$	<b>N QAM</b> - N-позиционная квадратурная амплитудная модуляция <b>N TCM</b> - N-позиционная кодированная модуляция с решетчатым кодированием <b>N MLCM</b> - N-позиционная многоуровневая кодированная модуляция <b>RS</b> - код Рида-Соломона
---	---	--

## Основные параметры некоторых видов модуляции

(данные на отношения сигнал/шум приближительны, так как они зависят от способа

демодуляции, типа помехоустойчивого кодирования, фильтрации и пр.)

Вид модуляции	Тип модуляции	Сигнал/шум, дБ ( $k_{\text{ош}}=10^{-6}$ )	$\Delta f_m$
Двухпозиционная	ЧМ (2 ЧМ, FSK)	13.4	B
""	ФМ (2 ФМ, PSK)	10.5	B
Многопозиционная, классическая	4 ЧМ (4 FSK)	23.1	B/2
""	4 ФМ (4 PSK, QPSK)	13.5	B/2
""	8 ФМ (8 PSK)	18.8	B/3
""	16 КАМ (16 QAM)	20.5	B/4
""	64 КАМ (64 QAM)	26.5	B/6
""	256 КАМ (256 QAM)	32.6	B/8
Классическая модуляция с предкоррекцией ошибок (FEC)	16 КАМ (16 QAM) с FEC	17.6	$B(1+r)/4$
""	64 КАМ (64 QAM) с FEC	23.8	$B(1+r)/6$
<b>Кодированная с расширением алфавита</b>	<b>32 TCM</b>	<b>17.6</b>	<b>B/4</b>
""	<b>128 TCM</b>	<b>23.6</b>	<b>B/6</b>
<b>Кодированная с увеличением скорости</b>	<b>16 MLCM</b>	<b>15.6</b>	<b>B/3.5</b>
""	<b>64 MLCM</b>	<b>21.7</b>	<b>B/5.5</b>

$\Delta f_m$  - полоса частот, занимаемая модулированным сигналом,

B - скорость цифрового потока,

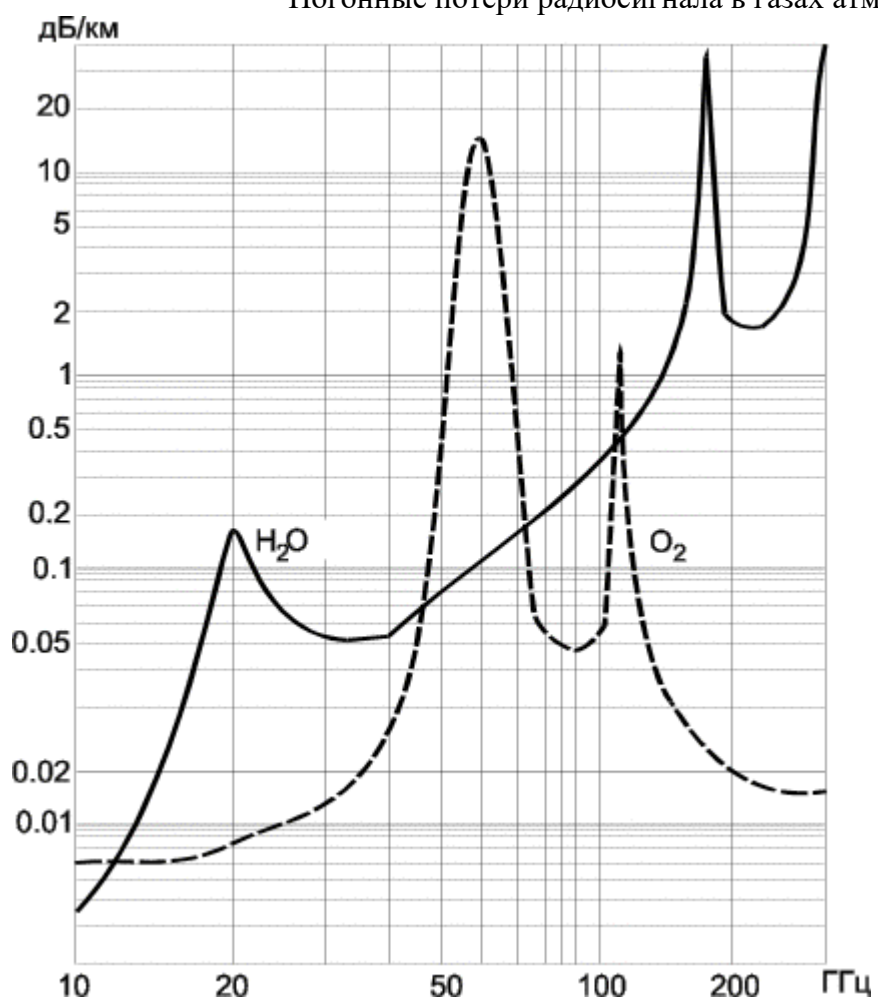
r - избыточность помехоустойчивого кодирования.

**STM-0 - синхронный транспортный модуль нулевого уровня (51.84 Мб/с)**

**STM-1 - синхронный транспортный модуль первого уровня (155.52 Мб/с)**

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Погонные потери радиосигнала в газах атмосферы



**ПРИЛОЖЕНИЕ 6** Интенсивность дождя, идущего с вероятностью 0.01%

Районы России	$J_{0.01}$ , мм/час
Карелия и Мурманская обл.	55
Архангельская обл	50
Ленинградская и Новгородская обл.	60
Центр европейской территории России	70
Северный Урал	45
Средний Урал, Пермская обл	80
Южный Урал и Приуралье	70
Прибайкалье, о. Сахалин	55
Юг европейской территории России	75
Северный Кавказ	100
Прикаспийская низменность	40
Западно-Сибирская низменность и Средне-Сибирское плоскогорье	55
Северо-Восток России	35
Прибайкалье и о. Сахалин	45
Камчатка	30

**Задание**

1. Провести расчеты радиолинии по данным, заданным преподавателем.
2. Построить диаграмму уровней.
3. Сделать выводы по работе

№ варианта	Протяженность Радиолинии, км	Чувствит. Приемника, дБм	Мощность передатчика, дБм	Рабочая частота, ГГц	Запас на замирания, дБм	Коэфф. Усил. Антенны, дБ
1	22	-85	15	40	30	
2	32	-80	20	38	20	
3	50	-90	25	24	30	
4	55	-95	30	21	20	
5	12	-100	12	18	30	
6	24	-80	17	12	20	
7	30	-75	24	15	30	
8	40	-70	18	4	20	
9	16	-65	12	18	30	
10	20	-60	16	6	20	
11	15	-105	25	8	30	
12	43	-110	13	11	20	
13	18	-85	10	13	30	
14	35	-70	35	4	20	
15	25	-75	15	6	30	
16	45	-80	33	2	20	

17	14	-90	30	27	30	
18	21	-95	25	8	20	
19	23	-60	20	18	30	
20	33	-65	23	27	20	

*Примечание: отчет создается и оформляется с использованием какого-либо текстового редактора.*

### **Контрольные вопросы к ПЗ1**

1. В чем измеряется уровень выходной мощности передатчика РРС?
2. Какие типы антенн используются в РРЛ?
3. Как зависит длина пролета от частоты сигнала?
4. На каких частотах начинает проявляться влияние гидрометеоров?
5. Как влияют на прохождение радиосигнала газы в атмосфере?
6. Какие виды затухания сигнала необходимо учитывать при расчете радиолинии?
7. Что такое чувствительность приемника?
8. Какие параметры радиосигнала могут изменять чувствительность приемника и в какую сторону?
9. Для чего необходим запас на замирания? Каким обычно выбирается его значение?
10. Что такое коэффициент усиления антенны?
11. Какие виды модуляции используются в РРС?
12. В чем преимущества использования фазовой модуляции?