

**РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОТКРЫТЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ**

19/5/2

**Одобрено кафедрой
«Железнодорожная автоматика,
телемеханика и связь»**

АВТОМАТИКА, ТЕЛЕМЕХАНИКА И СВЯЗЬ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

**Задание на контрольную работу №2
с методическими указаниями
для студентов V курса**

специальности

**190701. ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК И УПРАВЛЕНИЕ
НА ТРАНСПОРТЕ (ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТРАНСПОРТ) (Д)**



Москва – 2008

Составители: канд. техн. наук, проф. Ю.Г. Боровков,
доц. С.П. Коряковцев

Рецензент – канд. техн. наук, доц. В.А. Камнев

© **Российский государственный открытый технический университет
путей сообщения, 2008**

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Для успешного выполнения контрольной работы студент должен иметь ясное представление об устройстве, принципах действия и эксплуатационных возможностях технических средств железнодорожной связи и области их эффективного применения.

Цель контрольной работы – закрепить знания, полученные студентом при самостоятельном изучении дисциплины по рекомендуемой литературе.

Чертежи выполняются карандашом на белой или миллиметровой бумаге стандартных размеров: по высоте – 297 мм, а по длине – кратный 210 мм.

Пояснительная записка пишется на одной стороне стандартного листа бумаги (210×297). Все листы записки, в том числе чертежи и таблицы, должны быть сброшюрованы и иметь сплошную нумерацию, показанную в правом верхнем углу каждого листа. Для замечаний рецензента слева оставляют поля шириной 4 см. Чертежи вставляются в пояснительную записку после той страницы, на которой имеется первая ссылка на них. Исправления по замечаниям делаются на чистой стороне листа рядом с замечаниями.

Контрольная работа содержит три задачи с контрольными вопросами по тематике задачи. Пояснительная записка должна содержать тему контрольной работы, исходные данные задач по варианту, краткие пояснения по каждому заданию с соблюдением стандартной рубрики и ответы на контрольные вопросы. Рекомендуется использование современных компьютерных технологий для оформления текста пояснительной записки и чертежей.

В конце пояснительной записки приводится список использованной литературы.

ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

по теме:

«Расчет элементов и устройств железнодорожной связи»

Вариант исходных данных к каждой задаче студент выбирает по двум последним цифрам своего учебного шифра. Если

шифр состоит из одной цифры (например, 82-Д-3), то комбинацию цифр шифра следует дополнить справа нулем (т.е. в качестве последних цифр шифра следует использовать комбинацию 30).

Задача № 1

Условия задачи

Двухпроводная цепь при междугороднем разговоре абонентов состоит из участков:

- а) двух абонентских линий АЛ1-ЦТС1 и АЛ2-ЦТС2;
- б) двух соединительных линий между центральными телефонными станциями и междугородними станциями ЦТС1-МТС1 и ЦТС2-МТС2;
- в) междугородней линии МТС1-МТС2.

Необходимо:

1. Определить, исходя из допустимых норм затухания сигналов в линии каждого участка, максимально допустимую его длину при непосредственном телефонировании.

2. Выбрать правильные ответы на три тестовых вопроса.

Данные для расчета приведены в табл. 1, 2 и 3.

Таблица 1

Вариант (последняя цифра шифра)	Участки цепи			
	АЛ1-ЦТС1	ЦТС1-МТС1	МТС2-ЦТС2	ЦТС2-АЛ2
Материал провода – медь				
Диаметр провода, мм				
1	0,7	1,4	0,7	0,4
2	0,5	0,8	1,4	0,5
3	0,4	1,2	0,9	0,7
4	0,5	0,9	1,2	0,6
5	0,6	0,8	1,4	0,7
6	0,7	0,8	0,5	0,4
7	0,7	1,4	0,9	0,5
8	0,4	1,2	1,4	0,7
9	0,5	0,6	1,2	0,6
0	0,4	0,8	0,8	0,5

Таблица 2

Вариант (предпоследняя цифра шифра)	Участок цепи	
	МТС1-МТС2	
	Материал провода	Диаметр провода, мм
1	Сталь	4
2	Биметалл	4
3	Мель	4
4	Сталь	5
5	Сталь	5
6	Медь	3
7	Медь	4
8	Биметалл	4
9	Сталь	4
0	Медь	4

Таблица 3

Тип линии	Материал провода	Диаметр провода, мм	Километрическое затухание $\alpha_{л}$, дБ/км
Воздушная с расстоянием между проводами 20 см	Медь	4	0,026
	Медь	3	0,038
	Биметалл	4	0,052
	Сталь	5	0,128
	Сталь	4	0,146
Кабельная	Медь	1,4	0,3
		1,2	0,4
		0,9	0,6
		0,8	0,7
		0,7	0,85
		0,6	1,09
		0,5	1,39
0,4	1,65		

Методические указания к задаче 1

Основу железнодорожных сетей связи, обеспечивающих управление технологическими процессами на всех уровнях транспортной системы (железнодорожные станции и узлы, отделения и управления железных дорог, ОАО «РЖД») составляют средства проводной связи.

Железнодорожные сети связи делятся на первичные и вторичные сети связи. Первичная сеть состоит из совокупности

линий передачи, сетевых узлов и сетевых станций. По каналам и трактам первичной сети организуется вторичная сеть связи. В зависимости от вида электросвязи вторичные сети носят названия: телефонная, телеграфная, сети передачи данных и т.п.

Существующая первичная сеть связи железнодорожного транспорта является в основном аналоговой и организована на кабельных и воздушных линиях передачи. ОАО «РЖД» совместно с железными дорогами проводится большая работа по созданию сети на наиболее грузонапряженных направлениях с использованием волоконнооптических линий связи (ВОЛС), оборудованных цифровыми системами передачи информации.

Основой первичных сетей связи являются линии связи, которые разделяют на воздушные и кабельные (симметричные и коаксиальные) проводные линии.

Воздушные линии обладают большой механической прочностью, имеют длительные сроки службы и позволяют осуществлять связь на значительные расстояния. В низкочастотном диапазоне непосредственная дальность передачи по однородной линии с медными проводами достигает 250 км, в то время как по симметричному кабелю дальность передачи не превышает 30–40 км [7].

В то же время эти линии имеют ряд недостатков:

- невозможность передачи частот выше 350 кГц;
- зависимость электрических параметров цепей от метеорологических условий;
- громоздкость конструкций;
- подверженность электромагнитным воздействиям;
- значительная стоимость 1 канала-километра связи.

Основным элементом воздушных линий связи являются провода, в качестве которых используются стальная, медная или биметаллическая *проволоки*.

Кабель представляет собой несколько изолированных токопроводящих жил, заключенных, в металлическую или полимерную оболочку, которая дополнительно защищается от

различного рода механических, электромагнитных и электрохимических воздействий соответствующим покровом.

В зависимости от условий прокладки и эксплуатации кабели связи подразделяют на подземные, прокладываемые в грунте, подводные и подвесные. По конструкции и взаимному расположению проводников выделяют симметричные кабели, которые содержат одинаковые в конструктивном и электрическом отношении проводники.

Токопроводящие жилы симметричных кабелей изготавливают в основном круглой формы из меди диаметром 0,8; 0,9; 1; 1,05; 1,2; 1,4 мм для кабелей многоканальной связи и 0,32; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7 мм для кабелей местной связи.

Телефонная связь после установления соединения между двумя территориально удаленными абонентами может осуществляться по следующей схеме. Речь вызывающего абонента станции А преобразуется с помощью микрофона в электрический сигнал низкой частоты в диапазоне 80 – 12 000 Гц, который передается по абонентской линии связи АЛ на АТС1 местной телефонной сети. По выделенной АТС1 свободной междугородней линии связи МСЛ сигнал поступает на междугороднюю телефонную станцию МТС1 станции А и далее на междугороднюю телефонную станцию МТС2 станции В. С телефонной станции МТС2 электрический сигнал передается по междугородней соединительной линии МСЛ на АТС2 местной телефонной сети станции В вызываемого абонента и далее по абонентской линии АЛ вызываемому абоненту. Электрический сигнал затем преобразуется с помощью телефона в звуковой сигнал, воспроизводящий речь вызывающего абонента.

При прохождении электрического сигнала по физической линии связи он ослабевает в силу потери энергии в проводах из-за наличия активного сопротивления проводов и утечки тока между проводами через изоляцию.

Для оценки качества телефонной передачи по разговорному тракту пользуются величиной рабочего затухания α_p , которая нормируется и для тока частотой 800 Гц не должна быть более 30 дБ.

При расчете рабочего затухания используется формула:

$$\alpha_p = 10 \cdot \lg(p_1/p_2), \text{ дБ.} \quad (1)$$

Здесь p_1 — максимальная мощность, отдаваемая передатчиком вызывающего абонента в линию АЛ, Вт;

p_2 — мощность сигнала, получаемая из линии АЛ приемником вызываемого абонента, Вт.

Следовательно, 30 дБ соответствует допустимому ослаблению мощности полезного сигнала в 1000 раз.

Действительно: $\alpha_p = 10 \cdot \lg 1000 = 10 \cdot \lg 10^3 = 10 \cdot 3 = 30$ дБ.

Условия протекания электрического сигнала переменной частоты в основном определяются первичными параметрами линии, к которым относятся удельное полное сопротивление z и проводимость g линии.

Удельное полное сопротивление состоит из активной r_a и реактивной x составляющих: $z = r_a + jx$. Удельное активное сопротивление r_a есть активное сопротивление одного километра линии, и характеризует потери энергии (затухание сигнала) в ней из-за нагрева проводов, увеличивается с увеличением длины линии, частоты электрического сигнала и уменьшением диаметра провода.

Удельное реактивное сопротивление x содержит индуктивную и емкостную составляющие, которые вносят искажение формы сигнала из-за различия фазовых сдвигов отдельных гармонических составляющих сложного электрического сигнала, который используется для передачи речи.

Удельная проводимость g характеризует потери в линии из-за утечки электрического сигнала из одного провода линии в другой на длине 1 км и увеличивается при снижении сопротивления изоляции между проводами.

Для оценки затухания электрического сигнала (потерь) в линейных проводах, изготовленных из разного материала и отличающихся способом их прокладки, используется такой показатель, как километрическое затухание передаваемого по линии электрического сигнала частотой 800 Гц.

При передаче сигнала телефонного разговора от одного абонента к другому с использованием междугородней связи

он проходит по нескольким участкам с различным типом линий, использующих различный материал проводов и, соответственно, имеющих различное километрическое (удельное) затухание электрического сигнала частотой 800 Гц.

Для того чтобы обеспечить требуемое суммарное затухание сигнала на всем тракте его передачи необходимо, чтобы в линии каждого участка общее затухание не превышало нормируемые максимально допустимые значения, представленные на рис. 1 [7].

Как видно из приведенного рисунка на станционную мест-

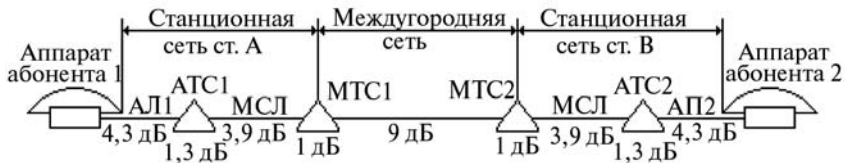


Рис. 1 Распределение рабочего затухания между различными участками телефонных сетей

ную телефонную сеть отводится в общем 9,5 дБ, из них на потери в абонентской линии АЛ — 4,3 дБ, в междугородней линии связи с МТС — 3,9 дБ и непосредственно в самой АТС лишь 1,3 дБ. На потери в линии междугородней сети отводится 9 дБ, на потери в самой МТС — 1 дБ.

Нормативные значения рабочих затуханий в линиях отдельных участков сети обеспечиваются только при определенных их длинах, максимальные значения которых зависят от километрического затухания примененных типов линий и параметров проводов и определяются по следующей формуле:

$$L_{\max} = \frac{\alpha_{\text{р.доп}}}{\alpha_{\text{л}}} \quad (2)$$

Здесь $\alpha_{\text{р.доп}}$ — допустимое рабочее затухание участка цепи максимальной длины L_{\max} , при котором обеспечивается удовлетворительное качество разговора, дБ;

$\alpha_{\text{л}}$ — километрическое затухание линии участка цепи, дБ/км.

Результаты расчета представить в виде табл. 4.

Таблица 4

Участок цепи	$\alpha_{л}$, дБ/км	$\alpha_{р.доп}$, дБ	L_{max} , км
АЛ1			
МСЛ1			
МТС1-МТС2			
МСЛ2			
АЛ2			
Суммарная длина цепи, км: $\Sigma L_{max} =$			

Контрольный тест

1. От каких параметров не зависит максимально допустимая длина телефонной линии при передаче электрических сигналов переменного тока?

- А) от диаметра провода;
- Б) от материала провода;
- В) от качества изоляции провода;
- Г) от громкости разговора абонента по телефону;
- Д) от километрического затухания.

2. Что не относится к первичным параметрам линии (несколько ответов):

- А) тип линии;
- Б) удельное активное сопротивление линии;
- В) удельное сопротивление изоляции линии;
- Г) диаметр провода;
- Д) материал провода.

3. Характерные признаки симметричного кабеля (несколько ответов):

- А) обладает симметрией относительно центральной оси;
- Б) жилы кабеля имеют одни и те же электрические свойства;
- В) жилы кабеля имеют один и тот же диаметр;
- Г) не имеет защитной оболочки;
- Д) имеет защитную оболочку.

Задача № 2

Условия задачи

Для одной из двух заданных в табл. 5 технологических сетей станционной радиосвязи (УКВ диапазон 150 мГц) необходимо:

1. Определить высоту установки стационарной антенны радиостанции типа РС (радиостанция стационарная) для обеспечения заданной дальности связи с локомотивной радиостанцией типа РВ (радиостанция возимая). Обозначим данный вид связи как РС-РВ.

2. Рассчитать дальность связи РВ-РВ между локомотивами, оборудованными радиостанциями РВ.

3. Рассчитать дальность связи РС-РН между стационарной радиостанцией РС и носимой радиостанцией РН.

4. Рассчитать дальность связи РВ-РН между локомотивной и носимой радиостанциями.

5. Рассчитать дальность связи РН-РН между носимыми радиостанциями.

Таблица 5

Последняя цифра шифра	Технологическая сеть	Дальность связи РС-РВ,
Четная (или 0)	Горочная радиосвязь	2,8 км
Нечетная	Маневровая радиосвязь	5,0 км

Исходные данные

В соответствии с [3, табл. 3.1] сети технологической радиосвязи на станциях и узлах характеризуются составом абонентов, количеством и типом радиостанций и дальностью радиосвязи.

1. Горочная радиосвязь

Состав абонентов: дежурный по горке, машинисты горочных локомотивов, горочные составители, регулировщики скорости отцепов.

Число и тип радиостанций: РС - от 1 до 2, РВ - от 2 до 4, РН - от 2 до 7.

2. Маневровая радиосвязь

Состав абонентов: маневровый диспетчер, дежурные по паркам, составители поездов, машинисты маневровых локомотивов.

Число и тип радиостанций: РС - от 1 до 3, РВ – от 2 до 5, РН – от 2 до 5;

Характеристики участка железной дороги на станции и показатели надежности канала радиосвязи заданы в табл.6. При этом тип тяги на участке представлен в цифровом эквиваленте:

- 1 – участок электрифицирован по системе переменного тока;
- 2 – участок электрифицирован по системе постоянного тока;
- 3 – неэлектрифицированный участок с автономной тягой.

Таблица 6

Номер задания	Участок дороги (номер задания выбирается по последней цифре шифра)	Надежность радиосвязи p , % (номер задания выбирается по предпоследней цифре шифра)
1	1	40
2	1	45
3	1	50
4	2	55
5	2	60
6	2	65
7	3	70
8	3	75
9	3	80
0	1	90

В качестве коаксиального кабеля передающего и приемного фидеров принять кабель типа РК – 75-4-11 (коэффициент затухания $\alpha = 0,15$ дБ/м), если предпоследняя цифра шифра четная, или кабель типа РК – 50-7-11 (коэффициент затухания $\alpha = 0,1$ дБ/м), если предпоследняя цифра шифра нечетная.

Тип и коэффициент усиления антенны G_{pc} стационарной радиостанции РС выбираются студентами из табл. 7:

Таблица 7

Модуль разности двух последних цифр шифра	Тип антенны стационарной радиостанции РС	Коэффициент усиления антенны G_{pc} , дБ
1	АС-2/2	3
2	АС-3/2	9
3	АС-4/2	6
4	АС-5/2	5
5	АС-6/2	7
6	АС-1/2	0
7	АС-2/2	3
8	АС-3/2	8
9	АС-4/2	9
0	АС-1/2	4

Тип и коэффициент усиления $G_{рв}$ (указан в круглых скобках) антенны локомотивной радиостанции РВ выбираются по последней цифре шифра:

АЛ/2 ($G_{рв} = 0,5$ дБ) – в случае четной цифры;

АЛП/2,3 ($G_{рв} = 0$ дБ) – в случае нечетной цифры.

Характер трассы передвижения работников станции с носимой радиостанцией выбирается по предпоследней цифре:

трасса открытая – в случае четной цифры;

трасса закрытая – в случае нечетной цифры.

Значение входного сопротивления приемника R_2 для графика рис. 2 выбирается по предпоследней цифре шифра студента:

$R_2 = 75$ Ом – в случае четной цифры;

$R_2 = 50$ Ом – в случае нечетной цифры.

Значения поправочных коэффициентов $B_{рн}$ в дБ, учитывающих ухудшение условий передачи информации в каналах с носимыми радиостанциями, выбираются из табл. 8 в зависимости от заданных типа участка, вида связи и характера трассы носимых радиостанций. Мощность стационарной РС и возимой РВ радиостанций выбирается из табл. 9 по последней цифре шифра студента.

Таблица 8

Канал связи	Тип участка		
	неэлектрифицированный (3)	электрифицированный на постоянном токе (2)	электрифицированный на переменном токе (1)
РС-РН	6	2	2
Открытая трасса канала РН-РН	6	0	0
Закрытая трасса канала РН-РН	12	4	2

Таблица 9

Последняя цифра шифра	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Мощность P , Вт	8	9	10	11	12	12	11	10	9	8

При выполнении расчетов использовать следующие конструктивные параметры антенн радиостанций:

- длина фидера антенны стационарной радиостанции РС – 20 м,
- высота установки антенны локомотивной радиостанции РВ – 5 м,
- высота установки антенны носимой радиостанции РН – 1,5 м,
- длина фидера антенны локомотивной радиостанции РВ – 4 м,
- длина фидера антенны носимой радиостанции РН – 0 м.

Мощность носимой радиостанции РН для всех вариантов принять равной 1 Вт.

Методические указания к задаче 2

Радиосвязь в метровом (УКВ) диапазоне электромагнитных волн на железнодорожном транспорте имеет ряд особенностей, которые определяются спецификой их распространения в условиях электрифицированных дорог и высоким уровнем импульсных радиопомех. Последнее особенно касается локомотивных радиостанций, чьи антенны находятся обычно рядом с токосъемником – главным источником радиопомех, а металлический кузов локомотива еще и экранирует антенны, ухудшая условия радиосвязи.

С учетом этих особенностей и разработаны Методические указания по расчету системы станционной радиосвязи на УКВ диапазоне, которыми следует руководствоваться при расчете дальности станционной радиосвязи.

На практике обычно сначала определяют необходимую высоту установки антенны стационарной радиостанции, исходя из заданной дальности (максимального удаления подвижного абонента), качества и надежности радиосвязи. Канал радиосвязи рассчитывают по направлению от стационарной радио-

станции РС к локомотивной – РВ. Поскольку уровни помех в антенне радиостанции РВ выше, чем в РС, то, следовательно, в обратном направлении радиосвязь будет обеспечена с большей надежностью.

В основу расчета канала станционной радиосвязи положены графические зависимости, представленные на рис. 2 [3, рис. 8.1]. Данные графики построены на основе статистической обработки данных, полученных в результате многочисленных измерений на различных участках неэлектрифицированных дорог, и отражают реальные условия распространения радиоволн метрового диапазона на станциях и в узлах. Семейство кривых показывает зависимость средних значений напряженности поля E_2 от расстояния r при различных значениях произведения высот передающей h_1 и приемной h_2 антенн.

Для построения кривых были использованы следующие исходные данные:

- излучаемая мощность передатчика УКВ радиостанции $P = 8$ Вт;

- коэффициенты усиления передающей G_1 и приемной антенн G_2 равны: $G_1 = G_2 = 0$ дБ;

- в антеннах применены идеальные передающий и приемный фидеры, коэффициенты затухания коаксиальных кабелей которых, соответственно, α_1 и α_2 при согласовании антенно-фидерного тракта с входным сопротивлением приемника 75 Ом равны 0 дБ/м.

Наряду с напряженностью поля E_2 (на рис.2 ордината слева) для удобства инженерного расчета на приведенном рисунке указаны также значения напряжения на входе приемника радиостанции U_2 (на рис. 2 ордината справа), соответствующие напряженности поля в точке приема. Эти параметры приведены в децибелах по отношению соответственно к 1 мкВ/м ($20\lg E_2$) и 1 мкВ ($20\lg U_2$) и являются медианными значениями с вероятностью $p = 50\%$ по месту и времени.

При реальных расчетах дальности радиосвязи необходимо задаваться надежностью канала радиосвязи с вероятностью не менее 95%. Это означает, что, по крайней мере, в 95% случаев

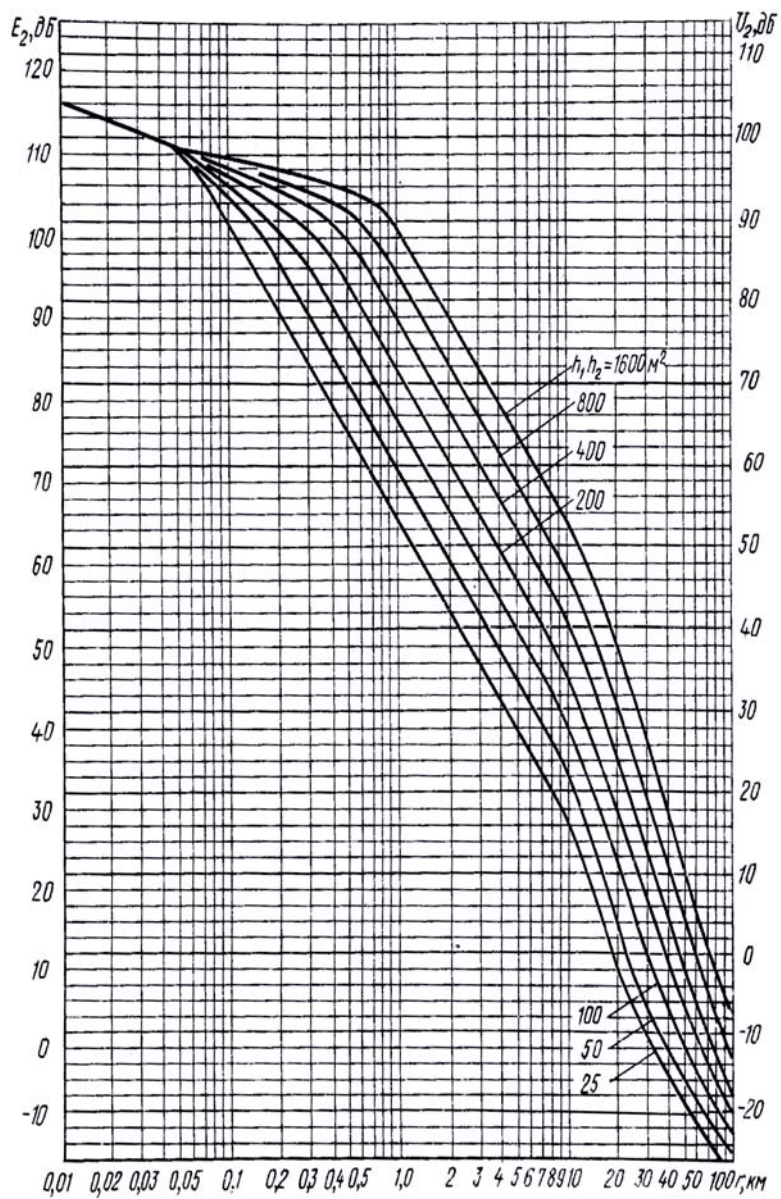


Рис. 2

из общего числа измерений, напряженность поля (напряжение на входе приемника) в точке приема будет не меньше требуемого значения даже при самых неблагоприятных условиях. Изменение сигнала относительно некоторого его среднего значения обусловлено попаданием приемной антенны в точки интерференционного минимума с уменьшением значения сигнала вплоть до потери связи.

Это явление учитывается с помощью функции распределения уровней, устанавливающей зависимость коэффициента $B_{и}$, учитывающего интерференцию сигнала, от вероятности p превышения некоторого заданного уровня сигнала E и показанную на рис. 3 [2, рис. 2.6]. По оси ординат отложен уровень сигнала $K_u = E/E_{ср}$ (в безразмерных единицах) и $B_{и} = 20\lg(E/E_{ср})$ дБ относительно среднего значения $E_{ср}$. Коэффициент $B_{и}$ при $p < 50\%$ имеет положительные значения, а при $p > 50\%$ – отрицательные, что соответствует увеличению или уменьшению напряженности поля, определенному по графику на рис. 2. Линия 1 соответствует неэлектрифицированным железнодорожным станциям и узлам. Линия 2 характеризует распределение уровней сигнала на электрифицированных станциях.

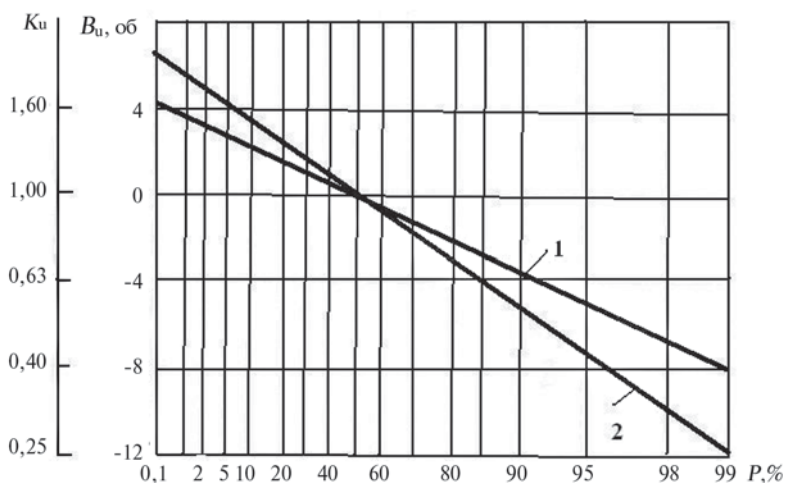


Рис. 3

Таким образом, по графикам (см. рис. 2 и рис. 3) можно определить, с какой вероятностью будет обеспечено то или иное значение напряжения U_2 или дальность радиосвязи, заданная высотой установки антенн, надежностью канала радиосвязи и реализуемой чувствительностью приемника.

Реализуемая чувствительность приемника – это наименьшее значение полезного сигнала на его входе $U_{2\min}$, при котором обеспечивается заданная разборчивость речи при соотношении сигнал/помеха на выходе приемника, равном 12 дБ. При этом на участках, электрифицированных на переменном токе, напряжение $U_{2\min}$ на входе приемника должно быть не менее 14 дБ (5 мкВ), электрифицированных на постоянном токе – не менее 6 дБ (2 мкВ) и на неэлектрифицированных участках – не менее 4 дБ (1,5 мкВ) [1, табл. 3.4].

В реальных условиях необходимо учитывать фактические параметры рассчитываемой системы: мощность передатчика, электрические характеристики используемых антенн, затухание приемного и передающего фидеров, ослабление электромагнитного поля вследствие влияния устройств контактной сети, корпуса и оборудования, расположенного на крыше локомотива. Перечисленные факторы учитываются соответствующими коэффициентами. В общем случае напряжение полезного сигнала на входе приемника

$$U_{\text{вх}} = U_2 - \alpha_1 l_1 + G_1 - \alpha_2 l_2 + G_2 - B_{\text{к}} - B_{\text{л}} + B_{\text{и}} + B_{\text{м}} + B_{\text{г}},$$

где U_2 – напряжение на входе приемника, определенное по графику (рис. 2) для заданных значений h_1, h_2 и дальности связи, дБ;

α_1, α_2 – коэффициенты затухания коаксиальных кабелей, дБ/м;

$\alpha_1 l_1, \alpha_2 l_2$ – затухание соответственно передающего и приемного фидеров, дБ;

G_1, G_2 – коэффициенты усиления соответственно передающей и приемной антенн по отношению к изотропному излучателю, дБ;

$B_{\text{к}} = 8$ дБ – коэффициент, учитывающий дополнительное ослабление напряженности поля контактной сетью

на электрифицированных участках при условии, что приемная или передающая антенны находятся под контактной сетью;

$B_{л} = 9$ дБ – коэффициент ослабления поля из-за влияния кузова локомотива и его оборудования на крыше, учитывается при расчете дальности радиосвязи с локомотивной радиостанцией;

$B_{и}$ – поправочный коэффициент, учитывающий интерференционные замирания (флуктуации) сигналов в каналах станционной радиосвязи и зависящий от принятой надежности канала по полю, дБ;

$B_{м} = 10 \cdot \lg(P_1 / 8)$ – коэффициент, учитывающий отличие мощности передатчика P_1 от 8 Вт, принятых при построении зависимостей на рис. 2, дБ;

$B_{г} = 10 \cdot \lg(R_2 / 75)$ – коэффициент, учитывающий отличие входного сопротивления приемника R_2 от 75 Ом, принятых на графиках при определении соотношения между E_2 и U_2 на рис. 2, дБ.

Если на границе зоны обслуживания (при максимальной дальности связи) напряжение полезного сигнала на входе приемника превысит или будет равно реализуемой чувствительности $U_{вх} \geq U_{2min}$, то заданное качество разборчивости речи обеспечивается.

Следовательно, при заданных высотах антенн, надежности канала радиосвязи и применительно к конкретным условиям, расчетное напряжение полезного сигнала на входе приемника $U_{2р}$ на границе зоны обслуживания, приведенное к зависимостям на рис. 2 определяется формулой:

$$U_{2р} = U_{2min} + \alpha_1 l_1 - G_1 + \alpha_2 l_2 - G_2 + B_{к} + B_{л} - B_{и} - B_{м} - B_{г}.$$

Вычислив значение $U_{2р}$ для конкретных условий организации радиосвязи, по кривым на рис. 2 определяется высота установки антенн исходя из заданной дальности радиосвязи. Для этого на оси ординат откладывается расчетный уровень напряжения полезного сигнала $U_{2р}$ и проводится горизонтальная линия, а по оси абсцисс – требуемая дальность связи r , км, и проводится вертикальная линия. Точка пересечения

их определяет необходимое произведение высот установки антенн $h_1 \cdot h_2$ для обеспечения требуемой дальности связи. Аналогично решается обратная задача — определение дальности связи при заданных произведениях высот $h_1 \cdot h_2$.

При расчете дальности связи в канале с носимыми радиостанциями и приемниками следует учитывать низкое расположение их антенн (1-1,5м) и, как следствие, значительное экранирующее влияние близкорасположенного подвижного состава (высотой около 5 м), а также влияние тела оператора на параметры излучения антенны носимой радиостанции. Эти и ряд других факторов учитываются путем введения в формулу для U_{2p} значения коэффициента усиления для антенны носимой радиостанции $G_{рн} = 0$ дБ и поправочных коэффициентов $B_{рн}$, учитывающего ухудшение условий передачи информации в каналах с носимыми радиостанциями, и B_h , повышающего точность расчета вместо интерполяции положения семейства кривых на рис. 2 в случае малых высот установки антенн, когда их реальное произведение $h_1 \cdot h_2$ оказывается меньше наименьшего значения 25 м^2 .

$$B_h = 20 \lg\left(\frac{25}{h_1 \cdot h_2}\right), \text{ дБ.}$$

Расчет дальности в этом случае производится по кривой $h_1 \cdot h_2 = 25 \text{ м}^2$.

Контрольный тест

1. Что понимается под чувствительностью приемника радиосигналов? Выберите правильный ответ.

А) наибольшее значение полезного сигнала на его входе, при котором обеспечивается заданная разборчивость речи;

Б) минимальное отношение значения полезного сигнала к сигналу помехи;

В) максимально допустимое отношение значения полезного сигнала к сигналу помехи;

Г) минимальное значение входного сигнала;

Д) наименьшее значение полезного сигнала на его входе, при котором обеспечивается заданная разборчивость речи.

2. Какие факторы необходимо учитывать при расчете систем радиосвязи? Выберите несколько правильных ответов.

А) мощность передатчика;

Б) уровень громкости разговорной речи;

В) ослабление электромагнитного поля вследствие влияния экранирующего действия внешних устройств;

Г) месторасположение маневрового диспетчера;

Д) затухание приемного и передающего фидеров.

3. Какова надежность радиосвязи, если установлено, что в 80 процентах случаев из общего числа произведенных измерений, напряжение на входе приемника в точке приема было не меньше требуемого значения даже при самых неблагоприятных условиях? Выберите правильный ответ.

А) 0,2;

Б) 1,2;

В) 0,8;

Г) 1,8;

Д) 80.

Задача № 3

Условия задачи

По цифровому каналу связи, подверженному воздействию помех, передается одна из двух команд управления в виде восьмиразрядной кодовой комбинации двоичного кода $x_8x_7x_6x_5x_4x_3x_2x_1$, причем вероятности передачи этих команд по результатам длительных наблюдений соответственно равны $p_{п1} = 0,8$ и $p_{п2} = 0,2$. Из-за наличия помех в канале вероятность правильного приема каждого из символов (1 или 0) уменьшается и составляет $p_c = 0,6$ (техническая характеристика канала). Предполагается, что символы кодовых комбинаций искажаются независимо друг от друга. На выходе приемного устройства зарегистрирована комбинация $y_8y_7y_6y_5y_4y_3y_2y_1$. При

приеме без ошибок значения соответствующих символов принятой y_i кодовой комбинации должны быть равны значениям соответствующих символов переданной x_i кодовой комбинации, т.е. $y_i = x_i$ для всех 8 разрядов $i = 8, 7, \dots, 1$.

Требуется определить, какая команда и с какой вероятностью была передана, если известна принятая кодовая комбинация $y_8y_7y_6y_5y_4y_3y_2y_1$?

Конкретный вид принятой комбинации определяется путем представления последних трех цифр шифра студента в двоичной системе счисления с последующим оставлением в этой записи восьми младших разрядов или, наоборот, добавлением произвольных символов (0 или 1) в недостающие до восьми старшие разряды.

Кодовые комбинации, соответствующие передаваемым командам управления выбираются из табл.10 по последней цифре шифра.

Таблица 10

Последняя цифра шифра	Команда 2								Команда 1							
	x_7	x_6	x_5	x_4	x_3	x_2	x_1	x_0	x_7	x_6	x_5	x_4	x_3	x_2	x_1	x_0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0
1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1
2	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1
3	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1
4	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1
5	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1
6	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1
7	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1
8	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1
9	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1

Методические указания к решению задачи № 3

Пусть Y – событие, состоящее в приеме кодовой комбинации 10110101, которая выбрана нами в качестве примера. Так как, какая из двух команд передана, нам неизвестна, поэтому будем рассматривать две гипотезы (предположения): H_1 – была передана команда 1 управления и H_2 – была передана коман-

да 2 управления, кодовые комбинации $x_8x_7x_6x_5x_4x_3x_2x_1$ которых, например, равны соответственно: 11111111 и 00000000.

Допустим, что согласно условию нашей задачи, априори (т.е. до получения конкретной комбинации Y) значения вероятностей этих гипотез нам известны и равны, например: $P(H_1) = p_{п1} = 0,7$; $P(H_2) = p_{п2} = 0,3$. Сравнивая поразрядно значения символов y_i принятой комбинации со значениями соответствующих символов x_i гипотетически переданной комбинации, можно найти условную вероятность того, что принятая кодовая комбинация есть искаженная гипотетически переданная кодовая комбинация. Если при сравнении значений двух одноименных разрядов с индексом i имеет место равенство $y_i = x_i$, то, следовательно, искажение значения символа данного разряда отсутствует, а вероятность этого события согласно заданному условию равна p_c . Если же при сравнении имеет место неравенство значений $y_i \neq x_i$, то это говорит об искажении значения данного символа в процессе его передачи по каналу связи под воздействием помех, а вероятность данного события равна $q_c = (1 - p_c)$. Последовательно перемножая вероятности этих событий по результатам сравнения, получим искомое значение условной вероятности той или иной гипотезы.

Так, например, в нашем случае условная вероятность приема искаженной кодовой комбинации 10110101 вместо 11111111 равна:

$$P(Y/H_1) = p_c \cdot q_c \cdot p_c \cdot p_c \cdot q_c \cdot p_c \cdot q_c \cdot p_c = \\ = 0,6 \cdot 0,4 \cdot 0,6 \cdot 0,6 \cdot 0,4 \cdot 0,6 \cdot 0,4 \cdot 0,6 = 0,004977.$$

Аналогично условная вероятность приема искаженной кодовой комбинации 10110101 вместо 00000000 равна

$$P(Y/H_2) = q_c \cdot p_c \cdot q_c \cdot q_c \cdot p_c \cdot q_c \cdot p_c \cdot q_c = \\ = 0,4 \cdot 0,6 \cdot 0,4 \cdot 0,4 \cdot 0,6 \cdot 0,4 \cdot 0,6 \cdot 0,4 = 0,002212.$$

Решение о том, какая команда была передана, принимается на основе анализа результатов расчета условных вероятностей случайных событий по формулам Байеса с использованием значений полученных нами ранее апостериорных (т.е. после

получения кодовой комбинации Y) вероятностей $P(Y/H_1)$ и $P(Y/H_2)$ гипотез (H_1 и H_2):

$$P(H_1/Y) = \frac{P(H_1) \cdot P(Y/H_1)}{\sum_{k=1}^2 [P(H_k) \cdot P(Y/H_k)]} = \frac{0,7 \cdot 0,004977}{0,7 \cdot 0,004977 + 0,3 \cdot 0,002212} = 0,84,$$

$$P(H_2/Y) = \frac{P(H_2)P(Y/H_2)}{\sum_{k=1}^2 [P(H_k)P(Y/H_k)]} = \frac{0,3 \cdot 0,002212}{0,7 \cdot 0,004977 + 0,3 \cdot 0,002212} = 0,16.$$

Сравнивая найденные условные вероятности, приходим к заключению, что при появлении на выходе комбинации 10110101 с вероятностью 0,84 была передана команда 1, которой по условию соответствует кодовая комбинация 11111111.

Чтобы составить требуемую принятую кодовую комбинацию Y двоичного кода необходимо проставить веса всех восьми его единичных разрядов, которые представляют собой десятиричные эквиваленты единичных разрядов. Для этого необходимо взять 8-разрядную кодовую комбинацию двоичного кода, состоящую из одних единиц: 11111111, и проставить веса единичных разрядов, которые равны 2^{n-1} , начиная с первого левого (младшего) разряда и кончая восьмым правым (старшим) разрядом, где n – есть текущий номер разряда:

$$2^7 \ 2^6 \ 2^5 \ 2^4 \ 2^3 \ 2^2 \ 2^1 \ 2^0 = 128 \ 64 \ 32 \ 16 \ 8 \ 4 \ 2 \ 1.$$

Десятиричный эквивалент двоичного числа равен сумме весов всех его единичных разрядов, т.е. $11111111_2 = 128 + 64 + 32 + 16 + 8 + 4 + 2 + 1 = 255_{10}$.

По условию задачи ваши три последние цифры шифра представляют собой десятиричный эквивалент вашей кодовой комбинации. Вам остается только набрать в сумме из весов единичных разрядов (веса не должны повторяться) ваше трехразрядное число. Те номера разрядов, веса которых вы использовали, должны иметь в вашей кодовой комбинации единичные значения, а остальные разряды иметь нулевые значения.

Примеры. 1. Допустим, три последних цифры вашего шифра имеют нулевые значения, 000_{10} . При отсутствии значащих цифр все разряды имеют нулевые значения: $000_{10} = 00000000_2$.

2. $001_{10} = 1$ (вес y_1) = 00000001_2

3. $011_{10} = 8$ (вес y_4) + 2 (вес y_2) + 1 (вес y_1) = 00001011_2 .

4. $111_{10} = 64$ (вес y_7) + 32 (вес y_6) + 8 (вес y_4) + 4 (вес y_3) + 2 (вес y_2) + 1 (вес y_1) = 01101111_2 .

Примечание. Индексы 10 и 2 указывают на основание системы счисления, в которой представлено число, соответственно, в десятичной или двоичной системах счисления.

Контрольный тест

1. Какому десятичному числу соответствует двоичное число: 10101_2 ?

А) 20;

Б) 19;

В) 21;

Г) 18

Д) 22.

2. Какому двоичному числу соответствует десятичное число 33_{10} :

А) 110011;

Б) 100001;

В) 100011;

Г) 110001;

Д) 011110.

3. Указать вероятность правильного приема 3-разрядной кодовой комбинации двоичного кода 110, если известна вероятность правильного приема $p_c = 0,5$ любого символа кодовой комбинации на приемной стороне:

А) 0,5;

Б) 0,25;

В) 0,1;

Г) 0,125;

Д) 0,15.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Автоматическая телефонная связь на железнодорожном транспорте: Учеб. для вузов ж.-д. транспорта / Под ред. В.М. Волкова. – М.: Транспорт, 1996. – 343 с.
2. Волков В.М. и др. Проводная и радиосвязь на железнодорожном транспорте: Учеб. для вузов ж.-д. транспорта. – М.: Транспорт, 1990.
3. Радиотехнические системы железнодорожного транспорта: Учеб. для вузов ж.-д. транспорта/Ю.В. Ваванов, А.В. Елизаренко, А.А. Танцюра и др. – М.: Транспорт, 1991. – 303 с.
4. Связь с подвижными объектами на железнодорожном транспорте. Справочник / Ю.В. Ваванов, Н.Е. Доценко, В.Е. Малякко, С.И. Тропкин. – М.: Транспорт, 1984. – 320 с.
5. Телекоммуникационные технологии на железнодорожном транспорте: Учеб. для вузов ж.-д. транспорта / Под ред. Г.В. Горелова. – М.:УМК МПС России, 1999. – 576 с.
6. Радиотехнические системы: Уч. пос./Ю.И. Таныгин. – М.: РГОТУПС, 2002. – 120 с.
7. Волков В.М., Кудряшов В.Л. Проводная связь на железнодорожном транспорте: Учебник для вузов ж.-д. транспорта. – М.: Транспорт, 1986.

**АВТОМАТИКА, ТЕЛЕМЕХАНИКА И СВЯЗЬ
НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ**

**Задание на контрольную работу №2
с методическими указаниями**

Редактор Г. В. Тимченко

Компьютерная верстка Е. В. Ляшкевич

Тип. зак.	Изд. зак. 228	Тираж 2000 экз.
Подписано в печать	Гарнитура NewtonС	
Усл. печ. л. 1,75		Формат 60×90 ¹ / ₁₆

Издательский центр и Участок оперативной печати,
Информационно-методического управления РГОТУПС
125993, Москва, Часовая ул., 22/2