

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ
СООБЩЕНИЯ»**

СОГЛАСОВАНО:

Выпускающей кафедрой
«Эксплуатация железных дорог»
Зав. кафедрой _____ Апатцев В.И.
(подпись, Ф.И.О.)
«__» _____ 20__ г.

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор – директор Российской
открытой академии транспорта

Апатцев В.И.
(подпись, Ф.И.О.)
«__» _____ 20__ г.

Кафедра: «Железнодорожная автоматика, телемеханика и связь»

Авторы: Горелик А.В., д.т.н., проф., Кнышев И.П., д.т.н., проф., Коряковцев
С.П. к.п.н., Боровков Ю.Г., к.т.н., доц.

**ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ №2 С МЕТОДИЧЕСКИМИ
УКАЗАНИЯМИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ**

«Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте»

(название дисциплины)

Направление/специальность: **23.05.04 (190401.65) «Эксплуатация
железных дорог»**

Профиль/специализация: **«Магистральный транспорт», «Безопасность
движения и эксплуатация железнодорожного транспорта», «Грузовая и
коммерческая работа», «Пассажирский комплекс железнодорожного
транспорта», «Транспортный бизнес и логистика»**

Квалификация (степень) выпускника: **Инженер путей сообщения**

Форма обучения: **Заочная**

Одобрена на заседании Учебно-
методической комиссии РОАТ
Протокол № _____
«__» _____ 20__ г.
Председатель УМК _____
(подпись, Ф.И.О.)

Одобрена на заседании кафедры
«Железнодорожная автоматика,
телемеханика и связь»
Протокол № _____
«__» _____ 20__ г.
Зав. кафедрой _____ Горелик А.В.
(подпись, Ф.И.О.)

Москва – 2015

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Целью контрольной работы является закрепление знаний, полученных студентом при самостоятельном изучении дисциплины, а также получение практических навыков по решению задач в области применения средств связи на железнодорожном транспорте.

Для успешного выполнения контрольной работы студент должен иметь представление об назначении и принципах работы различных средств связи, применяемых на железнодорожном транспорте, области применения проводной связи и связи с подвижными объектами.

Прежде чем приступить к выполнению контрольной работы, студент должен изучить соответствующие разделы основной и рекомендованной литературы.

Контрольную работу следует оформлять на листах формата А4 (297х210 мм). У листов следует оставить поля: левое – 3 см, правое – 1.5 см, нижнее – 2 см, верхнее – 2 см.

Пояснительная записка должна быть написана от руки, либо машинописно на одной стороне листа. Все листы записки должны иметь сплошную нумерацию, которая указывается в левом нижнем углу каждого листа. Таблицы и рисунки также должны быть пронумерованы и иметь названия. Рисунки должны быть выполнены карандашом на отдельных листах аналогичного формата. Контрольная работа должна быть сброшюрована.

Замечания рецензента удалять нельзя. Исправления к замечаниям рецензента выполняются на чистой стороне листа рядом с самими замечаниями и сопровождаются надписью «Работа над ошибками».

Контрольная работа содержит две задачи. В пояснительной записке следует привести исходные данные к каждой задаче в соответствии со своим вариантом. Решения задач должны включать в себя необходимые расчёты, краткие пояснения, таблицы и рисунки. Пояснения и расчеты должны быть разборчивыми для чтения. Результаты расчетов следует округлять до сотых. Все рисунки следует вставлять в пояснительную записку сразу после той страницы, на которой имеется первая ссылка на них. Если имеются единицы измерения вычисляемых или исходных величин, то они обязательно должны быть указаны. Пояснения и расчёты должны быть разборчивыми для чтения. Сокращения слов в тексте, за исключением общепринятых, не допускаются. В конце пояснительной записки следует привести список использованной литературы.

Контрольные работы, выполненные **не по варианту**, к рецензированию не принимаются.

ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

Вариант исходных данных к каждому заданию 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).

Задание № 1

Для одной из двух заданных в табл. 1.1 технологических сетей станционной радиосвязи (УКВ диапазон 150 МГц) необходимо:

1. Определить высоту установки станционной 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 1.1

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:

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

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.1.2. 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 1.1

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 $G_{рс}$ стационарной радиостанции РС выбираются студентами из табл. 1.3:

Таблица 1.3

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

8	АС-3/2	8
9	АС-4/2	4
0	АС-1/2	0

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

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

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

Для радиостанции РН $G_{рн} = - 2$ дБ

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 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. 1.4 в зависимости от заданных типа участка, вида связи и характера трассы носимых радиостанций. Мощность стационарной РС и возимой РВ радиостанций выбирается из табл. 1.5 по последней цифре шифра студента.

Таблица 1.4

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 1.5

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 по выполнению задания № 1

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 радиостанции 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. 1.1. 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.

При построении 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.

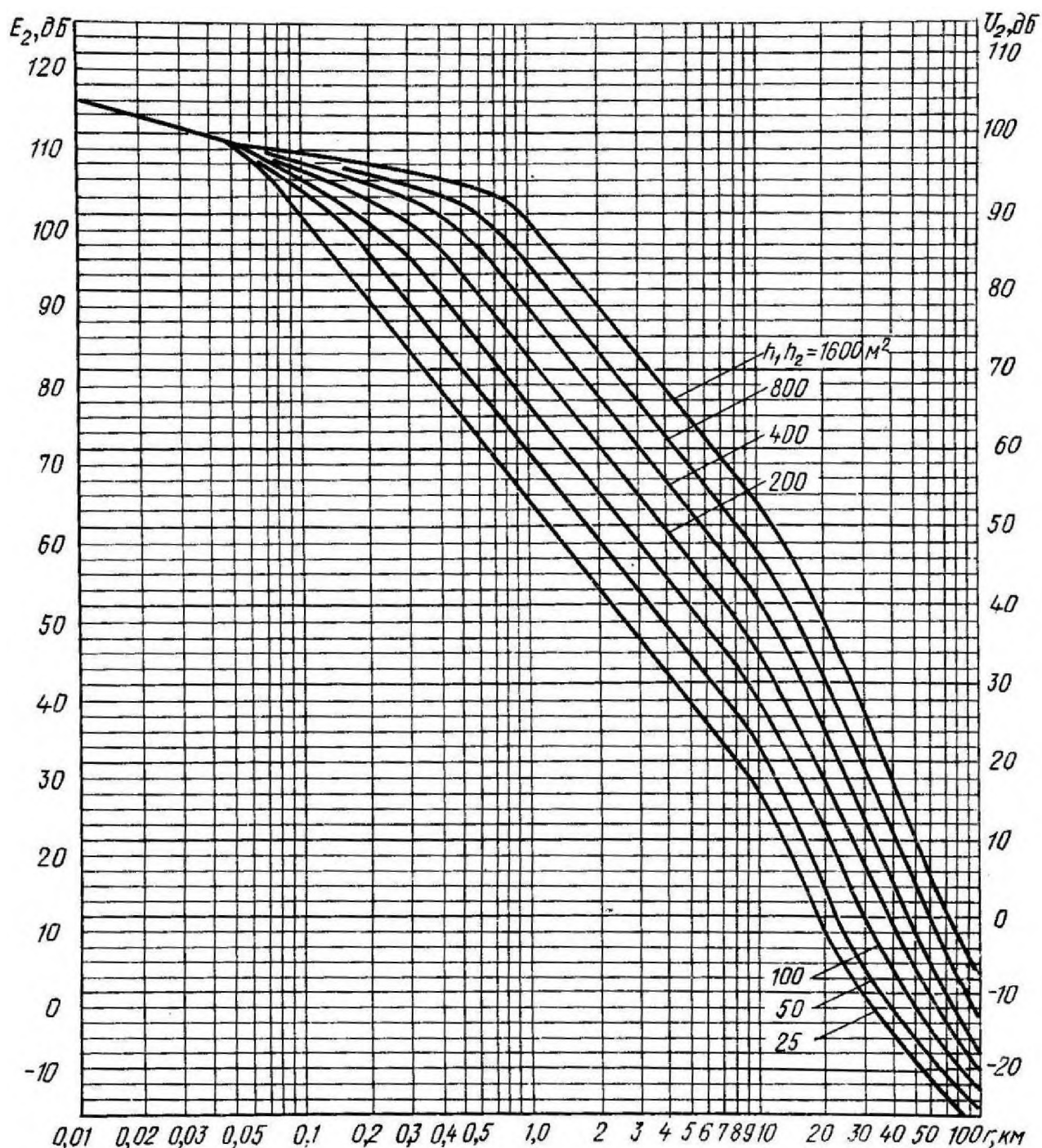


Рис. 1.1. Графические зависимости.

Наряду с напряженностью поля E_2 (на рис.1.1 ордината слева) для удобства инженерного расчета на приведенном рисунке указаны также значения напряжения на входе приемника радиостанции U_2 (на рис. 1.1 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 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 напряженности поля с уменьшением значения сигнала вплоть до потери связи.

Это явление учитывается с помощью функции распределения уровней, устанавливающей зависимость коэффициента $B_{\text{и}}$, учитывающего интерференцию сигнала, от вероятности p превышения некоторого заданного уровня сигнала E и показанную на рис. 1.2. По оси ординат отложен уровень сигнала $K_{\text{и}} = E/E_{\text{ср}}$ (в безразмерных единицах) и $B_{\text{и}} = 20\lg(E/E_{\text{ср}})$ (в децибелах) относительно среднего значения $E_{\text{ср}}$. Коэффициент $B_{\text{и}}$ при $p < 50\%$ имеет положительные значения, а при $p > 50\%$ - отрицательные, что соответствует увеличению или уменьшению напряженности поля, определенному по графику на рис. 1.1. Линия 1 соответствует не электрифицированным железнодорожным участкам, станциям и узлам. Линия 2 характеризует распределение уровней сигнала на электрифицированных станциях.

Таким образом, по графикам (см. рис. 1.1 и рис. 1.2) можно определить, с какой вероятностью будет обеспечено то или иное значение напряжения U_2 или дальность радиосвязи, задавшись высотой установки антенн, надежностью канала радиосвязи и реализуемой чувствительностью приемника.

Реализуемая чувствительность приемника – это наименьшее значение полезного сигнала на его входе $U_{2\text{min}}$, 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 $U_{2\text{min}}$ на входе приемника должно быть не менее 14 дБ (5 мкВ), электрифицированных на постоянном токе – не менее 6 дБ (2 мкВ) и на не электрифицированных участках – не менее 4 дБ ($1,5 \text{ мкВ}$).

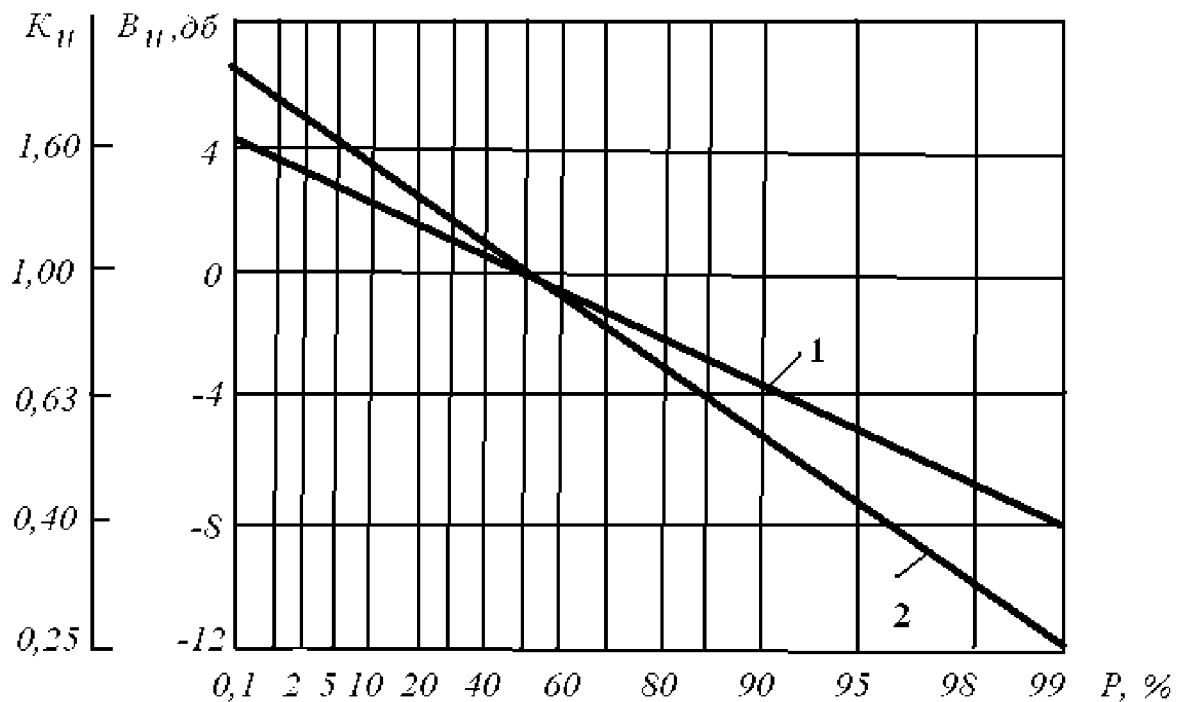


Рис. 1.2- Графические зависимости.

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. 1.1) 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 полуволновому вибратору, 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;

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

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

$B_{\text{м}} = 10 \cdot \lg(P_1 / 8)$ – коэффициент, учитывающий отличие мощности передатчика P_1 от 8 Вт, принятых при построении зависимостей на рис. 1.1, дБ;

$B_{\text{т}} = 10 \cdot \lg(R_2 / 75)$ – 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. 1.1, дБ.

Если на границе зоны обслуживания (при максимальной дальности связи) напряжение полезного сигнала на входе приемника превысит или будет равно реализуемой чувствительности $U_{\text{вх}} \geq U_{2\text{min}}$, 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 $U_{2\text{р}}$ на границе зоны обслуживания, приведенное к зависимостям на рис. 1.1 определяется формулой:

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

Вычислив значение $U_{2\text{р}}$ для конкретных условий организации радиосвязи, по кривым на рис. 1.1 определяется высота установки антенн исходя из заданной дальности радиосвязи. Для этого на оси ординат откладывается расчетный уровень напряжения полезного сигнала $U_{2\text{р}}$ и проводится горизонтальная линия, а по оси абсцисс – требуемая дальность связи r , км, и проводится вертикальная линия. По их точке пересечения определяется 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 следует учитывать низкое расположение их антенн (1-1,5 м) 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 $U_{2\text{р}}$ значения коэффициента усиления для антенны носимой радиостанции $G_{\text{рн}} = -2$ дБ и поправочных коэффициентов $B_{\text{рн}}$ (см. таблицу 1.4), учитывающего ухудшение условий передачи информации в каналах с носимыми радиостанциями, и $B_{\text{н}}$, повышающего точность расчета вместо интерполяции положения семейства кривых на рис. 1.1 в случае малых высот установки антенн, когда их реальное произведение $h_1 \cdot h_2$ оказывается меньше наименьшего значения 25 м^2 .

$$B_{\text{н}} = 20 \lg(25 / h_1 \cdot h_2), \text{ дБ}.$$

Расчет дальности в этом случае производится по кривой $h_1 \cdot h_2 = 25 \text{ м}^2$ на рис. 1.1.

Пример решения задания № 1

Исходные данные:

Технологическая сеть – горочная радиосвязь. Дальность связи РС-РВ: $r = 2,8$ км. (Табл. 1.1).

Состав абонентов: ДСПГ, машинисты горочных локомотивов, горочные составители, регулировщики скорости (башмачники).

Число стационарных радиостанций (РС) – от 1 до 2.

Число возимых (локомотивных) радиостанций (РВ) – от 2 до 4.

Число носимых радиостанций (РН) – от 2 до 7.

Тип тяги на участке – электротяга переменного тока (табл. 1.2).

Надежность радиосвязи – 50% (табл. 1.2).

Тип коаксиального кабеля передающего и приемного фидеров – РК-50-7-11 выбран по нечетной предпоследней цифре 3.

Коэффициент затухания коаксиального кабеля: $\alpha = 0,1$ дБ/м выбран по нечетной предпоследней цифре 3.

Тип антенны стационарной радиостанции РС: АС - 4/2 (табл. 1.3, модуль разности равен 3).

Коэффициент усиления антенны РС: $G_{рс} = 6$ дБ (табл. 1.3, модуль разности равен 3).

Тип антенны локомотивной радиостанции РВ: АЛ/2 (четная последняя цифра 0).

Коэффициент усиления антенны РВ: $G_{рв} = - 0,5$ дБ (четная последняя цифра 0).

Характер трассы передвижения работников с носимыми радиостанциями РН – закрытая трасса (нечетная предпоследняя цифра 3).

Входное сопротивление приемника: $R_2 = 50$ Ом (нечетная предпоследняя цифра 3).

Значения поправочного коэффициента, учитывающего ухудшение условий передачи информации в канале РС-РН: $B_{рс-н} = 2$ дБ (табл. 1.4, для электротяги переменного тока).

Значения поправочного коэффициента, учитывающего ухудшение условий передачи информации в канале РН-РН: $B_{рн-н} = 2$ дБ (табл. 1.4, для закрытой трассы при электротяге переменного тока).

Мощность радиостанций РС и РВ: $P_{рс} = P_{рв} = 8$ Вт (табл. 1.5).

Длина фидера антенны РС: $l_{фс} = 20$ м.

Высота установки антенны РВ: $h_{л} = 5$ м.

Длина фидера антенны РВ: $l_{фв} = 4$ м.

Высота установки антенны РН: $h_{н} = 1,5$ м.

Длина фидера антенны РН: $l_{фн} = 0$ м.

Мощность радиостанций РН: $P_{рн} = 1$ Вт.

Решение:

1. Расчет высоты антенны стационарной радиостанции РС для дальности связи РС-РВ $r = 2,8$ км.

1.1. Определяем расчетное напряжение полезного сигнала на входе приемника (локомотивного) U_{2p} по формуле:

$$U_{2p} = U_{2\min} + \alpha_1 \cdot l_1 - G_1 + \alpha_2 \cdot l_2 - G_2 + B_k + B_{\text{л}} - B_{\text{и}} - B_{\text{м}} - B_{\text{г}}. \quad (1.1)$$

Наименьшее напряжение полезного сигнала на входе приемника $U_{2\min}$, при котором обеспечивается заданная разборчивость речи, на участках с электротягой переменного тока должно быть не менее 14 дБ: $U_{2\min} = 14$ дБ.

Затухание передающего фидера (стационарной радиостанции) $\alpha_1 \cdot l_1 = \alpha \cdot l_{\text{фс}} = 0,1 \cdot 20 = 2$ дБ.

Затухание приемного фидера (локомотивной радиостанции) $\alpha_2 \cdot l_2 = \alpha \cdot l_{\text{фв}} = 0,1 \cdot 4 = 0,4$ дБ.

Коэффициент усиления передающей антенны РС: $G_1 = G_{\text{рс}} = 6$ дБ.

Коэффициент усиления приемной антенны РВ: $G_2 = G_{\text{рв}} = -0,5$ дБ.

Коэффициент ослабления поля на электрифицированных участках: $B_k = 8$ дБ.

Коэффициент ослабления поля из-за влияния кузова локомотива: $B_{\text{л}} = 9$ дБ.

Поправочный коэффициент $B_{\text{и}}$, учитывающий интерференционные замирания (флуктуации) сигналов, определяем из графика (рис. 1.2) с учетом надежности радиосвязи $p = 50\%$ по условиям задачи на электрифицированных участках (линия 2 графика): $B_{\text{и}} = 0$.

Коэффициент $B_{\text{м}}$, учитывающий отличие мощности передатчика стационарной радиостанции P_1 от 8 Вт, принятых при построении зависимостей на рис. 1.1:

$$B_{\text{м}} = 10 \cdot \lg(P_1/8) = 10 \cdot \lg(P_{\text{рс}}/8) = 10 \cdot \lg(8/8) = 0 \text{ дБ.}$$

Коэффициент $B_{\text{г}}$, учитывающий отличие входного сопротивления локомотивного приемника R_2 от 75 Ом, принятых на графиках (рис. 1.1) при определении соотношения между средним значением напряженности поля E_2 в зоне локомотивной (приемной) антенны и значением напряжения U_2 на входе локомотивного приемника:

$$\begin{aligned} B_{\text{г}} &= 10 \cdot \lg(R_2/75) = 10 \cdot \lg(50/75) = 10 \cdot \lg(2/3) = 10 \cdot (\lg 2 - \lg 3) = \\ &= 10 \cdot (-0,176) = -1,76 \text{ дБ.} \end{aligned}$$

Подставим полученные цифры в выражение (1.1):

$$U_{2p} = 14 + 2 - 6 + 0,4 - (-0,5) + 8 + 9 - 0 - 0 + 1,76 = 29,66 \text{ дБ}$$

1.2. Определяем высоту антенны стационарной радиостанции РС из графиков на рис. 1.1. Для этого на оси ординат откладываем расчетный уровень напряжения полезного сигнала $U_{2p} = 29,66$ дБ и проводим горизонтальную линию, а на оси абсцисс откладываем требуемую по условиям задачи дальность связи $r = 2,8$ км и проводим вертикальную линию. Точка пересечения определяет необходимое произведение высот установки антенн ($h_1 \cdot h_2$) для обеспечения требуемой дальности связи. В нашем случае точка пересечения находится под кривой, соответствующей произведению $h_1 \cdot h_2 = 25 \text{ м}^2$. Выбираем большее значение $h_1 \cdot h_2 = 25 \text{ м}^2$, откуда следует, что высота передающей антенны РС должна быть равна: $h_1 = 25/h_2 = 25/h_{\text{л}} = 25/5 = 5 \text{ м}$.

2. Расчет дальности связи между локомотивами, оборудованными радиостанциями РВ, т.е. дальность связи канала РВ-РВ.

Эта задача по алгоритму решения противоположна предыдущей задаче. Нам известно произведение высот установки локомотивных антенн (приемной h_2 и передающей h_1): $h_1 \cdot h_2 = h_{\text{л}} \cdot h_{\text{л}} = 5 \cdot 5 = 25 \text{ м}^2$, а, следовательно, нам известна кривая на графике рис. 2, которую мы будем использовать для определения требуемой дальности связи r между локомотивами, для чего нам требуется определить расчетное напряжение полезного сигнала U_{2p} с использованием выражения 1.1, в котором составляющая $B_{\text{н}} = 0$ дБ (при вероятности $p = 50\%$).

$$U_{2p} = U_{2\min} + \alpha_1 \cdot l_1 - G_1 + \alpha_2 \cdot l_2 - G_2 + B_{\text{к}} + B_{\text{л}} - B_{\text{м}} - B_{\text{г}} - B_{\text{н}}.$$

Наименьшее напряжение полезного сигнала на входе приемника $U_{2\min}$, при котором обеспечивается заданная разборчивость речи, на участках с электротягой переменного тока должно быть не менее 14 дБ: $U_{2\min} = 14$ дБ.

Затухание передающего фидера (локомотивной радиостанции) $\alpha_1 \cdot l_1 = \alpha \cdot l_{\text{фв}} = 0,1 \cdot 4 = 0,4$ дБ.

Затухание приемного фидера (локомотивной радиостанции) $\alpha_2 \cdot l_2 = \alpha \cdot l_{\text{фв}} = 0,1 \cdot 4 = 0,4$ дБ.

Коэффициент усиления передающей антенны РС: $G_1 = G_{\text{рв}} = -0,5$ дБ.

Коэффициент усиления приемной антенны РВ: $G_2 = G_{\text{рв}} = -0,5$ дБ.

Коэффициент ослабления поля контактной сетью на электрифицированных участках: $B_{\text{к}} = 8$ дБ.

Коэффициент ослабления поля из-за влияния корпусов локомотивов $B_{\text{л}} = 2 \cdot 9 = 18$ дБ.

Коэффициент $B_{\text{м}}$, учитывающий отличие мощности передатчика локомотивной радиостанции P_1 от 8 Вт, принятых при построении зависимостей на рис. 3.2: $B_{\text{м}} = 10 \cdot \lg(P_1/8) = 10 \cdot \lg(P_{\text{рв}}/8) = 10 \cdot \lg(8/8) = 0$ дБ.

Коэффициент $B_{\text{г}}$, учитывающий отличие входного сопротивления локомотивного приемника R_2 от 75 Ом, принятых на графиках (рис. 1.1) при определении соотношения между средним значением напряженности поля E_2 в зоне носимой (приемной) антенны и значением напряжения U_2 на входе носимого приемника:

$$B_r = 10 \cdot \lg(R_2/75) = 10 \cdot \lg(50/75) = 10 \cdot \lg(2/3) = 10 \cdot (\lg 2 - \lg 3) = 10 \cdot (-0,176) = -1,76 \text{ дБ.}$$

Подставим полученные цифры в выражение (1.1):

$$U_{2p} = 14 + 0,4 - (-0,5) + 0,4 - (-0,5) + 8 + 18 - 0 + 1,76 = 44,56 \text{ дБ (608,60 мкВ).}$$

Определяем требуемую дальность связи r между локомотивами, для чего на оси ординат откладываем расчетный уровень напряжения полезного сигнала $U_{2p} = 44,56$ дБ и проводим горизонтальную линию до пересечения с кривой, соответствующей произведению $h_1 \cdot h_2 = 25 \text{ м}^2$. Точка пересечения определяет искомую дальность связи между локомотивами. В нашем случае, опустив из точки пересечения на ось абсцисс перпендикуляр, получим, что дальность связи составит: $r = 1,1$ км.

3. Расчет дальности связи между стационарной радиостанцией РС и носимой радиостанцией РН, т.е. дальность связи канала РС-РН.

Эта задача аналогична по своему смыслу предыдущей задаче. Нам известно произведение высот установки стационарной антенны (передающей) h_1 и носимой (приемной) антенны h_2 : $h_1 \cdot h_2 = h_c \cdot h_n = 5 \cdot 1,5 = 7,5 \text{ м}^2$. Так как реальное произведение ($h_1 \cdot h_2$) получилось меньше наименьшего значения 25 м^2 , то последующий расчет дальности производим по кривой, соответствующей произведению $h_1 \cdot h_2 = 25 \text{ м}^2$, которую мы будем использовать для определения требуемой дальности связи r канала РС-РН.

Определим расчетное напряжение полезного сигнала U_{2p} на входе носимого приемника с использованием выражения (1.1). Однако при этом следует учитывать низкое расположение антенны РН и, как следствие, значительное экранирующее влияние близкорасположенного подвижного состава, а также влияние тела оператора на параметры излучения антенны носимой радиостанции. Указанный учет произведем путем введения в выражение (1.1) для расчетного напряжения U_{2p} значения коэффициента усиления для антенны носимой радиостанции $G_2 = G_{рн} = -2$ дБ и поправочного коэффициента $B_{рс-н} = 2$ дБ, учитывающего ухудшение условий передачи информации в каналах с носимыми радиостанциями, и B_h , повышающего точность расчета вместо интерполяции положения семейства кривых на рис. 1.1 для малых значений произведения ($h_1 \cdot h_2$).

$$U_{2p} = U_{2min} + \alpha_1 \cdot l_1 - G_1 + \alpha_2 \cdot l_2 - G_2 + B_k + B_{рс-н} - B_n - B_m - B_r + B_h, \quad (1.2)$$

$$\text{где } B_h = 20 \lg (25/h_1 \cdot h_2) = 20 \lg (25/7,5) = 20 \cdot 0,5228 = 10,456 \text{ дБ.}$$

Наименьшее напряжение полезного сигнала на входе приемника U_{2min} , при котором обеспечивается заданная разборчивость речи, на участках с электротягой переменного тока должно быть не менее 14 дБ: $U_{2min} = 14$ дБ.

Затухание передающего фидера (стационарной радиостанции) $\alpha_1 \cdot l_1 = \alpha \cdot l_{фс} = 0,1 \cdot 20 = 2$ дБ.

Затухание приемного фидера (носимой радиостанции) $\alpha_2 \cdot l_2 = \alpha_2 \cdot l_{\text{фн}} = \alpha_2 \cdot 0 = 0$ дБ.

Коэффициент усиления передающей антенны РС: $G_1 = G_{\text{рс}} = 6$ дБ.

Коэффициент усиления приемной антенны РН: $G_2 = G_{\text{рн}} = -2$ дБ.

Коэффициент ослабления поля контактной сетью на электрифицированных участках: $B_{\text{к}} = 8$ дБ.

Поправочный коэффициент $B_{\text{и}}$, учитывающий интерференционные замирания (флуктуации) сигналов, определяем из графика (рис. 1.2) с учетом надежности радиосвязи $p = 50\%$ по условиям задачи на электрифицированных участках (линия 2 графика): $B_{\text{и}} = 0$.

Коэффициент $B_{\text{м}}$, учитывающий отличие мощности передатчика стационарной радиостанции P_1 от 8 Вт, принятых при построении зависимостей на рис. 3.2: $B_{\text{м}} = 10 \cdot \lg(P_1/8) = 10 \cdot \lg(P_{\text{рс}}/8) = 10 \cdot \lg(8/8) = 0$ дБ.

Коэффициент $B_{\text{г}}$, учитывающий отличие входного сопротивления носимого приемника R_2 от 75 Ом, принятых на графиках (рис. 1.1) при определении соотношения между средним значением напряженности поля E_2 в зоне носимой (приемной) антенны и значением напряжения U_2 на входе носимого приемника: $B_{\text{г}} = 10 \cdot \lg(R_2/75) = 10 \cdot \lg(50/75) = 10 \cdot \lg(2/3) = 10 \cdot (\lg 2 - \lg 3) = 10 \cdot (-0,176) = -1,76$ дБ.

Подставим полученные цифры в выражение 1.2:

$U_{2\text{р}} = 14 + 2 - 6 + 0 - (-2) + 8 + 2 - 0 - 0 + 1,76 + 10,456 = 32,2$ дБ (51,28 мкВ).

Определяем требуемую дальность связи r канала РС-РН, для чего на оси ординат откладываем расчетный уровень напряжения полезного сигнала $U_{2\text{р}} = 32,2$ дБ и проводим горизонтальную линию до пересечения с кривой, соответствующей произведению $h_1 \cdot h_2 = 25 \text{ м}^2$. Точка пересечения определяет искомую дальность связи. В нашем случае, опустив из точки пересечения на ось абсцисс перпендикуляр, получим, что дальность связи канала РС-РН составит: $r = 3,2$ км.

4. Расчет дальности связи между локомотивной радиостанцией РВ и носимой радиостанцией РН, т.е. дальность связи канала РВ-РН.

По аналогии с предыдущей задачей находим значение произведения высот установки локомотивной антенны (передающей) h_1 и носимой (приемной) антенны h_2 : $h_1 \cdot h_2 = h_{\text{л}} \cdot h_{\text{н}} = 5 \cdot 1,5 = 7,5 \text{ м}^2$. Так как реальное произведение ($h_1 \cdot h_2$) получилось меньше наименьшего значения 25 м^2 , то последующий расчет дальности производим по кривой, соответствующей произведению $h_1 \cdot h_2 = 25 \text{ м}^2$, которую мы будем использовать для определения требуемой дальности связи r канала РС-РН.

Определим расчетное напряжение полезного сигнала $U_{2\text{р}}$ на входе носимого приемника с использованием выражения (1.2), вычислив

предварительно значение коэффициента B_h и считая составляющую $B_{и} = 0$ и $B_{л} = 9$ дБ:

$$U_{2p} = U_{2min} + \alpha_1 \cdot l_1 - G_1 + \alpha_2 \cdot l_2 - G_2 + B_k + B_{pc-n} - B_m - B_r + B_h - B_{и} + B_{л}, \quad (1.3)$$

где $B_h = 20 \lg (25/h_1 \cdot h_2) = 20 \lg(25/7,5) = 20 \cdot 0,5228 = 10,456$ дБ.

Наименьшее напряжение полезного сигнала на входе приемника U_{2min} , при котором обеспечивается заданная разборчивость речи, на участках с электротягой переменного тока должно быть не менее 14 дБ: $U_{2min} = 14$ дБ.

Затухание передающего фидера (локомотивной радиостанции) $\alpha_1 \cdot l_1 = \alpha \cdot l_{фв} = 0,1 \cdot 4 = 0,4$ дБ.

Затухание приемного фидера (носимой радиостанции) $\alpha_2 \cdot l_2 = \alpha_2 \cdot l_{фн} = \alpha_2 \cdot 0 = 0$ дБ.

Коэффициент усиления передающей антенны РВ: $G_1 = G_{рв} = 0,5$ дБ.

Коэффициент усиления приемной антенны РН: $G_2 = G_{рн} = 0$ дБ.

Коэффициент ослабления поля на электрифицированных участках: $B_k = 18$ дБ.

Коэффициент B_m , учитывающий отличие мощности передатчика локомотивной радиостанции P_1 от 8 Вт, принятых при построении зависимостей на рис. 3.2: $B_m = 10 \cdot \lg(P_1/8) = 10 \cdot \lg(P_{рв}/8) = 10 \cdot \lg(8/8) = 0$ дБ.

Коэффициент B_r , учитывающий отличие входного сопротивления носимого приемника R_2 от 75 Ом, принятых на графиках (рис. 1.1) при определении соотношения между средним значением напряженности поля E_2 в зоне локомотивной (приемной) антенны и значением напряжения U_2 на входе локомотивного приемника: $B_r = 10 \cdot \lg(R_2/75) = 10 \cdot \lg(50/75) = 10 \cdot \lg(2/3) = 10 \cdot (\lg 2 - \lg 3) = 10 \cdot (-0,176) = -1,76$ дБ.

Подставим полученные цифры в выражение (1.3):

$$U_{2p} = 14 + 0,4 - 0,5 + 0 - 0 + 8 - 0 - 0 + 1,76 + 10,456 + 9 = 43,1 \text{ дБ} \quad (141,2 \text{ мкВ}).$$

Определяем требуемую дальность связи r канала РВ-РН, для чего на оси ординат откладываем расчетный уровень напряжения полезного сигнала $U_{2p} = 43,1$ дБ и проводим горизонтальную линию до пересечения с кривой, соответствующей произведению $h_1 \cdot h_2 = 25 \text{ м}^2$. Точка пересечения определяет искомую дальность связи. В нашем случае, опустив из точки пересечения на ось абсцисс перпендикуляр, получим, что дальность связи канала РВ-РН составит: $r = 1,9$ км.

5. Расчет дальности связи между носимыми радиостанциями РН, т.е. дальности связи канала РН-РН.

По аналогии с предыдущей задачей находим значение произведения высот установки антенны носимой РН (передающей) h_1 и носимой

(приемной) антенны h_2 : $h_1 \cdot h_2 = h_n \cdot h_n = 1,5 \cdot 1,5 = 2,25 \text{ м}^2$. Так как реальное произведение ($h_1 \cdot h_2$) получилось меньше наименьшего значения 25 м^2 , то последующий расчет дальности производим по кривой, соответствующей произведению $h_1 \cdot h_2 = 25 \text{ м}^2$, которую мы будем использовать для определения требуемой дальности связи r канала РН-РН.

Определим расчетное напряжение полезного сигнала U_{2p} на входе носимого приемника с использованием выражения 1.3, вычислив предварительно значение коэффициента B_h и исключив составляющую B_L :

$$\text{где } B_h = 20 \lg (25/h_1 \cdot h_2) = 20 \lg (25/2,5) = 20 \cdot 1,046 = 20,92 \text{ дБ.}$$

Наименьшее напряжение полезного сигнала на входе приемника U_{2min} , при котором обеспечивается заданная разборчивость речи, на участках с электротягой переменного тока должно быть не менее 14 дБ: $U_{2min} = 14 \text{ дБ}$.

Затухание передающего фидера (носимой радиостанции) $\alpha_1 \cdot l_1 = \alpha \cdot l_{фн} = 0,1 \cdot 0 = 0 \text{ дБ}$.

Затухание приемного фидера (носимой радиостанции) $\alpha_2 \cdot l_2 = \alpha \cdot l_{фн} = \alpha \cdot 0 = 0 \text{ дБ}$.

Коэффициент усиления передающей антенны РН: $G_1 = G_{рн} = -2 \text{ дБ}$.

Коэффициент усиления приемной антенны РН: $G_2 = G_{рн} = -2 \text{ дБ}$.

Коэффициент ослабления поля контактной сетью на электрифицированных участках: $B_k = 8 \text{ дБ}$.

Коэффициент B_m , учитывающий отличие мощности передатчика носимой радиостанции P_1 от 8 Вт, принятых при построении зависимостей на рис. 1.1:

$$B_m = 10 \cdot \lg(P_1/8) = 10 \cdot \lg(P_{рн}/8) = 10 \cdot \lg(1/8) = -0,9031 \text{ дБ.}$$

Коэффициент B_r , учитывающий отличие входного сопротивления носимого приемника R_2 от 75 Ом, принятых на графиках (рис. 1.1) при определении соотношения между средним значением напряженности поля E_2 в зоне локомотивной (приемной) антенны и значением напряжения U_2 на входе локомотивного приемника: $B_r = 10 \cdot \lg(R_2/75) = 10 \cdot \lg(50/75) = 10 \cdot \lg(2/3) = 10 \cdot (\lg 2 - \lg 3) = 10 \cdot (-0,176) = -1,76 \text{ дБ}$.

Коэффициенты $B_n = 0$, $B_{рс-н} = 0$.

Подставим полученные цифры в выражение (1.3)

$$U_{2p} = 14 + 0 - (-2) + 0 - (-2) + 8 + 0,9031 + 1,76 + 20,92 - 0 + 0 = 49,56 \text{ дБ (301,99 мкВ)}.$$

Определяем требуемую дальность связи r канала РН-РН, для чего на оси ординат откладываем расчетный уровень напряжения полезного сигнала $U_{2p} = 49,56 \text{ дБ}$ и проводим горизонтальную линию до пересечения с кривой, соответствующей произведению $h_1 \cdot h_2 = 25 \text{ м}^2$. Точка пересечения определяет искомую дальность связи. В нашем случае, опустив из точки пересечения на ось абсцисс перпендикуляр, получим, что дальность связи канала РВ-РН составит: $r = 1,1 \text{ км}$.

Задание № 2

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 $i = 7, 6, \dots, 1, 0$.

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 таблицы 2.1 по последней цифре шифра.

Таблица 2.1

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 по выполнению задания № 2

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 команда 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):

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

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

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: 1 1 1 1 1 1 1 1 и проставлять 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: $000_{10} = 00000000_2$.

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

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

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

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

Пример решения задания № 2.

Исходные данные:

Кодовая комбинация двоичного кода, соответствующая команде 1 (табл. 2.1):

$$\begin{array}{cccccccc} x_7 & x_6 & x_5 & x_4 & x_3 & x_2 & x_1 & x_0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array}$$

Кодовая комбинация двоичного кода, соответствующая команде 2 (табл. 2.1):

$$\begin{array}{cccccccc} x_7 & x_6 & x_5 & x_4 & x_3 & x_2 & x_1 & x_0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{array}$$

Вероятность передачи команды 1: $p_{п1} = 0,8$.

Вероятность передачи команды 2: $p_{п2} = 0,2$.

Вероятность правильного приема каждого символа кодовой комбинации: $p_c = 0,6$.

Определяем значение принятой кодовой комбинации путем представления значения заданного варианта в виде суммы степеней числа 2, начиная с ближайшего меньшего числа: $130 = 128 + 2 = 2^7 + 2^1$. Степени числа 2 показывают индекс двоичного числа, равного 1:

y_7	y_6	y_5	y_4	y_3	y_2	y_1	y_0
1	0	0	0	0	0	1	0

Если двоичное представление заданного варианта имеет меньшее число разрядов (например, $055 = 32 + 16 + 4 + 2 + 1 = 2^5 + 2^4 + 2^2 + 2^1 + 2^0$):

y_7	y_6	y_5	y_4	y_3	y_2	y_1	y_0
1	1	0	1	1	1		

то слева необходимо по выбору студента произвольно проставить значения недостающих символов:

y_7	y_6	y_5	y_4	y_3	y_2	y_1	y_0
0	0	1	1	0	1	1	1

, или

y_7	y_6	y_5	y_4	y_3	y_2	y_1	y_0
0	1	1	1	0	1	1	1

, или

y_7	y_6	y_5	y_4	y_3	y_2	y_1	y_0
1	0	1	1	0	1	1	1

, или

y_7	y_6	y_5	y_4	y_3	y_2	y_1	y_0
1	1	1	1	0	1	1	1

.

Если двоичное представление заданного варианта имеет большее число разрядов (например, $271 = 256 + 8 + 4 + 2 + 1 = 2^8 + 2^3 + 2^2 + 2^1 + 2^0$):

y_8	y_7	y_6	y_5	y_4	y_3	y_2	y_1	y_0
1	0	0	0	0	1	1	1	1

то слева необходимо удалить лишние символы, оставив только 8 символов двоичного кода:

y_7	y_6	y_5	y_4	y_3	y_2	y_1	y_0
0	0	0	0	1	1	1	1

.

Таким образом, в качестве события Y нами выбрана в соответствии с вариантом 130 кодовая комбинация 1 0 0 0 0 0 1 0.

Рассмотрим гипотезу H_1 , что была передана команда 1: 1 0 0 0 0 0 0 0, т.е. исказился второй младший разряд, вместо 0 передана 1. Вероятность справедливости этой гипотезы $P(H_1)$ до появления события Y равна: $P(H_1) = p_{п1} = 0,8$.

Определим условную вероятность $P(Y/H_1)$ того, что принятая кодовая комбинация есть искаженная гипотетически переданная кодовая комбинация, соответствующая команде 1:

$$P(Y/H_1) = p_c^7 \cdot q = p_c^7 \cdot (1 - p_c) = 0,6^7 \cdot (1 - 0,6) = 0,01112.$$

Рассмотрим теперь гипотезу H_2 , что была передана команда 2: 1 1 1 1 1 0, т.е. исказились 5 разрядов с 3-го по 7-й включительно, когда вместо 0 передана 1. Вероятность справедливости этой гипотезы $P(H_2)$ до появления события Y равна: $P(H_2) = p_{п2} = 0,2$.

Определим условную вероятность $P(Y/H_2)$ того, что принятая кодовая комбинация есть искаженная гипотетически переданная кодовая комбинация, соответствующая команде 2:

$$P(Y/H_2) = p_c^3 \cdot q^5 = p_c^3 \cdot (1 - p_c)^5 = 0,6^3 \cdot (1 - 0,6)^5 = 0,00221.$$

Используя формулы Байеса, рассчитаем условные вероятности передачи команды 1 - $P(H_1/Y)$ и команды 2 - $P(H_2/Y)$ после появления события Y .

$$P(H_1/Y) = \frac{P(H_1) \cdot P(\frac{Y}{H_1})}{\sum_{k=1}^2 [P(H_k) \cdot P(\frac{Y}{H_k})]} = \frac{0,8 \cdot 0,01112}{0,8 \cdot 0,01112 + 0,2 \cdot 0,00221} = \frac{0,008896}{0,009338} = 0,9527$$

$$P(H_2/Y) = \frac{P(H_2) \cdot P(\frac{Y}{H_2})}{\sum_{k=1}^2 [P(H_k) \cdot P(\frac{Y}{H_k})]} = \frac{0,2 \cdot 0,00221}{0,8 \cdot 0,01112 + 0,2 \cdot 0,00221} = \frac{0,000442}{0,009338} = 0,0473$$

Сравнивая полученные условные вероятности двух событий, приходим к выводу, что при появлении на выходе кодовой комбинации (1 0 0 0 0 0 1 0) с вероятностью 0,9527 была передана команда 1, которой по условию соответствует кодовая комбинация (1 0 0 0 0 0 0 0).