МПС РФ

Иркутский Государственный Университет Путей Сообщения

Кафедра: Телекоммуникационные системы

Курсовая работа

Расчет поездной радиосвязи, дальности связи в гектометровом,

метровом и дециметровом диапазонах

Выполнил: студент группы АТС

Проверил: преподаватель

Иркутск 2009 г.

**Содержание**

Введение

1. Поездная радиосвязь

1.1 Исходные данные

1.2 Проектирование поездной радиосвязи

1.3 Расчет дальности связи в гектометровом диапазоне при использовании антенн

1.4 Расчет дальности связи в гектометровом диапазоне при использовании направляющих линий

2. Расчет дальности ПРС в радиосетях диапазона метровых волн 160 МГц

2.1 Типы трасс радиосвязи

2.2 Поправочные коэффициенты

## 2.3 Расчет дальности связи между стационарной и возимой радиостанциями

## 2.4 Расчет высоты установки стационарной антенны

## 2.5 Расчет дальности связи между локомотивами

## 2.6 Расчет координационного расстояния

2.7 Расчет дальности связи в радиосетях ЛБК

3. Расчёт дальности связи в радиосетях поездной радиосвязи диапазона дециметровых волн (330 МГц)

3.1 Базовые кривые распространения радиоволн.

3.2 Расчетные коэффициенты

3.3 Вероятностные коэффициенты.

3.4 Расчет дальности поездной радиосвязи

3.5 Расчет высоты установки стационарной антенны

Литература

**Введение**

Технологическая железнодорожная радиосвязь является составной частью комплекса технических средств, обеспечивающих оперативное руководство перевозочным процессом и безопасность движения поездов.

Цель курсового проекта - ознакомление с реальной организацией технологической радиосвязи на железнодорожном транспорте, техническими устройствами радиосвязи, использование их для управления технологическими процессами на участках и станциях железных дорог и обеспечение соответствующего качества радиосвязи между машинистами поездных и маневровых локомотивов и оперативными руководителями организации движения поездов.

**1. Поездная радиосвязь**

Система ПРС предназначена для оперативного управления перевозочным процессом и повышения безопасности движения поездов.

## В настоящее время для организации поездной радиосвязи (ПРС) используется гектометровые (2,13 и 2,15 МГц), метровые (151,775; 151,825; 151, 875 МГц) и дециметровые волны (330 МГц). При этом гектометровые и метровые волны при организации ПРС являются основным диапазоном. В гектометровом диапазоне используются радиостанции типов ЖР-К-СП, ЖР-К-ЛП, РК-1, РС-6 и РВ-1, РС-46М «Транспорт» - РС с приемопередатчиками УПП1, 43РТС-А2-ЧМ, ЖР-ЗМ (ЖР-3); в метровом диапазоне—ЖР-У-СП, ЖР-У-ЛП, РС-23, РС-4, РС-6 и РВ-1 с приемопередатчиками УПП2, РВ-2, .РВ-4, РВ-5 и носимые радиостанции РН и носимая станция GP-340 «Моторола» в УКВ диапазоне; в дециметровом диапазоне (330 МГц) — РС-1 и РВ-1 с приемопередатчиками УПП3. Сейчас на ВСЖД для дуплексной радиосвязи используются РВ-1М – возимая диапазонов КВ, УКВ, ДМВ; РС-1М - стационарная ДСП; СР-1М – станция распорядительная ДНЦ.

(Две первые буквы ведомственного шифра обозначают железнодорожную радиостанцию; одна или две последующие – диапазоны, в которых работают радиостанции: У – метровый (ультракоротковолновый); К - гектометровый диапазон; предпоследняя буква – назначение радиостанции: С – стационарная; Л- локомотивная; последняя буква- назначение радиостанции- П- для поездной и С- для станционной радиосвязи).

Радиосети ПРС, организованные в гектометровом и метровом диапазонах, работают в симплексном режиме, в дециметровом – в дуплексном режиме. При оснащении диспетчерских участков радиостанциями трёх диапазонов, дециметровый и гектометровый диапазоны волн используются для организации линейных радиосетей, причём дециметровый диапазон волн используется как основной канал связи, а гектометровый – как резервный. Гектометровый диапазон применяется в линейных и зонных радиосетях для радиосвязи с локомотивами, которые не оборудованы радиостанциями дециметрового диапазона волн, метровый – в зонных.

Использование нескольких диапазонов волн увеличивает надежность связи.

Симплексные линейные радиосети ПРС-С обеспечивают: взаимный групповой вызов и ведение переговоров между поездным (ДНЦ), локомотивным (ТНЦ) и энерго- (ЭЧЦ) диспетчерами и машинистами поездных локомотивов (ТЧМ), находящимся в любой точке диспетчерского участка;

Система ПРС организуется по диспетчерским участкам, протяженность которых может быть в пределах 80...200 км.

Дальность радиосвязи в гектометровом диапазоне (2,13 и 2,15 МГц) должна быть осуществлена на всей протяженности перегона. В настоящее время нормированный уровень полезного сигнала на перегоне участка не должен быть ниже 70 дБ (3160 мкВ) для возимой радиостанции (68 дБ – для стационарной) при электротяге постоянного тока. 72 дБ (4000 мкВ) для возимой и(70 дБ – для стационарной)- при электротяге переменного тока и 47 дБ (230 мкВ) для возимой (39 дБ – для стационарной)- при автономной (тепловозной) тяге.

В качестве направляющих используются линии, провода которых выполнены из цветного металла: специально подвешиваемые волноводные провода (одно- и двухпроводные волноводы), цветные цепи воздушных линий связи; могут также использоваться сталеалюминиевые провода линий продольного электроснабжения (два провода и рельсы) ДПР, ВЛ, питающий провод ПП.

Волноводные сталемедные или сталеалюминевые провода могут подвешиваться на опорах контактной сети или на отдельно стоящих опорах специально для ПРС.

Подвеску однопроводного волновода следует предусматривать при электрической тяге постоянного тока - на всех участках со скоростью движения поездов свыше 120 км/ч (независимо от наличия ВЛ продольного электроснабжения), а также на участках со скоростью движения до 120 км/ч, если отсутствует линия ВЛ; при электрической тяге переменного тока 25 кВ и подвеске проводов ДПР с разных сторон путей — на всех перегонах при скорости движения поездов свыше 120 км/ч и на перегонах протяженностью свыше 12 км при скорости движения до 120 км/ч; при автономной тяге — в случае, когда необходимая дальность связи не может быть обеспечена с помощью cтационарных антенн.

На мало напряжённых участках, на равнинной и слабопересеченной местности, на тех участках, где нет направляющих линий или имеются каблированые участки воздушной линии связи (ВЛС), используются стационарные Г-образные антенны.

**1.1 Исходные данные**

Участки и станции

Таблица 1.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| А-Б | Б-В | В-Г | Г-Д | Д-Е | Е-Ж | Ж-З | З-И | И-К | К-Л | Л-М |
| 10 | 15 | 9 | 12 | 17 | 19 | 20 | 11 | 14 | 16 | 13 |

Общая протяженность диспетчерского участка 156 км.

Таблица 1.2 Данные для расчета дальности гектометровой и УКВ поездной радиосвязи

|  |  |
| --- | --- |
| Род тяги | АТ |
| Участок | ОП |
| Станция, где УКВ радиосвязь | В |
| Высота подвески Г-образной антенны | 20 м |
| Местность | СП |
| Характеристика почвы | ПП |
| КПД локомотивной антенны | 3% |
| Мощность передатчика | 10 Вт |

АТ – автономная тяга;

СП - сильнопересечённая местность

ОП – однопутный участок железной дороги.

ПП – почва с очень высокой проводимостью - ε=4; σ= 1 См/м;

Таблица 1.3. Данные для расчета дальности гектометровой поездной радиосвязи

|  |  |
| --- | --- |
| Количество тяговых подстанций на перегоне | 0 |
| Количество разъединителей | 4 |
| Количество трансформаторов:- однофазных- трёхфазных | 172 |
| Количество переходов- воздушных- кабельных | 32 |
| Длина фидера, м. | 400 |
| Расстояние от направляющей линии до трансформатора, м. | 9 |

**1.2 Проектирование поездной радиосвязи**

Дальность уверенной радиосвязи между локомотивными и стационарными радиостанциями должна обеспечиваться на расстоянии не менее 10 км на участках со скоростным движением и не менее 6 км на остальных участках. Кроме этого, должно выполняться условие

 , (1)

где lур1 и lур2 дальность уверенной связи между локомотивом и ближайшими стационарными радиостанциями, находящимися с противоположных сторон от локомотива, км;

lп - расстояние между соседними стационарными радиостанциями, км.

**1.3 Расчет дальности связи в гектометровом диапазоне при использовании антенн**

При использовании гектометрового диапазона волн обеспечить передачу информации можно обеспечить излучением и приемом электромагнитных волн при помощи антенн. В этом случае рассчитать напряженность поля в точке приема по формулам Шулейкина –Ван-дер-Поля;

 мВ/м (2)

; (3)

Здесь РА –мощность, подводимая к антенне в Вт; - к.п.д. антенны; для стационарных Г-образных антенн =0,38 для 20 м; D=1,5 – коэффициент направленного действия антенны; l - расстояние в км до точки приёма; W- множитель ослабления, зависящий от расстояния и параметров почвы; λ - длина волны, м (λ= 140,7 м для 2,13 МГц, λ = 139,4 м для 2,15 МГц); σ- проводимость почвы в См/м; ε- относительная диэлектрическая проницаемость почвы. Для случая, когда токи проводимости много больше токов смещения, т.е. 60λ σ>> ε, то .(Последнее выражение для расстояния в км).

Подводимая мощность зависит от длины фидера lф и затухания в устройстве согласования αсу : .

Р - выходная мощность радиостанции, заданная в таблице,

αф – погонное затухание в фидере на 1 м его длины равно (0,7-0,8),10-2 дБ/м,

αсу= 1,5 дБ.

;

Подставляя в формулу (2) полученные значения получим: Е=0,964 мВ/м;

Для обеспечения уверенной связи необходимо, чтобы обеспечивалось нормальное функционирование систем ПPC и отношение сигнал/помеха не менее 2. Из этих соображений и необходимо рассчитывать дальность радиосвязи на перегоне в гектометровом диапазоне.

Соотношение сигнал/помеха:

0,964/1,6 = 0,60

Так как данное соотношение не выполняется, то следует рассчитать дальность диапазона с помощью направляющих линий.

**1.4 Расчет дальности связи в гектометровом диапазоне при использовании направляющих линий**

Дальность уверенной радиосвязи, км, между стационарными и локомотивными радиостанциями при применении направляющих линий

; (4)

где Адоп – максимально допустимое затухание сигнала в радиотракте, дБ , (при одновременной работе на антенну и запитку волноводной линии затухание равно 145 дБ[6]) ;

- суммарные затухания соответственно в станционных, линейных и локомотивных устройствах поездной радиосвязи, дБ;

Апер –переходное затухание между направляющими проводами и локомотивной антенной, дБ;

бнп -постоянная затухания направляющих проводов на перегоне, дБ/км (Затухание сигнала в локомотивных устройствах определяется в основном к. п. д. согласующего устройства и составляет = 2 дБ.

Суммарное затухание, дБ, на станционных устройствах радиосвязи в общем случае

; (5)

где αф- погонное затухание фидера, дБ/м;

lф- длина фидера, соединяющего радиостанцию с согласующим устройством, м;

асу - затухание, вносимое согласующим устройством, равно 1,5 дБ;

з -к. п. д. индуктивного способа возбуждения направляющих (для расчёта использовать значение 0,6).

a0 - концевое затухание (a0=5 дБ).

Таблица 1.4. Переходное затухание и километрическое затухание

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Характеристики тракта | Апер ,дБ | бнп, дБ/км |
| Волноводный провод на участке с электрической тягой постоянного тока. | 32 | 2-2,5 |

Суммарное затухание зависит линии от типа и количества линейных устройств на участке длиной lур:

; (6)

где затухания, вносимые соответственно схемами высоко частотного обхода тяговой подстанции и нормально разомкнутого разъединителя, дБ (равны по 1 дБ)

αн -затухание, вызываемое нарушением однородности длины направляющих проводов, дБ; учитывается только при использовании линии ДПР, когда один из них переходит на противоположную сторону пути (αн = 2,6 дБ);

αп - затухание, вносимое изменением сторонности подвески направляющих проводов, дБ; при воздушном переходе провод αп = 0,7 дБ, а при кабельном переходе с использованием согласующих контуров αп = 2,2 дБ;

п - количество переходов направляющих проводов в пределах длины линии;

αтр - затухание, вносимое силовым трансформатором в тракт передачи (αтр=0.9дБ) (при использовании высокочастотных заградителей в месте отпая не должно превышать 0,1 дБ.);

т- число трансформаторов в пределах lур.

= 2 дБ.

 км.

Таким образом, дальность уверенной радиосвязи между стационарными и локомотивными радиостанциями при применении направляющих линий составила 43,67 км.

**2. Расчет дальности ПРС в радиосетях диапазона метровых волн 160 МГц**

Базовые кривые распространения радиоволн

Расчет выполняется по базовым кривым распространения (рис.2.1), представляющим собой зависимости медианного значения напряженности поля Е′2 от расстояния r между точкой приема и источником излучения по прямой линии.

Рис.2.1 Базовые кривые распространения.

Кривая 1 соответствует случаю, когда направление распространения радиоволн совпадает с направлением трассы железной дороги, а кривая 2- когда не совпадает, кривая 3 используется для расчета связи с локомотивами.

2.1 Типы трасс радиосвязи

Трасса типа 3-легкая горная.

Коэффициентом аm учитывает отличие условий распространения радиоволн на конкретной трассе радиосвязи от условий, при которых снимались базовые кривые. am = -3,4.

Уровень сигнала, дБ, на входе приемника подвижного объекта:

U2 = Е′2 +аm +Bm +G1 +G2 - α ф1l1- Кэ - αф2l2 -ааф1 Ккc-g2 - Ки - Кв – Км. (7)

где: Е′2- уровень напряженности поля, отсчитываемый по соответствующей базовой кривой для заданного расстояния; (Е′2=24 дБ.)

Вм - коэффициент, учитывающий отличие мощности передатчика от мощности 1 Вт;

Вм = l0∙lgP1

Вм = l0∙lg10=10 Вт.

G1 =3; G2 =0- коэффициенты усиления передающей и приемной антенн;

α ф1l1 = 4,2 и αф2l2 = 0,6 - погонные затухания и длины антенных фидеров соответственно передатчика и приемника, дБ;

Кэ - коэффициент экранирования, учитывает ослабление напряженности поля крышевым оборудованием подвижного объекта; Кэ. зависит от типа локомотива и места установки антенны на крыше; для электроподвижного состава Кэ = 2,0 дБ;

М - высотный коэффициент, который учитывает отличие произведения высот установки антенн от 100 м2 ,дБ: M=20∙lg(h1h2/100)

M=20∙lg(75/100) = -2,49 дБ.

Ккс - коэффициент ослабления напряженности поля контактной сетью, для однопутного участка Ккс = 1 дБ;

g2 -коэффициент, учитывающий трансформацию напряженности поля в пространстве к напряжению на разъеме приемной антенны, g2 = 0,12 дБ для антенно-фидерных систем с волновым сопротивлением 50 Ом;

Ки, Км и Кв-вероятностные коэффициенты, которые учитывают флуктуации полезного сигнала вследствие явлений интерференции (Kи), изменения рельефа местности (Км) и изменения рефракции в тропосфере (Кв). При этом Кв = 1,8 дБ; Ки = 5 дБ.

Коэффициент Км зависит от типа трассы. Км = 4 дБ.

U2 =24 - 3,4 +10 + 3 + 0 – 2,49 - 4,2 - 0,6 – 2 – 1 - 0,12 – 1,8 – 5 - 4 = 12,38 Дб.

Дальность связи рассчитывается исходя из условия U2≥U2min (где U2min-минимально допустимый уровень полезного сигнала, который необходимо обеспечить на входе приемника радиостанции в конкретных условиях эксплуатации радиосредств, с тем чтобы получить требуемое качество связи).

Минимально допустимый уровень полезного сигнала

|  |  |
| --- | --- |
| Условия эксплуатации радиосредств | У1П1,2 |
| Участок, электрифицированный на постоянном токе при скорости движения до 120 км/ч: | 8 |

**2.2 Поправочные коэффициенты**

Коэффициент экранирования Кэ учитывает ослабление напряженности поля, вызванное влиянием металлической крыши и наличием в месте расположения возимой антенны различного оборудования. Значения Кэ для дискоконусных антенн АЛ/2,3, расположенных на крыше тепловоза составляет 2 Дб.

Поправочные коэффициенты учитывают отличие параметров антенно-фидерных трактов, мощности передатчика и рельефа местности от условий.

Коэффициент мощности, дБ:

ВM=10∙lg(P/P1), (8)

Учитывается отличие мощности передатчика P от мощности P1=1 Вт,

RM=10∙lg(10/1)=10

Высотный коэффициент М, дБ:

M=20lg(h1h2/100), (9)

Учитывает отличие произведения высот установки антенн от 100 м2 и используется при расчетах по кривым 1 и 2 (см. рис. 2.1).

## M=20lg(75/100)=-2,49 дБ

##

## 2.3 Расчет дальности связи между стационарной и возимой радиостанциями

При расчете радиоканала ПРС дальность связи определяется в направлении от стационарной радиостанции к радиостанции подвижного объекта, поскольку условия приема сигналов на подвижном объекте значительно хуже, чем на стационаре из-за более высокого уровня помех.

Уровень сигнала, дБ, на входе приемника возимой радиостанции

u2= E2 + aт + ВМ +G1 + G2 + M - α1l1 - α2l2 – KЭ – KКС – g2 - KИ – KВ – KМ, (10)

Дальность связи «Стационар – локомотив» рассчитывается исходя из условия u2 > u2 мин в такой последовательности:

1. задается минимально допустимое напряжение полезного сигнала на входе приемника возимой радиостанции;

2) определяется значение напряженности поля E2 , считая u2 = u2 мин:

E2= u2 - aт - ВМ - G1 - G2 - M + α1l1 + α2l2 + KЭ + KКС + g2 + KИ + KВ + KМ, (11)

E2=8 - 3,4 – 10 - 3 + 2,49 + 4,2 + 0,6 + 2 + 0,12 + 1 + 5 + 1,8 + 4 = 19,62 Дб.

3) по найденному значению E2 базовой кривой 1 (см. рис. 2.1) определяем дальность связи r .

Дальность связи между стационарной и возимой радиостанциями составляет около 23 км.

## 2.4 Расчет высоты установки стационарной антенны

Высота стационарной антенны определяется в таком порядке:

1) задается u2 мин на входе приемника возимой радиостанции; u2 мин = 8 Дб;

2) E2=19,62 Дб.

3) Из формулы (10) вычислим значение коэффициента М при заданном u2 = u2 мин;

М = 19,62 – 8 + 10 + 3 – 4,2 – 0,6 – 2 – 1 - 0,12 - 5 - 1,8 - 4 = -2,49

Из формулы (9) при заданной высоте h2 установки возимой антенны вычислим высоту установки стационарной антенны.

; h1= 15,01 м.

По результатам вычислений, высота установки стационарной антенны составила h1=15,01 м.

##

## 2.5 Расчет дальности связи между локомотивами

##### Для расчета дальности связи между локомотивами используется базовая кривая 3 (см. рис. 2. 1) для высот установки возимых антенн 5 м.

u2= E2 + ВМ + 2 G2 + M - 2 α2l2 – 2KЭ – KКС – g2 - KИ – KВ – KМ, (12)

Коэффициент М = 0, так как высоты установки антенн в реальных условиях не отличаются от высот, для которых построена базовая кривая 3 (см. рис. 2.1). Коэффициент KКС исключен, поскольку антенны располагаются ниже уровня контактной сети.

При u2 мин = 8 получаем Е2=9,32 дБ и по графику 3 рис (2.1) определяем дальность связи между локомотивами.

Дальность связи между локомотивами составила около 13 км.

## 2.6 Расчет координационного расстояния

Для определения координационного расстояния rкрд (минимально необходимого расстояния между стационарными радиостанциями, при котором исключается их взаимное влияние друг на друга в случае работы на одной частоте) вычисляется напряженность электромагнитного поля мешающего сигнала

Е2 = uпор – ВМ –M - G1 – G2 + α1l1 + α2l2 – KИ –КВ + g2, (13)

#### где uпор – максимально допустимый уровень мешающего сигнала, дБ (принимается равным минус 10 дБ, т.е. 0,3 мкВ).

Значение KИ принимается равным 0,6 дБ, а KВ = 2 дБ.

Е2 = -18,19 дБ.

По найденному значению напряженности поля Е2 и кривой распространения (рис.2.2) определяется координационное расстояние rкрд между радиостанциями.

Рис.2. 2. Базовая кривая распространения для больших расстояний

Координационное расстояние между радиостанциями по рис. 2.2 составило около 65 км.

**2.7 Расчет дальности связи в радиосетях ЛБК**

Расчет дальности связи в радиосетях ЛБК сводится к расчету дальности между радиостанцией РВ-2 начальника пассажирского поезда и станционной радиостанцией РС-4, подключенной к проводному каналу ЛБК. При этом значение u2 мин принимается равным 5 дБ на участках с электротягой постоянного тока .

E2= u2 - aт - ВМ - G1 - G2 - M + α1l1 + α2l2 + KЭ + KКС + g2 + KИ + KВ + KМ,

E2= 16,61 Дб.

В этом случае выбираем антенно-фидерный тракт: стационарную антенну типа АС-2/2, с высотой её установки порядка 16 метров и типом коаксиального кабеля РК-50.

Для локомотива выбираем, низко расположенную антенну АЛ/2, с коэффициентом экранирования КЭ = 2 дБ; высота установки антенн h2 = 5 м.

**3. Расчёт дальности связи в радиосетях поездной радиосвязи диапазона дециметровых волн (330 МГц)**

**3.1 Базовые кривые распространения радиоволн**

Дальность связи между радиостанциями рассчитывается на основе базовых кривых распространения сигналов в диапазоне 330 МГц (рис.10.1).

**3.2 Расчетные коэффициенты**

Поправочные коэффициенты. Поправочные коэффициенты учитывают отличие параметров антенно-фидерных трактов, мощности передатчика и высот установки антенн от условий, для которых приведены кривые.

Коэффициент Вм =11,14.

g2 = 0,12 дБ для фидера сопротивлением 50 Ом.

Коэффициенты КЭ и ККС для диапазона 330 МГц равны нулю и не учитываются.

**3.3 Вероятностные коэффициенты.**

КИ= 4 дБ – для электрифицированных участков; КМ= 3 дБ – для типа 3 трассы;

**3.4 Расчет дальности поездной радиосвязи**

При расчете радиоканала ПРС дальность связи определяется в направлении от стационарной радиостанции к радиостанции подвижного объекта, поскольку условия приема на подвижном объекте, значительно хуже, чем на стационаре из-за более высокого уровня радиопомех. При этом уровень сигнала на входе приемника возимой радиостанции

u2= E2 + aт +ВМ +G1 + G2 + M - α1l1 - α2l2 – g2 - KИ – KВ – KМ. (14)

Расчет дальности связи «Стационар – локомотив» производится исходя из условий u2 > u2 мин. Расчет производится в следующем порядке:

1) задается u2 мин на входе приемника возимой радиостанции; u2 мин=6 дБ;

2)по формуле определяется значение уровня напряженности поля E2 при u2 = u2 мин;

E2= u2 - aт - ВМ - G1 - G2 - M + α1l1 + α2l2 + g2 + KИ + KВ + KМ,

E2 = 2,03 Дб.

3)по базовым кривым (см. рис. 10.1) определяется дальность связи r.

Дальность поездной радиосвязи составляет около 30 км.

**3.5 Расчет высоты установки стационарной антенны**

Методика расчета высоты установки стационарной антенны для обеспечения заданной дальности связи заключается в следующем:

1) задается минимально допустимый уровень напряжения (u2 мин) на входе приемника возимой радиостанции;

2)исходя из заданной дальности связи определяется необходимая напряженность поля E2 по базовым кривым; Е2=6 дБ;

3)вычисляется значение высотного коэффициента М при заданном u2 = u2 мин; М= 6,72 .

4)при заданной высоте h2 установки возимой антенны (h2 = 5 м) вычисляется высота установки стационарной антенны h1.

; h1= 43,35 м.

Высота установки стационарной антенны составила 43,35 метров.

**Литература**

1. П. И. Художитков, О. В. Золотых. Системы железнодорожной связи. МПС РФ, Уральский электромеханический институт инженеров железнодорожного транспорта. Екатеринбург, 1993. -15 с.
2. Ваванов В.В. и др. Радиотехнические средства ж. д. транспорта.. М.: Транспорт, 1991.

303 с.

1. Волков В.М., Головин ЭЛ., Кудряшов В.А. Электрическая связь и радио на ж.д. транспорте. -М.: Транспорт, 1991. - 311 с. (главы 24 и 25).
2. Телекоммуникационные технологии на ж.д. транспорте. Под ред. Г.В. Горелова /М.: Транспорт, 1999.-576 с. (глава 15).
3. Долуханов Н.П. Распространение радиоволн. М.: «Связь», 1972, 336 с.

6. Правила организации и расчета сетей поездной радиосвязи. – ЦШ -4818. -М.: Транспорт, 1991.-94 с.

7. Методические указания по расчету системы станционной радиосвязи /М.: Транспорт, 1991.- 46 с.