Руководящие указания
по проектированию ультракоротковолновой радиосвязи
в энергосистемах

Москва, 1972 г.

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР
ГЛАВНИИПРОЕКТ
ВГНИ и НИИ
"ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ"

УТВЕРЖДАЮ:
Гл.инженер ЦДУ ЕЭС СССР
Г.А.ЧЕРНЯ/
"27" XII 1972 г.

РУКОВОДЯЩИЕ УКАЗАНИЯ

ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ УЛЬТРАКОРОТКОВОЛНОВОЙ РАДИОСВЯЗИ В ЭНЕРГОСИСТЕМАХ

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР ИНСТИТУТА /С.РОКОТЯН/

НАЧАЛЬНИК ТЕХНИЧЕСКОГО ОТДЕЛА /Н.МУРАШКО/

НАЧАЛЬНИК ОТДЕЛА СРЕДСТВ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ МО АСУ /В.ИШКИН/

Инв. № 3554 тм-тI

Москва, 1972 год

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ С С С Р

ГЛАВНИИПРОЕКТ
ВГПИ и НИИ
"ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ"
ОТДЕЛЕНИЕ ДАЛЬНИХ ПЕРЕДАЧ

РУКОВОДЯЩИЕ УКАЗАНИЯ

ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ УЛЬТРАКОРОТКОВОЛНОВОЙ РАДИОСВЯЗИ В ЭНЕРГОСИСТЕМАХ

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР /В.ЛЯШЕНКО/

НАЧАЛЬНИК ОТДЕЛА СВЯЗИ: /С.ВОСКОБОЙНИКОВ/

ГЛАВНЫЙ ТЕХНОЛОГ: /И.ЦИТВЕР/

РУКОВОДИТЕЛЬ ГРУППЫ: /Л.ЛЕБЕДЕВА/

Инв. № 8554тм-ТI

Москва, 1972г.

Предисловие

В Руководящих указаниях рассматриваются вопросы использования УКВ радиосвязи в энергосистемах для ремонтного обслуживания электрических сетей и оперативного обслуживания подстанций без дежурного персонала.

Приведена методика расчета радиоканалов с трассами над средненепересеченной местностью, в горных районах и городах.

Каналы радиосвязи с открытыми и полуоткрытыми трассами не рассчитываются и не проверяются, так как при применяемых в энергосистемах высотах установки антенн и типах радиостанций устойчивая связь будет обеспечена во всех встречающихся на практике случаях.

Поскольку в энергосистемах Советского Союза для установки антенн применяются в основном опоры двух-трех стандартных высот, в настоящих Указаниях дана наиболее рациональная методика поверочных расчетов каналов радиосвязи.

По этой методике проверяется возможность обеспечения устойчивой связи для выбранных на местности пунктов, типа радиостанций, типа и высот установки антенн.

При составлении Указаний были учтены замечания ВНИИЭ, ОРГРЭС, ЦДУ ЕЭС СССР и института Сельэнергопроект.

С О Д Е Р Ж А Н И Е

		Стр
РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ.	Принципы организации УКВ радиосвязи.	7
РАЗДЕЛ ВТОРОЙ.	Взаимные помехи в сетях радиосвязи. Рекомендации по разносу частот. Выбор частот	10
РАЗДЕЛ ТРЕТИЙ.	Построение сетей радиосвязи для ремонтно-эксплуатационного и оперативного обслуживания распределительных сетей и подстанций.	13
ПРИЛОЖЕНИЕ I.	Расчет каналов радиосвязи в метровом диапазоне ультракоротких волн	16
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.	Расчет прохождения радиосвязи в городах	28
ПРИЛОЖЕНИЕ 3.	Примеры построения УКВ сетей радиосвязи.	31
ПРИЛОЖЕНИЕ 4.	Примеры расчета каналов радиосвязи. . .	38

Чертежи

№№ пп	Наименование чертежей	Номер чертежа	Количество форматок
I	Условные обозначения	3554тм-тI-I	
2.	Пример схемы электрических сетей ПЭС	3554тм-тI-2	
3.	Пример построения частотной сетки в ПЭС	3554тм-тI-3	
4.	Пример выбора частот для радиосетей в ПЭС	3554тм-тI-4	
5.	Пример построения радиосети ПЭС при смешанной схеме управления с использованием системы дальней радиосвязи ДРС-2 с двумя ретрансляциями	3554тм-тI-5	
6.	Пример построения радиосети ПЭС при смешанной схеме управления с использованием системы дальней радиосвязи ДРС-2 с одной ретрансляцией	3554тм-тI-6	
7.	Пример построения радиосети РЭС при смешанной схеме управления	3554тм-тI-7	
8.	Пример построения радиосети при территориальной схеме управления ПЭС	3554тм-тI-8	
9.	Карта зон уверенной радиосвязи	3554тм-тI-9	

Наименование рисунков	Номера рисунков
Частотная зависимость величины затухания радиочастотных кабелей	I,2 - 3554тм-т1-10
К определению множителя ослабления на полуоткрытых и закрытых трассах радиоканалов	8,4 - 3554тм-т1-11
График значений h для построения кривизны земной поверхности и схема нахождения h	5,6 - 3554тм-т1-12
Зависимость R' от $b_э$ и λ	7 - 3554тм-т1-13
Зависимость h'' от $b_э$ и λ	8 - 3554тм-т1-13
Зависимость $V_{(x)}$ от X	9 - 3554тм-т1-14
Зависимость $V_{(y)}$ от Y	I0 - 3554тм-т1-14
Зависимость V_r от $\frac{H}{R}$	II - 3554тм-т1-15
График для определения помех, излучаемых высоковольтным оборудованием подстанций 35-500 кв	I2 - 3554тм-т1-16
График для определения дополнительного множителя F для расчета напряженности поля в городах	I3 - 3554тм-т1-17
Профиль трассы радиоканала к примеру I	I4 - 3554тм-т1-18
Профили трассы радиоканалов к примерам 2 и 3	I5, I6 - 3554тм-т1-19

РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ.

ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ У К В РАДИОСВЯЗИ

I. В энергетике основное применение УКВ радиосвязь находит в предприятиях, районах и участках электрических сетей, главным образом для организации связи с подвижными объектами.

2. В предприятии электрических сетей (ПЭС) УКВ радиосвязь может выполнять следующие функции:

а) связь диспетчера ПЭС и дежурного ремонтно-производственной базы (РПБ) с оперативно-выездными и ремонтно-восстановительными бригадами (ОВБ);

б) связь диспетчера ПЭС с подчиненными ему энергообъектами и с диспетчерами районов электрических сетей;

в) передачу аварийно-предупредительной сигнализации с необслуживаемых подстанций на диспетчерский пункт ПЭС.

I.3. В районе электрических сетей (РЭС) УКВ радиосвязь используется для:

а) связи диспетчера РЭС с подчиненными ему объектами и с дежурными участков электросетей;

б) передачи аварийно-предупредительной сигнализации с необслуживаемых подстанций на диспетчерский пункт РЭС;

в) связи диспетчера РЭС и дежурного РПБ с оперативным и ремонтным персоналом, находящимся на объекте или передвигающимся к месту производства работ.

I.4. В участке электрических сетей (УЭС) радио обеспечивает связь отдельных монтеров, обходчиков и ремонтных автомашин между собой и с дежурным УЭС.

I.5. Для выполнения всех вышеперечисленных функций в энергосистемах могут создаваться следующие функциональные радиосети:

а) диспетчерская радиосеть;
б) радиосеть автоматической телесигнализации;
в) радиосеть для связи с автомашинами ОВБ;
г) радиосеть для связи монтеров, обходчиков или автомашин между собой и с руководителем ремонтно-восстановительных работ

I.6. Основным принципом организации радиосвязи является создание комплексных радиосетей, позволяющих наиболее эффективно использовать как радиоаппаратуру, так и выделенные для нее рабочие частоты.

I.7. Комплексной радиосетью называется такая сеть, в которой одна и та же аппаратура, работающая на одних и тех же частотах, выполняет несколько различных функций, заменяя собой две или более радиосети, указанные в п.I.5.

I.8. В качестве основного звена для организации комплексных радиосетей принимается РЭС, поскольку расстояние от его центра до наиболее удаленных точек обслуживания в большинстве случаев соответствует дальности действия УКВ аппаратуры и, следовательно, для обслуживания всей территории достаточно одной сети.

I.9. Комплексная радиосеть в РЭС может обеспечивать выполнение всех функций, указанных в п.I.3, и создается вместо сетей "а", "б",и "в", указанных в п.I.5.

I.IO. В зависимости от местных условий комплексная сеть РЭС может выполнять не все функции п.I.3, а только две их них в любой комбинации. При небольшой загрузке комплексной сети допустимо, чтобы она осуществляла и некоторые дополнительные функции, например, связь основных служб района электросетей. Эти вопросы решаются при конкретном проектировании.

I.II. Для ПЭС рекомендуется организация комплексной радиосети, аналогично радиосети РЭС.

I.I2. Для выполнения всех функций, указанных в п.I.2, комплексная радиосеть ПЭС, как правило, выполняется с ретрансляцией для удаленных абонентов. Ретрансляция может осуществляться с использованием радиоканалов или других средств связи (ВЧ канал, проводные и кабельные линии связи). Ретрансляционные радиостанции рекомендуется устанавливать на диспетчерском пункте РЭС.

I.I3. При проектировании УКВ радиосвязи для ремонтно-эксплуатационного обслуживания распределительных сетей необходимо особое внимание уделять выбору режима работы системы связи, правильный выбор которой способствует наиболее рациональному использованию средств радиосвязи и эффективной организации ремонтно-эксплуатационных работ.

I.I4. При организации радиосвязи в диапазоне, выделенном Государственной инспекцией электросвязи Министерства связи СССР для энергетики, возможно применение следующих режимов работы системы связи:

а) одночастотный симплексный;

б) двухчастотный симплексный;

в) полудуплексный;

г) дуплексный.

I.I5. Для более гибкого обслуживания электрических сетей и рационального использования выделенных частот (см.п.25) для работы комплексных радиосетей рекомендуется применять следующие режимы работы:

I. При смешанной и функциональной схемах управления для радиосетей ПЭС - двухчастотные режимы: двухчастотный симплекс или полудуплекс (центральные радиостанции работают в дуплексном режиме, а абонентские радиостанции в режиме двухчастотного симплекса).

Для радиосетей РЭС- одночастотный симплекс.

2. При территориальной схеме управления —одночастотный или двухчастотный симплекс.

I.I6. Дуплексный режим работы рекомендуется применять для промежуточных радиостанций - ретрансляторов и для радиостанций, с которыми осуществляется сопряжение аппаратуры каналов других видов связи.

В исключительных случаях, при невозможности организации каналов диспетчерской связи по другим видам связи, кроме радиосвязи, и отсутствии телесигнализации, может быть использован дуплексный режим работы радиоканала.

I.I7. Для вспомогательных радиосетей "г" по п.I.5 рекомендуется режим одночастотного симплекса с использованием частоты радиосети РЭС.

I.I8. Включение в АТС центральных радиостанций комплексных радиосетей не рекомендуется, поскольку эти сети используются, в основном, для связи с подвижными объектами. Возможно включение в АТС центральных дуплексных радиостанций через пульт с ручным соединением.

РАЗДЕЛ ВТОРОЙ.

ВЗАИМНЫЕ ПОМЕХИ В СЕТЯХ РАДИОСВЯЗИ. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАЗНОСУ ЧАСТОТ. ВЫБОР ЧАСТОТ.

2.I. Организация радиосвязи для оперативного обслуживания распределительных сетей предусматривается по радиальной схеме с установкой центральной радиостанции, как правило, в центре обслуживаемой зоны (на ДП ПЭС, РЭС или РПБ).

2.2. Центральная радиостанция снабжается штыревой антенной, которая устанавливается на антенной опоре высотой 25-30 м, а на автомашинах используется штыревая антенна, установленная на высоте I,5 м. В этих условиях радиосвязь между автомобильной и центральной радиостанциями на среднепересеченной местности будет обеспечена на расстоянии до 35 км, и,следовательно, центральные радиостанции будут располагаться на расстоянии, равном двум радиусам сетей, т.е. примерно через 60-70 км.

2.3. В связи с указанным в п.2.2 при организации радиосвязи в режиме одночастотного симплекса применение для соседних сетей одинаковых рабочих частот не допускается. Частоты можно повторять для сетей, центральные радиостанции которых удалены друг от друга на расстояние около I00 км (зависит от рельефа местности и высоты установки антенны центральных радиостанций).

2.4. При организации радиосвязи в двухчастотных режимах (двухчастотный симплекс, полудуплекс и дуплекс) работа соседних радиосетей без взаимных помех на одинаковых частотах может быть обеспечена при расстоянии между центральными радиостанциями 60-70км.

этом случае влияние центральной радиостанции данной сети на автомобильную радиостанцию соседней сети и наоборот будет практически отсутствовать.

2.5. Для использования в энергосистемах Государственной инспекцией электросвязи Министерства связи СССР выделены 28 частот, имеющие условные номера I ÷ 28.

Частоты I0-I9 выделены для организации радиоканалов работающих симплексных режимах; частоты I-9 и 20-28 - для организации радиоканалов работающих в двухчастотных режимах.

Частоты 20-28 рекомендуется использовать для передатчиков центральных радиостанций, а частоты I-9 для передатчиков мобильных радиостанций.

При организации радиоканалов со станционарными радиостанциями допускается использование для передатчиков абонентских или центральных радиостанций подчиненного объекта частот I-9.

Указанные частоты разрешено использовать для организации радиосетей с применением радиостанций серии ФМ.

2.6. Выделенные частоты для организации УКВ радиосетей распределены на 9 групп, по три частоты в каждой группе:

группы	№ частот	№ группы	№№ частот
I	I,I0,20	УI	7,I6,26
II	8,I7,27	УII	4,I3,23
III	3,I2,22	УIII	9,I8,28
IУ	6,I5,25	IX	5,I4,24
У	2,II,2I		

При распределении частот радиостетей используется 7 групп (I ÷ УII).

Две группы (УIII и IX) используются в случае организации дополнительных радиосстей в больших городах, для ретрансляции, а также в случае размещения в одной ромбической зоне более одного РЭС.

Для ретрансляции могут быть использованы также частоты и других групп, если это необходимо для исключения влияний между радиосетями (например, при организации радиоканалов на протяженных ли-

ниях электропередачи сверхвысокого напряжения, проходящих по территории нескольких энергосистем) где использованы частоты групп УШ и IX.

Симплексные центральные и мобильные радиостанции радиосетей, работающих в режиме одночастотного и двухчастотного симплекса на всей территории СССР должны иметь канал на частоте № I9.

Работа на частоте № I9 может осуществляться только при необходимости связи между радиостанциями различных сетей, если эта связь не обеспечивается на других частотах.

Управлению дальних электропередач Главцентрэнерго разрешено организовывать симплексную одночастотную радиосеть на частоте № I для эксплуатации линий электропередачи.

2.7. Распределение частот по территории СССР выполнено институтом "Энергосетьпроект". Для этой цели территория энергосистемы, на которой организуются УКВ радиосети, разбита на ромбические зон со стороной 40 км и с острым углом 70-75°. Площадь ромбической зоны соответствует, примерно, площади большинства РЭС.

При указанном распределении радиочастот между центральными радиостанциями, имеющими одинаковые частоты, обеспечивается расстояние около I00 км, чем практически исключается влияние между радиосетями. (Пример распределения частот приведен на чертежах №№ 3554тм-тI-4,5.

В отдельных случаях допускается перераспределение частот внутри энергосистемы. Перераспределение частот выполняется таким образом, чтобы влияние между радиосетями не превышали допустимой величины.

2.8. При установке в одном пункте двух или более центральных радиостанций, работающих в диапазонах частот I0-I9 и 20-28, антенны этих радиостанций должны быть разнесены на расстояние не менее I00 м, что практически обеспечивает работу радиостанций без взаимных влияний. При этом не рекомендуется размещать рядом радиостанции с разносом частот 25 и 50 кГц.

2.9. Работа действующих радиостанций на старых частотах (диапазон I5I, I25 - I52, 650 МГц) разрешена Министерством связи СССР до I.I.I980г., после чего все радиосети не переведенные на частоты, указанные в п.2.5 будут закрыты. В связи с этим рекомендуется осуществлять перевод существующих радиосетей до указанного срока для работы в новом диапазоне частот.

Для этой цели можно рекомендовать замену радиостанций в части РЭС и ПЭС, а существующие радиостанции этих РЭС и ПЭС использовать для расширения других сетей работающих на старых частотах до I980г.

РАЗДЕЛ ТРЕТИЙ.

ПОСТРОЕНИЕ СЕТЕЙ РАДИОСВЯЗИ ДЛЯ РЕМОНТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО И ОПЕРАТИВНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ И ПОДСТАНЦИЙ.

3.I. При централизованном ремонте распределительных сетей и подстанций средства связи должны обеспечить ремонтным бригадам связь с РПБ в любой момент в течение всего времени производства аварийно-восстановительных работ, а также передачу аварийно-предупредительной сигнализации с подстанций, работающих без постоянного дежурного персонала, на диспетчерский пункт.

3.2. При организации радиосвязи для ремонтного и оперативного обслуживания распределительных сетей и подстанций рекомендуется:

I- создавать комплексные УКВ радиосети;

2 - для радиосетей предприятий и районов использовать радиостанций серии ФМ соответствующих модификаций;

3 - для радиосетей "г" по п.I.5 в участках электрических сетей использовать портативные радиостанции серии ФМ;

4 - размещать центральные радиостанции на диспетчерских пунктах ПЭС, РЭС или на территории РПБ;

5 - предусматривать дистанционное управление центральными станциями из двух пунктов (диспетчером ПЭС или РЭС и дежурным РПБ);

6 - устанавливать на каждом диспетчерском две центральные радиостанции (рабочую и резервную) мощностью -20 Вт.

7 - устанавливать на каждой подстанции без дежурного персонала по одной стационарной радиостанции с блоками телесигнализации;

8- использовать на центральных радиостанциях штыревые или коллинеарные антенны;

9 - применять для центральных радиостанций, как правило, антенные опоры высотой 25-30 м (как исключение - высотой до 45 м);

IO - на подстанциях, работающих без постоянного дежурного персонала, устанавливать направленные антенны типа "волновой канал" или коллинеарные в случае использования радиостанции в системе дальней радиосвязи (например по типу ДРС-2);

II - электропитание радиостанций, установленных на подстанциях работающих без постоянного дежурного персонала, осуществлять от сети переменного тока через выпрямитель, с автоматическим резервированием от аккумуляторной батареи;

I2 - электропитание радиостанций, установленных на аварийно-восстановительных машинах осуществлять от стартерных аккумуляторных батарей автомашин;

I3 - расчет прохождения радиосвязи производить в соответствии с методикой, изложенной в *приложении 1 и 2* настоящих Указаний.

3.3. В случае нахождения диспетчерского пункта или сетевого участка на территории с относительно низкими отметками, т.е. на территории, откуда нет возможности организации устойчивой связи, стационарные радиостанции следует выносить на возвышенные места. Аналогичным образом следует поступать при отсутствии возможности обеспечения требуемого отношения сигнал - помеха, т.е. в случае высокого уровня помех радиоприему.

3.4. При дистанционном управлении центральной радиостанцией из двух пунктов (например с ДП РЭС и дежурным РПБ) преимущественное право работы предоставляется диспетчеру.

3.5. Радиостанции, вынесенные с территории ДП следует размещать, как правило, в шкафах наружной установки.

3.6. Автотранспорт, на котором устанавливаются передвижные (автомобильные) радиостанции, должен быть оборудован устройством подавления помех, излучаемых системой зажигания двигателя, которым автозавод комплектует автомашину.

3.7. Для обеспечения связи с удаленными энергетическими объектами на антенной опоре стационарной станции до 20 Вт можно совместно со штыревой антенной устанавливать направленную антенну типа "волновой канал", ориентированную в направлении удаленного абонента.

3.8. Для проверки надежности радиосвязи в обслуживаемой зоне выбирается несколько характерных точек(например вблизи автодорог, на возвышенных местах), для которых производится расчет запаса устойчивости радиосвязи, определяемый как разность между величиной ослабления сигнала на данном участке и максимально допустимым ослаблением на том же участке. Расчет выполняется по профилям, построенным между местом нахождения РПБ и каждой из выбранных точек в обслуживаемой зоне (см. *приложение 1*).

3.9. По окончании наладки и настройки средств радиосвязи производятся измерения уровней сигнала в различных точках обслуживаемой зоны, на основании которых составляется карта зон уверенной радиосвязи. Пример такой карты приведен на чертеже № 3554тм-тI-9.

3.10. При проектировании аварийно-предупредительной сигнализации с подстанций, работающих без постоянного дежурного персонала, необходимо предусматривать передачу двух сигналов аварийно-предупредительной сигнализации на диспетчерский пункт ПЭС или РЭС. С каждой подстанции передается сигнал аварий (аварийное отключение всех присоединений и основного оборудования) и сигнал неисправности (неисправность основного и вспомогательного оборудования, а также вторичных цепей подстанций).

3.II. Для передачи аварийно-предупредительной сигнализации по радиоканалу на аппаратуре серии ФМ необходимо предусматривать блоки ТЖА и ТЖК.

3.I2. Для проектирования УКВ радиосвязи в распределительных сетях необходимо иметь:

а) структурную схему организации эксплуатации рассматриваемого сетевого подразделения;

б) данные о пунктах расположения сетевых подразделений, РПБ и подстанций без дежурного персонала, а также планы служебных помещений;

в) данные о конфигурации распределительных сетей, напряжениях и протяженности линий электропередачи;

г) технические характеристики имеющихся средств радиосвязи;

д) сведения о наличии аварийных источников электропитания;

е) данные о наличии на территории обслуживаемой зоны УКВ радиостанций, их частотах, а также установках, излучающих помехи радиоприему.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

РАСЧЕТ КАНАЛОВ РАДИОСВЯЗИ В МЕТРОВОМ ДИАПАЗОНЕ УЛЬТРАКОРОТКИХ ВОЛН.

П1.I. В настоящем приложении приводится методика расчета каналов радиосвязи, работающих в диапазоне 30 - 300 МГц с трассами над среднепересеченной местностью и в горных районах.

Каналы радиосвязи с открытыми и полуоткрытыми трассами (сюда относятся все трассы, для которых зазор между линией, соединяющей антенны, и наивысшей точкой эквивалентного препятствия больше нуля) не рассчитываются и не проверяются, так как при применяемых в энергосистемах высотах установки антенн и типах радиостанций устойчивая связь будет обеспечена во всех встречающихся на практике случаях.

Поскольку в энергосистемах Советского Союза для установки антенн применяются, в основном, опоры двух-трех стандартных высот, в настоящем разделе дана наиболее рациональная методика поверочных расчетов каналов радиосвязи. По этой методике проверяется возможность обеспечения устойчивой связи для выбранных на местности пунктов, диапазона частот, типа радиостанций, типа и высоты установки антенн.

В основу методики расчета положены монографии А.И.КАЛИНИНА "Расчет трасс радиорелейных линий" (изд-во "Связь", 1964), рекомендация № 370 Международного консультативного Комитета по радио (МККР), а также результаты экспериментальных исследований, проведенных на конкретных трассах и энергообъектах. Расчеты конкретных радиоканалов, выполненные по методике настоящих Указаний, дали хорошие совпадения с данными МККР и экспериментальными измерениями, проведенными Энергосетьпроектом и ВНИИЭ.

П1.2. Расчет необходимо выполнять только для тех каналов, антенны которых расположены в области тени (закрытые трассы), обеспечивая при этом минимально допустимое соотношение сигнал/шум на выходе приемника, которое принято равным 26 дБ (20 раз по напряжению).

При расчете радиоканалов с мобильными радиостанциями, находящимися в месте наличия помех радиоприему (например, на высоковольтных подстанциях и в городах), минимальная величина сигнал/шум может быть принята равной 15 дБ.

П1.3. Расчет каналов радиосвязи ведется, как правило, в одну сторону от передатчика с меньшей мощностью. Если при этом в месте установки радиостанции с передатчиком меньшей мощности имеются помехи от энергетических объектов, то расчет канала следует вести в обе стороны. Расчет ведется в следующем порядке:

а) рассчитывается напряжение сигнала на входе приемника с учетом энергетических параметров аппаратуры (мощности передатчика, коэффициента усиления антенн, коэффициента полезного действия антенных фидеров на передающем и приемном концах и т.п.) в предположении, что распространение радиоволн происходит в свободном пространстве;

б) определяется множитель ослабления поля свободного пространства, обусловленного рельефом местности и метеорологическими условиями;

в) определяется напряжение сигнала на входе приемника с учетом ослабления поля свободного пространства;

г) определяется возможность обеспечения устойчивой связи при известных значениях сигнала и помехи в точке приема.

п1.4. При распространении радиоволн в свободном пространстве напряжение сигнала на входе приемника определяется по формуле:

$$U = \frac{\lambda \cdot 10^6}{4\pi R_o} \sqrt{P_1 G_1 G_2 \eta^2 r_{вх}} \quad мкВ, \qquad (1)$$

где: λ – длина волны, м;

R_o – расстояние между корреспондирующими точками, м,

P_1 – мощность передатчика, Вт;

G_1 и G_2 – коэффициенты усиления соответственно передающей и приемной антенн по мощности, раз (по отношению полуволновому вибратору), определяющиеся по паспортным данным;

η – коэффициент полезного действия (к.п.д.) антенных фидеров на передающем и приемном концах; (отношение мощностей на выходе и входе антенных фидеров)

$r_{вх}$ – входное сопротивление приемника, Ом.

Длина волны сигнала определяется по формуле:

$$\lambda = \frac{300}{f} \text{ м}, \qquad (2)$$

где: f – частота сигнала, МГц.

Коэффициент полезного действия антенных фидеров на передающем и приемном концах определяется по формуле:

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 = 10^{-0,1(a_1 + a_2 + 2\Delta a)} \qquad (3)$$

где: η_1; η_2 – коэффициенты полезного действия антенных фидеров соответственно на передающем и приемном концах;

α_1, α_2 – затухание антенных фидеров соответственно на передающем и приемном концах, дБ;

$\Delta\alpha$ – дополнительное затухание в антенном фидере за счет неполного согласования радиочастотного кабеля с антеннами, дБ.

Затухание антенного фидера, выполненного из радиочастотного кабеля, определяется по формуле:

$$\alpha = \alpha \cdot \ell \quad дБ, \qquad (4)$$

где: α – затухание радиочастотного кабеля, дБ/м (определяется по рис.I,2).

ℓ – длина антенного фидера, м.

Дополнительное затухание в антенном фидере, обусловленное неполным согласованием радиочастотного кабеля с антеннами, определяется по формуле:

$$\Delta\alpha = 20 \lg \frac{(I + кбв)^2}{4 \cdot кбв}, \qquad (5)$$

где: кбв – коэффициент бегущей волны (в расчетах принимается равным 0,6).

При одинаковых типах радиочастотных кабелей антенных фидеров на передающем и приемном концах и кбв =0,6 формула (3) примет вид:

$$\eta = 0{,}8 \cdot 10^{-0{,}1\alpha(\ell_1 + \ell_2)} \qquad (6)$$

где: $\ell_1 + \ell_2$ – общая длина антенных фидеров на передающем и приемном концах, м.

1.5. Реальные условия распространения радиоволн отличаются от условий распространения в свободном пространстве из-за наличия границы раздела земля-атмосфера и неоднородного строения атмосферы. Для учета влияния поверхности земли и неоднородности атмосферы на величину напряженности поля вводится понятие множителя ослабления поля свободного пространства V. Эта величина V определяется, как отношение напряжения сигнала на входе приемника $U_{вх}$

при распространении радиоволн в реальных условиях к напряжению сигнала на входе приемника U на том же расстоянии R_0 при распространении радиоволн в свободном пространстве

$$V = \frac{U_{вх}}{U}$$

Учет влияния рельефа местности конкретных трасс радиоканалов с трассами над среднепересеченной местностью осуществляется методом аппроксимации реальных препятствий сферами, радиус который определяется видом препятствия (рис.3).

Для упрощения выполнения расчетов множителя ослабления построение аппроксимирующей сферы на чертежах профиля трассы не производится. Необходимые расчетные величины определяются по формулам (7) - (I7) на основании значений, получаемых из графических построений на профиле.

Профили трасс радиоканалов являются основными рабочими материалами, позволяющими рассчитать множитель ослабления. Построение профилей трасс радиоканалов рекомендуется выполнять по картографическому материалу в масштабе, который выбирается в зависимости от протяженности интервала и перепада высот. Построение профилей производится в следующей последовательности:

а) на топографической карте выбранного масштаба (например, I:I00000) места установки радиостанций соединяются прямой линией АБ, как показано на рис.4;

б) в зависимости от расстояния между радиостанциями и перепада высот местности на трассе выбираются горизонтальный и вертикальный масштабы чертежа профиля в соответствии с таблицей I;

в) определяются расстояния от одного из пунктов до пересечения прямой АБ с горизонталями; положения этих точек в соответствии с выбранным горизонтальным масштабом наносятся на отрезке АБ чертежа профиля трассы (рис.4);

Таблица I.

Расстояние между радиостанциями, км (не более)	Горизонтальный масштаб профиля	Перепад высот по трассе ΔH, м (не более)	Вертикальный масштаб профиля
30	I:I00000	I50 200	I:I000 I:2000
30-50	I:200000	200	I:2000
50-I00	I:250000	200	I:2500

г) строится кривизна земной поверхности для данного расстояния по нескольким точкам, которые следует брать через каждые 5-20 км., в зависимости от длины трассы; при этом необходимо пользоваться графиком рис.5.

На рис.4 построение кривизны земной поверхности выполнено пунктирной линией;

д) из каждой точки, отмеченной на прямой АБ, восстанавливается перпендикуляр и на нем откладывается (в выбранном вертикальном масштабе) высота кривизны земной поверхности в этой же точке.

Для уменьшения размеров чертежа высоты откладываются от условного уровня, в качестве которого можно принять горизонталь с наименьшей отметкой на данном профиле;

е) в точках $А^{I}$ и $Б^{I}$ восстанавливаются перпендикуляры, и на них откладываются в выбранном масштабе высоты передающей и приемной антенн h_1 и h_2 ;

ж) производятся графические построения на чертеже профиля трассы, из которых определяются следующие значения, необходимые для расчета (рис.4).

R_0 - протяженность интервала, км;

R_1 - расстояние до наивысшей точки эквивалентного препятствия, км.;

γ - протяженность препятствия, км;

H - зазор между прямой линией, соединяющей передающую и приемную антенны, и наивысшей точкой эквивалентного препятствия,м. Для закрытых трасс величина H является отрицательной.

Для учета геометрических характеристик реальных трасс, с учетом трансформации профиля за счет рефракции, определяются высоты передающей и приемной антенн над аппроксимирующей сферой:

$$h'_1 = \frac{K^2 R_0^2}{2B_э} + \frac{K}{1-K} \cdot H(g) \quad м, \qquad (7)$$

$$h'_2 = \frac{(1-K)^2 R_0^2}{2B_э} + \frac{1-K}{K} \cdot H(g) \quad м, \qquad (8)$$

где: К – относительная координата наивысшей точки эквивалентного препятствия

$$K = \frac{R_1}{R_0}; \qquad (9)$$

$H_{(g)}$ – расчетный зазор на трассе с учетом рефракции

$$H_{(g)} = H + \Delta H_{(g)} = H - \frac{R_0^2}{4} g K \cdot (1-K) \quad м; \qquad (10)$$

$\beta_э$ – эквивалентный радиус аппроксимирующей сферы

$$\beta_э = \frac{z^2}{8 |H_{(g)}|} \quad км; \qquad (11)$$

В формуле (10) g – вертикальный градиент диэлектрической проницаемости воздуха. Значение g определяется для конкретного климатического района по таблице 2.

Таблица 2.

№ района	Климатические районы	g 90%, 1/м
I.	Северо-Запад Европейской части СССР, Кольский п-ов, Карельская АССР, Коми АССР, Архангельская обл., Прибалтика, Белоруссия	-1.10^{-8}
2.	Центральная часть Европейской территории СССР	$-2{,}5.10^{-8}$
3.	Юго-Запад Европейской территории СССР (Курская обл., Воронежская обл., Молдавия, Украина за исключением приморских районов.	$0{,}2.10^{-8}$
4 и 5.	Степные районы Поволжья, Дона, Краснодарского края, Ставропольского края и Крыма, Оренбургская обл. и прилегающие районы Юго-Востока Европейской части СССР	2.10^{-8}
6.	Районы Прикаспийской низменности	$-2 \cdot 10^{-8}$
7.	Прикаспийские районы Средней Азии и Апшеронский п-ов	$1{,}5.10^{-8}$
9.	Пустынные районы Южного Казахстана	$5{,}5 \cdot 10^{-8}$
10.	Степная полоса Южной Сибири и Казахстана	$4 \cdot 10^{-8}$

№ района	Климатические районы	q 90%, I/м
II.	Средняя полоса Западно-Сибирской низменности	0
I2.	Восточная Сибирь, Якутия, Красноярский край	$2{,}5 \cdot 10^{-8}$
I5.	Приамурье, Приморье и Сахалин	$-2{,}5 \cdot 10^{-8}$
I6.	Субарктический пояс Сибири	$1{,}5 \cdot 10^{-8}$

На основании опыта проектирования и эксплуатации радиоканалов в метровом диапазоне УКВ, которые используются в энергосистемах для сигнализации, эксплуатационной связи и диспетчерской связи в низовых звеньях управления, можно считать достаточным требование обеспечения качественной связи в течение 90% времени работы канала. Значение q в таблице 2 приведены, исходя из этих условий.

Относительные высоты передающей и приемной антенн с учетом радиуса аппроксимирующей сферы и длины волны

$$y_1 = \frac{h_1'}{h''}; \qquad (12)$$

$$y_2 = \frac{h_2'}{h''}; \qquad (13)$$

где: $$h'' = \sqrt[3]{\frac{6_э \lambda^2}{8\pi^2}}; \qquad (14)$$

Для определения значения h'' вместо формулы (I4) можно воспользоваться графиками, приведенными на рис.8.

в) относительная протяженность интервала с учетом радиуса аппроксимирующей сферы и длины волны:

$$X = \frac{R_0}{R'}; \qquad (15)$$

где: $$R' = \sqrt[3]{\frac{6_э^2 \lambda}{\pi}}, \qquad (16)$$

Для определения значения R' вместо формулы (I6) можно воспользоваться графиками, приведенными на рис.7.

Множитель ослабления поля свободного пространства определяется, как функция от X, y_1, y_2

$$V = V_{(x)} + V_{(y_1)} + V_{(y_2)} \quad дБ; \qquad (17)$$

Графики для определения $V_{(x)}$, $V_{(y_1)}$, $V_{(y_2)}$ приведены на рис.9,I0.

Учет влияния рельефа местности конкретных трасс радиоканалов с трассами в горных районах осуществляется методом приведения препятствий к виду клиновидных (остроконечных).

Множитель ослабления поля свободного пространства определяется по формуле:

$$V_r = \Sigma V_{ri} \quad , \qquad дБ \qquad (I8)$$

где: V_{ri} - множитель ослабления обусловленный одним препятствием рассчитывается в предположении, что остальные препятствия в интервале отсутствуют.

Величина V_{ri} определяется в следующей последовательности:

а) строится профиль рассчитываемого интервала и выполняются соответствующие построения (см.рис.I5, на котором приведен пример построения в интервале при двух остроконечных препятствиях).

При построении в интервале с двумя препятствиями одно из них принимается главным (на рис.I5 это препятствие M_I). Для второго препятствия M_2 построения выполняются между точками M_I и B;

б) определяется радиус первой зоны Френеля для каждого интервала.

$$R = 548 \sqrt{\frac{d_1 \cdot d_2}{f(d_1 + d_2)}} \qquad м \qquad (I9)$$

где: f - частота МГц ;

d_1 и d_2 - расстояния от корреспондирующих точек до препятствия, км.

В примере на рис.I5 при расчете ослабления от препятствий;

M_I $\quad d_1 = a; \quad d_2 = b + c$

M_2 $\quad d_1 = b, \quad d_2 = c$

в) определяется V_r для каждого интервала по графику на рис.II в зависимости от параметра

$$m = \frac{H}{R}$$

г) по формуле (I8) определяется множитель ослабления от двух препятствий.

Если в интервале имеются более двух препятствий, то соответствующим делением интервала на отдельные участки нужно привести его к рассмотренному выше случаю.

На рис.I6 показан пример построения профиля интервала с пятью остроконечными препятствиями. Этот интервал разбивается на два: между точками AM_3 и M_3B.

Напряжение сигнала на входе приемника с учетом ослабления за счет препятствий и метеорологических условий определяется по формуле:

$$U_{вх} = 10^{\frac{V}{20}} \cdot U; \quad \text{мкВ}, \qquad (20)$$

где: U - значение, определенное из формулы (I).

Для обеспечения устойчивой связи необходимо выполнение следующего условия (если в точке приема отсутствуют посторонние помехи от энергетических объектов и других источников):

$$U_{вх.} \geqslant U_{ч.пр.}; \qquad (21)$$

где: $U_{ч.пр.}$ - чувствительность приемника при отношении сигнал/шум, равном 26 дБ.

Если в паспортных данных аппаратуры приведена чувствительность приемника при других значениях сигнал/шум, то ее необходимо привести к значению, соответствующему формуле (2I).

В первом приближении $U_{ч.пр}$ в таких случаях можно определить по формуле:

$$U_{ч.пр.} = U'_{ч.пр.} \cdot 10^{\frac{26 - P_{с/ш}}{20}} \quad \text{мкВ}, \qquad (22)$$

где: $U'_{ч.пр}$ - чувствительность приемника по паспортным данным при отношении сигнал/шум, равном Р с/ш.

Если для рассчитываемого канала радиосвязи условие (21) не выполняется, то необходимо увеличить высоты антенных опор (или применить более эффективные направленные антенны) либо выбрать другую трассу. После проведения указанных изменений расчет канала необходимо повторить.

П1.6. В тех случаях, когда место установки радиостанций выбирается при высоковольтной подстанции, оборудование которой излучает радиопомехи, следует проверять выполнение условия устойчивой связи при имеющем место уровне помех в точке приема. Проверка выполнения условия устойчивой связи удобнее всего производить путем сравнения напряжения сигнала и помехи на входе приемника.

Для наиболее широко применяемых в энергосистемах радиостанций с частотной и фазовой модуляцией минимально-допустимое отношение сигнала к помехе на входе приемника определяется по формуле

$$Рс/п\ .\ мин. = 26 - 10\,lg\frac{F}{\Delta f} - 20\,lg\,m\sqrt{3} \qquad (22)$$

где: Δf – полоса пропускания фильтров приемника до ограничителя амплитуд, кГц;

m – индекс модуляции;

F – полоса частот, в которой измерено напряжение помех кГц.

Значения Δf и m определяются по паспортным данным аппаратуры. Для аппаратуры типа ФМ-10/164 Δf =50кГц, m =1,1 (при разносе частот между соседними каналами 25 кГц) минимально-допустимое отношение сигнала к помехе на входе приемника составит:

$$Рс/п\ мин. = 26 - 10\,lg\frac{100}{50} - 20\,lg\,1{,}1\sqrt{3} = 17{,}4\ дБ \qquad (23)$$

При m =3 (при разносе частот между соседними каналами 50 кГц) минимально-допустимое отношение сигнала к помехе на входе приемника составит:

$$Рс/п\ мин = 26 - 10\,lg\frac{100}{50} - 20\,lg\,3\sqrt{3} = 8{,}7\ дБ \qquad (24)$$

Для обеспечения устойчивой связи необходимо выполнение условия:

$$Р\ с/п \geqslant Р\ с/п\ мин \qquad (24)$$

где: $Pc/п = 20 \lg \frac{U_{вх.}}{U_{пом.}}$ дБ, (25)

где: $U_{вх}$ - напряжение сигнала на входе приемника, мкВ;

$U_{пом.}$ - напряжение помехи на частоте сигнала на входе приемника, мкВ, измеренное в полосе F, кГц

Величину напряжения помех рекомендуется определять путем измерений при установке радиостанций на высоковольтной подстанции.

Измерения помех от оборудования подстанций рекомендуется проводить при операции отключения разъединителя от холостой системы шин, создавая дугу емкостного тока.

Измеренная величина уменьшается на 26 дБ и принимается, как расчетная независимо от высоты установки приемной антенны.

Измерения проводятся по методике МККР приборами с характеристиками, соответствующими рекомендациям МККР с установкой измерительной антенны от источника помех на расстоянии 25-30 м.

Если измерения по каким-либо причинам не могут быть выполнены, то в расчетах можно, в первом приближении, пользоваться данными рис.12.

На рис.12 приведены расчетные значения напряжения помех в полосе 100кГц от оборудования действующих подстанций.

Для расчета Рс/п по формуле (25) расчетное значение Uпом, необходимо привести ко входу приемника:

$$U_{пом} = U'_{пом} \left(\sqrt{G} \cdot 10^{\frac{-a}{20}}\right) \text{ мкВ} \qquad (26)$$

где: G - коэффициент усиления антенны приемника по мощности в направлении источника, излучающего помехи, раз (определяется с учетом диаграммы направленности антенны).

а - затухание антенного фидера приемника, дБ (рекомендуется учитывать при длине фидера более 10м).

Если величина G выражена в децибелах, формула (26) примет вид:

$$Uпом. = U'пом. \cdot 10^{\frac{G-a}{20}} \text{ мкВ.} \qquad (27)$$

При использовании с приемником направленной антенны, которая ориентируется под углом к источнику помех, величина G ,подставляемая в формулы (26) и (27), должна быть определена с учетом диаграммы направленности антенны. Если условие (24) не выполняется, то место установки радиостанции следует отнести от ограды подстанции, после чего расчет по формулам (25) и (26) следует повторить.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

РАСЧЕТ ПРОХОЖДЕНИЯ РАДИОСВЯЗИ В ГОРОДАХ

П2.I. Распространение ультракоротких волн в городах происходит в чрезвычайно сложных условиях, так как городские районы для УКВ представляют в высшей степени пересеченную местность. В связи с этим не представляется возможности вывести точные формулы для расчета прохождения радиосвязи.

Расчет прохождения радиосвязи в условиях города рекомендуется производить по эмпирической формуле, которая получена на основании усреднения большого числа измерений (см.журнал "Электросвязь" I964г. № 7).

Рассматривается два случая:

а) антенны расположены на крыше здания, выше уровня крыш окружающих зданий.

б) приемная антенна находится ниже уровня крыш (например, на автомашине), а передающая - выше уровня крыш окружающих зданий.

П2.2. Сущность расчета заключается в определении напряженности поля в точке приема.

а) Напряженность поля в точке приема для случаев расположения антенны на крыше здания определяется по формуле:

$$E = \frac{2{,}I8 \cdot I0^3 \sqrt{P \cdot G \cdot \ell} \cdot h_1 \cdot h_2}{R_0^2 \lambda} \text{ мкВ/м} , \quad (28)$$

где h_1 и h_2 - высоты передающей и приемной антенн от уровня крыши, над которой определяется напряженность поля, м;

P - мощность передатчика, кВт;

G - коэффициент усиления антенны; раз

η - коэффициент полезного действия антенного фидера, определяется по формуле (6);

R_0 - расстояние между приемной и передающей радиостанциями, км;

б) Напряженность поля в точке приема в случае расположения приемной антенны ниже уровня крыш зданий определяется по формуле:

$$E = \frac{0{,}019 \cdot 10^3 h_1 \sqrt{P \cdot G \cdot \eta}}{R_0^2} \sqrt{\frac{\lambda}{Z}} \cdot F \quad \text{мкВ/м} \qquad (29)$$

где h_1 - высота передающей антенны, отсчитываемая от уровня крыш здания в месте приема, м.

F - дополнительный множитель, который определяется по графику, рис.I3.

$Z = h - h_2$ - расстояние от уровня крыш зданий в месте приема до приемной антенны, м: (см.рис.I3).

П2.3. Перевод величины напряженности поля E, мкВ/м, в величину напряжения на входе приемника U мкВ, производится по формуле:

$$U = \frac{I}{2} E h_g \quad \text{мкВ} \qquad (30)$$

где: h_g - действующая высота антенны.

Для полуволнового вибратора $h_g = \frac{\lambda}{\pi}$ (3I)

Для четвертьволнового вибратора $h_g = \frac{\lambda}{2\pi}$ (32)

где λ - длина волны, м (определяется по формуле (2).

П2.4. С учетом выражений (30), (3I), (32) формулы (28) и (29) примут вид.

а) для полуволнового вибратора:

$$U = \frac{I{,}09 \cdot I0^3 \sqrt{P G \eta}\, h_1 h_2}{\pi \cdot R_0^2} \text{мкВ} \qquad (28а)$$

$$U = \frac{9{,}5 h_1 \sqrt{P G \eta}}{\pi R_0^2} \sqrt{\frac{\lambda^3}{Z}} \cdot F \text{ мкВ} \qquad (29а)$$

б) для четвертьволнового вибратора:

$$U = \frac{0{,}545 \cdot 10^3 \sqrt{PG\ell}\, h_1 h_2}{\lambda R_0^2} \text{ мкВ} \qquad (28б)$$

$$U = \frac{4{,}8 h_1 \sqrt{PG\ell}}{\lambda R_0^2} \cdot \sqrt{\frac{\lambda^3}{Z}} \cdot F \text{ мкВ} \qquad (29б)$$

П2.5. В городах имеют место помехи от электроустановок и транспорта, которые необходимо учитывать при расчете радиоканала

Величину напряжения помех в точке приема целесообразно определять путем измерений при проведении изысканий. Если измерения по каким-либо причинам не могут быть выполнены, то в расчетах, в первом приближении, можно пользоваться средней величиной напряжения помех равной 10 мкВ в полосе 100 кГц. Указанная средняя величина напряжения помех определена госинспекцией электросвязи Министерства связи в городе Москве (отчет ЦТК Госинспекции электросвязи М.С. "Определение уровней радиопомех в г.Москве", 1958 и 1959гг.).

Приложение 3

Примеры построения радиосети ПЭС при смешанной схеме управления с использованием системы дальней радиосвязи ДРС-2 /чертежи № 3554тм-тI-5,6/

Ниже приводятся два варианта построения радиосети одного ПЭС, электрические сети которого изображены на чертеже № 3554тм-тI-2.

В первом варианте радиосети, описанном в примере I показано использование радиоканалов с одной и двумя ретрансляциями. Все центральные и стационарные радиостанции одноканальные, а мобильные радиостанции имеют три канала.

Во втором варианте радиосети того же ПЭС, описанной в примере 2, используются радиоканалы с одной ретрансляцией, благодаря установке на объектах более высокой антенной опоры. Для этого варианта схемы радиосети использованы мобильные радиостанции с двумя каналами.

Пример I. Вариант радиосети с двумя ретрансляциями.

В данном примере рассматривается организация комплексной радиосети ПЭС с подчиненными ему энергообъектами:

а/ четырьмя РЭС, расположенными на подстанциях 4,7,I0 и I4 /пятый РЭС находится в одном здании с ПЭС - на подстанции I/

б/ четырьмя подстанциями II0 кВ - 2,3,6 и II;

в/ десятью оперативно-выездными ремонтными бригадами /ОВБ/ ПЭС, которые могут находится в любой точке территории ПЭС.

С подстанций II0 кВ - 2,3,4,6,7,I0 и II на ПЭС передается телесигнализация.

Для организации радиосети ПЭС в полудуплексном режиме приняты следующие модификации радиостанций серии ФМ:

I/ на ПЭС - симплексная центральная двухчастотная радиостан-

ция типа 4В50-3I8 с дистанционным управлением из двух пунктов, с блоком телесигнализации ТЖК-4;

2) на РЭС 2,3и4 - ретрансляционные дуплексные редиостанции типа 4В50-333 с одним приемо-передатчиком, с дистанционным управлением из одного пункта, с блоком телесигнализации ТЖА-4;

3) на РЭС 5 - переприемная дуплексная радиостанция типа 4В50-32I с одним приемопередатчиком с непосредственным управлением;

4) на подстанциях 2,3,6,II - оконечные симплексные двухчастотные радиостанции типа 4В50-328 с непосредственным управлением и блоком телесигнализации ТЖК-4.

5) на подстанции I9 - переприемная симплексная двухчастотная радиостанция типа 4В50-326 с двумя приемопередатчиками, с непосредственным управлением;

6) на машинах ОВБ - трехканальная симплексная двухчастотная радиостанция типа 4В50-336 с двумя приемниками.

Частоты каналов радиостанций выбраны из пятой и восьмой групп для двухчастотного режима (2 и 2I; 9 и 28) в соответствии с распределением на чертеже № 3554тм-тI-4 и рекомендациями п.2.5.

Мобильные радиостанции ОВБ имеют каналы на частотах обеих указанных групп.

Частота II из пятой группы выделяется для симплексных одночастотных портативных радиостанций ОВБ.

Связь подстанций 2,3,7, I0 и РЭС 3,4,5 с ДП ПЭС осуществляется по прямым радиоканалам. При связи с этими объектами стационарные радиостанции находятся в оконечном режиме. Связь подстанций 4,II и РЭС-2 с ДП ПЭС осуществляется по радиоканалам с одной ретрансляцией, а с подстанции 6 с двумя ретрансляциями. Ретрансляторы установлены на подстанции I9 и РЭС 2 и 4.

Переключение на РЭС 2,3,4 радиостанций в режим ретрансляции и подстанции I9 осуществляется автоматически, для чего оператор вызывающей радиостанции посылает с пульта управления специальный сигнал. После этой операции посылается вызов оператору вызываемой радиостанции.

Оперативно-выездные бригады имеют мобильные трехканальные радиостанции и связь их с ДП ПЭС может осуществляться либо непосредственно с радиостанцией ПЭС на частотах $\frac{2I}{2}$ (если ОВБ находится в зоне уверенной связи с этой радиостанцией), либо с ретрансляцией через радиостанции на подстанциях 4,7,I0,I4:

Для связи ОВБ с ДП ПЭС через ретрансляцию оператор мобильной радиостанции должен переключить ее на канал ближайшей ретрансляционной радиостанции и послать с пульта специальный сигнал автоматически переводящий станционарные радиостанции в режим ретрансляции. После этой операции посылается вызов оператора радиостанции ПЭС. На РЭС 5 радиостанция переводится в режим ретрансляции вручную оператором этой радиостанции.

Связь ДП ПЭС с ОВБ, находящейся в зоне действия ретранслятора осуществляется аналогично.

При этом мобильная радиостанция должна быть включена на канал ближайшего ретранслятора.

Пример 2. Вариант радиосети с одной ретрансляцией

В примере 2 рассматривается предприятие электрических сетей, разобранное в примере I. Благодаря установки на подстанции 4 антенны на высоте 45 м, уверенная связь ДП ПЭС с РЭС-2 обеспечивается без ретранслятора (см.чертеж № 35554 тм-тI-9).

Для принятой схемы радиосети ПЭС стало возможным применение двухканальных мобильных радиостанций.

Для указанной схемы радиосети на РЭС 2 устанавливается ретрансляционная дуплексная радиостанция типа 4В50-333, т.е. аналогичная с установленной на РЭС 4.

В остальном схема и принцип работы радиосети ПЭС, а также частоты радиостанций аналогичны с примером I.

Пример построения УКВ радиосети РЭС при смешанной схеме управления
/чертеж № 3554тм-тI-7/

В данном примере рассматривается комплексная радиосеть РЭС одного предприятия электрических сетей, радиосеть которого описана в примерах I и 2.

Обслуживание распределительных сетей 35 кВ и ниже производится районами электрических сетей, которые располагаются при подстанциях I,4,7,I0 и I4.

В рассматриваемом предприятии электросетей организуются радиосети РЭС, работающие независимо от радиосети ПЭС.

Радиосеть РЭС работает в режиме одночастотного симплекса и предназначается для:

а/ организации телефонной связи РЭС с бригадами, ведущими ремонт или ликвидацию аварии в распределительных сетях;

б/ передачи сигналов неисправности и аварии с подстанций, работающих без дежурного персонала, на ДП РЭС;

в/ организации телефонной связи РЭС с подчиненными ему объектами.

Радиосеть РЭС организуется на базе радиостанций серии ФМ, работает в одночастотном симплексном режиме и состоит из:

а/ двух центральных радиостанций, кстановленных на ДП РЭС /одна из них резервная/.Центральные радиостанции в РЭС 2,3 и 4 имеют блоки телесигнализации для получения аварийно-предупредительной сигнализации с подчиненных им подстанций;

б/ десяти автомобильных радиостанций, установленных на машинах ремонтных бригад данного РЭС;

в/ четырех переносных радиостанций, работающих на частоте данного РЭС;

г/ стационарных радиостанций, устанавливаемых на участках электросетей и подчиненных РЭС подстанциях.

Все центральные и мобильные радиостанции РЭС имеют дополнительную общую для всех энергосистем частоту № I9.

Резервная радиостанция на ДП РЭС обеспечивается самостоятельной антенной и антенным фидером. Это позволяет в случае необходимости обеспечить связь с мобильными радиостанциями на частоте № I9 через одну радиостанцию и получение телесигнализации с подстанций, работающих без дежурного персонала через вторую радиостанцию.

Работа радиосети каждого РЭС ясна из чертежа №3554тм-тI-7 и пояснений не требует.

Частоты радиосетей РЭС выбраны в соответствии с распределением на чертеже № 3554тм-тI-4 и рекомендациями п. 2.5.

Связь ДП РЭС с ДП ПЭС осуществляется по радиоканалу сети ПЭС /см. примеры I и 2/.

Пример построения УКВ радиосети ПЭС при территориальной схеме управления /чертеж № 3554тм-тI-8/

При данной структуре эксплуатации ПЭС обслуживание электрических сетей выполняется по территориальному признаку. Линии электропередачи и подстанции всех напряжений, находящихся на территории данного РЭС, обслуживаются ремонтными бригадами этого РЭС. Электрические сети ПЭС показаны на чертеже № 3554тм-тI-2.

В рассматриваемом ПЭС организуется пять комплексных УКВ радиосетей РЭС, работающих независимо друг от друга.

Радиосеть РЭС работает в режиме двухчастотного симплекса и предназначается для:

а) организации телефонной связи ДП РЭС или РПБ с бригадами, ведущими ремонт или ликвидацию аварий на линиях и подстанциях любого напряжения;

б) передачи сигналов неисправности и аварии с подстанций, работающих без дежурного персонала, на ДП РЭС;

в) организации телефонной связи ДП РЭС и ДП ПЭС.

Радиосеть РЭС организуется на базе радиостанций серии ФМ и состоит из:

а) одной центральной трехканальной радиостанции, установленной на ДП РЭС. Первый канал предназначен для связи с автомашинами ремонтных бригад и с подчиненными данному РЭС объектами, второй канал - для резервной связи с ДП ПЭС и третий канал на частоте № 19 - общий для всех радиостанций;

б) десяти трехканальных автомобильных радиостанций, установленных на машинах ремонтных бригад. Первый канал предназначен для связи с ДП РЭС или РПБ, второй канал - для связи машин между собой и третий канал на частоте № 19 - общий для всех радиостанций.

в) стационарных радиостанций, установленных на участках электросетей и подчиненных РЭС подстанциях;

г) одной центральной шестиканальной радиостанции, установленной на ДП ПЭС.

На машинах рембригад ПЭС устанавливаются трехканальные мобильные радиостанции, что позволяет им осуществлять связь с центральной станцией ПЭС и между собой.

Связь ДП ПЭС с каждым РЭС может осуществляться по одному из двух радиоканалов: один общий для всех РЭС (частоты I и 20) и второй - соответствующий каналу данного РЭС.

Частоты радиосетей РЭС и ПЭС выбраны в соответствии с распределением на чертеже № 3554 тм-тI-4 и рекомендациям п.2.5. Все центральные и мобильные радиостанции радиосети имеют приемопередатчики двумя приемниками.

Для обеспечения связей на частоте № 19 и мобильных радиостанций между собой /для ОВБ одного РЭС/, мобильные и центральные радиостанции должны быть с двумя приемниками.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА КАНАЛОВ РАДИОСВЯЗИ

Пример I.

Рассчитать канал радиосвязи между пунктами А и Б, расстояние между которыми R_0=47 км. Радиоканал проектируется в районе Поволжья.

Данные для расчета.

Высота передающей антенны h_1=45м, приемной антенны h_2=2м; частота сигнала f =I67, 750 МГц; коэффициент усиления передающей антенны по мощности G_1 =4,3; приемной антенны G_2 =I; мощности передатчиков радиостанций $P_1 = P_2$ = 8 Вт; чувствительность приемника радиостанции $U_{ч.пр.}$ = 2 мкВ при $P_{с/ш}$ = I5 дБ; коэффициент бегущей волны антенных фидеров равен 0,6; антенные фидеры выполнены кабелем марки РК-50-7-II; длина антенных фидеров на передающем конце ℓ_1=50 м.; на приемном конце ℓ_2=3 м.

Радиостанция на приемном конце, установленная на автомашине, расположена около ограды подстанции II0 кВ. Полоса фильтров приемника до ограничителя амплитуд Δf =50 кГц, индекс модуляции m = I,I.

Профиль, построенный в соответствии с п.4.5 приведен на рис.I4.

I. Определяется напряжение сигнала на входе приемника при распространении радиоволн в свободном пространстве по формулам (2), (5), (I);

$$\lambda = \frac{300}{I67,\ 750} = I,79 \text{ м};$$

$$\eta = 0,8 \cdot I0^{-0,I \cdot 0,065\ (50+3)} \approx 0,86$$

(величина α = 0,085 дБ/м определена по рис.2).

$$U = \frac{I,79 \cdot I0^6}{4 \cdot 3,I4 \cdot 47 \cdot I0^3} \cdot \sqrt{8 \cdot 4,3 \cdot I \cdot 0,86 \cdot 50} = 82 \text{ мкВ}$$

2. По формулам (9), (I0), (II), (7) и (8) определяются высоты антенн над аппроксимирующей сферой:

$$K = \frac{I9}{47} = 0,4$$

$$H_{(g)} = -98 - \frac{(47 \cdot I0^3)^2 \cdot 2 \cdot I0^{-8}}{4} \cdot 0,4\ (I-0,4) = -I0I \text{ м}$$

(величина $g = 2 \cdot I0^{-8}$ принята согласно таблицы 2)

$$b_э = \frac{(25,6 \cdot I0^3)^2}{8 \cdot I0I} = 0,8 \cdot I0^6 \text{ м};$$

$$h_1' = \frac{0,4^2 \cdot (47 \cdot I0^3)^2}{2 \cdot 0,8 \cdot I0^6} + \frac{0,4}{I-0,4} \cdot (-I0I) = I52 \text{ м}.$$

$$h_2' = \frac{(I-0,4)^2 \cdot (47 \cdot I0^3)^2}{2 \cdot 0,8 \cdot I0^6} + \frac{I-0,4}{0.4} \cdot (-I0I) = 349 \text{ м}$$

По графикам на рис.7 и 8 определяются:

$h'' = 36$ км. и $R' = 8$ км.

Относительные высоты приемной и передающей антенн и относительная протяженность интервала определяются по формулам (I2), (I3) и (I5):

$$y_1 = \frac{I52}{36} = 4,5; \qquad y_2 = \frac{349}{36} = 9,7; \qquad X = \frac{47}{8} = 5,9$$

3. По графикам на рис.9 и I0 и формуле (I7) определяется множитель ослабления поля свободного пространства:

$V_{(x)} = -83$ дБ; $V_{(y_1)} = +22$дБ; $V_{(y_2)} = +32$ дБ;

$V = -83 + 22 + 32 = -29$ дБ.

4. Напряжение сигнала на входе приемника:

$$U_{вх} = 10^{-\frac{29}{20}} \cdot 82 = 2{,}87 \text{ мкВ};$$

т.е. $U_{вх} > U_{т.пр.}$ (2,87 > 2)

Однако, напряжение сигнала на входе приемника менее напряжения помех от подстанции (по рис.12 $U_{пом}$=5 мкВ). Поэтому автомашина должна быть расположена на некотором расстоянии от подстанции. Минимальное расстояние от подстанции определяется в зависимости от величины Р с/п. мин.

По формуле (23) и пункту 4.2.

$$\text{Р с/п мин.} = 15 - 10 \lg \frac{100}{50} - 20 \lg 1{,}1\sqrt{3} = 6{,}4 \text{ дБ}$$

Отсюда

$$U_{пом\ макс.} = U_{вх} \cdot 10^{-\frac{\text{Р с/п мин.}}{20}} =$$

$$= 2{,}87 \cdot 10^{-\frac{6{,}4}{20}} = 1{,}34 \text{ мкВ};$$

Из рис.12 определяется минимальное расстояние мобильной радиостанции от ограды подстанции

$$S_{мин} = 18 \text{ м}.$$

Пример 2.

Рассчитать канал радиосвязи между пунктами А и Б, расстояние между которыми R_0=45 км. Радиоканал проектируется в горном районе. Профиль трассы радиосвязи с двумя остроконечными препятствиями дан ра рис.15.

Данные для расчета.

Частота сигнала f =168 МГц; коэффициент усиления передающей антенны по мощности G_1 =4,3; приемной G_2 =1; мощности передатчиков радиостанций $P_1 = P_2$ = 8 Вт.; чувствительность приемника радиостанции $U_{ч.пр.}$ = 2 мкВ при Р с/ш = 26 дБ; антенные фидеры выполнены из кабеля марки РК-50-7-II; длина антенных фидеров на передающем конце l_1 =50 м.: на приемном конце l_2 =3 м.

В соответствии с приведенным профилем трассы H_1 = - 250 м; H_2 = - 50 м; d_1^I = а = 20 км; d_2^I = в + с = 25 км;

d_1'' = в = 13 км; d_2'' = с = 12 км.

1. Определяется напряжение на входе приемника при распространении радиоволн в свободном пространстве по формулам (2), (6) и (1):

$$\lambda = \frac{300}{168} = 1{,}79 \text{ м.}$$

$$\eta = 0{,}8 \cdot 10^{-0{,}1 \cdot 0{,}065\,(50+3)} = 0{,}86$$

(величина α =0,065 дБ/м определена по рис.2)

$$U = \frac{1.79}{4.3,14.45} \cdot \frac{10^6}{10^3} \cdot \sqrt{8.4{,}3 \cdot 1.0{,}86 \cdot 50} = 79 \text{ мкВ.}$$

2. По формуле (19) определяется первая зона Френеля для каждого препятствия:

$$R_1 = 548\sqrt{\frac{20 \cdot 25}{168 \cdot (20 + 25)}} = 142 \text{ м.}$$

$$R_2 = 548\sqrt{\frac{I8 \cdot I2}{I68 \cdot (I3 + I2)}} = I05 \text{ м.}$$

3. По графику на рис.II для данного интервала определяетс V_r в зависимости от параметров:

$$m_1 = \frac{-250}{I42} = -I,75\ ; \qquad m_2 = \frac{-50}{I05} = -0,47;$$

$$V_{r_1} = -20 \text{ дБ}; \qquad V_{r_2} = -II \text{ дБ};$$

$$V_r = -20 - II = -3I \text{ дБ}.$$

4. Напряжение сигнала на входе приемника:

$$U_{вх.} = I0^{-\frac{3I}{20}} \cdot .79 = 2,2 \text{ мкВ}.$$

Поскольку $U_{вх} > U_{ч.пр.}$ (2,2 > 2) то, на рассчитываемой трассе будет обеспечена радиосвязь.

Пример 8.

Определ ить множитель ослабления поля свободного пространства при распространении радиоволн в горном районе с пятью остроконечными препятствиями.

Профиль рассчитываемого интервала приведен на рис.I6.

Данные для расчета.

Параметр интервала	Препятствия				
	M_I	M_2	M_3	M_4	M_5
d_1	а	в	а+в+с	д	е
d_2	в + с	с	д+е+	е+	
H	H_I	H_2	H_3	H_4	H_5

Отсюда:

$d_1' = 5$км; $d_1'' = 8$ км; $d_1''' = 15$ км; $d_1^{IV} = 12$км; $d_1^{V} = 9$ км;

$d_2' = 10$ км; $d_2'' = 3$км; $d_2''' = 30$ км; $d_2^{IV} = 19$км; $d_2^{V} = 10$ км;

$H_1 = -50$м; $H_2 = 20$м; $H_3 = -300$м; $H_4 = -40$м; $H_5 = -10$ м;

1. Определяется первая зона Френеля для каждого препятствия по формуле (19):

$$R_1 = 548 \cdot \sqrt{\frac{5 \cdot 10}{168\,(5 + 10)}} = 77 \text{ м.}$$

$$R_2 = 548 \cdot \sqrt{\frac{8 \cdot 3}{168\,(8 + 3)}} = 71 \text{ м.}$$

$$R_3 = 548 \sqrt{\frac{15 \cdot 30}{168 \cdot (15+30)}} = 134 \text{ м.}$$

$$R_4 = 548 \sqrt{\frac{12 \cdot 19}{168 \cdot (12+19)}} = 125 \text{ м.}$$

$$R_5 = 548 \sqrt{\frac{9 \cdot 10}{168 \cdot (9+10)}} = 92 \text{ м.}$$

2. Определяется параметр $m_1 \div m_5$

$$m_1 = \frac{H_1}{R_1} = \frac{-50}{77} = -0{,}65$$

$$m_2 = \frac{H_2}{R_2} = \frac{20}{71} = 0{,}28$$

$$m_3 = \frac{H_3}{R_3} = \frac{-300}{134} = -2{,}24$$

$$m_4 = \frac{H_4}{R_4} = \frac{-40}{125} = -0{,}32$$

$$m_5 = \frac{H_5}{R_5} = \frac{-10}{92} = -0{,}11$$

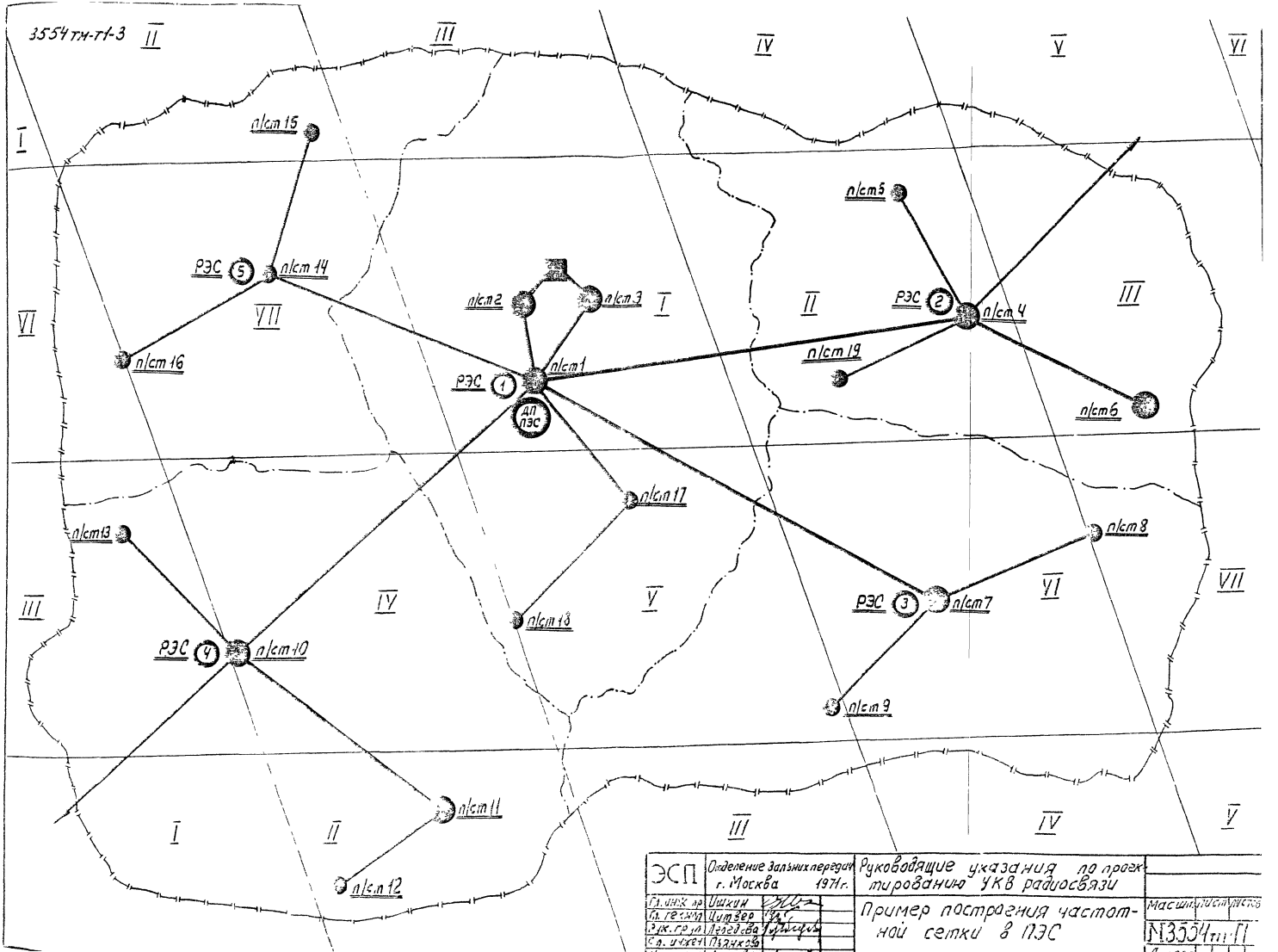
3. По графику рис.II определяются множители ослабления поля свободного пространства в каждом интервале:

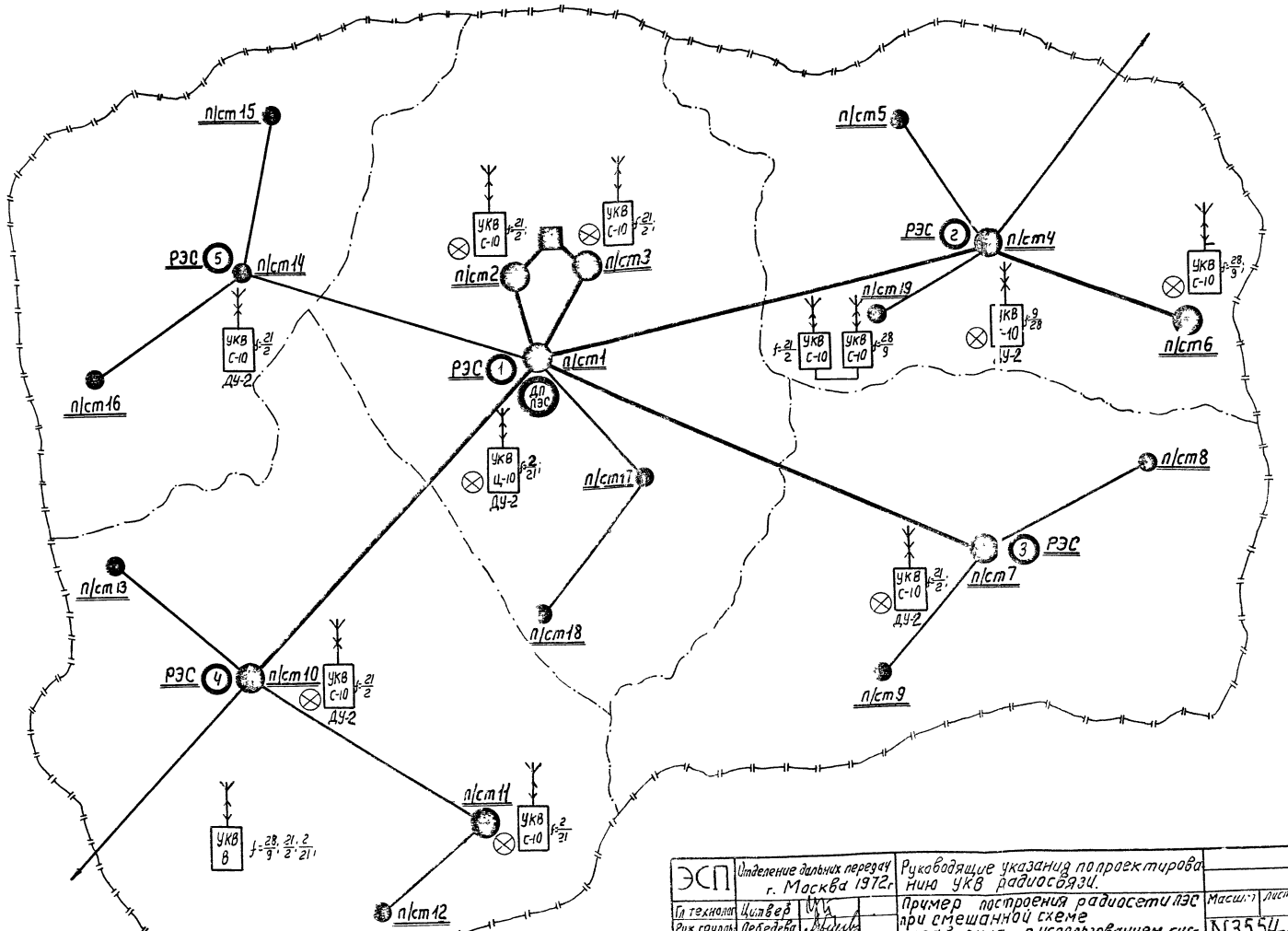
V_{r1} = - 12 дБ; V_{r2}=3дБ; V_{r3} = - 28 дБ;

V_{r4} = - 9дБ; V_{r5} = -7 дБ.

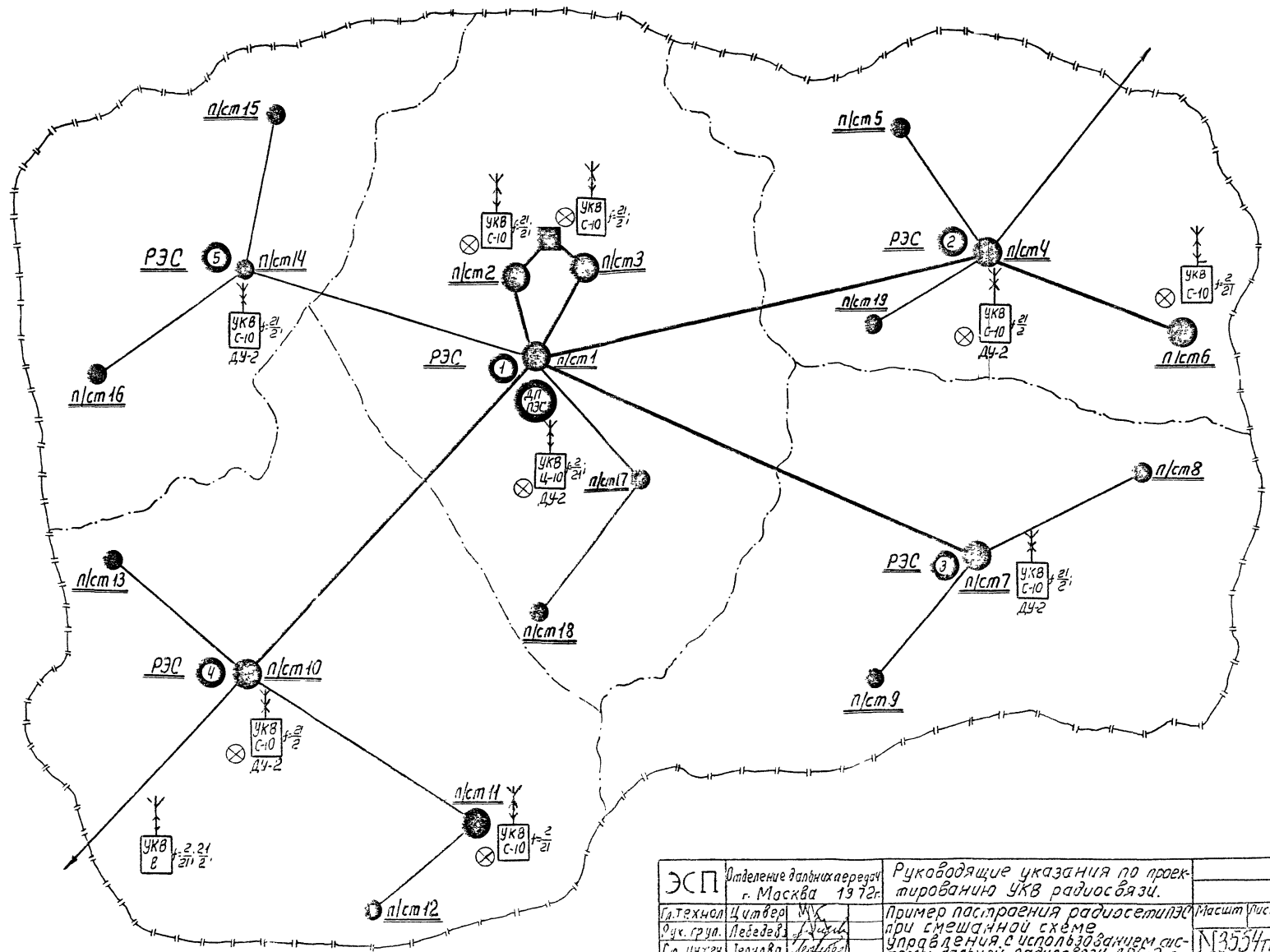
4. Определяется множитель ослабления в рассчитываемом интервале А-Б:

$$V_r = -12 + 3 - 28 - 9 - 7 = -48 \text{ дБ}.$$


3554 тм-т1-3
I
II
III
IV
V
VI
VII
п/ст 15
РЭС 5
п/ст 14
п/ст 16
п/ст 2
п/ст 3
п/ст 1
РЭС 1
ДП ПЭС
п/ст 5
РЭС 2
п/ст 4
п/ст 19
п/ст 6
п/ст 17
п/ст 13
п/ст 18
п/ст 8
РЭС 3
п/ст 7
п/ст 9
РЭС 4
п/ст 10
п/ст 11
п/ст 12
ЭСП
Отделение Дальних передач г. Москва 1971 г.
Руководящие указания по проектированию УКВ радиосвязи
Пример построения частотной сетки в ПЭС
Масштаб
Лист
Листов
М3554тм-П
Литера

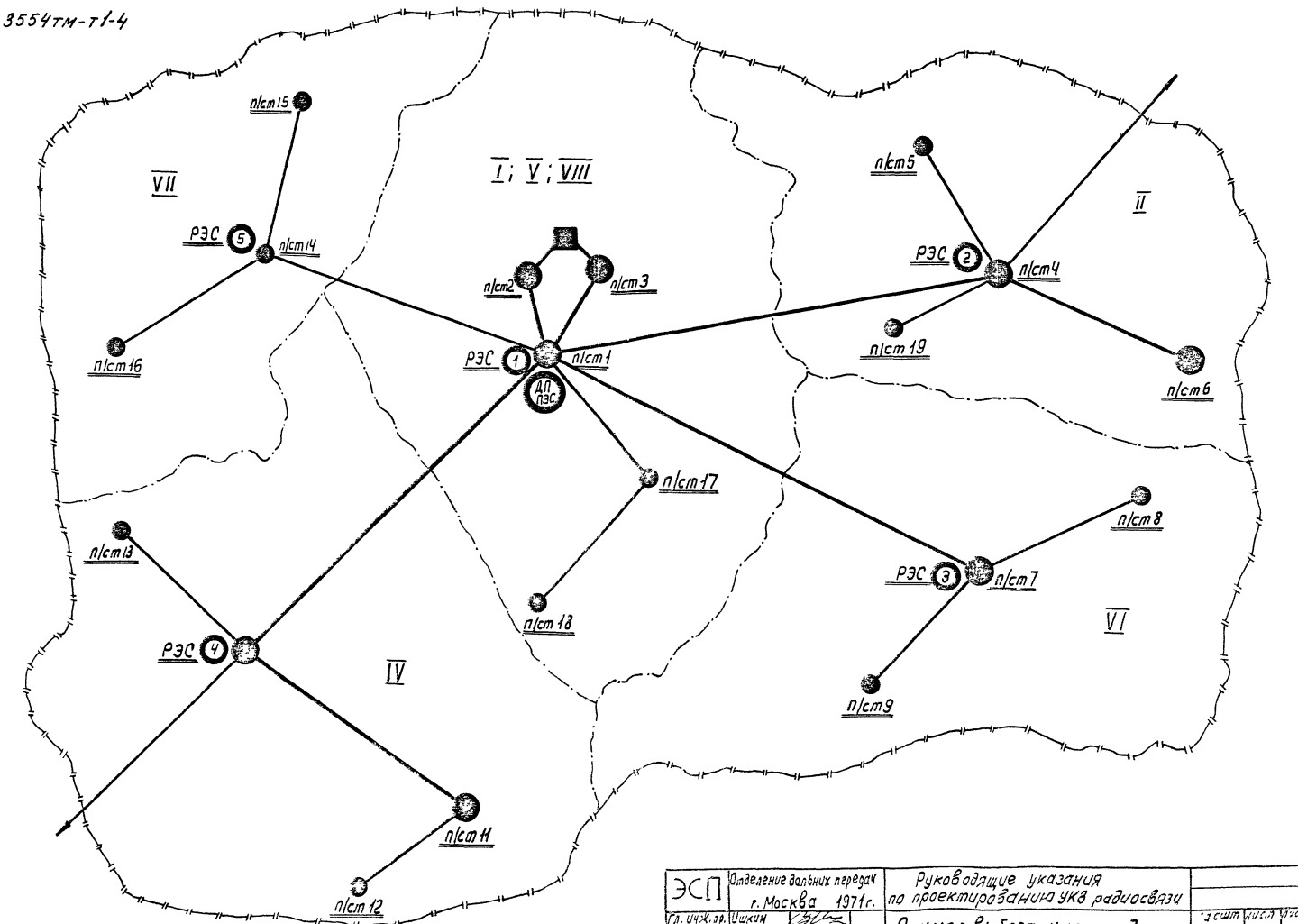


ЭСП	Отделение дальних передач г. Москва 1972г.	Руководящие указания по проектированию УКВ радиосвязи.	
Гл. технолог	Цилиев	Пример построения радиосети ПЭС при смешанной схеме управления, с использованием системы дальней радиосвязи ДРС-2 с	Масш. 1 Лист Листов
Рук. группы	Лебедева		
Ст. инженер	Леонова		N 3554 ТМ-Т1-5

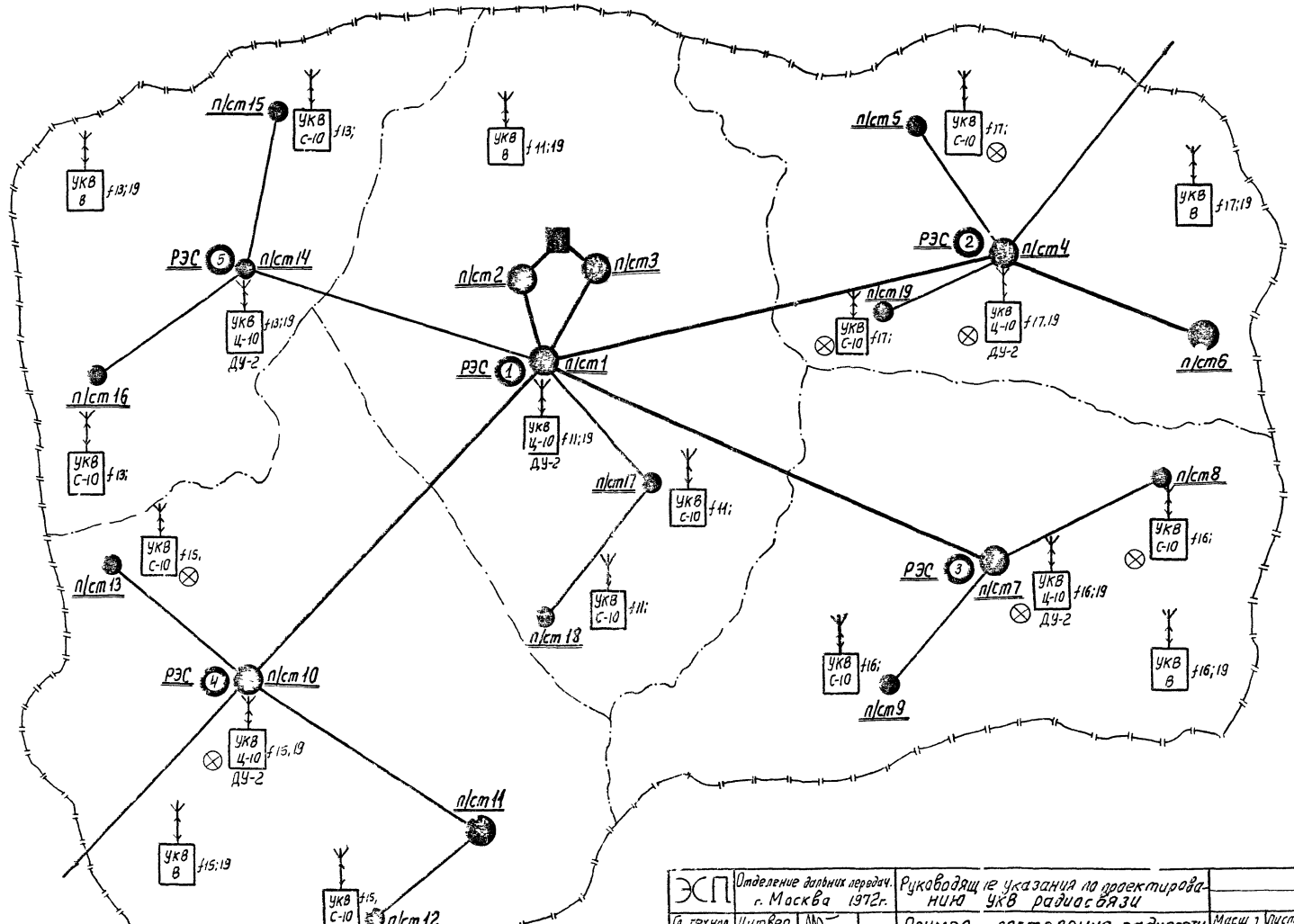


ЭСП	Отделение дальних передач г. Москва 1972г.		Руководящие указания по проектированию УКВ радиосвязи.			
Гл.технол	Цитверо		Пример построения радиосети ПЭС при смешанной схеме управления с использованием системы дальней радиосвязи ДРС-2 с одной ретрансляцией.	Масшт	Лист	Листов
Рук. груп.	Лебедева					
Ст. инжен	Леонова			N3554тм-т1-6		
Исполнит	Леонова			Литера		

3554тм-т1-4



ЭСП	Отделение дальних передач г. Москва 1971 г.		Руководящие указания по проектированию УКВ радиосвязи	
Гл. инж. пр.	Ишкин		Пример выбора частот для радиосетей в ПЭС.	Расшт. / Лист / Листов
Гл. технол.	Цитвер			N3554тм-Т14
Рук. груп.	Лебедева			Литера
Ст. ин. кен.	Пьянкова			
Исполнит.	Леонова			



ЭСП	Отделение дальних передач. г. Москва 1972г.		Руководящие Указания по проектированию УКВ радиосвязи	
Гл. технол.	Цитвер		Пример построения радиосети РЭС при смешанной схеме управления.	Масш. 1 / Лист / Листов
Рук. группы	Лебедева			N3554тм-Т1-7
Ст. инжен	Леонова			Литера
Исполнит	Леонова			

Подстанция 110кв.

— Подстанция 35кв.

— Электростанция.

— Линия электропередачи 110кв

— Линия электропередачи 35кв.

— Граница предприятия электросети

— Граница района электросетей.

ДП ПЭС — Диспетчерский пункт предприятия электросетей

РЭС — Диспетчерский пункт района электросетей

Территория, с которой обеспечивается связь ремонтных бригад с пунктом управления

УКВ Ц-10 / Ду-2 — Центральная УКВ радиостанция, мощностью 10 Вт, с дистанционным управлением из двух пунктов.

УКВ С-10 — Стационарная УКВ радиостанция мощностью 10 Вт с непосредственным управлением

УКВ В — Мобильная УКВ радиостанция, мощностью 10 Вт.

УКВ — УКВ радиостанция с устройством сигнализации.

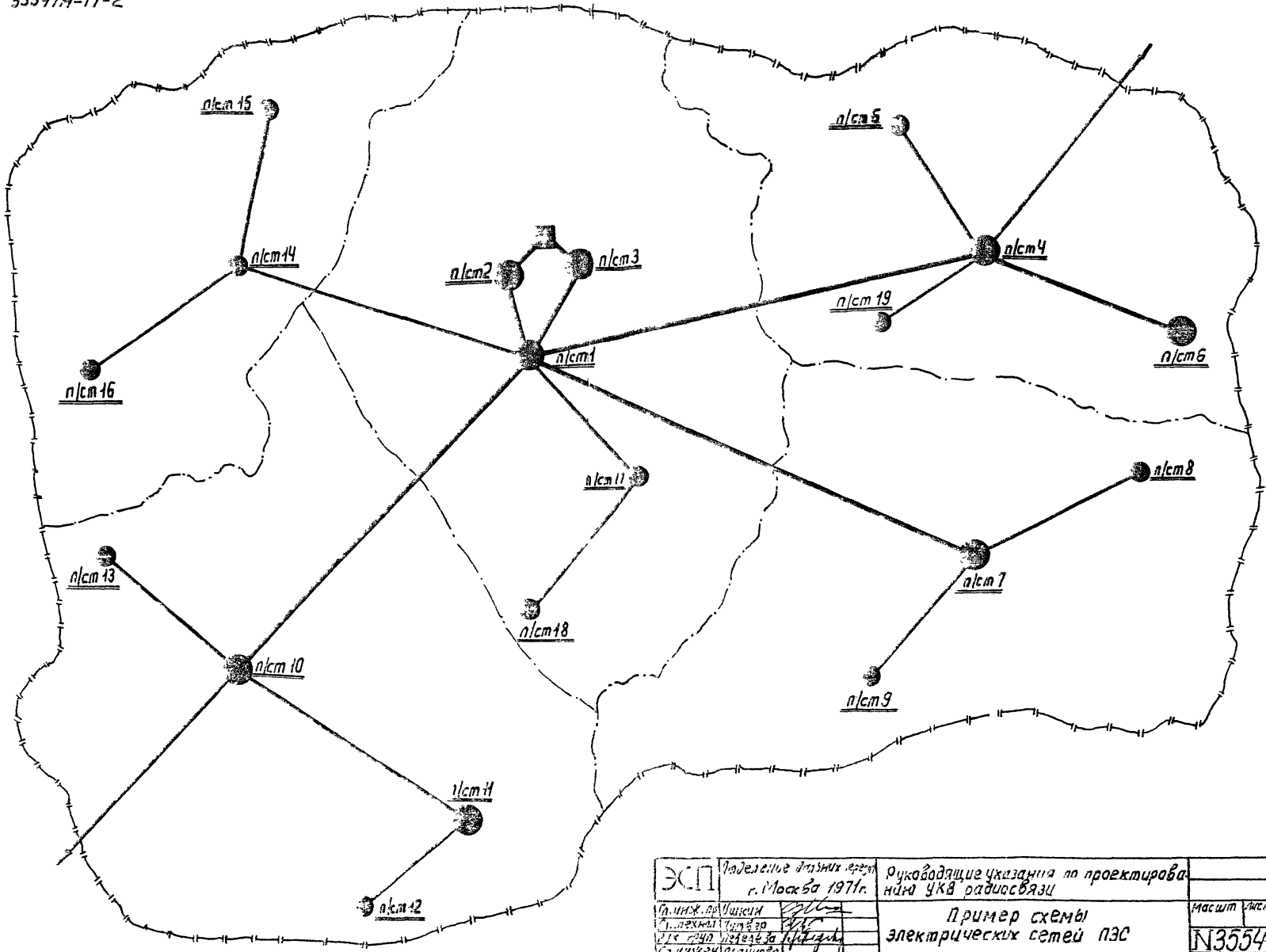
Приемо-передающая антенна кругового излучения симплексной радиостанции.

Приемо-передающая антенна кругового излучения дуплексной радиостанции.

Приёмо-передающая направленная антенна симплексной радиостанции („волновой канал")

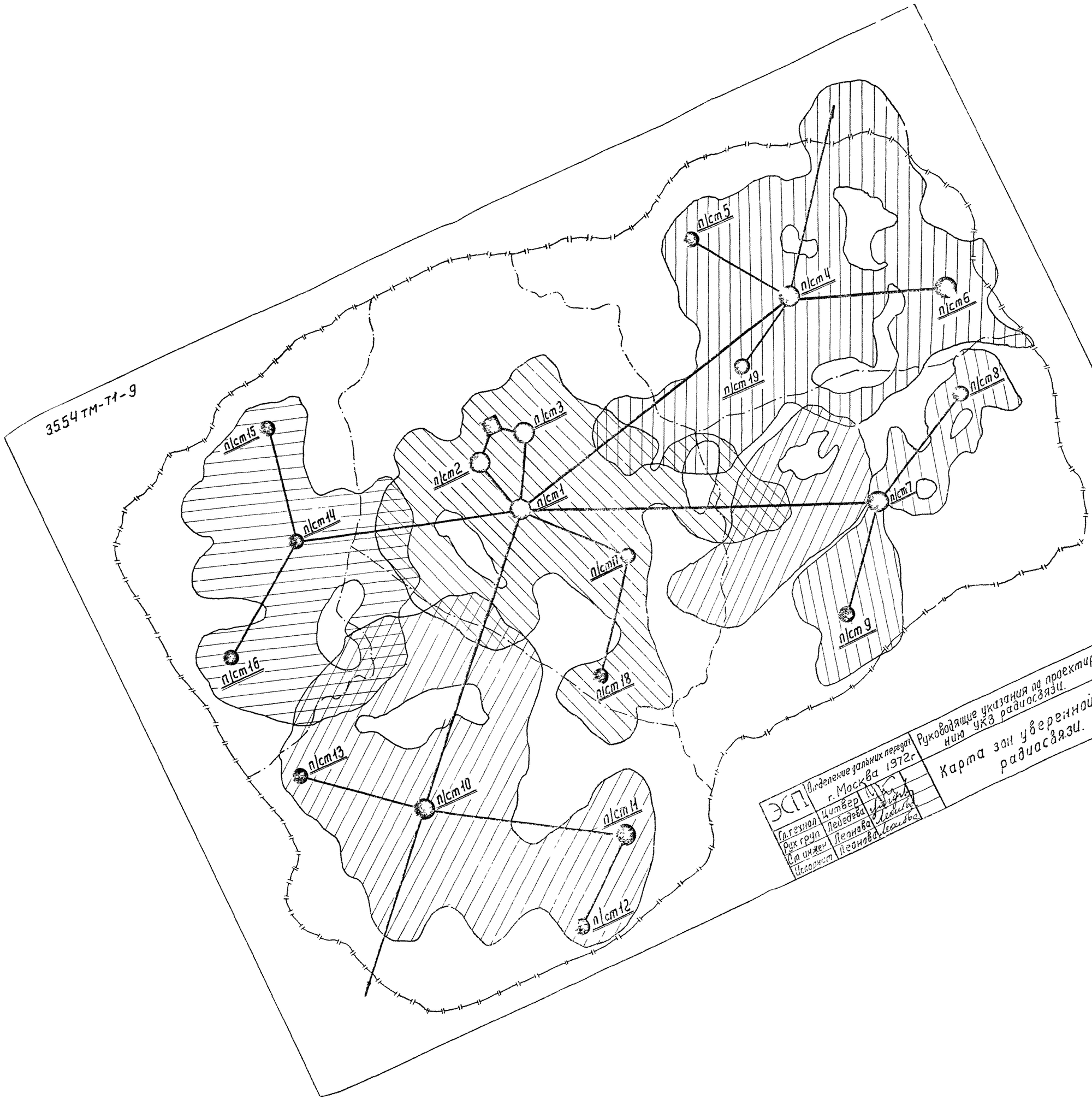
ЭСП	Отделение дальних передач г. Москва 1972г.		Руководящие указания по проектированию УКВ радиосвязи.		
Гл. техник	Цитвер		Условные обозначения	Масштаб	Лист / Листов
Рук. груп	Лебедева			№ 3554тм-ТТ-1	
Ст. инж.	Леонова			Литера	
Исполнит.	Лесчова				

3554тм-т1-2



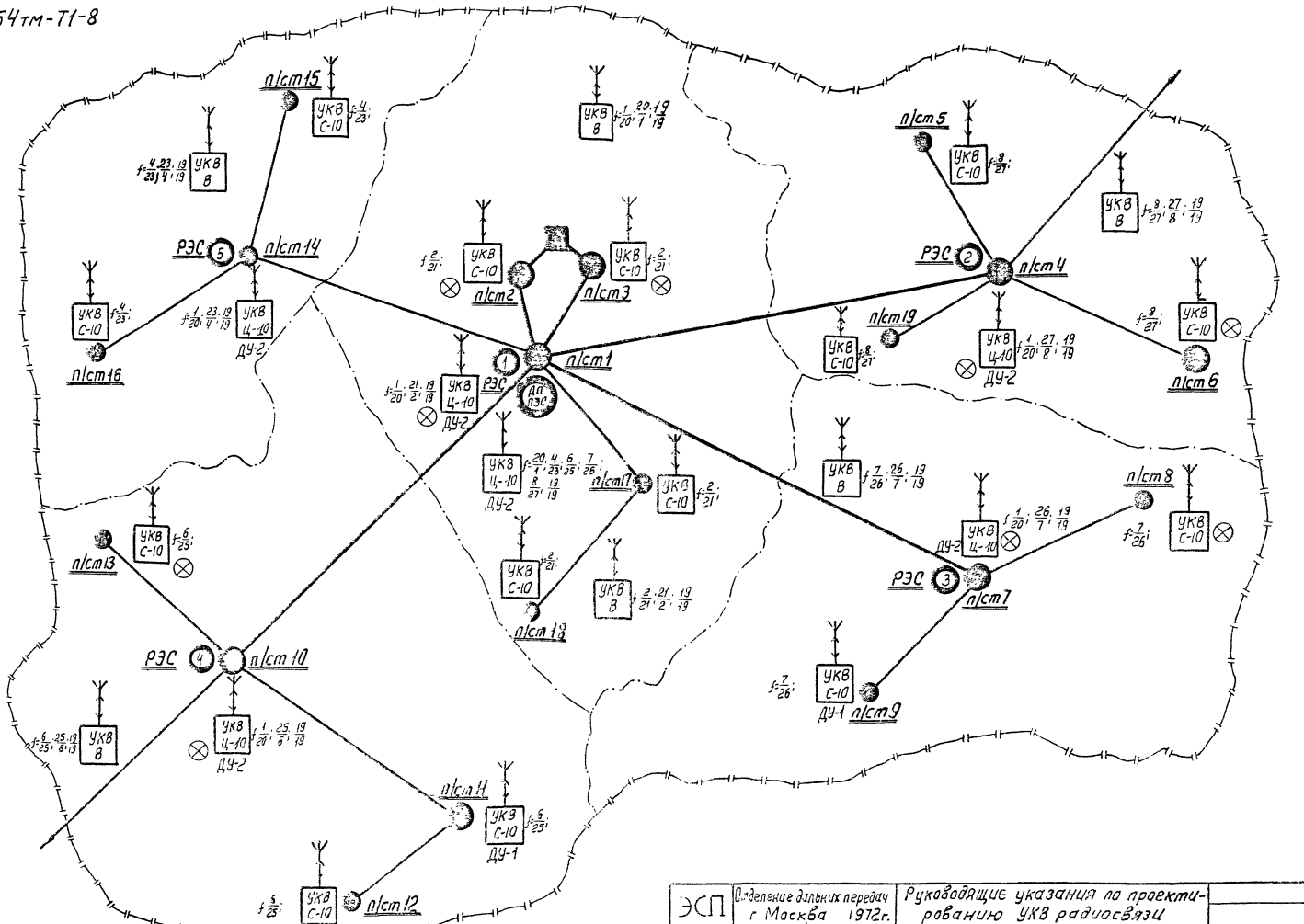
ЭСП	Отделение дальних передач г. Москва 1971 г.	Руководящие указания по проектированию УКВ радиосвязи	
Гл. инж. пр.	Ушкин	Пример схемы электрических сетей ПЭС	Масшт. / Лист / Листов
Гл. технол.	Чутвер		N3554тм-Т1-2
Гл. груп.	Лебедева		Литера
Гл. инжен.	Пьячкова		
Исполнит.	Мартынова		

3554 тм-тт-9



ЭСП	Отделение дальних передач г. Москва 1972г		Руководящие указания по проектированию УКЗ радиосвязи.
Гл.технол	Цитвер		Карта зон уверенной радиосвязи.
Рук груп	Лебедева		
Ст инжен	Леонова		
Исполнит	Леонова		

Масшт.	Лист	Листов	
N3554	тт-9		
Литера			



ЭСП	Отделение дальних передач г. Москва 1972г.	Руководящие указания по проектированию УКВ радиосвязи	
Гл. технол.	Цытвер	Пример построения радиосети при территориальной схеме управления ПЭС	Масшт. / Лист / Листов
Рук. гр.	Лебедева		№ 3554тм-Т1-8
Ст. инж.	Леонова		Дата
Исполнил	Леонова		

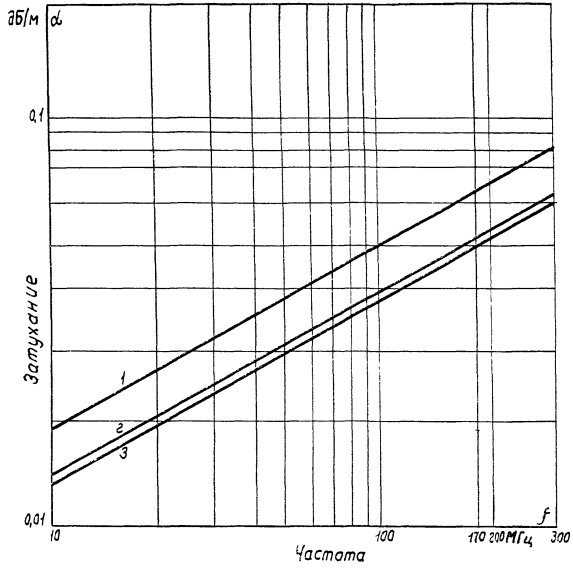


Рис 1. Частотная зависимость величины затухания для кабелей марок:
1- РК-50-7-11 и РК-50-7-12;
2- РК-50-9-11; 3-РК-50-11-11.

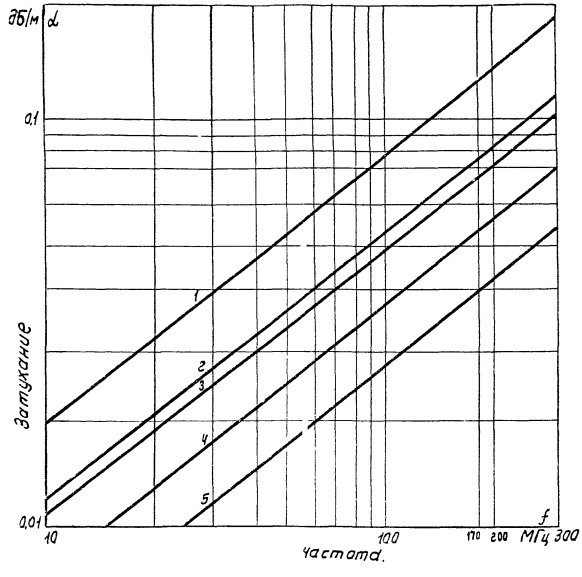


Рис. 2. Частотная зависимость величины затухания для кабелей марок
1- РК-75-7-11; 2-РК-75-9-13; 3-РК-75-9-12;
4- РК-75-13-11; 5-РК-75-17-12.

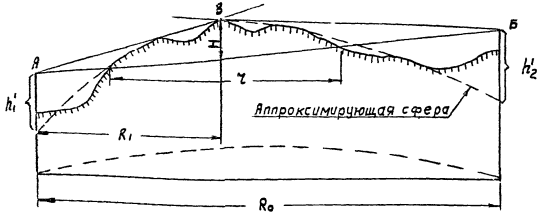


Рис. 3. Пояснения к понятию аппроксимации реальных препятствий сферами

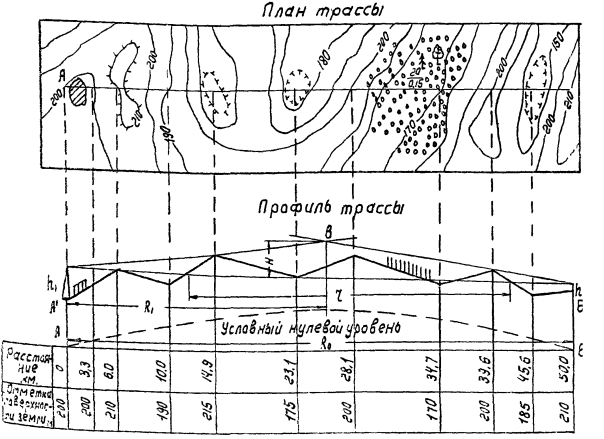
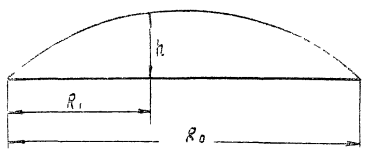


Рис. 4. Пример построения профиля трассы радиоканала

К определению множителя ослабления на полуоткрытых и закрытых трассах радиоканалов.

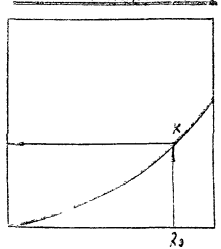


Высота сегмента h в точке с относительной координатой K вычисляется по формуле.

$$h = \frac{4}{51} R_0^2 K (1-K)$$

где R_0 - в километрах
h - в метрах
$K = \frac{R_1}{R_0}$

Рис 6 Схема нахождения h



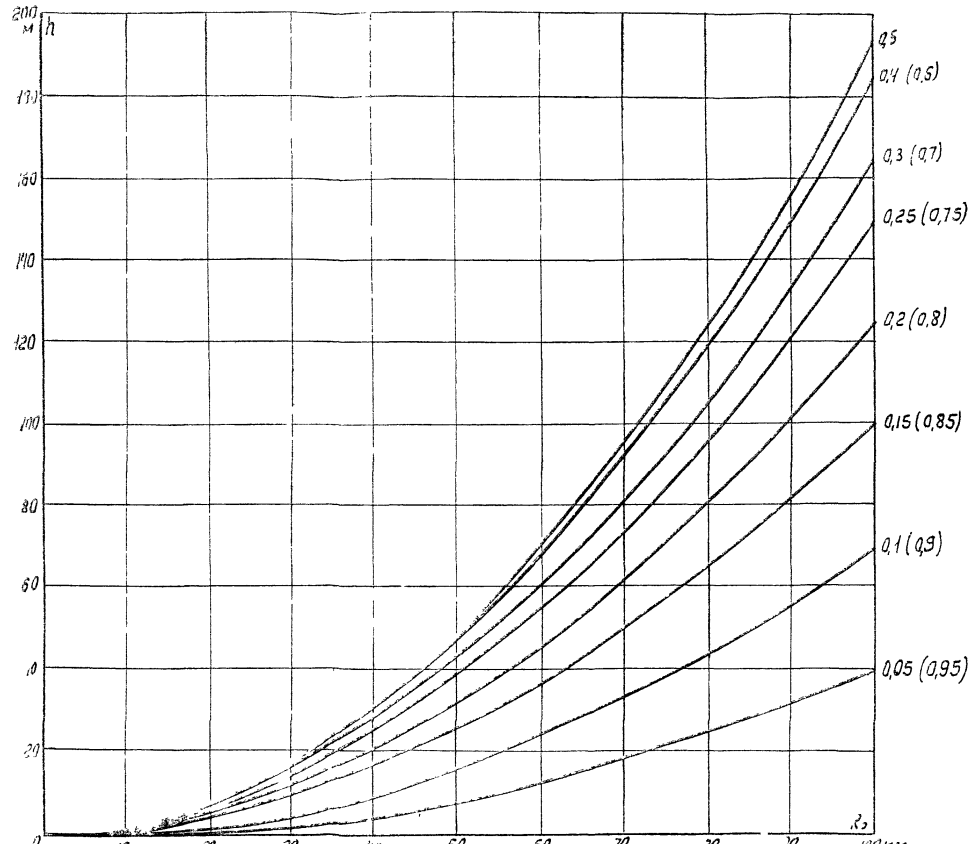


Рис. 5 График значений h для построения кривизны земной поверхности

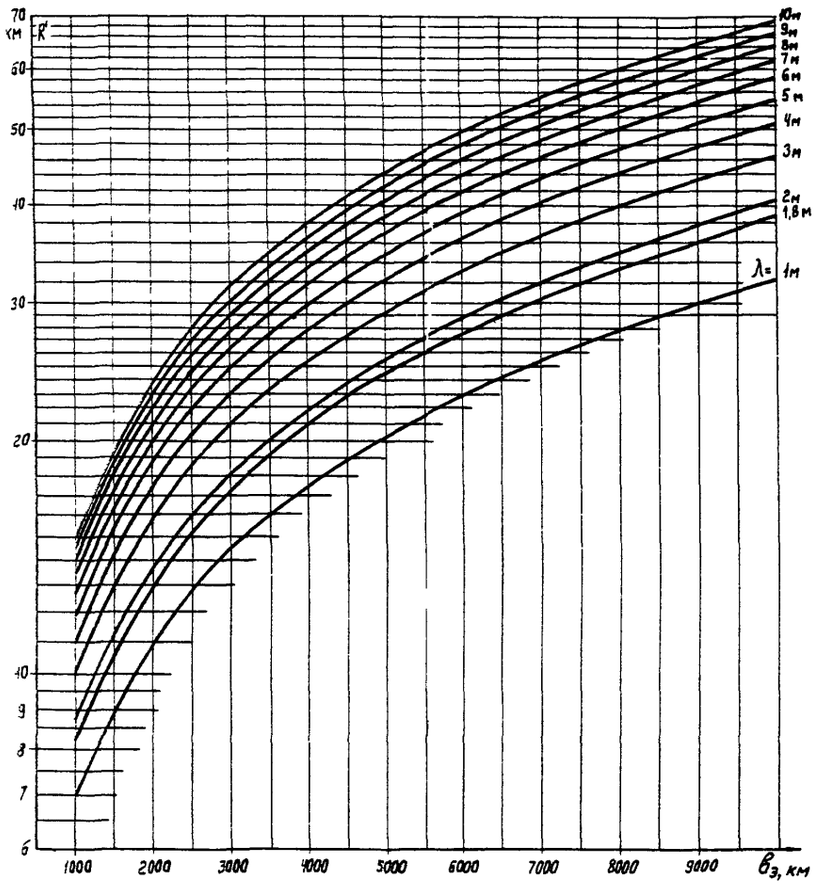


Рис. 7 Зависимость R' от $B_з$ и λ

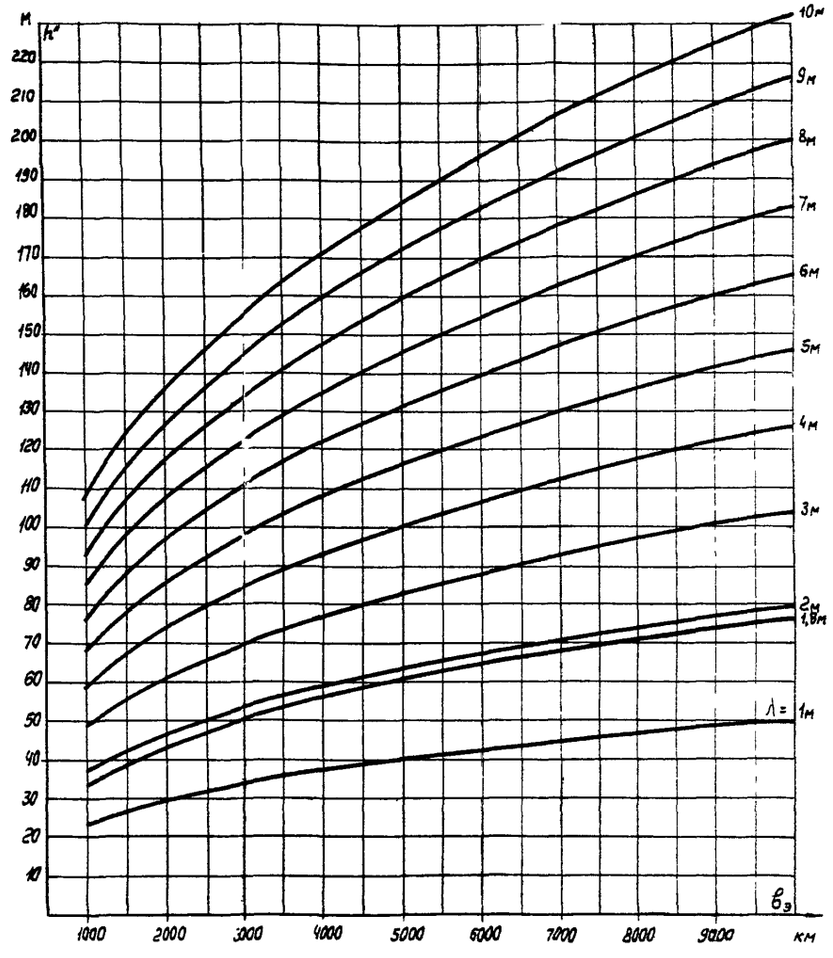


Рис. 8 Зависимость h" от $B_з$ и λ.

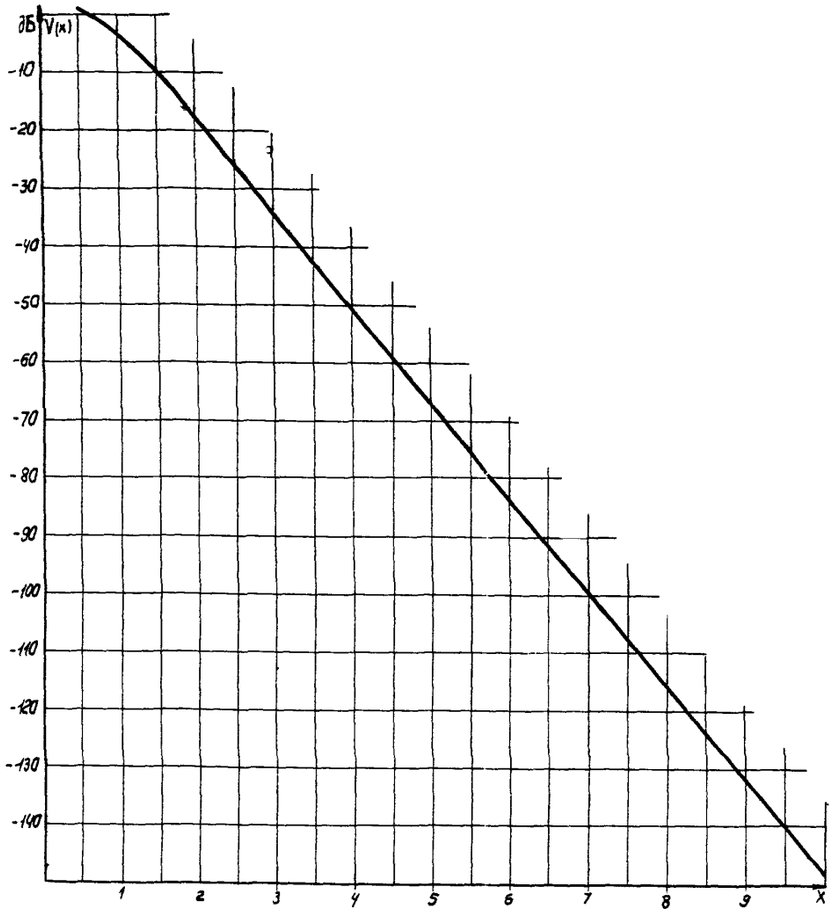


Рис. 9. Зависимость V(x) от X

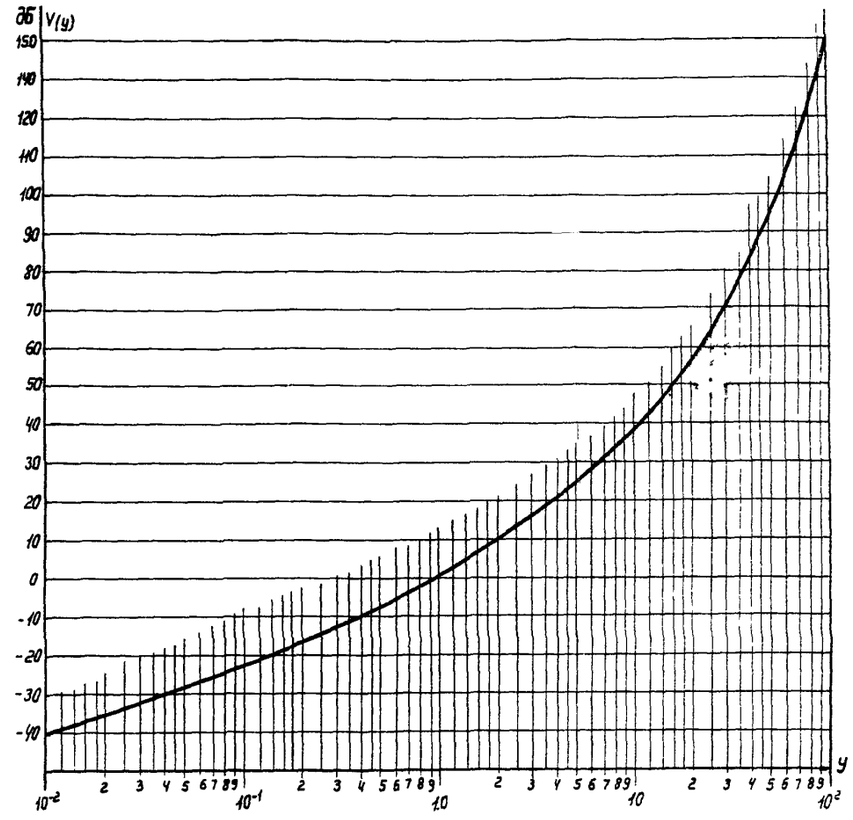


Рис. 10. Зависимость V(y) от y

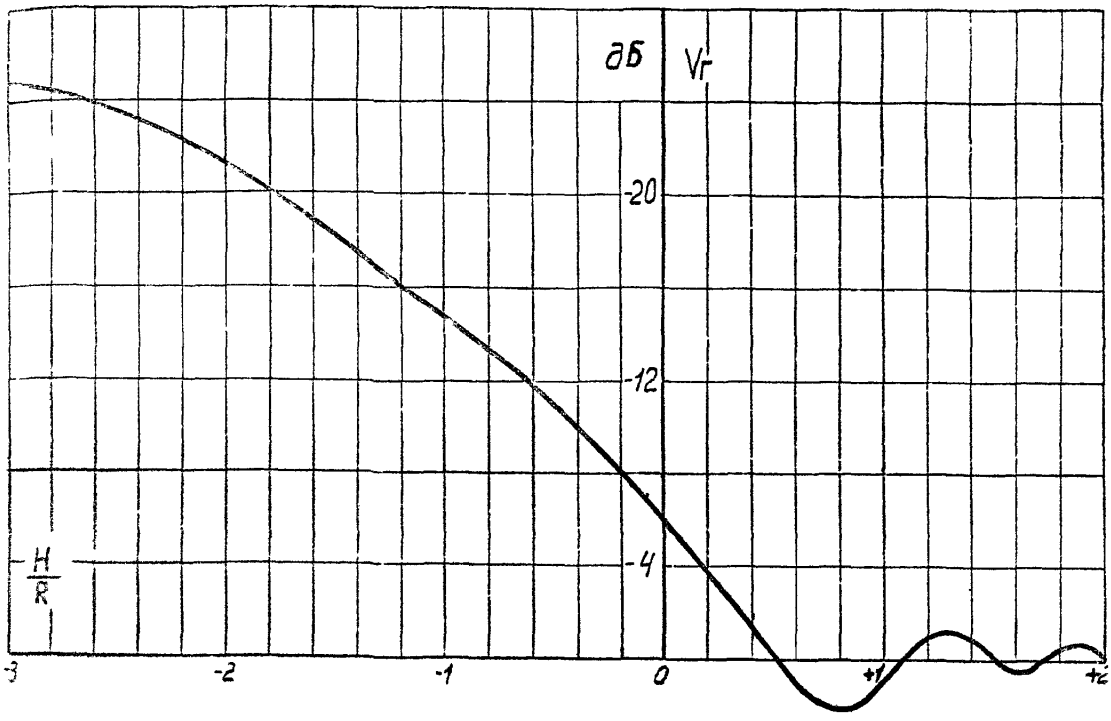
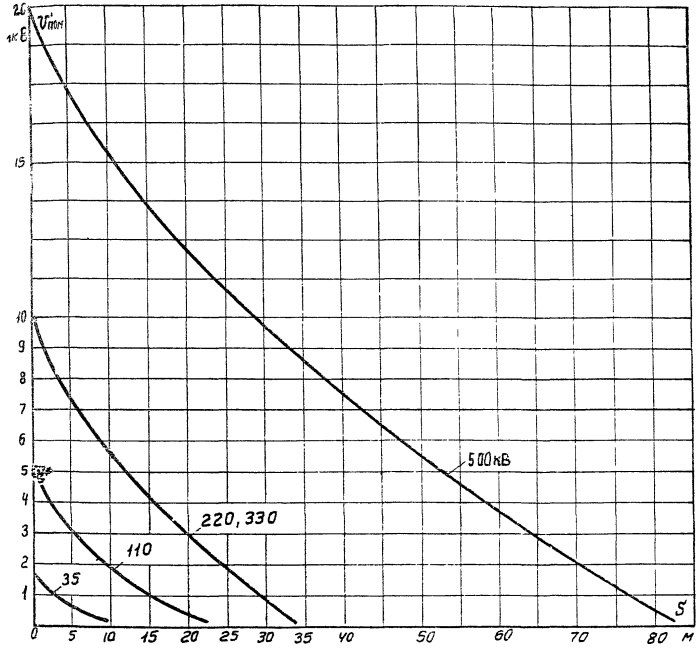


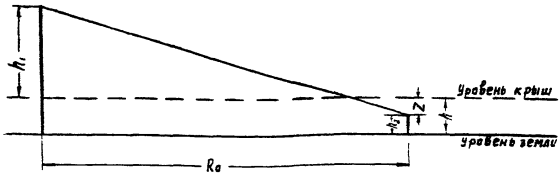
Рис. 11 Зависимость V_r от $\frac{H}{R}$

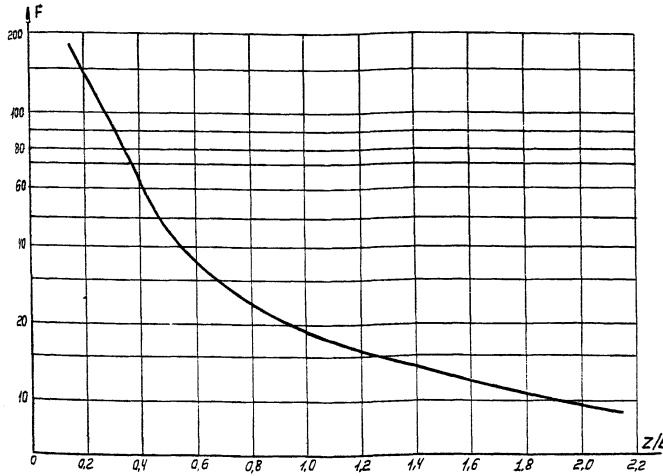


S - расстояние от приёмной антенны до ограды ОРУ 35-500 кВ.

Напряжение помех дано для полосы F=100 кГц.

Рис. 12 График для определения помех, излучаемых высоковольтным оборудованием подстанции 35-500 кВ





Примечание. в - половина ширины улицы, где установлена приемная антенна.

Рис. 13

График для определения дополнительного множителя F для расчета напряженности поля в городах.

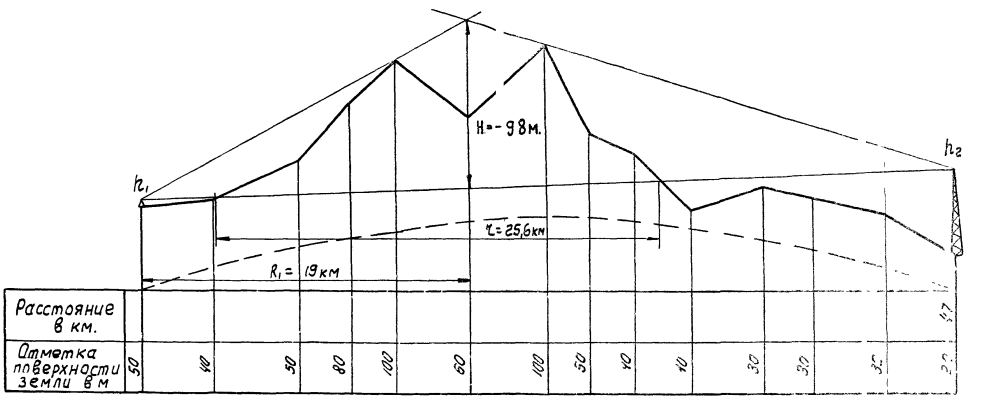


Рис. 14 Профиль трассы радиоканалов к примеру 1.

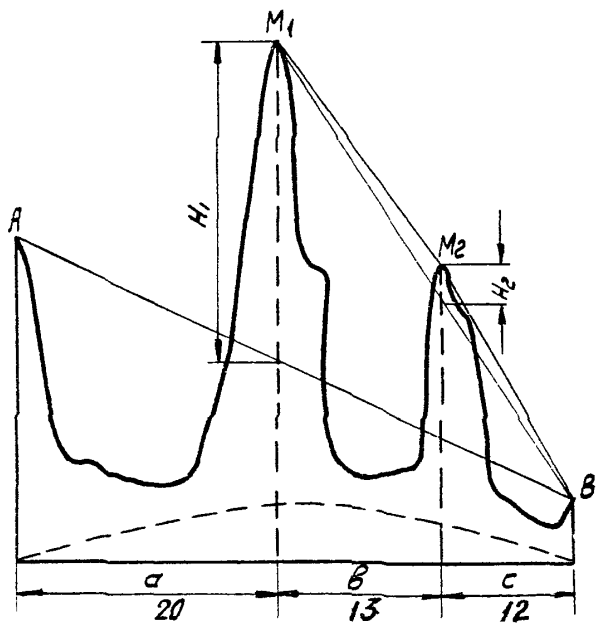
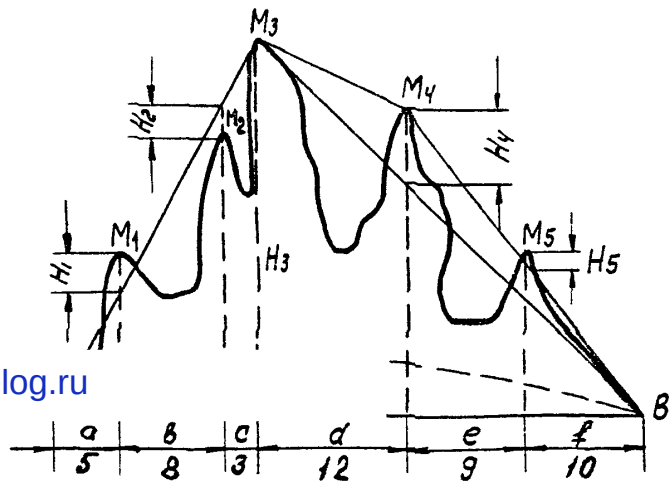


Рис. 15. Профиль трассы радиоканала к примеру 2.



gost.e-ecolog.ru

Рис. 16 Профиль трассы радиоканала к примеру 3.