

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ**

**Федеральное государственное  
бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ  
им. проф. М. А. БОНЧ-БРУЕВИЧА»**

---

**Кондрашов Ю.В., Коротин В.Е., Чернышев А.Г.**

## **СИСТЕМЫ РАДИОСВЯЗИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

**Учебно-методическое пособие по выполнению практических занятий.**

**СПб ГУТ)))**

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ААС – адаптивная адресная связь;  
АВ – адресный вызов;  
АПР – автоматизированный переход на резервную частоту;  
АР – автоматический режим;  
АС – адаптивная связь;  
АФУ – антенно-фидерное устройство;  
ВОЧ – вероятностно-оптимальные частоты;  
ВПУ – выносной пульт управления;  
ВТА – вынесенный телефонный аппарат;  
ГВ – групповой вызов;  
ЗВ – земные волны;  
ЗПК – заранее подготовленный канал;  
ЗПЧ – заранее подготовленные частоты;  
ИВ – ионосферные волны;  
КВ – короткие волны;  
КТС – комплекс технических средств;  
КШМ – командно-штабная машина;  
ЛДУ – линия дистанционного управления;  
МВ – микроволны;  
МДВ – московское декретное время;  
МПЧ – максимально применимая частота;  
МТГ – микрофонно-телефонная гарнитура;  
НПЧ – наименьшие применимые частоты;  
ОМ – однополосная модуляция;  
ОРЧ – оптимально-рабочая частота;  
ПДРЦ – передающий радиоцентр;  
ПДУ – пульт дистанционного управления;  
ПРЦ – принимающий радиоцентр;  
ПЧО – планшет частотной обстановки;  
ПШ – подавитель шума;  
РЦ – радиоцентр;  
СПУ – совмещенный пульт управления;  
СРЦ – стационарный радиоцентр;  
УВРД – устройство ввода радиоданных;  
УКВ – ультракороткие волны;  
УТМВ – устройства технического маскирования речи;  
ФЧ – фиксированная частота;  
ЦВ – циркулярный вызов;  
ЧМ – частотная модуляция;  
ЭАП – электроакустический преобразователь;  
ЭВМ – электро-вычислительная машина.

## ВВЕДЕНИЕ

Развитие информационного пространства государства, в целом, и его вооруженных сил, в частности, характеризуется потребностью в передаче все возрастающих объемов информации на неограниченные дальности с регламентированным качеством и гарантированной защищенностью. Системы связи и управления вооруженных сил во многом опираются на восприятие информации человеком, который получает ее через органы чувств (зрения, слуха). Однако физиологические возможности человека не позволяют обеспечивать передачу больших объемов информации на значительные расстояния. Сигналы, несущие информацию о человеческой речи, видимом изображении (и прочих), имеют такой спектральный состав, который затрудняет их непосредственную передачу на расстояния, превышающие обусловленные природой дальности акустического или визуального восприятия. Для преодоления этой ограниченности в передаче информации существуют технические средства, обеспечивающие передачу и прием информации, объединяемых понятием связь, телекоммуникации – совокупность средств организации связи на расстоянии. Одной из технологий осуществления передачи информации на расстоянии является радиосвязь, которая реализуется с помощью различного вида радиоканалов, когда передача информации осуществляется с помощью радиоволн, распространяющихся в различных средах, именуемых обобщенно радио эфиром. Основные достоинства радиосвязи: □

- быстрота развертывания систем связи; □
- возможность работы с мобильными абонентами; □
- возможность широковещательного режима.

В развитии систем радиосвязи специального назначения реализуется ряд тенденций. **ЦИФРОВИЗАЦИЯ** означает переход к цифровым сигналам, что обеспечивает высокую помехоустойчивость передачи, повышает ее качество и надежность, существенно сокращает вес и габариты оборудования. Цифровые сигналы позволяют объединить разнородный трафик (голос, данные, видео) в одном цифровом потоке, и это создает возможность, выражаемую такой тенденцией, как **ИНТЕГРАЦИЯ УСЛУГ**. Благодаря **ГЛОБАЛИЗАЦИИ** практически все телекоммуникационные сети (сети телефонии, сеть Интернет) приобретают всемирный характер. Примерами глобальных сетей также являются сети сотовой и спутниковой связи, с появлением которых связана **ПЕРСОНАЛИЗАЦИЯ**, когда сети телекоммуникации все больше привязываются не к месту нахождения терминала, а к персоне – человеку, который носит или возит терминал с собой. И наконец, **МОБИЛЬНОСТЬ** – тенденция, которая существовала и раньше, но сейчас воплощается в массовых средствах связи благодаря развитию технологий радиосвязи, которые являются беспроводными и поэтому обеспечивают услугами абонентов, находящихся в движении, как при перемещении пешком, так и посредством современных высокоскоростных видов транспорта.

Данное пособие предназначено для закрепления основных средств реализации указанных тенденций в массиве знаний современного специалиста в области систем и сетей специальной связи.

Пособие знакомит с системами радиосвязи специального назначения, использующими для передачи сообщений различные механизмы распространения радиоволн: вдоль земной поверхности, с применением отражения в разных слоях атмосферы или посредством космических ретрансляторов. Каждая из этих систем характеризуется своими особенностями, определяемыми, в первую очередь, используемыми диапазонами радиоволн. В дальнейшем, говоря о радиосвязи, будем иметь в виду возможность непосредственной связи между разнесенными в пространстве точками на земной поверхности без использования промежуточных пунктов связи, осуществляющих ретрансляцию сигналов. При этом ретрансляция, в принципе, может быть применима для повышения дальности связи или в других случаях, например, для повышения эффективности связи в сложных условиях помеховой обстановки. Другой отличительной особенностью систем радиосвязи, рассмотренных в пособии, является возможность передачи и приема сообщений в движении.

## 1. ЛИНИЯ И КАНАЛ РАДИОСВЯЗИ

Все поступающие от источника для передачи посредством радиоволн сообщения преобразуются в передающем оконечном устройстве в первичный электрический сигнал  $u(t)$ , представляющий собой изменяющееся во времени напряжение (ток), отображающее сообщения. В зависимости от характера сообщений и вида преобразования первичный электрический сигнал может быть дискретным или непрерывным. В качестве передающего оконечного устройства могут выступать микрофон гарнитуры микрофонно-телефонной (МТГ) или телефонной трубки, телеграфный ключ, телеграфный аппарат и другие технические средства[1].

Характерной особенностью первичных электрических сигналов является их сравнительно медленное изменение во времени, т. е. низкая частота колебаний. Спектры большинства первичных электрических сигналов ограничены максимальной частотой, не превышающей нескольких килогерц. Такие низкочастотные сигналы не могут эффективно излучаться в среду распространения радиоволн, так как для этого необходимы излучатели, имеющие геометрические размеры, соизмеримые с длиной волны сигнала. Поэтому далее в радиопередатчике первичный электрический сигнал преобразуется в удобный для передачи радиосигнал  $u_c(t)$ . Процесс преобразования называется модуляцией для непрерывных первичных сигналов или манипуляцией для дискретных. В процессе модуляции (манипуляции) первичный электрический сигнал выступает в роли модулирующего сигнала, изменяющего один из параметров (амплитуду, частоту, фазу) высокочастотного гармонического колебания несущей частоты.

В общем случае процессу модуляции первичного электрического сигнала предшествует операция его кодирования, в результате которой последовательность элементов сообщения по определенному правилу заменяется последовательностью кодовых символов.

Радиосигналы по аналогии с первичными электрическими сигналами, которые они отображают, могут быть непрерывными (аналоговыми) или дискретными. В некоторых случаях дискретные сигналы называют цифровыми, поскольку их можно представить в цифровой форме – в виде чисел с конечным числом разрядов. В радиосвязи наибольшее применение нашли цифровые сигналы, имеющие только два дискретных значения. Дискретные сигналы могут использоваться для передачи не только дискретных, но и непрерывных сообщений, и наоборот, непрерывные сигналы – для передачи дискретных сообщений.

Радиосигнал с выхода радиопередатчика при помощи соединительной линии, которая называется фидером, подводится к передающей антенне и в виде радиоволн излучается ею в открытое пространство. Скорость распространения радиоволн зависит от свойств среды, при этом максимальная скорость имеет место в свободном пространстве (вакууме), и она совпадает со скоростью света в вакууме, равной  $3 \cdot 10^8$  м/с. В других средах скорость радиоволн меньше и определяется относительными диэлектрической и магнитной проницаемостями среды [1].

В точке приема радиоволны преобразуются приемной антенной в высокочастотный сигнал, который далее по фидеру подается в радиоприемник, где происходит восстановление переданного первичного электрического сигнала  $u(t)$ . Для этого выполняются операции, обратные тем, которые были осуществлены в радиопередатчике – демодуляция (детектирование) и декодирование сигнала. В приемном оконечном устройстве (например, телефонах МТГ, телеграфном аппарате, громкоговорителе) первичные сигналы преобразуются в сообщения и подаются их получателю.

Задача преобразования принимаемых сигналов в сообщения более сложная, чем преобразование сообщений в радиосигнал, так как преобразованию подвергается не только переданный радиосигнал, а его смесь с другими сигналами (помехами), которые могут исказить переданное сообщение. Наличие помех при передаче сообщений связано с тем, что среда распространения радиоволн является общей для многих источников электромагнитного излучения, т. е. имеет свободный доступ.

Совокупность технических устройств и среды распространения радиоволн, обеспечивающая передачу сообщений от источника к получателю с помощью радиоволн, называется линией радиосвязи (радиолинией). При этом источники и получатели, использующие линии радиосвязи для передачи и приема сообщений, являются абонентами радиосвязи. Абоненты могут передавать сообщения самостоятельно или с помощью радистов (радиотелеграфистов). Абонентов радиосвязи и радистов, осуществляющих непосредственную передачу сообщений по радиолинии, принято называть корреспондентами.

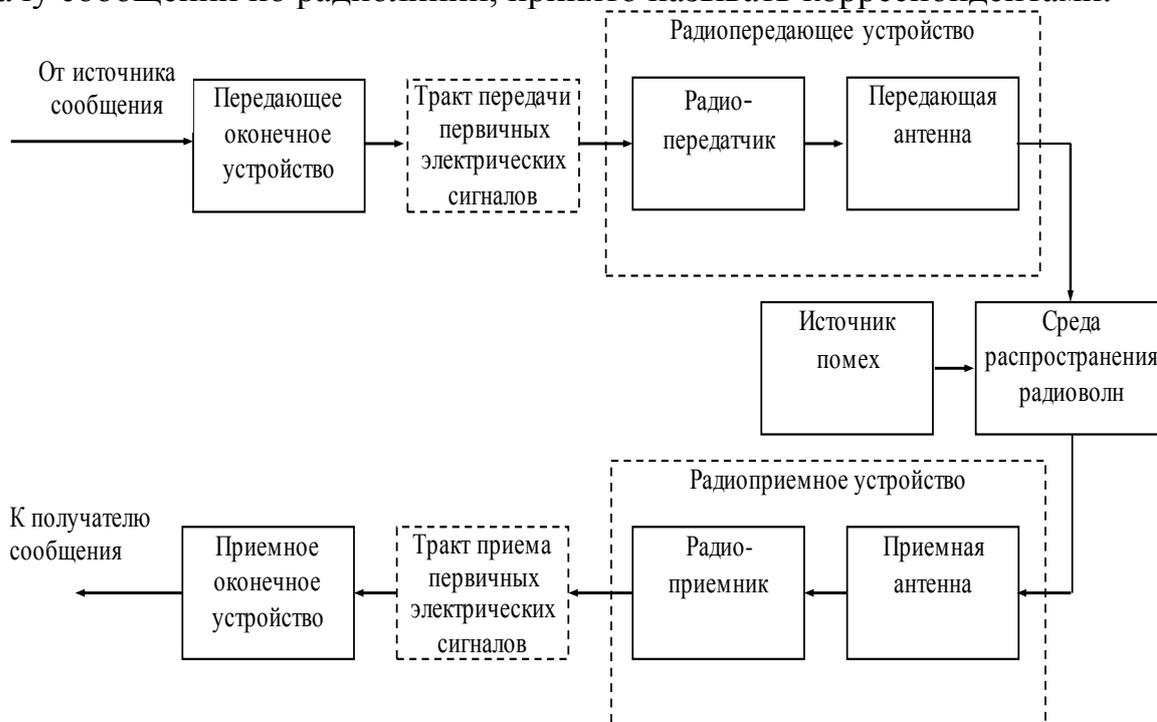


Рис. 1.1. Структурная схема линии радиосвязи

Структурная схема линии радиосвязи, предназначенной для передачи сообщений между абонентами (корреспондентами) А и Б, показана на рисунке 1.1 В ней радиопередатчик (передатчик) и передающую антенну принято объединять в радиопередающее устройство, а радиоприемник (приемник) и

приемную антенну – в радиоприемное устройство. Кроме того, передающую антенну и фидер, соединяющий ее с передатчиком, называют передающим антенно-фидерным устройством (АФУ) или трактом, а приемную антенну и фидер, связывающий ее с приемником – приемным АФУ или трактом.

В общем смысле линию радиосвязи можно считать одним из видов канала электросвязи (канала связи), под которым понимается путь прохождения сигналов электросвязи, обеспечивающий при подключении к его окончаниям абонентских оконечных устройств передачу сообщений от источника к получателю (получателям). Каналам электросвязи в зависимости от вида сети связи присваиваются названия, например, телефонный канал, телеграфный канал, канал передачи данных, канал звукового вещания.

Часть линии радиосвязи, которая создает путь прохождения радиосигналов, принято называть каналом радиосвязи (радиоканалом). Границы канала радиосвязи в зависимости от решаемых задач или исследуемых вопросов могут быть выбраны произвольно, лишь бы по каналу проходили радиосигналы, отображающие сообщения. В одних случаях под каналом радиосвязи понимают совокупность технических устройств, обеспечивающих образование радиосигнала и его излучение в радиопередатчике, а также прием радиосигнала и обратное его преобразование в радиоприемнике, и среды распространения радиоволн. В других случаях, например, при рассмотрении свойств каналов электросвязи, каналом радиосвязи называют только среду распространения радиоволн.

Показанная на рисунке 1.1 линия радиосвязи реализует двустороннюю радиосвязь, так как ее состав позволяет обоим корреспондентам и передавать, и принимать сообщения. При односторонней радиосвязи один из корреспондентов осуществляет только передачу сообщений, и другой (или другие) – только прием.

Двусторонняя радиосвязь может быть симплексной или дуплексной. В первом случае передача и прием информации между корреспондентами производятся поочередно, при этом радиообмен возможен на одной частоте или на разнесенных частотах приема и передачи. В первом случае радиосвязь является симплексной одночастотной (или просто симплексной), а во втором – симплексной двухчастотной. При ведении дуплексной радиосвязи передача и прием информации осуществляются одновременно. Причем в случае, если передатчики корреспондентов включены постоянно, независимо от того, происходит передача информации или нет, радиосвязь принято называть дуплексной, а если передатчики включаются только на время передачи информации, а когда передачи нет, выключаются – полудуплексной.

## **2. СРЕДСТВА, КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ РАДИОСВЯЗИ**

В состав канала радиосвязи, как следует из рисунка 1.1, входят радиопередающие и радиоприемные устройства, посредством которых обеспечивается прием и передача радиосигналов, вследствие чего они определяются как средства радиосвязи, или радиосредства.

Радиопередающее и радиоприемное устройства одного корреспондента могут организационно или конструктивно объединяться в единое техническое

устройство – радиостанцию. Конструктивное объединение предполагает размещение всех элементов радиостанции в одном корпусе, а организационное – наличие общего управления всеми техническими устройствами радиостанции, при этом их совместное размещение в одном месте необязательно.

Во многих случаях радиопередатчик и радиоприемник одного корреспондента, а также оконечные устройства, подключаемые к ним, разносятся друг от друга на расстоянии от десятков и сотен метров до десятков километров. Удаление радиопередатчиков с передающими АФУ производится с целью исключения возможности создания помех своим радиоприемникам, а также повышения разведзащищенности пунктов управления. Вынос оконечных устройств может осуществляться с целью обеспечения удобства пользования ими многими абонентами, при этом они сосредотачиваются в оконечных аппаратных и обслуживаются их операторами.

При территориальном разнесении радиопередающих, радиоприемных, а также оконечных устройств в состав радиолинии, кроме них, включаются тракты передачи и приема первичных электрических сигналов, предназначенные для передачи последних от оконечных устройств к передатчикам и обратно – от приемников к оконечным устройствам. Такие тракты, по сути, также являются каналами связи и могут для своего образования использовать средства связи различных родов, в том числе радио. Часто по этим каналам, кроме передачи сообщений, производится передача команд управления средствами радиосвязи, например, включение питания или перестройка по частотам. Линии связи, предназначенные для передачи и приема первичных электрических сигналов и команд управления радиосредствами, принято называть линиями дистанционного управления (ЛДУ) [1].

По способу транспортировки радиосредства можно подразделить на следующие:

стационарные (неподвижные), находящиеся в объектах (сооружениях), неспособных менять свое местоположение;

возимые, устанавливаемые на транспортной базе (автомобиле, бронетранспортере, танке, самолете, корабле или другом подвижном объекте);

носимые, если основным транспортным средством является радист или должностное лицо, в распоряжение которого радиосредства выделены. Среди носимых можно также выделить портативные (или личные) радиосредства, к которым относятся радиоприемники и радиостанции небольших размеров, применяющиеся для ведения радиообмена на малые расстояния, не превышающие нескольких километров, преимущественно на открытых трассах. Мощность передатчиков портативных радиостанций обычно не превосходит 1 Вт.

Возимые и носимые радиосредства относятся к подвижным средствам радиосвязи.

В зависимости от мощности передатчика радиостанции могут быть:

радиостанциями малой мощности, если мощность передатчика не превышает 100 Вт;

радиостанциями средней мощности, когда мощность передатчика лежит в пределах от 100 до 1000 Вт;

мощными радиостанциями, если мощность передатчика находится в пределах от 1 до 10 кВт;

радиостанциями большой мощности, когда мощность передатчика превышает 10 кВт.

Наиболее просты в устройстве носимые радиостанции. Радиостанция в общем случае состоит из приемопередатчика, источника электропитания (аккумуляторных батарей), МТГ и антенны, конструктивно выполненных как единое техническое устройство.

Возимые радиостанции малой мощности аналогично носимым конструктивно строятся как единые технические устройства. Однако эти радиостанции имеют большие размеры и часто состоят из нескольких блоков, размещенных в отдельных корпусах.

Гораздо более сложны в устройстве подвижные радиостанции средней мощности, в них передатчик и приемник выполнены отдельными устройствами. Кроме того, в состав радиостанций вместе с радиопередающим и радиоприемным устройствами входят оконечные устройства для обмена сообщениями различного вида, устройства управления радиостанцией, средства составления и коммутации каналов, аппаратура служебной связи между радистами и операторами оконечных аппаратных (когда для связи используются оконечные устройства этих аппаратных), устройства системы электропитания и другие элементы. Все оборудование радиостанции средней мощности размещается в отдельной машине (аппаратной радиосвязи) или другом подвижном объекте. Такие радиостанции используются для ведения дуплексной радиосвязи большим числом видов радиосигналов и имеют в своем составе широкий набор антенн, предназначенных для связи земными и ионосферными волнами, как в движении, так и на стоянке.

Радиостанции средней мощности в отличие от радиостанций малой мощности могут быть не только подвижными, но и стационарными. У стационарных радиостанций передатчик и приемник, как правило, территориально разнесены и составляют передающую и приемную части радиостанции соответственно. Кроме того, оконечные устройства радиолинии, составленной такими средствами, также выносятся. Передача первичных электрических сигналов от оконечных устройств к радиопередатчикам и радиоприемникам производится по линии дистанционного управления[2].

Радиостанции мощные и большой мощности являются подвижными, однако ведение радиосвязи с их помощью возможно лишь на стоянке. Значительная мощность передатчиков не позволяет компоновать радиоприемник и радиопередатчик в одной машине, поэтому такие радиостанции разделяются на приемную и передающую части (приемную и передающую машины или аппаратные), которые территориально разносятся. Кроме того, в состав радиостанций включаются электропитающая, а в некоторых случаях и антенная аппаратные.

Основное оборудование мощных и большой мощности радиостанций могут составлять несколько радиопередатчиков и радиоприемников, оконечные устройства, устройства управления аппаратными, аппаратура служебной связи, элементы ЛДУ, а также комплект антенн для связи ионосферными и земными волнами.

С целью расширения возможностей средств радиосвязи по передаче сообщений в различных условиях обстановки они объединяются в комплексы радиосвязи, под которыми понимаются совокупность технически, функционально и конструктивно взаимосвязанных средств радиосвязи, а также вспомогательных технических устройств, объединенных общим управлением.



Рис. 2.1 КШМ 2-го поколения Р-145БМ

Как следует из определения, отличительными особенностями комплексов радиосвязи по отношению к средствам являются сложность их построения и большое количество элементов различного назначения. Однако, учитывая, что радиостанции средней и большей мощности являются техническими устройствами, которые подобно комплексам обладают этими свойствами, можно радиостанции этих типов относить не к средствам, а к приемопередающим комплексам радиосвязи. Кроме этого, к комплексам относятся командно-штабные машины общего и специального назначения, а также отдельные подвижные приемные и передающие комплексы радиосвязи.

Командно-штабные машины представляют собой подвижные пункты управления, позволяющие абонентам вести обмен сообщениями различного вида с несколькими корреспондентами (в нескольких направлениях связи) из одного объекта. Для этого в КШМ размещаются радиосредства различных диапазонов волн, оконечные устройства, аппаратура внутренней связи и коммутации, устройства системы электропитания и другое оборудование. КШМ оснащаются АФУ, позволяющим вести радиосвязь земными и ионосферными волнами, как в движении, так и на стоянке. Все оборудование КШМ размещается в автомобиле,

б  
р  
о  
н  
е  
т  
р  
а



Рис. 2.2 КШМ 3-го поколения

Приемный комплекс радиосвязи предназначен для приема сообщений одновременно в нескольких направлениях связи из одного объекта. Для этого в состав комплекса включаются несколько радиоприемников, комплект приемных АФУ и вспомогательные устройства. Все оборудование приемного комплекса размещается в одной машине, которая называется радиоприемной аппаратной или отдельной приемной машиной.

Передающий комплекс радиосвязи представляет собой совокупность радиопередатчиков, комплекта передающих АФУ и вспомогательных устройств и предназначен для передачи сообщений в нескольких направлениях связи из одной машины (радиопередающей аппаратной). Передающие комплексы радиосвязи выносятся за пределы расположения приемных комплексов и оконечных аппаратных. Передача первичных электрических сигналов от оконечных устройств к передатчикам производится по ЛДУ.

В целях гибкого обслуживания широкой сети абонентов, а также рационального использования средств и комплексов радиосвязи они организационно и технически объединяются в радиоцентры. В зависимости от степени подвижности РЦ могут быть стационарными (СРЦ) или подвижными. Стационарные РЦ оборудуются в сооружениях, а подвижные развертываются на транспортной базе. В состав СРЦ входят отдельные радиоприемники, стационарные радиопередатчики и стационарные радиостанции, а в состав подвижных РЦ – подвижные радиостанции различной мощности, радиоприемные и радиопередающие аппаратные[2].

Все средства и комплексы связи, входящие в состав одного радицентра, разделяются на приемный и передающий радицентры. При этом в состав ПРЦ входят радиоприемники с приемными АФУ, а в состав ПДРЦ – радиопередатчики с передающими АФУ. В состав стационарных РЦ может входить несколько ПРЦ и ПДРЦ. Приемные и передающие РЦ разносятся на расстояния от единиц до десятков километров. В некоторых случаях в состав РЦ может входить радиобюро.

Средства и комплексы радиосвязи, использующиеся автономно или в составе радицентров, являются основой для построения сетей радиосвязи.

Под сетью радиосвязи понимается совокупность радиолиний, образованная средствами и комплексами радиосвязи, а также радицентрами, и предназначенная для обмена информацией между пунктами управления определенного звена.

Средства и комплексы радиосвязи, используемые для организации сетей радиосвязи, могут принадлежать к различным комплексам технических средств (КТС). При этом под комплексом технических средств радиосвязи понимается совокупность средств (комплексов) радиосвязи и другого вспомогательного оборудования, построенных по единым техническим принципам с применением унифицированных элементов и поступающих на снабжение войск в определенный период времени.

К вспомогательному оборудованию могут относиться АФУ, мачты для подъема Сети радиосвязи организуются на основе комплексов технических средств радиосвязи, и, следовательно, степень выполнения возлагаемых на сеть задач определяется возможностями входящих в состав КТС средств радиосвязи. Причем при построении сети радиосвязи могут одновременно применяться комплексы нескольких поколений (поступающие на снабжение войск в разное время) при условии их сопрягаемости.

Совокупность сопрягаемых комплексов технических средств радиосвязи, и

### **3. РАДИОСТАНЦИИ МАЛОЙ МОЩНОСТИ 1-5 ПОКОЛЕНИЙ**

Радиостанции ТЗУ, главным образом, относятся к маломощным станциям, поскольку мощность их передатчиков, как правило, не превышает 100 Вт. При этом маломощные радиостанции могут быть носимыми (не имеющими средств для транспортировки) или возимыми (входящими в состав КШМ). Иногда среди носимых также выделяют портативные радиосредства, к которым относят радиоприемники и радиостанции звена отделение-взвод. Мощность передатчиков портативных радиостанций обычно не превышает 1 Вт.

Этапы, которая прошла радиосвязь ТЗУ в послевоенный период, определяются поколениями радиосредств, которые принимались на снабжение частей и подразделений связи.

#### **3.1. Первое поколение УКВ радиостанций**

Первое поколение УКВ радиостанций для низших звеньев управления начало создаваться в конце 40-х – начале 50-х годов. К ним относятся носимые радиостанции Р-105, Р-106, Р-108, Р-109, Р-114 и Р-126, и танковая радиостанция Р-113.

Отличительными особенностями этих радиостанций по сравнению с довоенными и разработанными в ходе войны, были:

сравнительно узкий диапазон рабочих частот, коэффициент перекрытия которого не превышал 1,32;

повышение верхней границы рабочих частот (наибольшую частоту 51,5 МГц имела радиостанция Р-126);

применение параметрической стабилизации частот задающего генератора передатчика и гетеродина приемника;

реализация основных каскадов приемопередатчика на электронных лампах;

широкое использование в качестве согласующе-фильтрующих цепей одиночных и связанных перестраиваемых LC колебательных контуров.

В последующие годы УКВ радиостанции были модернизированы. В результате в конце 50-х годов появились радиостанции Р-105М, Р-108М и Р-109М, в которых применялись более совершенные, чем в предшествующих станциях радиодетали и унифицированные узлы. Это позволило значительно

у  
м Представителями первого послевоенного поколения маломощных радиостанций КВ диапазона явились возимая радиостанция Р-104 и танковая Р-112. Радиостанции работали в узкой полосе частот в нижней части КВ диапазона, а для передачи сообщений применялись радиосигналы с амплитудной модуляцией и амплитудной телеграфией. В радиостанциях использовался простейший метод кварцевой стабилизации частот. Приемный тракт радиостанций был выполнен по супергетеродинной схеме с одним преобразованием частоты.

Узкий диапазон частот радиостанций первого поколения ограничивал возможности по обеспечению связи между однотипными радиосредствами. Поэтому дальнейшее совершенствование маломощных радиостанций было направлено на расширение диапазона рабочих частот. При этом основная трудность заключалась в обеспечении необходимой стабильности рабочих частот. Методы параметрической стабилизации становились

р  
ы



Рис. 3.1. Радиостанция Р-105М

малоэффективными в широком диапазоне частот, а введение переключателей поддиапазонов для коммутации элементов колебательных контуров добавило к уже к существующим дополнительные дестабилизирующие факторы.

### 3.2. Второе поколение УКВ радиостанций

Стремление расширить диапазон частот маломощных УКВ радиостанций при сохранении существующей стабильности частоты привело к появлению радиостанций, которые имели в своем составе по существу два узкодиапазонных передатчика и два высокочастотных тракта приемника, каждый из которых работал в определенном поддиапазоне. По такому принципу были построены радиостанции второго поколения, разработанные в середине 60-х годов. Основными типами УКВ радиостанций этого поколения стали возимые радиостанции Р-111, Р-123 и носимые Р-107, Р-147, Р-148.



Рис. 3.2 Радиостанции Р-123МТ и Р-111

Их особенностями, кроме расширенного диапазона частот, были:

наличие электромеханической системы запоминания и перестройки на заранее подготовленные частоты (ЗПЧ), позволявшая осуществлять предварительную настройку радиостанции на 4 различных частоты диапазона с последующей оперативной перестройкой на любую из них;

двойное преобразование частоты в приемном тракте радиостанций повышающее избирательность приемника;

возможность дистанционного управления радиостанцией с вынесенного на расстояние до 500 м телефонного аппарата;

способность осуществлять ретрансляцию сигналов при совместном использовании двух однотипных радиостанций, соединенных двухпроводной линией.

Основными недостатками радиостанций УКВ диапазона этого поколения оставались низкая стабильность частоты, отсутствие телеграфного режима работы и значительные массогабаритные показатели.



Рис. 3.3 Радиостанция Р-130

Ко второму поколению маломощных радиостанций КВ диапазона относятся радиостанции Р-129 и Р-130. Эти радиостанции, сохраняя прежней общую структуру и ту же элементную базу, были более совершенными, по сравнению с радиостанциями первого поколения, благодаря применению высокостабильных синтезаторов частот с диапазонно-кварцевой стабилизацией. Данное обстоятельство позволило расширить диапазон рабочих частот до 11 МГц, сделать установку частот дискретной и, главное, использовать для связи радиосигналы с однополосной модуляцией (ОМ), обладающие более высокой

п  
о  
м

### 3.3. Третье поколение УКВ радиостанций

Появление радиостанций третьего поколения связано с началом массового использования транзисторов и интегральных микросхем. Основными типами маломощных радиостанций третьего поколения стали УКВ возимые радиостанции Р-171, Р-173 и носимые Р-157, Р-158, Р-159, а также КВ радиостанции Р-134, и Р-152.

т Н  
а и

расширение диапазона частот УКВ радиостанций до 76 МГц, а КВ – до 30 МГц, уменьшение шага сетки частот до 1 кГц и увеличение количества ЗПЧ до 8 или 10;

значительное уменьшение габаритов и массы радиостанций при одновременном увеличении мощности передатчиков (так мощность радиостанции Р-171 в рабочем диапазоне частот находится в пределах 60...80 Вт, а Р-134 – 40...50 Вт);

в  
ю  
р  
я

применение в высокочастотных трактах радиостанций дискретно-перестраиваемых элементов, позволившее сократить время перестройки с одной частоты на другую до нескольких секунд;

использование аттенюатора в тракте приема КВ радиостанций, что способствовало улучшению многосигнальной избирательности приемника;  
повышение технической надежности радиостанций.



Рис. 3.4 Радиостанции 3-го поколения

Модернизация радиостанций УКВ диапазона третьего поколения была направлена на создание радиостанций, позволяющих вести связь не только аналоговыми, но и дискретными сигналами. К таким радиостанциям относятся Р-171М и Р-159М. Однако время перестройки с частоты на частоту осталось достаточно большим, что снижало эффективность радиосвязи в условиях воздействия различного рода помех.

### 3.4. Четвертое поколение УКВ радиостанций

В конце 80-х – начале 90-х годов на оснащение подразделений связи стали поступать радиосредства четвертого поколения. Их особенностью является то, что все они были разработаны в рамках единой программы и принадлежат одному комплексу Р-163 («Арбалет»). Комплекс Р-163 имеет в своем составе носимые и возимые радиостанции и радиоприемники КВ и УКВ диапазонов. Основными радиосредствами четвертого поколения являются носимые УКВ радиостанции Р-163-1У и Р-163-1В, возимые УКВ радиостанции Р-163-50У, Р-

163-10В и УКВ приемник Р-163-УП, а также КВ радиостанции Р-163-10К и Р-163-50К.



Рис. 3.5 Комплекс «Арбалет»

По сравнению с радиостанциями предшествующих поколений средства радиосвязи комплекса Р-163 имеют целый ряд особенностей, к которым следует отнести следующие.

1. Расширение до 120 МГц диапазона рабочих частот УКВ радиостанций, повышение стабильности частоты, увеличение числа ЗПЧ (Р-163-50У имеет 16 ЗПЧ, а Р-163-10В – 32), существенное, до десятых долей секунды, сокращение как времени настройки, так и перестройки радиостанции с одной частоты на другую.

2. Появление в составе комплекса дуплексных УКВ радиостанций Р-163-1В и Р-163-10В. Кроме того, часть носимых и все возимые радиостанции стали иметь возможность ведения радиосвязи в режиме «двухчастотный симплекс».

3. Коротковолновые возимые радиостанции получили возможность работы дискретными сигналами со скоростями передачи 1,2 или 2,4 кбит/с, а УКВ радиостанции – со скоростями до 16 или 32 кбит/с.

4. Средства радиосвязи комплекса в значительной мере унифицированы как в части элементной базы, так и по отдельным блокам.

5. Все возимые и часть носимых средств комплекса имеют съемные пульты управления, выполненные в виде отдельного блока, который крепится к радиосредству. При необходимости пульт управления может быть снят с радиостанции и установлен на некотором расстоянии от нее. Для подключения пульта используется специальный кабель.

6. Управление радиосредствами при подготовке их к работе и ведении радиосвязи осуществляется встроенной или внешней микроЭВМ.

7. Все возимые радиосредства и часть носимых позволяют вести адресную радиосвязь, когда вхождение в связь автоматизировано и осуществляется с использованием цифровых адресов корреспондентов индивидуально или циркулярно.

8. Радиосредства комплекса имеют режим автоматического сканирования (перестройки) приемника по рабочим частотам. На каждой частоте приемник находится 2...2,5 с в ожидании вызова от корреспондента или для измерения уровня помех.

9. Радиостанции Р-163-50У и Р-163-10В имеют режимы работы, позволяющие реализовать адаптивный способ ведения связи между корреспондентами сети. Для этого радиосети выделяется группа частот, из которой вызывающая станция выбирает частоту с наименьшим уровнем помех и на ней осуществляет вхождение в связь с корреспондентом. В процессе работы при ухудшении качества приема информации по команде оператора может быть произведена смена частоты путем повторного вхождения в связь. У радиостанций Р-163-50У такой порядок работы реализуется в режиме автоматизированного перехода на резервную частоту (АПР), а у радиостанций Р-163-10В – автоматизированного режима (АР).

10. Радиостанция Р-163-50У при совместной работе с приемником Р-163-УП позволяет одновременно работать в двух радиосетях. При этом оба средства настроены на свои частоты, а с передней панели любого из них можно принимать сигналы и регулировать их громкость, принимаемых как радиостанцией, так и приемником. В этом режиме имеется возможность оперативно перестраивать радиостанцию на частоту приемника, а приемник – на частоту радиостанции. Такая операция называется реверсом частот.

11. Радиосредства комплекса позволяют производить автоматическую ретрансляцию сигналов в симплексном и дуплексном режимах между радиостанциями одного или разных типов, а также между радиостанциями комплекса и радиостанциями предшествующих поколений. В качестве сигналов управления работой ретранслятора используются специальные кодограммы нажатия (отжатия) тангенты микротелефонной гарнитуры, формируемыми радиостанциями комплекса, или тональные сигналы частотой 1 кГц.

12. В состав комплекса, кроме непосредственно радиосредств, входит аппаратура Р-163-АР, предназначенная для организации абонентских сетей. Отличие абонентской радиосети от обычной состоит в том, что в ней подобно радионаправлению возможна связь между двумя корреспондентами, причем несколько пар корреспондентов могут работать одновременно, не мешая друг другу. Для этого абонентской сети назначается для работы группа частот, которая составляет ее частотный ресурс. Любая пара корреспондентов при установлении связи выбирает себе частоту (пару частот) из группы по результатам анализа уровней помех на них. После окончания связи частота возвращается в общий ресурс и может быть использована другими корреспондентами сети.

Связь в абонентской группе является адресной, причем существует 4 типа адресов: 2 адреса избирательного вызова (обычный и приоритетный) и 2 адреса для циркулярного вызова (малый циркулярный и общий циркулярный).

Корреспонденты абонентской сети должны иметь набор средств, называемый абонентским комплектом. Абонентский комплект может быть двух типов:

первого – радиостанция Р-163-50У, радиоприемник Р-163-УП и аппаратура Р-163-АР;

второго – 2 радиостанции Р-163-10В и аппаратура Р-163-АР.

В абонентской радиосети, помимо прямых связей, возможна автоматическая ретрансляция сигналов, причем абонентский комплект любого из корреспондентов без предварительной подготовки может стать ретранслятором.

### **3.5. Пятое поколение УКВ радиостанций**

В августе 1998 года приказом МО РФ № 341 на снабжение ВС РФ принят комплекс унифицированных средств адаптивной радиосвязи Р-168, составляющий 5-ое поколение средств радиосвязи ТЗУ. В состав комплекса впервые, кроме непосредственно средств радиосвязи, включены устройства, обеспечивающие работу радиосредств при их размещении в подвижные аппаратные связи и имеющие другие вспомогательные функции. Состав средств комплекса Р-168 можно условно разбить на несколько групп:

радиосредства, в том числе радиосредства десанта и специальных подразделений;

устройства технического маскирования речи (УТМР);

антенно-фидерные устройства (АФУ);

пульты управления (ПУ) радиостанциями;

вспомогательное оборудование.

Основными особенностями радиосредств комплекса Р-168 являются следующие.

1. Расширение диапазона рабочих частот; коэффициент перекрытия для радиостанций УКВ диапазона равен  $108/30=3,6$ .

2. Увеличение мощности передатчиков возимых радиостанций КВ и УКВ диапазона, что позволяет повысить дальность связи.

3. Увеличение количества ЗПЧ. Следует отметить, что вместо понятия ЗПЧ у радиостанций комплекса, начиная с Р-168УН, введено понятие заранее подготовленного канала (ЗПК), под которым понимается целый набор радиоданных, включающий в себя кроме номиналов ЗПЧ для работы в обычных режимах симплекса или двухчастотного симплекса данные для работы в других режимах. Максимальное число ЗПК равно 8.

4. Использование ручного и автоматизированного ввода радиоданных, к которым относятся номиналы частот и ключи для различных режимов работы. При этом в первом случае данные можно вводить или с передней панели радиостанции с помощью кнопочной клавиатуры, или с помощью пульта записи (ПЗ), предназначенного для набора и записи радиоданных в портативные радиостанции. Ввод данных с ПЗ основан на применении ИК-лучей. При автоматизированном вводе радиоданных используется устройство ввода радиоданных (УВРД). При этом данные вначале набираются в УВРД, которое затем кабелем подключается к радиостанции и данные переписываются в нее.



Рис. 3.6 Техника радиосвязи ТЗУ 5-го поколения (1998 год)

УВРД обеспечивает хранение записанных в него радиоданных в течение не менее 30 суток, в экстренных случаях данные могут быть быстро стерты.

5. Способность передачи цифровых сигналов на скоростях от 1,2 до 16 кбит/с.

6. Возможность работы с несколькими градациями мощности передатчиков радиостанций (от 2 до 4).

7. Возможность управления работой возимых радиосредств от внешней ЭВМ подвижного объекта по стыку С1-ФЛ и с пульта дистанционного управления (ПДУ) или совмещенного пульта управления (СПУ) комплекса Р-168, а также с выносного ПУ (ВПУ), входящего в состав некоторых радиостанций (Р-168-5УН и Р-168-5УТ).

8. Способность дистанционного управления по двухпроводной линии от вынесенного телефонного аппарата (ВТА) на расстоянии до 500 м. При этом радист имеет возможность ведения переговоров с оператором, находящимся в укрытии с ВТА.

9. Способность оценивать уровень сигнала или помехи на рабочей частоте с отображением на табло радиостанции его значения в условных единицах.

10. Наличие системы автоматизированного контроля работоспособности радиосредств.

11. Повышение удобства пользования радиостанциями. У носимых РС для этого применяют различные варианты крепления на радисте, оснащают радиостанции сумками различной конструкции с регулируемой длиной плечевого ремня, используют усовершенствованные антенны и микротелефонные гарнитуры (МТГ) с одним или двумя телефонами с различной степенью шумозащиты в гарнитуре для шлемов разных типов. При работе с портативными радиостанциями вместо МТГ можно использовать электроакустический преобразователь (ЭАП), который крепится непосредственно к корпусу радиостанции. Портативные радиостанции перевод из режима приема в режим передачи могут осуществлять не только нажатием кнопки «ПРД» на манипуляторе МТГ, но и голосом радиста. Кроме того, ВПУ, входящий в состав радиостанций Р-168-5УН и Р-168-5УТ, может быть использован для управления ею на ходу радиста. Радиостанция при этом может находиться за спиной.

Радиосредства комплекса имеют разветвленную визуальную систему сигнализации об установленных режимах работы, а также визуальную и звуковую различной длительности и тональности сигнализации о неправильных действиях радиста или приеме различных сигналов.

12. Изготовление однотипных радиостанций в нескольких вариантах, предназначенных для установки в различные подвижные объекты (автомобили, танки, БМП, БТР и др.).



Рис. 3.7 Вариативность радиостанций 5-го поколения

Радиосредства комплекса имеют много режимов работы, позволяющих эффективно вести радиосвязь в различных условиях обстановки, в том числе при

воздействии на радиолинии как случайных непреднамеренных, так и преднамеренных помех. К таким режимам относятся следующие:

1. Дуплексный режим работы обеспечивается совместной работой, возимой УКВ радиостанции любого типа и радиоприемника Р-168УП.

2. В дежурном приеме радиостанции запрещена работа в режиме передачи.

3. Экономичный прием имеют все портативные и носимые радиостанции, для которых особенно остро стоит вопрос экономии питания от аккумуляторных батарей. В этом режиме радиостанция на приеме работает циклами, в каждом из которых 10...12 с она практически полностью выключена и только на 2...3 с включается для приема сигналов. Для примера, у радиостанции Р-168-0,5У ток потребления в экономичном режиме уменьшается в 10 раз по сравнению с обычным режимом.

4. В режиме сканирования радиостанция или приемник последовательно перестраиваются по нескольким ЗПЧ в ожидании вызова от корреспондента. На каждой частоте радиосредство находится время от 0,5 до нескольких с. Максимальное количество ЗПЧ, по которым может происходить сканирование, равно 4 или 8 для разных радиостанций. При приеме тонального вызова на одной из частот сканирование приостанавливается, на табло радиостанции и в головных телефонах МТГ высвечивается «ВЫЗ» и прослушивается прерывистый звуковой сигнал частотой 1 кГц. При нажатии тангенты МТГ радиостанция переходит в режим передачи на частоте вызова и остается на ней в течение всего сеанса связи. По истечении 20 с после отжатия тангенты радиостанция возвращается в режим сканирования.

5. Техническое маскирование речевой информации используется во всех радиосредствах комплекса. При этом в УКВ радиостанциях происходит преобразование аналоговых радиостанций в цифровые на скорости 16 кбит/с методом дельта-модуляции, а затем сложение цифрового сигнала по модулю 2 с псевдослучайной последовательностью, сформированной с помощью ключа. Ключ содержит 8 групп десятичных цифр от 0 до 7, в каждой группе – 6 цифр. В КВ радиостанциях маскированный сигнал передается в аналоговой форме, при этом применяется динамическая циклическая перестановка фрагментов речевого сигнала с предварительным преобразованием аналогового сигнала в цифровой и обратным преобразованием маскированного цифрового сигнала в аналоговый для передачи по радиоканалу. Ключ хранится в памяти радиостанции даже после снятия аккумулятора. Время установления синхронизации для радиостанции Р-168-0,1У с вероятностью 0,9 при уровне сигнала на входе приемника, равном 0,8 мкВ, не более 1 с. Если радиосредство было включено после остальных средств сети, начавшей работу в режиме маскирования, оно будет введено в сеть через 16...18 с. Если опоздавший корреспондент переведет свою радиостанцию в режим передачи, то время вхождения в сеть может быть сокращено до 6 с.

В режиме маскирование возможна также передача цифровой информации.

6. В режиме адресной связи (АС) вхождение в связь между корреспондентами производится с помощью их цифровых адресов. При этом адрес состоит из двух десятичных цифр. При подготовке радиостанций к работе в ее память записывается собственный и циркулярный адреса, а в ходе ведения

связи адрес нужного корреспондента набирается с помощью цифровых кнопок клавиатуры.

7. В режиме автоматизированной адаптивной адресной связи (ААС). В этом случае для работы назначается группа частот (максимальное количество частот равно 8). В дежурном приеме приемник, выполнив один цикл анализа всех частот группы, останавливается на лучшей частоте и продолжает анализировать ее. В случае увеличения уровня помех на 10...20 дБ на этой частоте приемник автоматически делает новый цикл анализа и переходит на лучшую частоту. Вхождение в связь производится на лучшей по уровню помех частоте. В процессе ведения связи возможно изменение рабочей частоты вручную радиостом (методом повторного вхождения в связь) или автоматически.

8. В режиме программной перестройки рабочей частоты (ППРЧ) осуществляется автоматический переход радиостанций с частоты на частоту по заданной программе со скоростью для УКВ средств 100 раз/с. Количество частот, назначаемых для режима ППРЧ, равно 16, 32, 64, 128 или 256, при время вхождения в связь при этом составляет от 2,5 до 6 с. Вид передаваемого сигнала – цифровые пакеты длительностью 176 бит единой канальной скорости передачи сообщений 19,2 кбит/с, чередующиеся на перестройку по частотам длительностью 16 бит.

Радиостанции КВ диапазона в режиме ППРЧ имеют скорость переключения частот 0,2, 0,9 и 3 раз/с.

Установление синхронного режима работы радиостанций сети в режиме ППРЧ происходит в течение 0,32 с после режима «молчания» до 30 мин и 3 с – после «молчания» 10 часов. Автоматический ввод в радиосеть корреспондента, не принявшего сигналы первоначального вхождения в связь, осуществляется с вероятностью 0,9 за 16...18 с. Если опоздавший корреспондент переведет свою радиостанцию в режим передачи, то время вхождения в сеть может быть сокращено до 6 с.

Для вызова корреспондентов в режимах ААС и ППРЧ используется адресный избирательный или циркулярный вызов. Оба режима используются для ведения маскированной связи для обмена речевой или цифровой информацией.

Дальность связи в режимах ППРЧ и ААС снижается на нескольких километрах по отношению к работе в открытом и маскированном режимах на одинаковые антенны.

9. Ретрансляция сигналов осуществляется при использовании на пункте ретрансляции 2-х радиосредств, соединенных между собой НЧ кабелем. При этом возможна ретрансляция в симплексном и двухчастотном симплексном режимах как аналоговых, так и цифровых сигналов в обычных и помехозащищенных режимах работы (ААС и ППРЧ). Управление работой ретранслятора производится служебными кодограммами.

На основе возимых средств радиосвязи, антенно-фидерных устройств, аппаратуры внутренней связи и коммутации, а также абонентских терминалов строятся комплексы радиосвязи ТЗУ. Одним из классов указанных комплексов являются командно-штабные машины.



Рис. 4.1 Радиостанция  
P-187П1

#### 4. РАДИОСТАНЦИЯ P-187П-1

В последнее время на снабжение поставляются новейшие портативные радиостанции 6-го поколения средств радиосвязи ТЗУ из комплекса «Азарт». Эти радиостанции обладают принципиально новыми возможностями обеспечения помехозащищенной и безопасной связи. Рассмотрим её характеристики и возможности более подробно.

Радиостанция P-187П-1 предназначена для обмена информацией в реальном масштабе времени в различных условиях (в том числе, в северных, горных и пустынных районах, в лесистой местности, между наземными и воздушными/морскими объектами).

Радиостанция портативная P-187П-1 обеспечивает следующие виды услуг:

- передача речи в дуплексном режиме ведения переговоров между двумя абонентами (при наличии инфраструктуры TETRA);

- передача речи в симплексном режиме ведения переговоров между несколькими абонентами одновременно (циркулярная связь);

- передача речи в симплексном режиме ведения переговоров между двумя абонентами в режиме TETRA;

- файловый обмен в режиме TETRA;

- спутниковая навигация и обмен навигационной информацией;

- передача текстовых сообщений в реальном масштабе времени в режиме TETRA;

- сигнально-кодовая связь в режиме TETRA.

Радиостанция поддерживает следующие режимы работы:

- фиксированная частота (ФЧ);

- псевдослучайная перестройка рабочей частоты (ППРЧ);

- сканирующий прием;

- дежурный прием с запретом выхода на передачу;

- приём и передача тонального вызова;

- ретрансляция с временным разделением каналов в режиме TETRA;

- адресный (АВ), групповой (ГВ) и циркулярный (ЦВ) вызовы в режиме TETRA;

- подавитель шума (ПШ);

- дежурный прием;

- дежурный приём с экономайзером (с минимальным энергопотреблением).

Радиостанция обеспечивает дополнительные (сервисные) режимы работы:

- режим дежурного приёма

- световая, звуковая сигнализация приёма вызова, текстовых сообщений, команд, сигнализация неисправностей. Вибросигнализация.

- дежурный канал приема на одной из аварийных частот (сканирующий режим приёма)

- аварийное стирание данных.

Радиостанция обеспечивает сопряжение с УВРД с помощью интерфейса RS-485 .

Радиостанция обеспечивает сопряжение с ПЭВМ по стыкам USB и RS-485.

Радиостанция обеспечивает передачу данных с помощью интерфейса RS-485, USB и беспроводным каналам Bluetooth и ИК порт.

По условиям эксплуатации радиостанция имеет климатическое исполнение со следующими уточнениями:

диапазон рабочих температур от - 30 до +55 °С;

диапазон предельных температур от - 50 до +55 °С;

требования по соляному (морскому) туману, плесневым грибам, компонентам ракетного топлива не предъявляются .

Основные параметры и характеристики:

Диапазон рабочих частот радиостанции в диапазоне МВ составляет от 27 до 220 МГц, а в ДМВ1 от 220 до 520 МГц с шагом сетки рабочих частот:

- 1; 6,25; 8,33; 12,5; 25 кГц в МВ диапазоне;

- 25; 250; 500; 1000 кГц в ДМВ1 диапазоне.

Ток потребления приёмопередатчика в режимах передача/приём/дежурный прием не более 6,5/1,3/0,33 А .

Электропитание радиостанции производится от аккумуляторной батареи номинальным напряжением 3,75 В. Радиостанция сохраняет работоспособность в диапазоне напряжений питания от 3 до 5,75 В.

Время непрерывной работы изделия от аккумуляторной батареи БА-12 не менее 12 часов, аккумуляторной батареи БА не менее 6 часов при соотношении времен передача / приём / дежурный прием как 1:1:9.

Приёмопередатчик обеспечивает защиту выходных каскадов при обрывах и коротких замыканиях антенной цепи.

Количество частот, пораженных внутренними излучениями, не более 5 % от общего количества рабочих частот.

Относительное отклонение рабочей частоты от номинального значения при воздействии всех дестабилизирующих факторов без учета старения не более  $\pm 1 \cdot 10^{-6}$ .

Выходная мощность приёмопередатчика, измеренная на нагрузке в 50 Ом составляет:

- в диапазоне МВ

(1 +0,4/-0,3) Вт в режиме TETRA;

(4 +1,65/-1,16) Вт в остальных режимах;

- в диапазоне ДМВ1 - (1 +0,4/-0,3) Вт .

Статическая чувствительность приёмопередатчика в режиме TETRA не превышает значений минус 112 дБм при нормальных условиях и минус 106 дБм при воздействии дестабилизирующих факторов.

Статическая чувствительность приёмопередатчика, измеренная методом SINAD, в режиме приёма ЧМ сигнала не хуже 0,5 мкВ (минус 113 дБм) при нормальных условиях испытаний.

Приёмопередатчик имеет подавитель шума (ПШ).

Радиостанция с помощью космических радионавигационных систем (КРНС) ГЛОНАСС/GPS обеспечивает определение своего местоположения, передачи своих координат, определение скорости движения, автоматически или по запросу. Погрешность определения местоположения не более 25 м по широте и долготе и 40 м по высоте (с использованием только С/А - кода) .

Радиостанция обеспечивает передачу следующих видов информации:

- речевой (аналоговой) в полосе (300-3400) Гц во всём диапазоне частот в режиме ФЧ;

- речевой (преобразованной в цифровую форму), на скоростях 1200, 2400 и 4800 бит/с в режиме TETRA и ППРЧ;

- данных со скоростью до 7,2 кбит/с в режиме TETRA и ППРЧ.

Предельная дальность связи радиостанции при работе в режиме ФЧ с односторонними радиостанциями и при максимальной выходной мощности приёмопередатчика составляет:

- до 4 км при положении оператора стоя;

- до 2,2 км при положении оператора лежа (в режиме ППРЧ)

и обеспечивается в течение 99% времени суток, в любое время года и на 90% местности, на частотах свободных от помех, на стоянке и в движении на среднепересеченной местности.

Радиостанция обеспечивает встречную работу на совпадающих участках частотного диапазона с радиостанциями старого парка в режиме ФЧС.

Средняя наработка радиостанции на отказ составляет не менее 15000 часов.

Срок хранения изделия в упаковке предприятия-изготовителя в условиях открытых площадок должен быть не менее 10 лет. Срок хранения в условиях неотапливаемых помещений не менее 15 лет.

Полный назначенный ресурс изделия - не менее 15000 часов .

Срок службы изделия – не менее 15 лет.

С помощью радиостанций Р-187П1 возможно построение принципиально новых систем связи

## 5. УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНЫЕ КАРТЫ ПО РАБОТЕ С РАДИОСТАНЦИЕЙ Р-187П-1 В РЕЖИМЕ ОТКРЫТОЙ СВЯЗИ

### 5.1. Общие сведения

В данной главе обучаемым предлагается возможность практического изучения радиостанции Р-187П-1 и выполнения на ней учебных задач и нормативов по подготовке радиостанции к работе в следующих режимах:

АМ симплекс;

TETRA DMO симплекс с ППРЧ;

ОБП симплекс;

TETRA DMO симплекс с ППРЧ и абонентским маскированием;

При работе с радиостанцией необходимо использовать радиоданных радиосети из представленных в таблице:

Таблица 5.1. Радиоданные для работы на радиостанции Р-187П-1

Номер (имя) заранее подготовленного направления	Имя канала	Адрес корреспондента (идентификатор SSI)	Позывные радиостанций	Вид радиосигнала (режим)	Режимы работы				Ключ АМ	Прочие идентификаторы
					Симплекс	Двухчастотный симплекс	ППРЧ	ППРЧ с АМ		
					Номиналы частот, кГц					
1	АМ			АМ25	28375,5					СТССS - 33
2	ЧМ С			ЧМ25	33875					
3	ЧМ ДС			ЧМ25		35875				
4	ОБП		Лезвие 77 Кумир 76 Охра 43 Патрон 51	ОБП (верхняя)	29152					MNC - 1
5	ДМО Ф	121 122 123	Фаска 10 Символ 36	TETRA DMO	198075					MCC - 250 GSSI - 9004
6	ДМО ПЧ	126 127 128 129	Рекрут 73 Втулка 67 Восток 51 Гамак 93	TETRA DMO			н:304000 в:340000			
7	ДМО АМ	130 131 132 133 134 135	Закат 18 Пятно 21 Небо 12 Камень 36 Стена 93	TETRA DMO					052525 052525 н1:279000 в1:293000 052147 031001 052147 031001 н2:219000 в2:233000 114631 114631 CRC:	224
			Циркулярный: Циркуль 24							

**Перед началом работы** на радиостанции необходимо предварительно ввести радиоданные и ключевую информацию одним из возможных способов:

1. По кабелю ввода данных через интерфейс RS-485

2. По кабелю USB (с ПЭВМ)

3. Через ИК-порт

4. Через интерфейс Bluetooth

5. Вручную

**5**

**5.1.2. Выключение радиостанции** - нажать и удерживать клавишу  до появления на экране сообщения «Выключение устройства».

**Разблокировка клавиатуры** - нажать сначала клавишу «Вниз»  затем

**1**

**5.1.4. Выбор режима связи (направления)** – находясь в основном экране нажать правую программную клавишу «Направление», клавишами «Вверх»,

**В**

**к**

**ш**

**ю**

«Вниз» или джойстиком выбрать необходимый режим связи, нажать левую программную клавишу «Выбрать», подождать 3 секунды для перевода станции в заданный режим.

**5.1.5. Регулировка уровня громкости** – находясь в основном экране нажать клавишу «Вверх». Клавишами «Вверх», «Вниз» отрегулировать необходимый уровень громкости.

**5.1.6. Регулировка уровня шумоподавления** – находясь в основном экране нажать клавишу «Вниз». Клавишами «Вверх», «Вниз» отрегулировать необходимый уровень шумоподавления.

**5.1.7. Установка текущей даты и текущего времени.**

Из меню основного экрана нажать левую программную клавишу «Меню», клавишами «Вверх», «Вниз» выбрать пункт «Настройки», нажать левую программную клавишу «Выбрать». Клавишами «Вверх», «Вниз» выбрать опцию «Время и дата», нажать левую программную клавишу «Изменить». На экране отобразится мигающий курсор. Набрать на клавиатуре двузначное значение часов и двузначное значение минут текущего времени. Нажать кнопку «Вниз», набрать число месяца, двузначный номер месяца и четыре цифры текущего года. Нажать правую экранную клавишу «Сохранить», для отказа от изменений – правую программную клавишу «Назад».

**5.1.8. Стирание радиоданных** - из меню основного экрана нажать левую программную клавишу «Меню», клавишами «Вверх», «Вниз» выбрать пункт «Сервисное меню», нажать левую программную клавишу «Выбрать».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выбрать пункт «Редактор данных», нажать левую программную клавишу «Выбрать», в появившемся окне ввести пароль.

Клавишами «Вверх», «Вниз» выбрать пункт «Стирание данных», нажать левую программную клавишу «Выбрать».

В появившемся окне ввести код «1234». Нажать левую программную клавишу «Далее».

Нажать правую программную клавишу «Назад».

**5.1.9. Смена пароля редактора данных** - из меню основного экрана нажать левую программную клавишу «Меню».

При наличии записанных данных в радиостанции: Клавишами «Вверх», «Вниз» выбрать пункт «Сервисное меню», нажать левую программную клавишу «Выбрать». В противном случае перейти к выполнению следующего действия.

Клавишами «Вверх», «Вниз» выбрать пункт «Редактор данных», нажать левую программную клавишу «Выбрать», в появившемся окне ввести пароль (при полностью стертых данных в радиостанции действует мастер-пароль

Клавишами «Вверх», «Вниз» выбрать пункт «Изменение пароля», нажать левую программную клавишу «Выбрать».

В появившемся окне ввести новый пароль. Нажать левую программную клавишу «Сохранить».

**5.1.10. Синхронизация радиостанций по времени:**

**1 способ.** Синхронизация по сигналам GPS/ГЛОНАСС производится радиостанцией автоматически при нахождении на открытой местности, где есть

уверенный прием сигналов от спутников связи (не менее 4 спутников одного типа). При связи со спутниками пиктограмма  в правом верхнем углу экрана меняет свой цвет с красного на голубой.

**2 способ. Синхронизация вручную** – выполнить установку начала действия радиоданных, для чего выполнить следующие действия:

Из меню основного экрана нажать левую программную клавишу «Меню», клавишами «Вверх», «Вниз» выбрать пункт «Сервисное меню», нажать левую программную клавишу «Выбрать».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выбрать пункт «Редактор данных», нажать левую программную клавишу «Выбрать», в появившемся окне ввести пароль, нажать программную клавишу «Далее».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выбрать пункт «Общие параметры», нажать левую программную клавишу «Выбрать».

На экране отобразится мигающий курсор. В появившемся поле ввода даты ввести дату начала действия радиоданных в формате: число (2 знака)/ месяц (2 знака)/ год (4 знака).

Нажать кнопку «Вниз», в поле ввода времени ввести время начала действия радиоданных в формате: часы (2 знака)/ минуты (2 знака)/ секунды (2 знака). По умолчанию это значение равно 00:00:00.

В поле «Интервал синхронизации ППРЧ» установить метку (галочку) – фиксированный.

Нажать левую программную клавишу «Сохранить».

Примечание: В радиостанциях старого типа может потребоваться выполнить установку текущей даты и текущего времени (п. 5.1.7).

## **5.2. Подготовка Р-187П-1 к работе**

### **5.2.1. Режим АМ симплекс**

Из меню основного экрана нажать левую программную клавишу «Меню».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выбрать пункт «Сервисное меню», нажать левую программную клавишу «Выбрать».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выбрать пункт «Редактор данных», нажать левую программную клавишу «Выбрать», в появившемся окне ввести пароль, нажать «Далее».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выбрать пункт «Каналы», нажать левую программную клавишу «Выбрать».

Нажать левую программную клавишу «Меню».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выберите пункт «Добавить» и нажмите левую программную клавишу «Выбрать».

Нажать правую программную клавишу «Выбрать». В поле «Режим» из списка выбрать режим «АМ25», нажать левую программную клавишу «Выбрать».

В поле «Частота» ввести номинал рабочей частоты в герцах.

В поле «Имя» задать имя канала.

Остальные поля не использовать.

Нажать левую программную клавишу «Сохранить».

Нажать правую программную клавишу «Назад».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выберите пункт «Направления» и нажмите левую программную клавишу «Выбрать».

Нажать левую программную клавишу «Меню».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выберите пункт «Добавить» и нажмите левую программную клавишу «Выбрать».

Нажать правую программную клавишу «Выбрать». В поле «Канал» из списка выбрать канал с назначенным именем, нажать левую программную клавишу «Выбрать».

В поле «Имя» задать имя направления.

Остальные поля не использовать.

Нажать левую программную клавишу «Сохранить».

Выйти в меню основного экрана многократным нажатием правой программной клавиши «Назад».

Выбрать назначенный режим связи (направление) (см. п. 5.1.4.).

### **5.2.2. Режим ЧМ симплекс**

Из меню основного экрана нажать левую программную клавишу «Меню».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выбрать пункт «Сервисное меню», нажать левую программную клавишу «Выбрать».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выбрать пункт «Редактор данных», нажать левую программную клавишу «Выбрать», в появившемся окне ввести пароль, нажать «Далее».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выбрать пункт «Каналы», нажать левую программную клавишу «Выбрать».

Нажать левую программную клавишу «Меню».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выберите пункт «Добавить» и нажмите левую программную клавишу «Выбрать».

Нажать правую программную клавишу «Выбрать». В поле «Режим» из списка выбрать режим «ЧМ25 (ЧМ50)», нажать левую программную клавишу «Выбрать».

В поле «Частота» ввести номинал рабочей частоты в герцах.

В поле «СТСС»: нажать правую программную клавишу «Выбрать», клавишами «Вверх», «Вниз» выбрать необходимое значение идентификатора сигнала «свой/чужой» и нажать левую программную клавишу «Выбрать».

В поле «Имя» задать имя канала.

Остальные поля не использовать.

Нажать левую программную клавишу «Сохранить».

Нажать правую программную клавишу «Назад».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выберите пункт «Направления» и нажмите левую программную клавишу «Выбрать».

Нажать левую программную клавишу «Меню».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выберите пункт «Добавить» и нажмите левую программную клавишу «Выбрать».

Нажать правую программную клавишу «Выбрать». В поле «Канал» из списка выбрать канал с назначенным именем, нажать левую программную клавишу «Выбрать».

В поле «Имя» задать имя направления.

Остальные поля не использовать.

Нажать левую программную клавишу «Сохранить».

Выйти в меню основного экрана многократным нажатием правой программной клавиши «Назад».

Выбрать назначенный режим связи (направление) (см. п. 5.1.4.).

### **5.2.3. Режим ЧМ двухчастотный симплекс**

Из меню основного экрана нажать левую программную клавишу «Меню».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выбрать пункт «Сервисное меню», нажать левую программную клавишу «Выбрать».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выбрать пункт «Редактор данных», нажать левую программную клавишу «Выбрать», в появившемся окне ввести пароль, нажать «Далее».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выбрать пункт «Каналы», нажать левую программную клавишу «Выбрать».

Нажать левую программную клавишу «Меню».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выберите пункт «Добавить» и нажмите левую программную клавишу «Выбрать».

Нажать правую программную клавишу «Выбрать». В поле «Режим» из списка выбрать режим «ЧМ25 (ЧМ50)», нажать левую программную клавишу «Выбрать».

Пункт «Двухчастотный»: нажать правую программную клавишу «Изменить» (в соответствующем поле появится галочка).

В поле «ПРМ» ввести номинал частоты приема в герцах.

В поле «ПРД» ввести номинал частоты передачи в герцах.

В поле «СТСС»: нажать правую программную клавишу «Выбрать», клавишами «Вверх», «Вниз» выбрать необходимое значение идентификатора сигнала «свой/чужой» и нажать левую программную клавишу «Выбрать».

В поле «Имя» задать имя канала.

Остальные поля не использовать.

Нажать левую программную клавишу «Сохранить».

Нажать правую программную клавишу «Назад».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выберите пункт «Направления» и нажмите левую программную клавишу «Выбрать».

Нажать левую программную клавишу «Меню».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выберите пункт «Добавить» и нажмите левую программную клавишу «Выбрать».

Нажать правую программную клавишу «Выбрать». В поле «Канал» из списка выбрать канал с назначенным именем, нажать левую программную клавишу «Выбрать».

В поле «Имя» задать имя направления.

Остальные поля не использовать.

Нажать левую программную клавишу «Сохранить».

Выйти в меню основного экрана многократным нажатием правой программной клавиши «Назад».

Выбрать назначенный режим связи (направление) (см. п. 5.1.4.).

#### **5.2.4. Режим ОБП симплекс**

Из меню основного экрана нажать левую программную клавишу «Меню».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выбрать пункт «Сервисное меню», нажать левую программную клавишу «Выбрать».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выбрать пункт «Редактор данных», нажать левую программную клавишу «Выбрать», в появившемся окне ввести пароль, нажать «Далее».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выбрать пункт «Каналы», нажать левую программную клавишу «Выбрать».

Нажать левую программную клавишу «Меню».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выберите пункт «Добавить» и нажмите левую программную клавишу «Выбрать».

Нажать правую программную клавишу «Выбрать». В поле «Режим» из списка выбрать режим «ОБП», нажать левую программную клавишу «Выбрать».

В поле «Полоса частот» нажатием правой программной клавиши «Изменить» выбрать используемую полосу («Верхняя» или «Нижняя»).

В поле «Частота» ввести номинал рабочей частоты в герцах.

В поле «Имя» задать имя канала.

Остальные поля не использовать.

Нажать левую программную клавишу «Сохранить».

Нажать правую программную клавишу «Назад».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выберите пункт «Направления» и нажмите левую программную клавишу «Выбрать».

Нажать левую программную клавишу «Меню».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выберите пункт «Добавить» и нажмите левую программную клавишу «Выбрать».

Нажать правую программную клавишу «Выбрать». В поле «Канал» из списка выбрать канал с назначенным именем, нажать левую программную клавишу «Выбрать».

В поле «Имя» задать имя направления.

Остальные поля не использовать.

Нажать левую программную клавишу «Сохранить».

Выйти в меню основного экрана многократным нажатием правой программной клавиши «Назад».

Выбрать назначенный режим связи (направление) (см. п. 5.1.4.).

#### **5.2.5. Режим TETRA DMO симплекс (без ППРЧ и АМ)**

Из меню основного экрана нажать левую программную клавишу «Меню».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выбрать пункт «Сервисное меню», нажать левую программную клавишу «Выбрать».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выбрать пункт «Редактор данных», нажать левую программную клавишу «Выбрать», в появившемся окне ввести пароль, нажать «Далее».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выбрать пункт «Каналы», нажать левую программную клавишу «Выбрать».

Нажать левую программную клавишу «Меню».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выберите пункт «Добавить» и нажмите левую программную клавишу «Выбрать».

Нажать правую программную клавишу «Выбрать». В поле «Режим» из списка выбрать режим «TETRA DMO», нажать левую программную клавишу «Выбрать».

В поле «GSSI» ввести групповой идентификатор сети (групповой адрес).

В поле «FDMO» ввести номинал рабочей частоты в герцах.

В поле «Имя» задать имя канала.

Остальные поля не использовать (оставить без изменений).

Нажать левую программную клавишу «Сохранить».

Нажать правую программную клавишу «Назад».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выберите пункт «Направления» и нажмите левую программную клавишу «Выбрать».

Нажать левую программную клавишу «Меню».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выберите пункт «Добавить» и нажмите левую программную клавишу «Выбрать».

Нажать правую программную клавишу «Выбрать». В поле «Канал» из списка выбрать канал с назначенным именем, нажать левую программную клавишу «Выбрать».

В поле «Имя» задать имя направления.

Остальные поля не использовать.

Нажать левую программную клавишу «Сохранить».

Нажать правую программную клавишу «Назад».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выберите пункт «Режимы работы» и нажмите левую программную клавишу «Выбрать».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выберите пункт «Сети DMO» и нажмите левую программную клавишу «Выбрать».

При отображении надписи «Идентификатор DMO» нажать левую программную клавишу «Выбрать».

Нажать левую программную клавишу «Изменить».

Нажать правую программную клавишу «Стереть».

В поле SSИ ввести собственный идентификатор (адрес).

Нажать левую программную клавишу «Сохранить».

Выйти в меню основного экрана многократным нажатием правой программной клавиши «Назад».

Выбрать назначенный режим связи (направление) (см. п. 5.1.4.).

### 5.2.6. Режим TETRA DMO симплекс с ППРЧ

Из меню основного экрана нажать левую программную клавишу «Меню».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выбрать пункт «Сервисное меню», нажать левую программную клавишу «Выбрать».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выбрать пункт «Редактор данных», нажать левую программную клавишу «Выбрать», в появившемся окне ввести пароль, нажать «Далее».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выбрать пункт «Частотные планы ППРЧ», нажать левую программную клавишу «Выбрать».

Нажать левую программную клавишу «Меню».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выберите пункт «Добавить» и нажмите левую программную клавишу «Выбрать».

Нажать левую программную клавишу «Меню».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выберите пункт «Добавить диапазон» и нажмите левую программную клавишу «Выбрать».

В поле «Нижняя» ввести номинал частоты нижней границы полосы ППРЧ в герцах.

Клавишей «Вниз» перевести курсор в поле «Верхняя» и ввести в это поле номинал частоты верхней границы полосы ППРЧ в герцах.

Нажать левую программную клавишу «Сохранить».

(При необходимости добавить ещё одну полосу ППРЧ, нажать левую программную клавишу «Меню». Клавишами «Вверх», «Вниз» выберите пункт «Добавить диапазон» и нажмите левую программную клавишу «Выбрать». В поле «Нижняя» ввести номинал частоты нижней границы полосы ППРЧ в герцах. Клавишей «Вниз» перевести курсор в поле «Верхняя» и ввести в это поле номинал частоты верхней границы полосы ППРЧ в герцах. Нажать левую программную клавишу «Сохранить».)

Нажать правую программную клавишу «Назад» 2 раза.

Клавишами «Вверх», «Вниз» выбрать пункт «Каналы», нажать левую программную клавишу «Выбрать».

Нажать левую программную клавишу «Меню».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выберите пункт «Добавить» и нажмите левую программную клавишу «Выбрать».

Нажать правую программную клавишу «Выбрать». В поле «Режим» из списка выбрать режим «TETRA DMO», нажать левую программную клавишу «Выбрать».

Пункт «ППРЧ»: нажать правую программную клавишу «Изменить» (в соответствующем поле появится галочка).

В поле «GSSI» ввести групповой идентификатор сети (групповой адрес).

Поле «ЧПДМО»: нажать правую программную клавишу «Выбрать». Клавишами «Вверх», «Вниз» выбрать необходимый частотный план и нажать левую программную клавишу «Выбрать».

В поле «Имя» задать имя канала.

Остальные поля не использовать (оставить без изменений).

Нажать левую программную клавишу «Сохранить».

Нажать правую программную клавишу «Назад».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выберите пункт «Направления» и нажмите левую программную клавишу «Выбрать».

Нажать левую программную клавишу «Меню».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выберите пункт «Добавить» и нажмите левую программную клавишу «Выбрать».

Нажать правую программную клавишу «Выбрать». В поле «Канал» из списка выбрать канал с назначенным именем, нажать левую программную клавишу «Выбрать».

В поле «Имя» задать имя направления.

Остальные поля не использовать.

Нажать левую программную клавишу «Сохранить».

Нажать правую программную клавишу «Назад».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выберите пункт «Режимы работы» и нажмите левую программную клавишу «Выбрать».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выберите пункт «Сети DMO» и нажмите левую программную клавишу «Выбрать».

При отображении надписи «Идентификатор DMO» нажать левую программную клавишу «Выбрать».

Нажать левую программную клавишу «Изменить».

Нажать правую программную клавишу «Стереть».

В поле SSI ввести собственный идентификатор (адрес).

Нажать левую программную клавишу «Сохранить».

Выйти в меню основного экрана многократным нажатием правой программной клавиши «Назад».

Выбрать назначенный режим связи (направление) (см. п. 5.1.4.).

Произвести синхронизацию радиостанции по сигналам GPS/ГЛОНАСС либо вручную (см. п. 5.1.10.).

### **5.2.7. Режим TETRA DMO симплекс с ППРЧ и абонентским маскированием**

Из меню основного экрана нажать левую программную клавишу «Меню».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выбрать пункт «Сервисное меню», нажать левую программную клавишу «Выбрать».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выбрать пункт «Редактор данных», нажать левую программную клавишу «Выбрать», в появившемся окне ввести пароль, нажать «Далее».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выбрать пункт «Частотные планы ППРЧ», нажать левую программную клавишу «Выбрать».

Нажать левую программную клавишу «Меню».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выберите пункт «Добавить» и нажмите левую программную клавишу «Выбрать».

Нажать левую программную клавишу «Меню».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выберите пункт «Добавить диапазон» и нажмите левую программную клавишу «Выбрать».

В поле «Нижняя» ввести номинал частоты нижней границы полосы ППРЧ в герцах.

Клавишей «Вниз» перевести курсор в поле «Верхняя» и ввести в это поле номинал частоты верхней границы полосы ППРЧ в герцах.

Нажать левую программную клавишу «Сохранить».

(При необходимости добавить ещё одну полосу ППРЧ, нажать левую программную клавишу «Меню». Клавишами «Вверх», «Вниз» выберите пункт «Добавить диапазон» и нажмите левую программную клавишу «Выбрать». В поле «Нижняя» ввести номинал частоты нижней границы полосы ППРЧ в герцах. Клавишей «Вниз» перевести курсор в поле «Верхняя» и ввести в это поле номинал частоты верхней границы полосы ППРЧ в герцах. Нажать левую программную клавишу «Сохранить».)

Нажать правую программную клавишу «Назад» 2 раза.

Клавишами «Вверх», «Вниз» выбрать пункт «Ключи», нажать левую программную клавишу «Выбрать».

Нажать левую программную клавишу «Меню».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выбрать пункт «Редактировать», нажать левую программную клавишу «Выбрать».

В появившихся 8 полях ввести 8 шестизначных групп ключа АМ (при этом автоматически будет добавляться цифра 0 перед введенной комбинацией), при этом переключение между полями осуществлять клавишами «Вверх», «Вниз». После ввода всех групп ключа АМ проверить правильность ввода путем сравнения трехзначной цифровой группы в левом верхнем поле экрана «СРС» и проверочной комбинации в бланке радиоданных.

Нажать левую программную клавишу «Меню».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выбрать пункт «Сохранить», нажать левую программную клавишу «Выбрать».

Нажать правую программную клавишу «Назад».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выбрать пункт «Каналы», нажать левую программную клавишу «Выбрать».

Нажать левую программную клавишу «Меню».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выберите пункт «Добавить» и нажмите левую программную клавишу «Выбрать».

Нажать правую программную клавишу «Выбрать». В поле «Режим» из списка выбрать режим «TETRA DMO», нажать левую программную клавишу «Выбрать».

Пункт «ППРЧ»: нажать правую программную клавишу «Изменить» (в соответствующем поле появится галочка).

В поле «GSSI» ввести групповой идентификатор сети (групповой адрес).

Поле «ЧПДМО»: нажать правую программную клавишу «Выбрать». Клавишами «Вверх», «Вниз» выбрать необходимый частотный план и нажать левую программную клавишу «Выбрать».

Пункт «Абон.маскирование»: нажать правую программную клавишу «Изменить» (в соответствующем поле появится галочка).

Поле «Ключ маскир.»: нажать правую программную клавишу «Выбрать». Клавишами «Вверх», «Вниз» выбрать необходимый ключ и нажать левую программную клавишу «Выбрать».

В поле «Имя» задать имя канала.

Остальные поля не использовать (оставить без изменений).

Нажать левую программную клавишу «Сохранить».

Нажать левую программную клавишу «Сохранить».

Нажать правую программную клавишу «Назад».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выберите пункт «Направления» и нажмите левую программную клавишу «Выбрать».

Нажать левую программную клавишу «Меню».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выберите пункт «Добавить» и нажмите левую программную клавишу «Выбрать».

Нажать правую программную клавишу «Выбрать». В поле «Канал» из списка выбрать канал с назначенным именем, нажать левую программную клавишу «Выбрать».

В поле «Имя» задать имя направления.

Остальные поля не использовать.

Нажать левую программную клавишу «Сохранить».

Нажать левую программную клавишу «Сохранить».

Нажать правую программную клавишу «Назад».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выберите пункт «Режимы работы» и нажмите левую программную клавишу «Выбрать».

Клавишами «Вверх», «Вниз» выберите пункт «Сети DMO» и нажмите левую программную клавишу «Выбрать».

При отображении надписи «Идентификатор DMO» нажать левую программную клавишу «Выбрать».

Нажать левую программную клавишу «Изменить».

Нажать правую программную клавишу «Стереть».

В поле SSI ввести собственный идентификатор (адрес).

Нажать левую программную клавишу «Сохранить».

Выйти в меню основного экрана многократным нажатием правой программной клавиши «Назад».

Выбрать назначенный режим связи (направление) (см. п. 5.1.4.).

Произвести синхронизацию радиостанции по сигналам GPS/ГЛОНАСС либо вручную (см. п. 5.1.10.).

Таблица 5.2. Нормативы по подготовке радиостанции Р-187-П1

№ п/п	Наименование норматива	Объем выполняемых работ	Оценка	Время, (мин.)
	Подготовка радиостанции Р-187-П1 к работе в симплексном режиме АМ25 (ЧМ25, ЧМ50, ОБП).	Произвести внешний осмотр. Подключить антенны для радиосвязи и навигации. Подключить источник питания. Включить питание. В ручном режиме на заданной частоте с заданным режимом работы создать канал, направление, перезагрузить станцию, выбрать направление.	Отлично Хорошо Удовл.	
	Подготовка радиостанции Р-187-П1 к работе в симплексном режиме ЧТ50 ТМР.	Произвести внешний осмотр. Подключить антенны для радиосвязи и навигации. Подключить источник питания. Включить питание. В ручном режиме ввести ключи технического маскирования речи, на заданной частоте с заданным режимом работы создать канал, направление, перезагрузить станцию, выбрать направление.	Отлично Хорошо Удовл.	
	Подготовка радиостанции Р-187-П1 к работе в двухчастотном симплексном режиме ЧМ25 (ЧМ50).	Произвести внешний осмотр. Подключить антенны для радиосвязи и навигации. Подключить источник питания. Включить питание. В ручном режиме на заданных частотах с заданным режимом работы создать канал, направление, перезагрузить станцию, выбрать направление.	Отлично Хорошо Удовл.	
	Подготовка радиостанции Р-187-П1 к работе в симплексном режиме TETRADMO.	Произвести внешний осмотр. Подключить антенны для радиосвязи и навигации. Подключить источник питания. Включить питание. В ручном режиме на заданной частоте с заданным режимом работы создать канал, направление, ввести адреса, перезагрузить станцию, выбрать направление.	Отлично Хорошо Удовл.	
	Подготовка радиостанции Р-187-П1 к работе в режиме TETRADMO с ППРЧ.	Произвести внешний осмотр. Подключить антенны для радиосвязи и навигации. Подключить источник питания. Включить питание. В ручном режиме ввести частотный план ППРЧ, создать канал с заданным режимом работы, направление, ввести адреса, установить точное время (произвести синхронизацию), перезагрузить станцию, выбрать направление.	Отлично Хорошо Удовл.	
	Подготовка радиостанции Р-187-П1 к работе в режиме TETRADMO с ППРЧ и абонентским маскированием (в том числе в режиме РТР).	Произвести внешний осмотр. Подключить антенны для радиосвязи и навигации. Подключить источник питания. Включить питание. В ручном режиме ввести частотный план ППРЧ, ввести ключи абонентского маскирования, создать канал с заданным режимом работы, направление, ввести адреса, установить точное время (произвести синхронизацию), перезагрузить станцию, выбрать направление.	Отлично Хорошо Удовл.	

## 6. РАДИОСТАНЦИЯ БАЙКАЛ-100

### 6.1. Общие сведения

В данной главе обучаемым предлагается возможность практического изучения радиостанции БАЙКАЛ-100 и выполнение на ней учебных задач и нормативов по подготовке радиостанции к работе.



Рис. 6.1  
Радиостанция  
Байкал 100

Тактико-технические характеристики:

Диапазон частот, МГц: 136-174

Режимы работы: Аналоговый и цифровой стандарта DMR

Количество каналов: 16

Программируемый шаг сетки частот:

аналоговый режим, кГц: 12,5/25

цифровой режим через ретранслятор, кГц: 6,25

Время работы от аккумуляторной батареи (при цикле

в цифровом режиме, ч: 20

в аналоговом режиме, ч: 14

Чувствительность приемника при соотношении сигнал/шум (при 12 дБ SINAD), не более 0,25

Вводная мощность передатчика, Вт: 1/5  
(программируемая)

Подавление внеполосных излучений, дБ: -70

Номинальная выходная звуковая мощность (при нагрузке 16 Ом), мВт: 700

Напряжение питания, В: 7,4

Предельное отклонение напряжения питания, %: 20

Диапазон рабочих температур °С: от -25 до +55

Класс пыле- и влагозащиты по ГОСТ 14254-2015 IP57

Размеры радиостанции, ВхГхШ, мм: 140x38x61

Вес радиостанции (с АКБ и антенной), гр.: 300



Рис. 6.2 Ретранслятор Байкал 100

## 6.2. Порядок настройки радиостанции БАЙКАЛ-100

1. При поставке с завода изготовителя ретранслятор поставлялся с запрограммированными частотами на канале №5 (приём 161.250 МГц, передача 167.850 МГц) для работы с радиостанциями Байкал-100 на канале №11 радиостанции.



Рис. 6.3 Индикатор канала на радиостанции

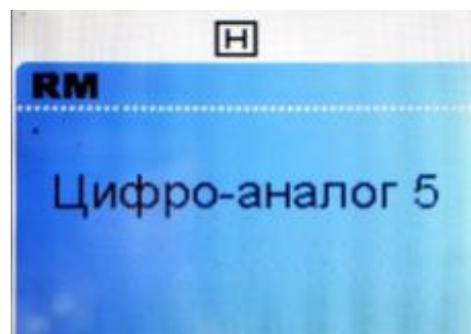


Рис. 6.4 Индикатор канала на ретрансляторе

2. При работе в цифровом режиме работы через ретранслятор необходимо учитывать задержки сигнала, так как требуется время для его кодирования-декодирования. После нажатия на кнопку «приём-передача» (РТТ) перед началом передачи речевого сообщения, необходимо сделать паузу длительностью несколько секунд. В противном случае, корреспондент не услышит первые фразы вашего сообщения.

3. При работе с ретранслятором 1-й канал его рабочих частот соответствует 1-му поддиапазону частот, 5-й канал – пятому поддиапазону частот и т.д. Для работы радиостанции в цифровом режиме через ретранслятор перейдите в расширенное меню цифрового канала и установите флажок «Репитер» в выпадающем списке вкладки «Режим работы», как это показано на скриншотах на следующей страниц, по шагам 1 – 2 – 3.

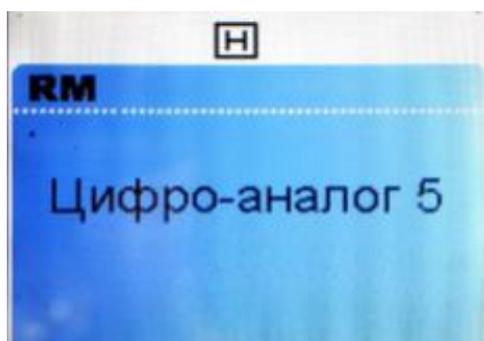


Рис. 6.5 Номер канала на дисплее



Рис. 6.6 Пятому каналу на дисплее соответствует светодиод-индикатор 5

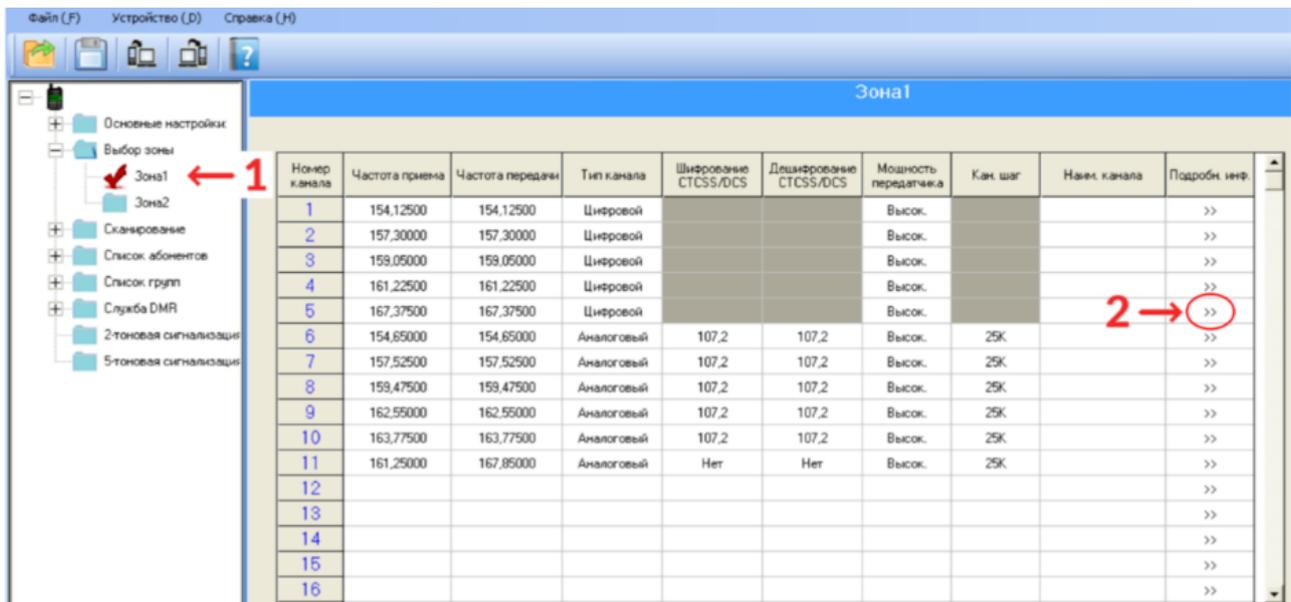


Рис. 6.7 Переход в расширенное меню канала

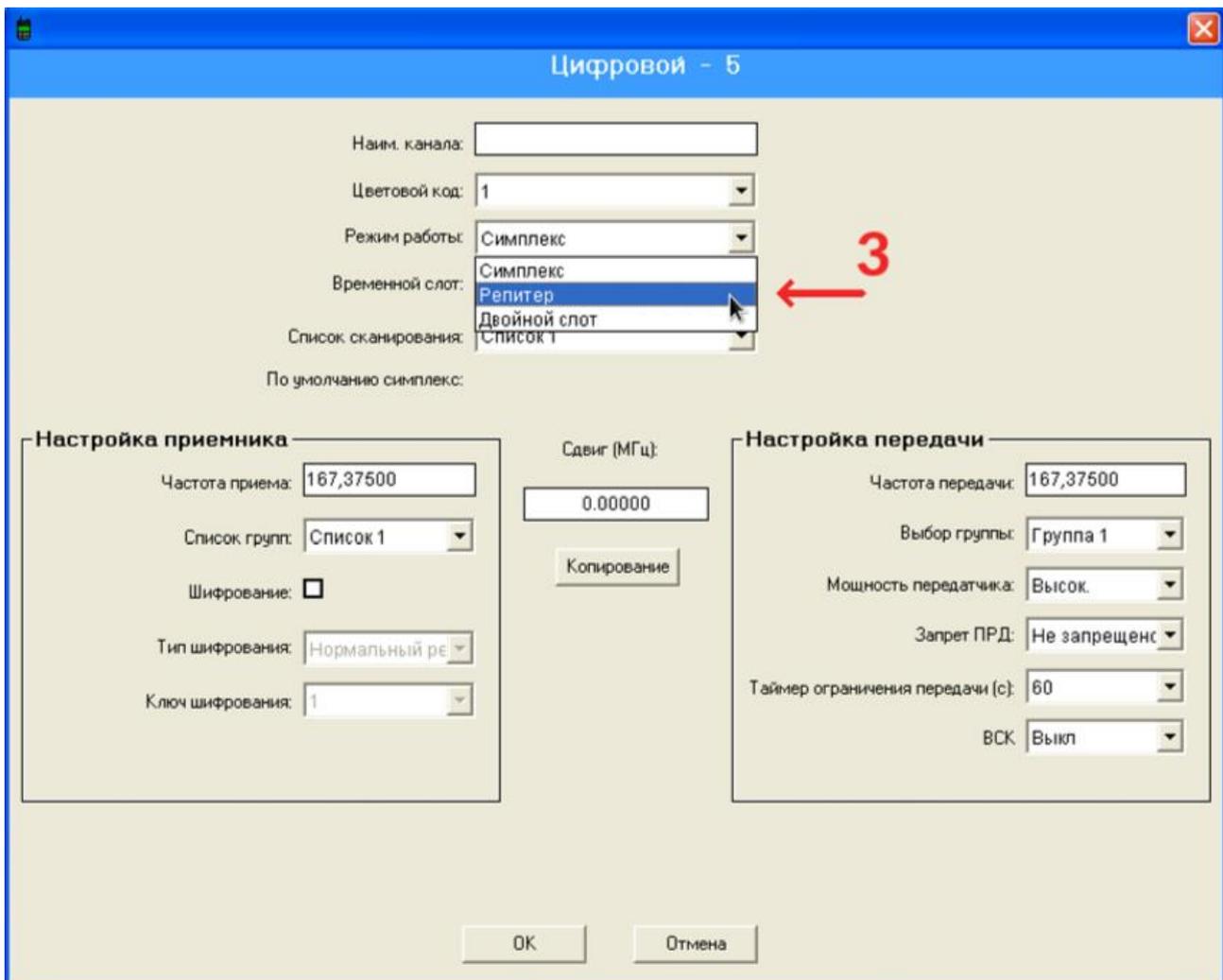


Рис. 6.8 Расширенное меню цифрового канала

## 7. РАСЧЕТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЛИНИИ СВЯЗИ ИОНОСФЕРНЫМИ ВОЛНАМИ.

### 7.1. МЕТОДИКА РАСЧЕТОВ

Радиосвязь в диапазоне коротких волн (КВ) может осуществляться поверхностными (земными) и пространственными (ионосферными) волнам (см. рис. 7.1).

Радиосвязь поверхностными волнами (ЗВ) осуществляется на дальности менее 100 км. Радиосвязь пространственными волнами (ИВ) может осуществляться, при определенных условиях, на любые дальности [3].

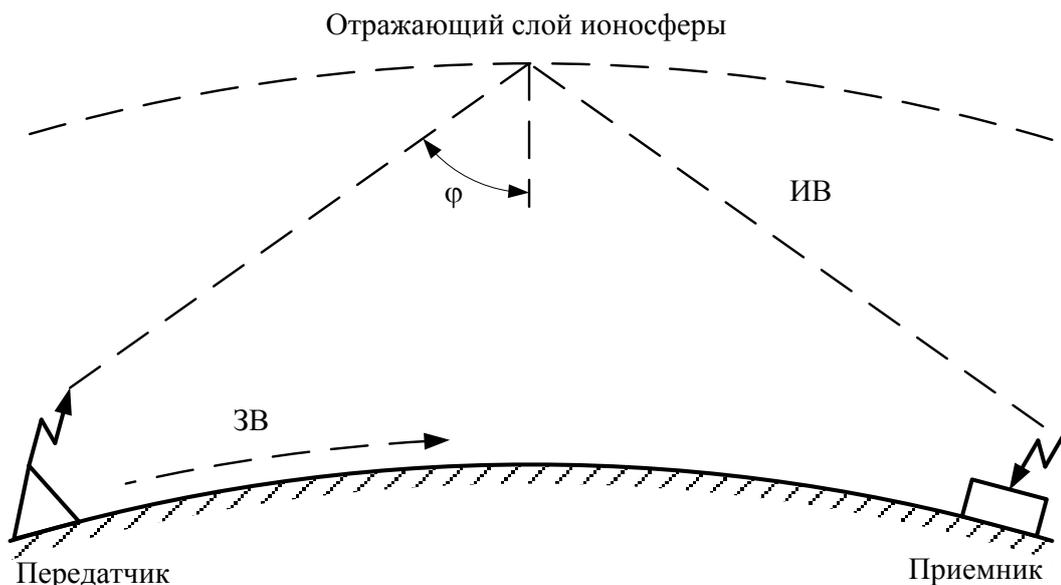


Рис. 7.1. Модель распространения КВ

Однако дальность радиосвязи ионосферными волнами зависит от состояния ионосферы и правильного выбора рабочих частот и антенн.

Ионосфера представляет собой часть верхней атмосферы Земли, ионизированной под действием солнечного излучения и других факторов. В результате ионизации возникают слои, содержащие большое число электронов. Слоем называют высотный профиль ионосферы, где существует максимум электронной концентрации, точнее градиента  $N_{эл}$ . Такие слои обладают способностью в определенном диапазоне частот отражать падающие на них радиоволны. При этом, чем больше число заряженных частиц (электронов) содержится в единице объема, тем более высокие частоты могут отражаться от с

л Слой  $F_2$  находится на высоте 200...400 км от поверхности земли и содержит обычно наибольшее количество электронов. Вследствие этого от слоя  $F_2$  по сравнению с другими слоями ионосферы могут отражаться наиболее высокие частоты.

Днем в летнее время от слоя  $F_2$  отделяется слой  $F_1$ , который лежит ниже слоя  $F_2$  на высотах 180...240 км. Слой  $F_2$  при этом располагается на больших высотах. Ночью оба слоя  $F_1$  и  $F_2$  сливаются в один слой  $F_2$ . Высота слоя  $F_2$  в

н  
о  
в  
н

ночные часы суток вне зависимости от времени года лежит в пределах 180...300 км.

Слой  $E$  находится на высоте 100...120 км от поверхности земли. Этот слой

М

О Самым нижним слоем является слой  $D$ . Его высота составляет 60...90 км.

Слой  $D$  не отражает КВ, но волны, отражающиеся от вышележащих слоев  $E, F1$  и  $F2$ , проходят дважды через слой  $D$  и испытывают поглощение. Ночью слой  $D$  исчезает и поглощение волн соответственно уменьшается, а напряженность поля волны возрастает после захода Солнца.

О

Т Электронная концентрация ( $N_{эл}$ ) и частота волны имеют однозначную связь

а

$$N_{эл} = 1,24 \cdot 10^4 f^2$$

ж

Г

Отражающие слои имеют свои максимумы  $N_{эл}$ , а точнее области с высоким

д

р  $N_{эл}$  В регулярных отражающих слоях  $E, F1$  и  $F2$  для спокойного состояния ионосферы  $N_{эл}$  удовлетворительно описывается параболическим законом

к

и  $U_{эл}/\text{см}^3$

$$N_{эл} = N_m \left[ 1 - \frac{(H_m - H)^2}{Y_m^2} \right]$$

с

у в МГц  $H_m$  – высота максимума градиента, отсчитываемая от земли;  $H$  –

т

д

к

ж

з

и

л

о

п

р

с

т

у

ф

х

ц

ч

ш

щ

ъ

ы

э

ю

я

Для каждого отражающего слоя может наблюдаться максимум градиента  $N_{эл}$ , в соответствии с (7.24) существует максимальная отражающая частота сигнала. Эта частота равна угловой частоте колебания электронов, которая называется собственной электронной частотой плазмы. При вертикальном падении волны на ионосферу наибольшая частота называется критической частотой данного слоя

$$f_{кр} = \sqrt{80,8 N_{эл}^{max}}$$

д

к

ж

з

и

л

о

п

р

с

т

у

ф

х

ц

ч

ш

щ

ъ

ы

К Радиоволны, частота которых превышает критическую частоту слоя, при вертикальном падении проходят через слой, не отражаясь к земле [3].

К

$$Y_m = H_m - H_0$$

и

л

о

п

р

с

т

у

ф

х

ц

ч

ш

щ

В случае наклонного падения волны (для радиотрасс  $r > 100$  км) от слоя ионосферы отражаются радиоволны с частотой, превосходящей критическую. Наибольшая частота волны, которая еще отражается от данного слоя при наклонном падении, называется максимально применимой частотой (МПЧ). Для

Каждая МПЧ зависит от критической частоты и угла падения  $\varphi$ , т. е. длины трассы. Для радиолиний, где радиотрассы по земле меньше 1000 км, МПЧ определяется формуле

$$f_{\text{МПЧ}} = f_{\text{кр}} \sec \varphi$$

Это соотношение называется законом секанса. Закон секанса справедлив для

Для радиолиний большей протяженности необходимо учитывать сферичность Земли

$$f_{\text{МПЧ}} = K_s f_{\text{кр}} \sec \varphi = f_{\text{кр}} \sec \varphi_{\text{испр}}$$

где  $K_s$  – поправочный коэффициент, учитывающий кривизну Земли и ионосферы.

МПЧ с учетом сферичности Земли и ионосферы определяется по формуле

$$f_{\text{МПЧ}} = f_{\text{кр}} \frac{1}{\sqrt{1 - \sin^2 \varphi / (1 + Z_m / R_3)^2}}$$

где  $\varphi$  – угол падения на слой ( $\text{tg} \varphi \approx r_{\text{тр}} / (2H_{\text{отр}})$ ), здесь  $r_{\text{тр}}$  – протяженность радиолинии;  $H_{\text{отр}}$  – высота отражающего слоя (до точки отражения);  $Z_m = H_{\text{отр}} - H_0$

МПЧ для радиотрасс небольшой протяженности (до 1000 км)

$$f_{\text{МПЧ}} = f_{\text{кр}} \sqrt{1 + \left( \frac{r_{\text{тр}}}{2H_{\text{отр}}} \right)^2}$$

Таким образом, максимальная частота  $f_{\text{МПЧ}}$  зависит только от электронной концентрации ( $N_{\text{эл}}$ ) в точке отражения и протяженности радиолинии ( $r_{\text{отд}}$ ) и не зависит от мощности передатчика и параметров антенн.

Радиосвязь на МПЧ можно осуществлять с вероятностью 50%. Для того, чтобы повысить вероятность пригодности частот, верхнюю границу понижают до оптимальной рабочей частоты (ОРЧ), где вероятность пригодности частоты не менее 90 %;

$$F2 - \text{ОРЧ}$$

$$F1 = \text{ОРЧ}$$

$$F1 = \text{ОРЧ}$$

Снизу диапазон рабочих частот ограничен наименьшими применимыми частотами (НПЧ). НПЧ называют частоту волны, на которой напряженность поля сигнала принимает минимально необходимое для данного вида связи значение.

Н

Нижняя граница рабочих частот и, в частности НПЧ, зависит не только от условия отражения, но и от параметров радиосредств, требований к каналам связи и уровня помех на приеме. Ограничение нижнего предела рабочих частот связано с ростом затухания радиоволн в ионосфере.

Так как НПЧ зависит от многих параметров радиолинии, то ее расчет представляет довольно сложную задачу. Пока не существует хорошо

отработанных методов расчета напряженности поля ионосферной волны и самой НПЧ.

Существует несколько полуэмпирических методов расчета напряженности поля на коротких волнах, которые основаны на различных приближениях. Каждый из методов ориентирован на конкретное географическое расположение радиолинии. Наибольшее распространение в инженерной практике получил метод А.Н. Казанцева. Это метод дает удовлетворительные значения напряженности поля на трассах, проходящих в средних широтах. Метод позволяет определять медианное за месяц часовое значение поля. Исходной формулой в нем лежит закон ослабления поля в среде с потерями.

$$E = E_0 e^{-\Gamma}$$

где  $E_0$  – напряженность электрического поля без учета потерь в ионосфере;  $\Gamma$  – полный интегральный коэффициент поглощения в ионосфере.

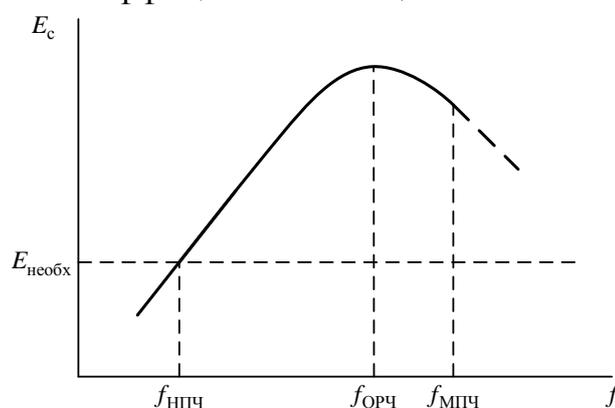


Рис. 7.2. Зависимость поля принимаемого сигнала от частоты

А. Н. Казанцев получил эмпирические выражения для различных составляющих коэффициента ( $\Gamma$ ). В методе используется лучевая трактовка распространения радиоволн. Напряженность поля  $E$  определяется для основного луча (моды), влияние других мод учитывается как замирания сигнала. Кроме того, предлагаются многоскачковые траектории на радиолиниях большой протяженности. В действительности дальнейшее распространение КВ происходит в естественном волноводе, одной стенкой которого является полупроводящая поверхность земли, а другой – поглощающая ионосфера.

В модели многоскачковой траектории используется коэффициент отражения волны от поверхности земли, а полезная мощность излучения уменьшается в 4 раза: а) полная мощность делится пополам между обыкновенной и необыкновенной составляющими волны (необыкновенная сильно поглощается); б) в средних широтах поляризация обыкновенной волны (моды) близка к круговой, а прием ведется на антенны с линейной поляризацией, поэтому используемая мощность уменьшается еще в два раза.

С учетом всех этих допущений непоглощающая напряженность основной моды определяется по формуле

$$E_0 = 222 \cdot 10^3 |R_{эф}|^{(n-1)} \sqrt{0,25 P_1 \eta_{1ф} G_1 / r_{л}}$$

Г

Д  
е  
 $E_0$

усиления передающей антенны;  $r_l$  – общая длина траектории основного луча в

к  
м Реально частотная зависимость  $E_0(f)$  довольно сложна, так как вдоль траектории лучей имеет место уменьшение  $E_0$  до  $E_{0\min}$  (за счет расходимости лучей до отражения), а затем рост  $E_0$  (за счет фокусировки лучей после отражения). Исследования показали, что даже непоглощающая составляющая поля меняется в пределах  $\pm(10...15)$ дБ по сравнению с полем в свободном пространстве.

о Множитель ослабления на трассе ионосферных волн относительно напряженности поля в непоглощающей среде ( $W_{тр} = E_c/E_0$ ) определяется по формулам:

$$W_{тр} = -8,68 \left( \sum_{i=1}^m \Gamma_i \right), \text{ дБ};$$

$$W_{тр} = 20 \lg e^{-\Gamma}, \text{ дБ},$$

к где  $\Gamma_i$  – коэффициент поглощения на  $i$ -том участке трассы.

э Иногда множитель ослабления определяют относительно поля в свободном

ф На основе расчетов и экспериментальных данных А.Н. Казанцев получил выражение для составляющих коэффициента поглощения ( $\Gamma$ ). В случае отражения от слоя  $F_2$  полный коэффициент поглощения определяется по формуле

$$\Gamma = A_{\Sigma} / (f + f_L)^2 + B_{F_2} f^2$$

а где  $A_{\Sigma}$  – суммарный коэффициент поглощения в нижних слоях (неотклоняющее поглощение);  $B_{F_2}$  – коэффициент поглощения в отражающем слое (отклоняющее поглощение);  $f_L \approx (0,8...1)$  МГц – продольная составляющая виромангнитной частоты.

$$A_{\Sigma} = A_D + A_E + A_{F_1}$$

р Интегральные коэффициенты неотклоняющего поглощения на частоте МГц определяются по формулам:

$$A_D \approx 3(f_{кр} E)^2 \sec \varphi_D;$$

$$A_E \approx 2,5(f_{кр} E)^2 \sec \varphi_E;$$

$$A_{F_1} \approx 0,4(f_{кр} E)^2 \sec \varphi_{F_1},$$

$$W_{тр} = 20 \lg(0,5 R_{\text{эф}}^{(n-1)} e^{-\Gamma})$$

о Интегральный коэффициент отклоняющего поглощения определяется по формуле

$$B_{F_2} = 0,02 / \sec^3 \varphi_{F_2} = 0,02 \cos^3 \varphi_{F_2}$$

з В случае отражения от слоя  $E$

$$\Gamma = \frac{A_D}{(f + f_L)^2} + B_E f \sqrt{f / (f + f_L)}$$

ф  $\Gamma$

и

и

$$B_E \approx \frac{4}{f_{\text{эф}} E} \cos^2 \varphi_E$$

Таким образом, напряженность поля основного луча, формула (32), зависит не только от поглощения в ионосфере (основное), но также от перераспределения энергии волны в ионосфере, фокусировки и дефокусировки пучка волн, потерь в неоднородностях ионосферы и т. д.

С учетом многолучевой структуры поля ионосферных волн, суммарное поле в точке приема определяется формулой

$$E_{\Sigma} = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + E_3^2 + \dots}$$

где  $E_i$  – напряженность  $i$ -й моды.

Если удастся получить частотную зависимость  $E_c(f)$ , тогда можно методом последовательного приближения определить НПЧ. Единичная напряженность поля сигнала  $E_c^{(1)}$ , определенная с эквивалентной мощностью излучения  $P_1 \eta_{1\phi} G_1 = 1 \text{ кВт}$ , должна удовлетворять условию

$$E_c^{(1)}(f_{\text{НПЧ}}) = T(f_{\text{НПЧ}}) + E_n^{(1)}(f_{\text{НПЧ}})$$

где  $T$  – технический фактор;  $E_n^{(1)}$  – удельная напряженность поля помех в точке приема, определена в полосе 1 кГц.

Т

$$T(f) = h_{\text{доп}} + 10 \lg[\Delta f / (0,25 P_1 \eta_{1\phi} G_1 D_2)]$$

где  $h_{\text{доп}}$  – допустимый (требуемый) коэффициент превышения сигнал/помеха;  $\Delta f$  – полоса пропускания приемника в кГц;  $P_1$  – мощность передатчика в кВт;  $G_1$  и  $\eta_{1\phi}$  – коэффициент усиления передающей антенны и КПД фидера;  $D_2$  – КНД приемной антенны.

Работа ионосферными волнами на частотах, лежащих ниже наименьших применимых, не позволяет устанавливать радиосвязь даже при значительном

И

И

Таким образом, рассмотрены методики расчета МПЧ и НПЧ довольно сложны и дают большую погрешность. На практике выбор рабочих частот проводится с помощью централизованно издаваемых радиопрогнозов. Основным прогностическим центром в России является институт прикладной геофизики (ИПГ) г. Москва.

Радиопрогнозы издаются с различной заблаговременностью от нескольких суток до нескольких месяцев. Краткосрочные прогнозы издаются на несколько суток. Долгосрочные – месяц и более.

Наибольшее распространение получили: месячные прогнозы МПЧ и сезонные радиопрогнозы. В сезонных прогнозах приводятся верхний и нижний предел пригодных частот, а также ожидаемая напряженность поля сигнала и углы прихода основной волны.

Расчеты в радиопрогнозах выполнены в ИПГ по методикам института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн Академии наук (ИЗМИРАН) на основе прогнозов солнечной активности, выдаваемых Главной астрономической обсерваторией РАН (Пулково).

И

Т

Е

Я

Р

По специальным заявкам ИПГ также выпускает радиопрогнозы диапазонов оптимальных рабочих частот для конкретных радиотрасс с заблаговременностью от нескольких суток до нескольких месяцев.

Месячные прогнозы МПЧ позволяют определить МПЧ каждого слоя, рассчитать МПЧ трассы и выбрать ОРЧ. В прогнозах проводятся (для четных часов московского декретного времени – МДВ) карты мира с нанесенными линиями равных медианных значений МПЧ для двух расстояний: нулевого ( $F2-0-МПЧ$ ) и максимального ( $F2-4000-МПЧ$ ), т. е.  $r = 4000$  км. Пересчет для трасс  $r < 4000$  км

МПЧ для слоев  $F1$  и  $E$  в прогнозе проводится по одной карте мира с МПЧ для максимальной дальности одного скачка, равного соответственно 3000 и 2000 км ( $F1-3000-МПЧ$  и  $E-2000-МПЧ$ ). Пересчет для трасс другой протяженности, осуществляется по номограммам для этих слоев.

Кроме того, в прогнозе приведены усредненные значения МПЧ для различных широт Земли, карта Мира и карта больших кругов [3].

Алгоритм расчета оптимальных рабочих частот с помощью радиопрогнозов следующий:

1. По карте мира или иным путем определяются координаты (широта и долгота) корреспондентов.

2. Определяется протяженность радиолинии (радиотрассы по земной поверхности). Дальность связи  $r_{\infty}$  можно определить несколькими способами:

а) с помощью месячных прогнозов МПЧ по карте мира и карте больших кругов;

б) по формулам сферической тригонометрии;

в) по номограмме Постеля (номограмма земного шара для определения длины радиолинии и азимутов установки антенн).

Наиболее высокую точность можно получить по формулам. Кратчайшее расстояние между корреспондентами по земной поверхности определяется через

$$r_{\text{тр}} = 111,18\alpha$$

где  $r_{\text{тр}}$  – протяженность радиолинии в км;  $\alpha$  – центральный угол  $A_{1-2} = 180^\circ - A'_{1-2}$  трассы от центра Земли в градусах.

$$\alpha = \arccos[\sin \varphi_1 \sin \varphi_2 + \cos \varphi_1 \cos \varphi_2 \cos(\psi_2 - \psi_1)]$$

где  $\varphi_1, \varphi_2$  и  $\psi_1, \psi_2$  – географические широты и долготы пункта передачи и

Азимуты установки антенн на радиоцентрах определяются по формулам:

$$A_{1-2} = \arccos[(\sin \varphi_2 - \sin \varphi_1 \cos \alpha) / (\cos \varphi_1 \sin \alpha)]$$

$$\text{или } A_{1-2} = \arcsin[\cos \varphi_2 \sin(\psi_2 - \psi_1) / \sin \alpha];$$

$$A_{2-1} = \arcsin[\cos \varphi_1 \sin(\psi_2 - \psi_1) / \sin \alpha].$$

Если  $\varphi_1 > \varphi_2$ , а  $\psi_2 > \psi_1$ , тогда истинные азимуты  $A_{1-2}$ , а  $A_{2-1} = 360^\circ - A'_{2-1}$  соответственно.

При наличии номограммы Постеля можно также определить длину и

По месячным прогнозам МПЧ определяется только протяженность радиолинии. Для этого на листке кальки, наложенной на карту мира, приводимую в прогнозах, проводятся линии экватора и московского меридиана со сдвигом  $15^\circ$ , т. е.  $45^\circ$  в.д., отмечаются конечные пункты радиолинии. В дальнейшем кальку помещают на карту больших кругов. При наложении кальки на карту больших кругов добиваются совмещения линии экватора и, не нарушая его, перемещают кальку до попадания конечных пунктов радиолинии на одну и ту же дугу или промежуточного положения между соседними дугами. Трассу прочерчивают по дуге или параллельно ей. Не сдвигая кальку, определяют число отрезков, образованных пересечением сплошных и штрихпунктирных линий с линией трассы. Длина трассы определяется как сумма пересекаемых отрезков

у  
м 3. Определяются точки отражения и (или) контрольные точки. При этом используется следующая модель. Если протяженность радиолинии меньше

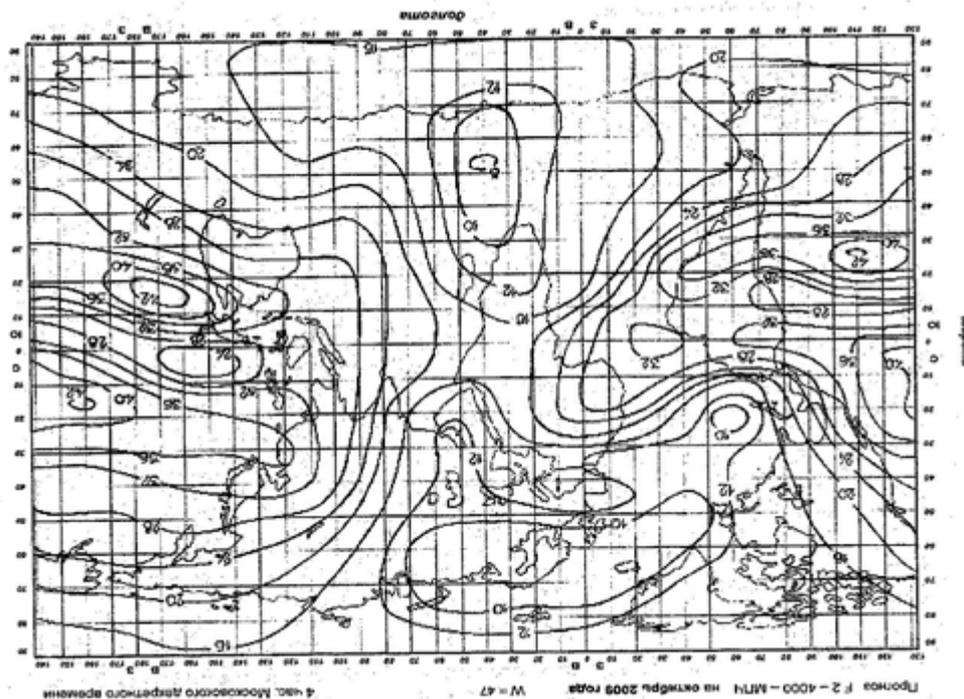


Рис. 7.3 Карта больших кругов

максимального скачка слоев  $E, F_1$  и  $F_2$ , то для соответствующего слоя определяется точка отражения (ТО), которая расположена на середине

Координаты ТО и КТ отмечаются на линии трассы с помощью карты больших кругов и карты мира.

4. С помощью ионосферных карт определяются суточный ход МПЧ для ТО (или) КТ каждого отражающего слоя.

МПЧ при отражении от слоя  $F_2$  приведены в московское декретное время (МДВ). МПЧ при отражении от слоев  $F_1$  и  $E$  – приведены в местном времени (МВ).

Для перевода МВ в МДВ используется формула с часовым поясом  $15^\circ$

$$t_{\text{МДВ}} = t_{\text{МВ}} - (\psi^{\circ} - \psi^{\circ}_{\text{МДВ}}) / 15^{\circ}$$

где  $t_{\text{МДВ}}$  – московское декретное время в часах;  $t_{\text{МВ}}$  – местное время;  $\psi^{\circ}$  – долгота точки отражения;  $\psi^{\circ}_{\text{МДВ}}$  – долгота московского часового пояса, принятого  $45^{\circ}$  (зимнее время).

5. С помощью специальных номограмм определяются МПЧ конкретной радиолинии (см. рис. 3 и рис. 4).

При этом необходимо учитывать, если протяженность радиолинии больше максимального скачка для соответствующего слоя, тогда принимают наименьшее значение МПЧ в двух контрольных точках. Из найденных значений МПЧ при отражении от слоев  $E$ ,  $F1$  и  $F2$  выбирается наибольшее значение, которое является МПЧ–трассы.

Для ускоренного определения МПЧ в месячных прогнозах приводятся

у  
с  
р  
е  
н  
е  
н  
н  
ы  
е  
п  
о  
ш  
и  
р  
о  
т  
е  
з  
а  
10°

6. Определяется ОРЧ–трассы. ОРЧ определяется с учетом рекомендаций, приведенных в выражениях (8).

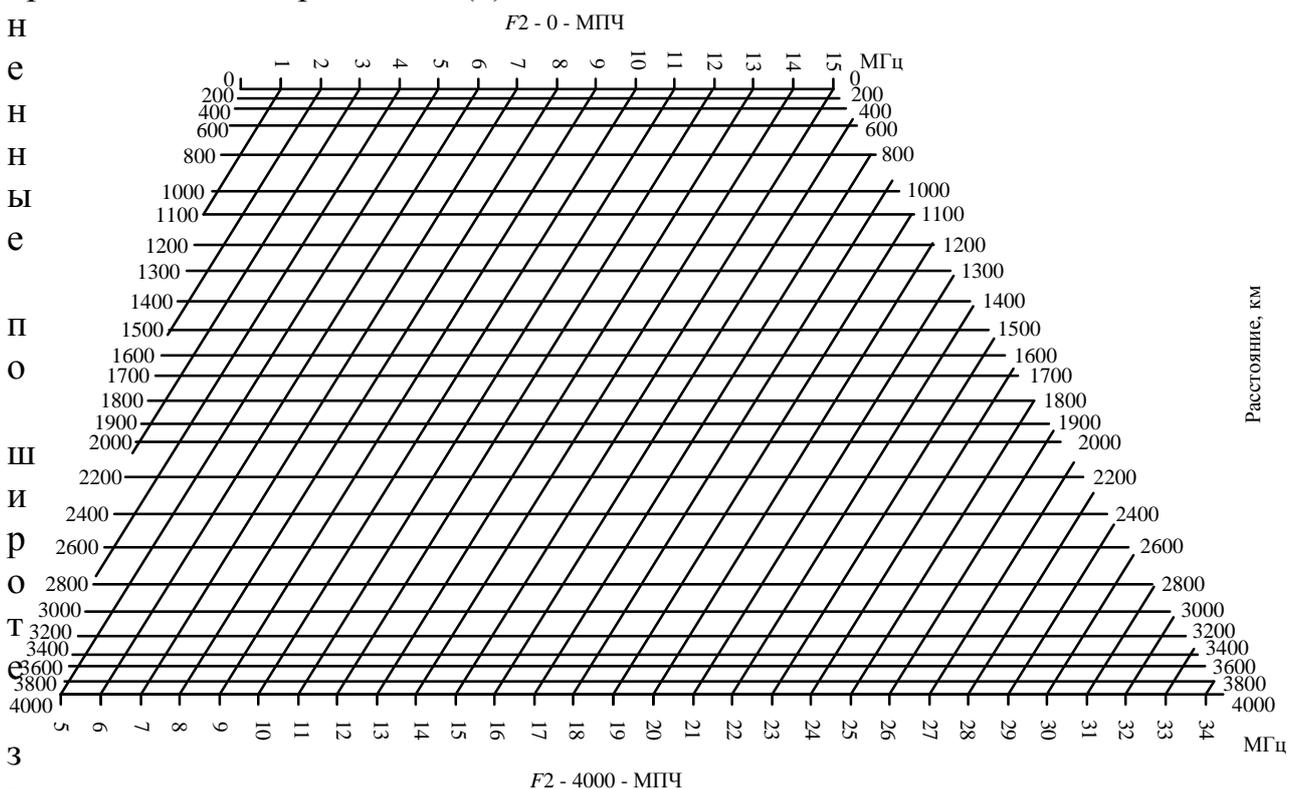


Рис.7.4. Номограмма пересчета  $F2-r$  – МПЧ

г  
р  
а  
ф  
и  
к  
и

с  
v

7. Определяется НПЧ. Усредненная нижняя граница пригодных частот определяется по сезонным прогнозам, издаваемых заблаговременно на период 3...4 месяца. В сезонных прогнозах приведены рекомендуемые частоты (средние МПЧ–НПЧ) в зависимости от протяженности радиолинии, ее географического расположения при излучаемой мощности  $P_{изл} = P_1 \eta_{1\phi} G_1 = 1 \text{ кВт}$ . Если излучаемая мощность на данной радиолинии отличается от 1 кВт, тогда пересчитывается нижний предел частот по таблицам на излученные мощности от 1 Вт до 1000 кВт.

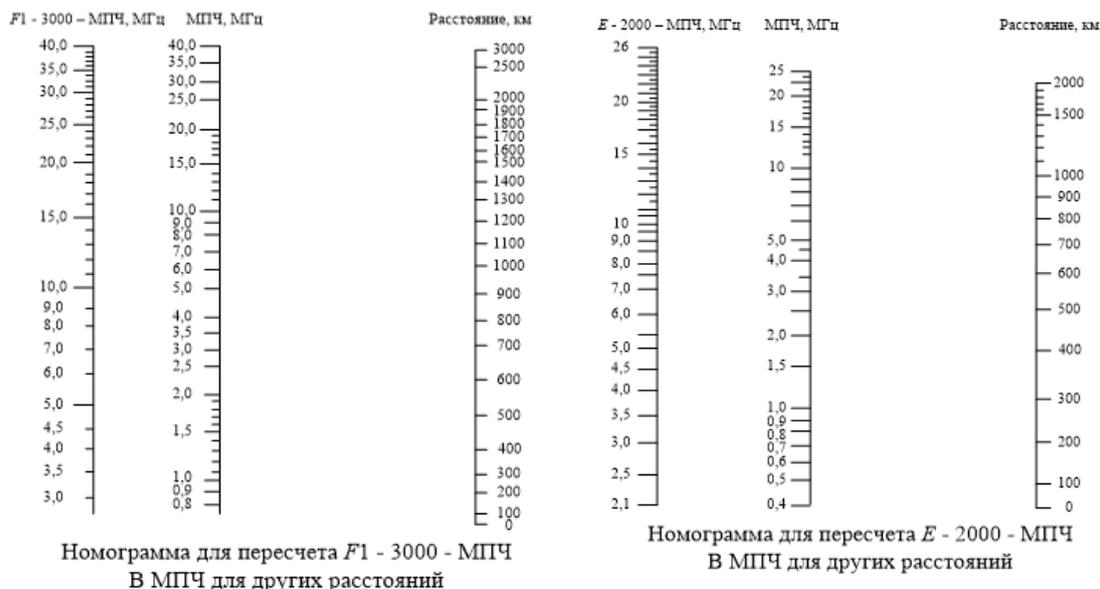


Рис. 7.5. Номограммы пересчета  $E - r - \text{МПЧ}$  и  $F1 - r - \text{МПЧ}$

В этих прогнозах средние значения МПЧ и НПЧ приводятся для радиолиний протяженностью от 300 км до 3500 км, точка отражения которых расположена в средних широтах ( $35^\circ \dots 75^\circ \text{с.ш.}$ ). Инструкция по выбору рабочих частот приводится в каждом сезонном прогнозе. В сезонных прогнозах приводятся также углы прихода радиоволн  $\theta_0$  на односкачковых и многоскачковых трассах. Значения этих углов необходимы для выбора оптимальных антенн, у которых максимум Д

Н 8. Строится планшет частотной обстановки (ПЧО). Это графики временной зависимости ОРЧ и НПЧ, полученных в результате расчета конкретной радиолинии. На данный график могут наноситься частоты, выделенные для радиосвязи.

о 9. Определяются вероятностно-оптимальные частоты (ВОЧ). В КВ радиосвязи под ВОЧ понимают рабочую частоту, удовлетворяющую следующим условиям:

- е а) выделенную для радиосвязи;
- н б) удовлетворяющую условиям прохождения и отражения радиоволн;

в ВОЧ в конкретный период времени лежит в пределах

$$f_{\text{НПЧ}} \leq f_{\text{ВОЧ}} \leq f_{\text{ОРЧ}}$$

д  
о  
у  
д  
а  
я  
ф



где  $E_n^{(1)}$  – действующее значение удельной (1 кГц) напряженности поля помех;  $\Delta f$  – шумовая полоса приемника в кГц.

Мощность сигнала, принимаемой направленной антенной определяется выражением

$$P_c = A_{\text{эф}2}^c P_c = \left(\frac{\lambda}{\pi}\right)^2 \frac{E_c^2 \Delta f \eta_A}{480} D_2$$

Г

Поэтому выигрыш в отношении сигнал/помеха от применения направленных антенн ( $\tilde{\sigma}_m$ ) по сравнению с превышением сигнал/помеха при приеме на

не направленные антенны ( $x_m^0$ ) равен

$$x_m / x_m^0 = \frac{P_c D_2}{4\pi P_n} = D_2$$

Таким образом, при равновероятном приходе помех (со всех направлений) применение направленных антенн увеличивает коэффициент превышения сигнал/помеха в  $D_2$  раз.

ф  
ф  
е  
к  
т  
и  
в  
н  
а  
я

п  
л  
о  
щ  
а  
д  
ь

а  
н  
т  
е  
н  
н  
ы

п  
р  
и

п  
р

## 7.2. РАСЧЁТНЫЕ ЗАДАЧИ

**Цель работы:** Рассмотреть систематизированные основы научных знаний по предмету, основные понятия дисциплины. Усвоить диапазоны частот ЭМВ, характеризующие его, а также, классификацию сред и их электрические параметры.

### Задача 1.

1. Для КВ радиолинии С-Петербург – Омск с помощью радиопрогнозов (осень 2006 г.) определить МПЧ, ОРЧ и НПЧ, а также обосновать выбор радиосредств и антенных устройств.

### Методика решения

1. По географической карте определяем координаты конечных пунктов радиолинии:

С

- О

М

е

к

55° с.

74° в.

б

у

р

г

60° с.

30° в.

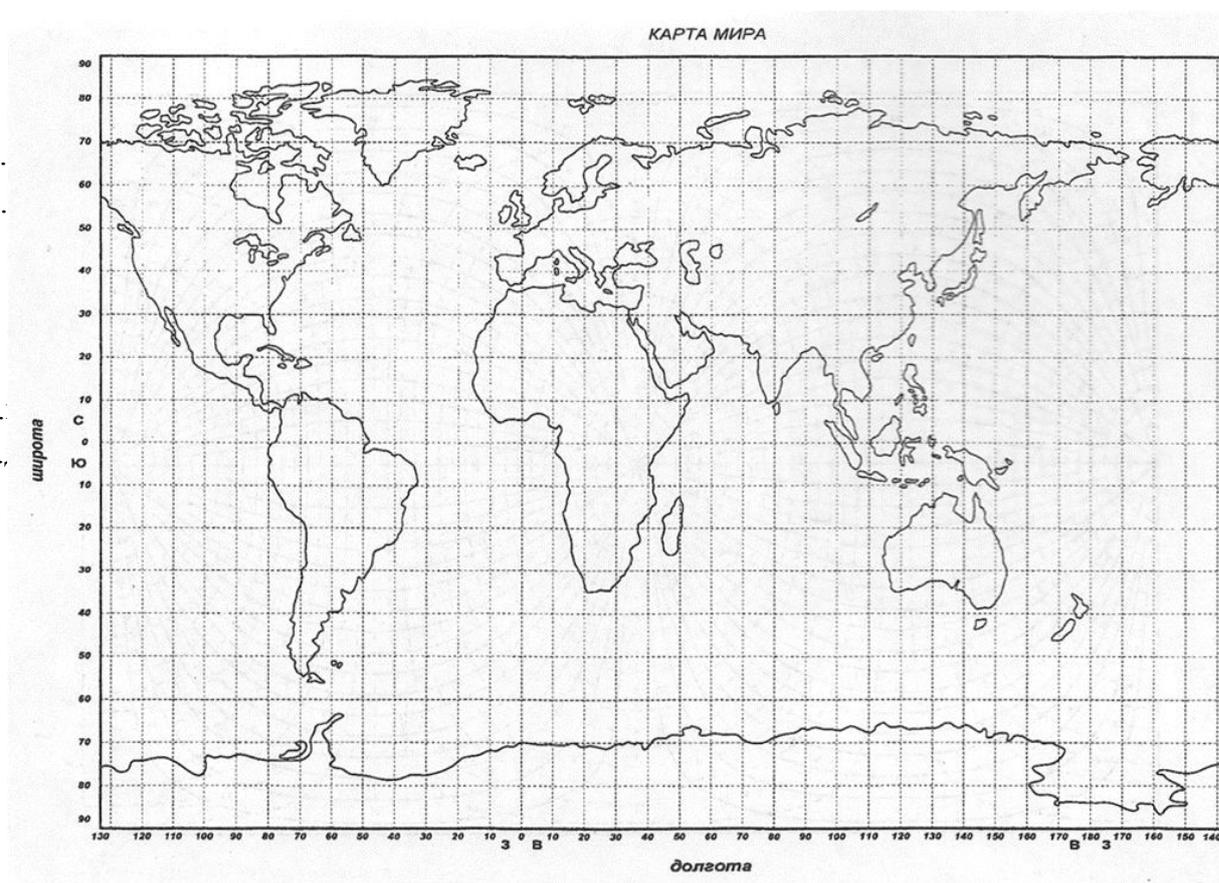


Рис. 7.6 Карта мира к задаче

2. Определяем протяженность радиолинии с помощью карты больших

к

р

3. Определяем координаты ТО и КТ. Так как протяженность радиолинии

незначительно отличается от максимального скачка  $E-2000$ , то координаты ТО

и

о

к

т

р

е

н

4. Определяем суточный ход МПЧ с помощью ионосферных карт месячного



Расчеты провести с помощью месячных прогнозов МПЧ для сглаженного числа Вольфа  $W = 11$  и сезонных прогнозов (осень 2006 г.).

Таблица 7.1

МДВ, МВ, час	Частоты, МГц											
F2-0-МПЧ												
F2-4000-МПЧ												
F2-r <sub>тп</sub> -МПЧ												
F2-r <sub>тп</sub> -ОРЧ												
F1-3000-МПЧ												
F1-r <sub>тп</sub> -МПЧ												
F1-r <sub>тп</sub> -ОРЧ												
E-2000-МПЧ,КТ1												
E-2000-МПЧ,КТ2												
E-r <sub>тп</sub> -МПЧ(ОРЧ)												
МПЧ-трассы												
ОРЧ-трассы												
НПЧ-трассы												

### Методика решения

1. По географической карте определяем координаты пунктов размещения передающего и приемного радиоцентров.

Екатеринбург (передающий радиоцентр) имеет координаты:

$$\varphi_1 = 58^\circ \text{ с.ш.}$$

Красноярск (приемный радиоцентр) имеет координаты:

$$\varphi_2 = 56^\circ \text{ с.ш.}$$

2. Определяем протяженность радиолинии по формулам.

$$r_{\text{тп}} = 111,18 \cdot 21,6^\circ \approx 2400 \text{ км}$$

3. Определяем азимуты установки антенн (относительно северного направления по часовой стрелке). По формулам получаем: азимут из пункта 1 в пункт 2  $77,5^\circ$ , так как  $\varphi_1 > \varphi_2$ , а радиолиния в направлении запад – восток, то истинный азимут  $A_{1-2} = 180^\circ - 77,5^\circ = 102,5^\circ$ ; азимут из пункта 2 в пункт 1  $67,7^\circ$ , но

т

4. Определяем координаты точки отражения и контрольных точек.

Используя карту мира и карту больших кругов радиопрогнозов, находим:

к а

$$\varphi_2 > \varphi_1$$

$$\psi_{KT2} = 86^\circ \text{ в.д.}$$

5. Определяем поправки времени. Для перевода местного времени в ТО (КТ) в московское декретное время используется формула

Москва находится в третьем часовом поясе, а ТО – в пятом, поэтому для ТО (КТ) поправка будет 2 часа.

6

Для расчета используем карты месячных прогнозов МПЧ и формулы (8) для определения ОРЧ слоев. Результаты расчета оформляем в виде табл. 4 или графиков (ПЧО).

п 7

В диапазоне коротких волн основными источниками помех являются: атмосферные, промышленные (индустриальные) и станционные. Расчет проведем используя графики и формулу в децибельной мере. При работе в режиме ОМ шумовая полоса приемника  $\Delta f_{ш} \approx 4 \text{ кГц}$ . КНД приемной антенны  $D_2 = 20$

$$P_n = -228,6 + 51 - 3 + 10 \lg 4 \cdot 10^3 = -144 \text{ дБ}$$

Таблица 7.2

МДВ, час	Частоты, МГц											
МВ (ТО и КТ1, КТ2)												
FE – 2000 – МПЧ в КТ1	5,6	7	10	12,5	14,5							
FE – 2000 – МПЧ в КТ2												
FE – МПЧ-трассы												
F1 – 3000 – МПЧ												
F1 – МПЧ-трассы												
F2 – 0 – МПЧ												
F2 – 4000 – МПЧ												
F2 – МПЧ-трассы												
МПЧ-трассы												
Слой МПЧ-трассы	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F2
ОРЧ-трассы												

8

По сезонному прогнозу  $E_c^{(1)} = 21 \text{ дБ}$  или  $11,3 \text{ мкВ/м}$ , определенная при  $P_{шизл} \approx 54 \text{ дБ}$ ,  $\eta_{шф} G_1 = 1 \text{ кВт}$  и относительно  $\text{мкВ/м}$ . Более точно напряженность поля сигнала можно определить по формуле (9) при  $f_{кр} E = 4 \text{ МГц}$  или по графикам А.Н. Казанцева, где  $E_c^{(1)} \approx 24 \text{ дБ}$  или  $16 \text{ мкВ/м}$ .

Определяем мощность сигнала в точке приема по формуле (27) при  $\Delta f_c = 3,1 \text{ кГц}$

$$P_c = \left( \frac{20}{3,14} \right)^2 \frac{(11,3 \cdot 10^{-6})^2 \cdot 3,1 \cdot 0,5}{480} 20 = 3,3 \cdot 10^{-10} \text{ Вт}$$

Таким образом, требования по условию осуществления радиосвязи при заданных технических характеристиках антенн, выполняются.

### Задача 3.

#### Условие задачи

Для КВ радиолинии С-Петербург – Псков выбрать рабочие частоты, а также

На данной радиолинии технические средства имеют следующие параметры:

$$P_1 = 100 \text{ Вт}$$

Расчеты провести с использованием сезонных прогнозов (осень 2006 г.)

$$\eta_{1\phi} = 0,5$$

#### Методика решения

1. Определяем координаты точки отражения ионосферных волн.

На трассе С-Петербург – Псков точка отражения имеет координаты

$$\varphi_{\text{ГО}} = 59^\circ \text{ с.ш.}$$

2. Определяем границы рабочих частот. Для северной широты в пределах 55...65°

3. Уточняем нижнюю границу рабочих частот.

О

П

Т

4. Определяем напряженность поля волны. В табл. 5 приведены значения  $E_c$  в децибелах относительно мкВ/м.

П

Для других мощностей излучения

$$E_c = E_c^{\text{табл}} \sqrt{P_1 \eta_{1\phi} G_1} = E_c^{\text{табл}} \sqrt{0,1 \cdot 0,5 \cdot 3} \approx 0,4 E_c^{\text{табл}}$$

= ДкВт

5. Определяем углы прихода радиоволн.

По табл. 4 получаем при отражении от слоя F2 ночью  $\theta_0 = 63^\circ$ , днем  $65^\circ$ . В

и

Поэтому на данной радиолинии необходимо использовать лабонаправленные антенны, у которых в вертикальной плоскости максимум ДН

$$E_c^{\text{ночь}} = 50 \text{ дБ}$$

$$E_c^{\text{день}} = 32 \text{ дБ}$$

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В учебном пособии рассмотрены основы теории и практики формирования и эксплуатации линий и каналов в системах радиосвязи, особенности систем и комплексов специального назначения. Представлена эволюция радиостанций малой мощности с указанием особенностей их развития и описанием тактико-технических характеристик. Представленные в пособии материалы позволяют получить базовые знания по эксплуатации радиостанции шестого поколения Р-187П-1 «Азарт» и радиостанции Байкал-100, в том числе и по работе с учебно-тренировочными картами и выполнению учебных задач и нормативов.

Кроме того, в учебном пособии приведена методика расчета энергетических параметров линии связи ионосферными волнами и порядок составления волнового расписания.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Власенко В.И. Расчёт и проектирование антенн и радиолиний: Учебное пособие. – СПб.: ВАС, 2009.
2. Каменев В.В., Сосунов Б.В., Проценко М.С., Щербаков Д.С. Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства: Учебник для вузов связи. – СПб.: ВАС, 2007.
3. Радиорелейные и спутниковые системы передачи информации специального назначения: учебник / К.Ю. Цветков, И.Т. Осташков, Е.Н. Косяков. – СПб: ВКА имени А.Ф. Можайского, 2013. – 447 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ .....	2
ВВЕДЕНИЕ .....	3
1. ЛИНИЯ И КАНАЛ РАДИОСВЯЗИ .....	5
2. СРЕДСТВА, КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ РАДИОСВЯЗИ .....	7
3. РАДИОСТАНЦИИ МАЛОЙ МОЩНОСТИ 1-5 ПОКОЛЕНИЙ .....	12
3.1. Первое поколение УКВ радиостанций .....	12
3.2. Второе поколение УКВ радиостанций.....	14
3.3. Третье поколение УКВ радиостанций .....	15
3.4. Четвертое поколение УКВ радиостанций.....	16
3.5. Пятое поколение УКВ радиостанций.....	19
4. РАДИОСТАНЦИЯ Р-187П-1.....	24
5. УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНЫЕ КАРТЫ ПО РАБОТЕ С РАДИОСТАНЦИЕЙ Р-187П-1 В РЕЖИМЕ ОТКРЫТОЙ СВЯЗИ .....	27
5.1. Общие сведения .....	27
5.2. Подготовка Р-187П-1 к работе .....	29
6. РАДИОСТАНЦИЯ БАЙКАЛ-100.....	39
6.1. Общие сведения .....	39
6.2. Порядок настройки радиостанции БАЙКАЛ-100 .....	40
7. РАСЧЕТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЛИНИИ СВЯЗИ ИОНОСФЕРНЫМИ ВОЛНАМИ. ....	42
7.1. МЕТОДИКА РАСЧЕТОВ.....	42
7.2. РАСЧЁТНЫЕ ЗАДАЧИ.....	54
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	59
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	60