

**МОБИЛЬНАЯ ЦИФРОВАЯ СТАНЦИЯ  
СВЧ ДИАПАЗОНА ДВОЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

*Почерняев В.Н., Повхлеб В.С.*

*Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова,  
65029, Украина, г. Одесса, ул. Кузнечная, 1.  
Государственное учреждение «Киевский колледж связи»  
01030, Украина, г. Киев, ул. Леонтовича, 11.  
[povviktoriya@yandex.ru](mailto:povviktoriya@yandex.ru)*

**МОБІЛЬНА ЦИФРОВА СТАНЦІЯ  
НВЧ ДІАПАЗОНУ ПОДВІЙНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

*Почерняев В.М., Повхлеб В.С.*

*Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова,  
65029, Україна, м. Одеса, вул. Ковальська, 1.  
Державний заклад «Київський коледж зв'язку»  
01030, Україна, м Київ, вул. Леонтовича, 11.  
[povviktoriya@yandex.ru](mailto:povviktoriya@yandex.ru)*

**MOBILE DIGITAL MICROWAVE RADIO STATION OF DUAL PURPOSE**

*Pochernyaev V.N, Povhleb V.S*

*O.S. Popov Odessa national academy of telecommunications,  
1 Kovalska St., Odessa 65029, Ukraine  
State Institution "Kiev college of communication"  
11 Leontovich St., Kiev, 01030, Ukraine  
[povviktoriya@yandex.ru](mailto:povviktoriya@yandex.ru)*

**Аннотация.** Рассматривается мобильная цифровая радиостанция СВЧ, предназначенная для работы в особых условиях и чрезвычайных ситуациях. Приведено краткое описание режимов работы станции и ее основные технические характеристики.

**Ключевые слова:** тропосферная связь, радиорелейная связь.

**Анотація.** Розглядається мобільна цифрова радіостанція НВЧ, призначена для роботи в особливих умовах і надзвичайних ситуаціях. Наведено короткий опис режимів роботи станції та її основні технічні характеристики.

**Ключові слова:** тропосферний зв'язок, радіорелейний зв'язок.

**Abstract.** Considered mobile digital microwave radio station designed for working in special conditions and emergency situations. Provides a brief description of the operating modes of the station and its main technical characteristics.

**Key words:** troposcatter communication, radio relay communication.

Известны ситуации, когда вооруженные силы и спецподразделения не контролируют полностью всю зону проведения боевых действий [1]. Поскольку полевые узлы связи пунктов управления находятся на определенном отдалении от стационарных узлов связи, то возникает задача установления связи через районы, не контролируемые нашими войсками. Из наземных типов связи единственным решением может быть развертывание загоризонтных линий связи, состоящих из цифровых тропосферных станций.

Однако не стоит исключать и вариант, когда одна сторона линии связи или обе стороны должны быть привязаны к стационарным узлам связи, например, объектам Укртелекома. Такую привязку в полевых условиях осуществляют средствами радиосвязи с помощью радиорелейных станций прямой видимости.

Поэтому, в настоящий момент актуальна задача создания мобильной цифровой радиосвязи, которая одновременно работает в 2-х режимах: загоризонтной связи и прямой видимости.

В статье рассматривается мобильная цифровая тропосферно-радиорелейная станция (МЦТрРРС), которая может использоваться в условиях, когда узлы фиксированной связи отсутствуют или сильно удалены от центров управления. Производство таких станций может быть освоено отечественной промышленностью.

Разработанная МЦТрРРС работает в двух частотных диапазонах:

- в тропосферном режиме – 4,4 ... 4,8 ГГц;
- в радиорелейном режиме – 7,9 ... 8,4 ГГц.

При создании станции учитывалась специфика функционирования линии загоризонтной связи. В основе построения линий загоризонтной связи лежат два механизма распространения радиоволн:

- на интервалах 50...80 км – дифракционное распространение радиоволн;
- на интервалах более 80 км – рассеяние радиоволн на неоднородностях тропосферы.

Заметим, что на интервалах меньше 50 км распространение радиоволн может осуществляться при прямой видимости и размещении антенн на высокоподнятых башнях или мачтах. В МЦТрРРС используются две телескопические мачты высотой 25 м. Особенностью линий загоризонтной связи является то, что на них применяется разнесенный прием сигналов. В данной станции применяется пространственно разнесенный прием и система связи с адаптацией по частоте и с адаптацией по мощности.

Система адаптации по частоте предусматривает выбор оптимальной частоты. Такой способ построен на постоянном анализе частот на приеме, что входят в рабочую полосу, и определении наиболее оптимальной из них. Эта частота имеет максимальный коэффициент передачи тропосферного сигнала, и передатчик в течение короткого временного интервала перестраивается на нее.

Система адаптации по мощности предусматривает автоматическую регулировку мощности передатчика. На приемной стороне измеряется отношение сигнал/(шум + помеха) и достоверность принимаемой информации. Эти данные обрабатываются, и принимается решение об изменении мощности передатчика. Для снижения (увеличения) соотношения сигнал/шум и достоверности принимаемой информации формируется сигнал на увеличение (снижение) мощности передатчика корреспондента, которая принимается приемником обратного канала и поступает на формирователь сигнала управления для изменения мощности передатчика. Поскольку, разница в медианных колебаниях уровня сигнала по метеоусловиям месяца года составляет 10...15 дБ, а в течении суток медианный уровень сигнала изменяется в пределах до 4 дБ зимой и до 10 дБ летом, то предел изменения мощности передатчика должен составить 20...25 дБ.

В МЦТрРРС как в тропосферном, так и в радиорелейном режимах используется дуплексный метод передачи/приема. Обмен информацией между двумя корреспондентами осуществляется одновременно в двух частотных диапазонах для приема и передачи отдельно.

Для передачи сигналов на выбранных частотах используется модуляция QPSK как в тропосферном, так и радиорелейном режимах работы. В станции применяется внешнее кодирование – код Рида-Соломона, внутреннее кодирование – сверточное с декодированием

по Витерби, мягким решением и перемежением. Для борьбы с межсимвольной интерференцией применяется обратная связь по решению с выигрышем 2,5 дБ.

Пропускная способность тропосферного режима станции 8 Мбит/с, а радиорелейного режима станции – 155 Мбит/с.

В МЦТрРРС предложен следующий вариант использования антенн:

- для тропосферной части станции применяются две неосесимметричные однозеркальные антенны диаметром 2,5 м, представляющие собой вырезку из параболоида вращения диаметром 5 м с фокусным расстоянием 1,25 м и коэффициентом усиления 39 дБ;
- для радиорелейной части станции применяются две осесимметричные однозеркальные параболические антенны диаметром 0,9 м с коэффициентом усиления 35 дБ.

Основные параметры антенн и системы управления приведены в [2].

Варианты работы станции:

– вариант I – оконечный режим работы тропосферной части станции и оконечный или ретрансляции, или узловой (ретрансляция с выделением сигналов в точке ретрансляции) режимы работы радиорелейной части станции (в этом варианте тропосферная часть станции работает на «своего» корреспондента, а радиорелейная часть станции – на «своего» (корреспондента);

– вариант II – оконечный режим работы тропосферной части станции или оконечный режим работы радиорелейной части станции (в этом варианте передающий СВЧ тракт используется в составе двух передатчиков или для тропосферной связи, или для радиорелейной связи);

– вариант III – тропосферная часть станции и радиорелейная часть станции работают в единой комбинированной тропосферно-радиорелейной линии связи, при этом тропосферная часть станции работает в оконечном режиме, а радиорелейная часть станции может работать либо в оконечном режиме, либо в режиме ретрансляции, либо в узловом режиме.

Управление МЦТрРРС осуществляется с единого для тропосферного и радиорелейного режимов работы пульта управления. Пульт управления позволяет:

- обеспечивать функционирование станции в одном из трех вариантов ее работы;
- осуществлять инструментальную проверку ВЧ-стволов станции;
- сигнализировать об аварии приемников, передатчиков, возбуждителя-гетеродина, модема, мультиплексоров, системы электропитания;
- контролировать уровень принимаемого сигнала на входе малошумящего усилителя и на входе демодулятора;
- управлять антеннами станции с индикацией их положения;
- сигнализировать об аварии системы охлаждения оборудования, систем кондиционирования и вентиляции;
- управлять служебными каналами.

В МЦТрРРС применяется пространственно-разнесенный прием, причем каждая антенна принимает как сигнал с горизонтальной поляризацией, так и сигнал с вертикальной поляризацией, а излучает только сигнал с горизонтальной поляризацией или с вертикальной поляризацией. В радиорелейном режиме каждая антенна излучает или сигнал с горизонтальной поляризацией, или сигнал с вертикальной поляризацией, а принимает сигнал соответственно с противоположной линейной поляризацией. Поэтому, СВЧ-тракт МЦТрРРС является сложным и включает следующие элементы (рис.1):

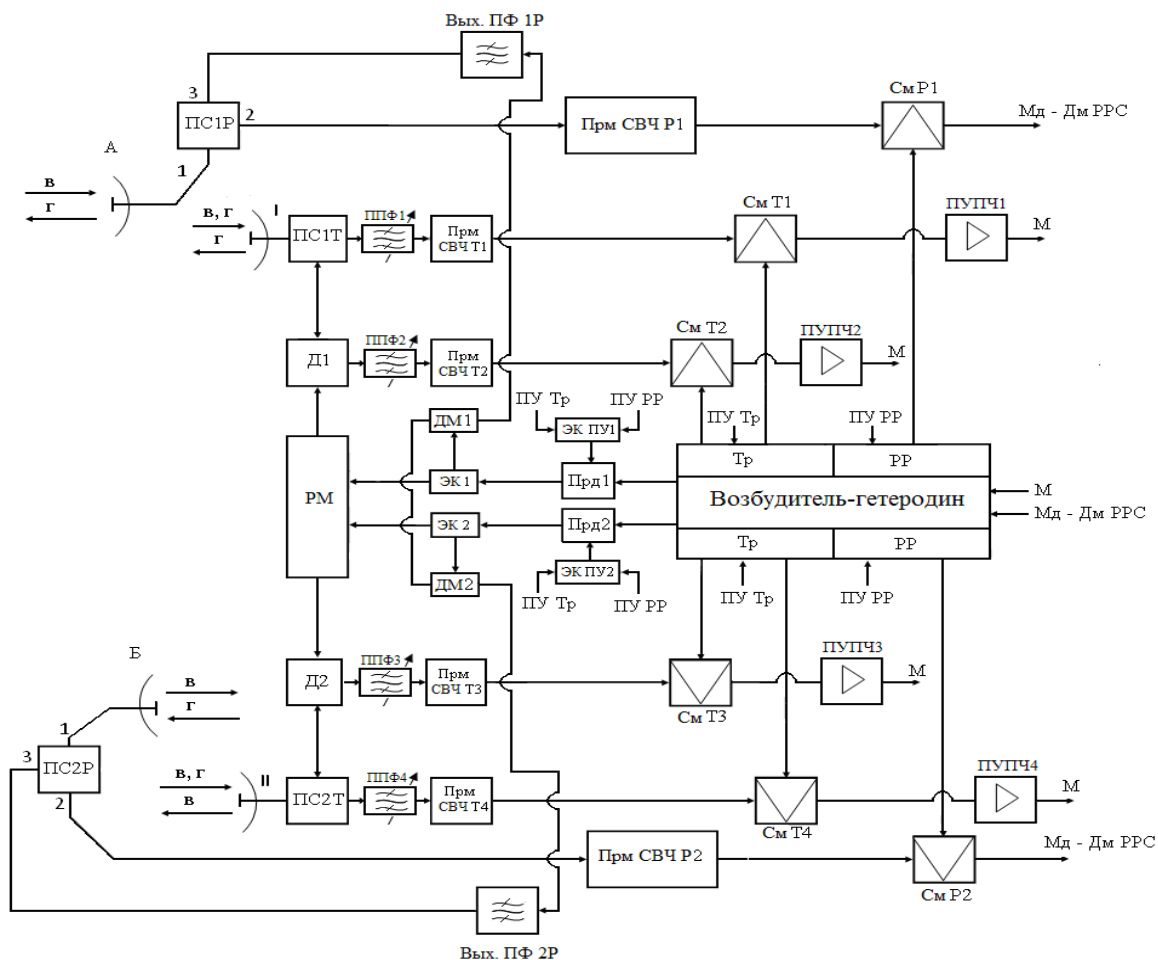


Рисунок 1 – Приемопередающий СВЧ тракт мобильной цифровой тропосфернорелиорелейной станции

- антенны тропосферной части станции, работающие в режиме загоризонтной связи (две);
- антенны радиорелейной части станции, работающие в режиме прямой видимости (две);
- поляризационные селекторы (четыре);
- дуплексеры тропосферной части станции (два);
- распределитель мощности передающего СВЧ тракта;
- перестраиваемые полосовые фильтры приемного СВЧ тракта тропосферной части станции (четыре);
- выходные полосовые фильтры радиорелейной части станции (два);
- приемники СВЧ тропосферной части станции (четыре);
- приемники СВЧ радиорелейной части станции (два);
- передатчики СВЧ (два);
- делители мощности передающего СВЧ тракта (два);
- смесители СВЧ тропосферной части станции (четыре);
- смесители СВЧ радиорелейной части станции (два);

- предварительные УПЧ приёмного тракта тропосферной части станции (четыре);
- возбудитель-гетеродин, обеспечивающий работу станции в обоих диапазонах частот;
- электронные ключи, обеспечивающие подключение сигналов от пульта управления станции на передатчики СВЧ и возбудитель-гетеродин.

Следует заметить, что передающий СВЧ тракт и возбудитель-гетеродин являются общими для тропосферного и радиорелейного режимов работы МЦТрРРС.

На рис. 2 показано приемопередающий ВЧ и НЧ тракты тропосферной части мобильной цифровой тропосферно-радиорелейной станции, где присутствуют: М – модем, М-Д 8 – мультиплексор-демультиплексор потоков; М-Д 8 ОЦК – мультиплексор-демультиплексер цифровых каналов; ЗАС – засекречивающая аппаратура связи.

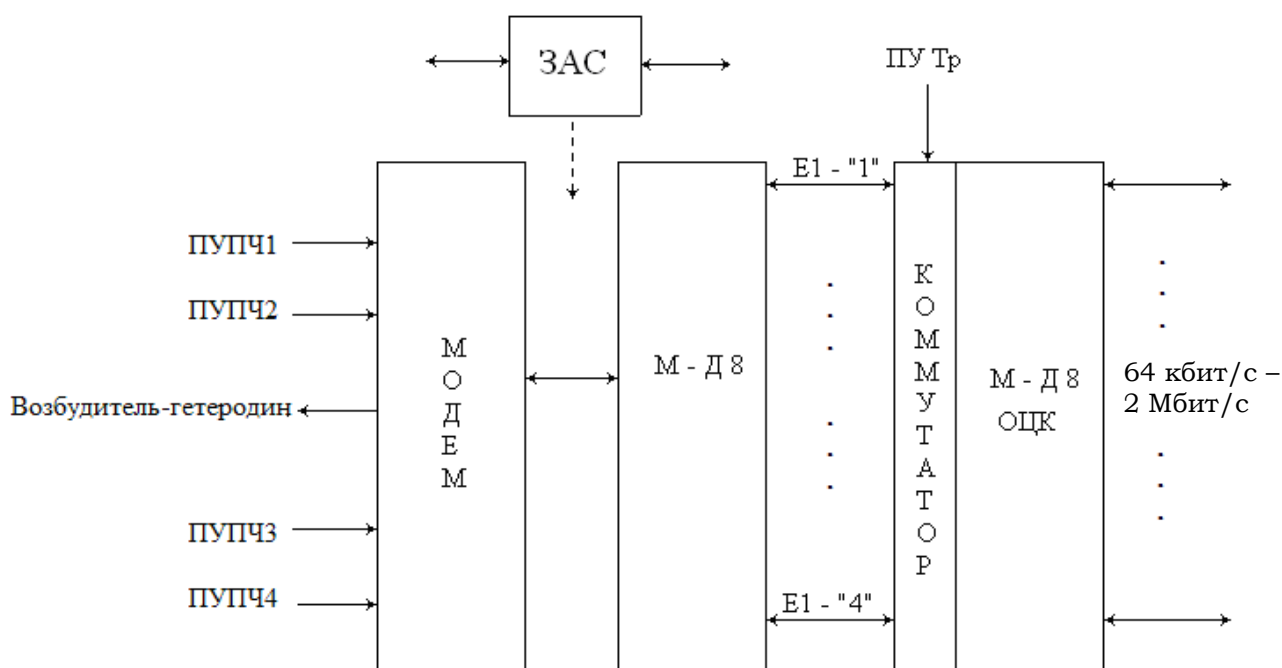


Рисунок 2 – Приемопередающий ВЧ и НЧ тракты тропосферной части мобильной цифровой тропосферно-радиорелейной станции

На рис. 3 показано приемопередающий ВЧ и НЧ тракты радиорелейной части мобильной цифровой тропосферно-радиорелейной станции, где присутствуют: Мд-Дм РРС – модулятор-демодулятор; М-Д STM-1 – мультиплексор-демультиплексер потоков; М-Д STM-1 ОЦК – мультиплексор-демультиплексер цифровых каналов; ЗАС – засекречивающая аппаратура связи.

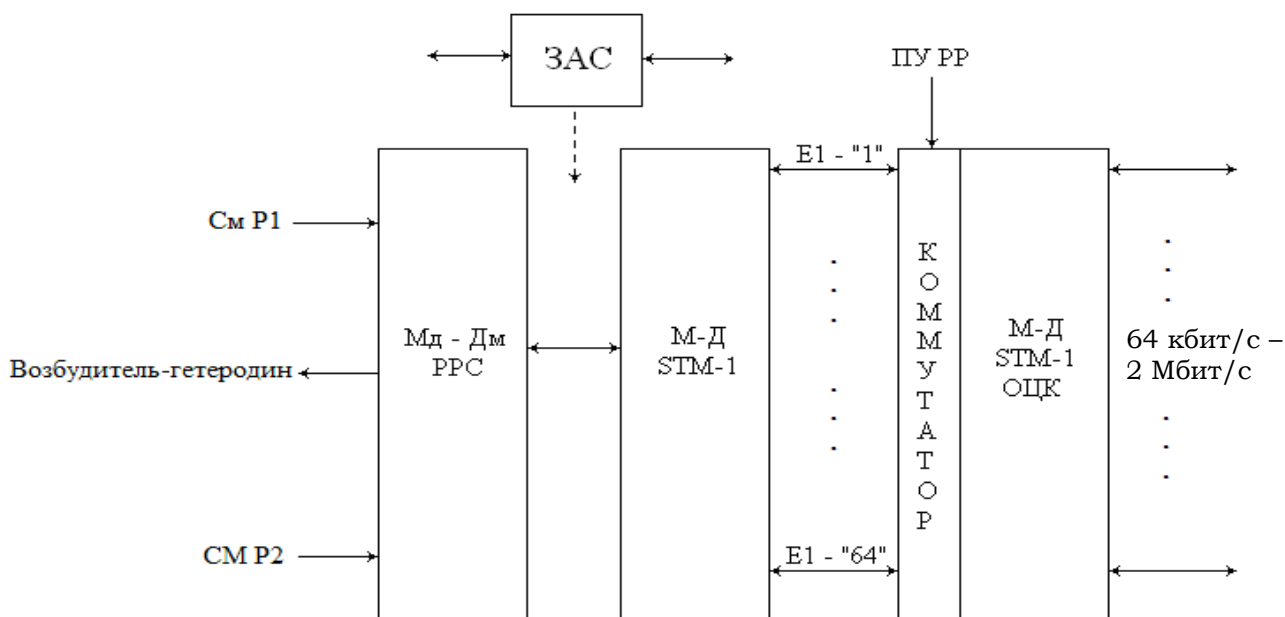


Рисунок 3 – Приемопередающий ВЧ и НЧ тракты радиорелейной части мобильной цифровой тропосферной-радиорелейной станции

Разработанная МЦТрРРС работает следующим образом.

В режиме загоризонтной связи станция работает как тропосферная станция с пространственно разнесенным приемом на две антенны I, II и использованием сигналов горизонтальной и вертикальной поляризации на передачу и прием. Сигналы с двух антенн I и II поступают через поляризационные селекторы и дуплексеры на четыре приемника СВЧ, а дальше на смесители СВЧ. На каждый смеситель СВЧ подается сигнал от возбуждителя-гетеродина, формирующего сетку частот диапазона 4,4...4,8 ГГц.

Сигналы первой промежуточной частоты после смесителей СВЧ подаются на предварительные УПЧ, дальше сигналы поступают в модем, который включает: тракты второй и третьей промежуточных частот; схему автоматической постройки фазы в каждой ветви разнесения; схему обратной связи по частоте; схему управления сложением с регулировкой весовых коэффициентов; сумматор, на котором складываются сигналы четырех ветвей разнесения. Станция может принимать и передавать сигналы в режиме тропосферной связи со скоростями 64, 128, 256, 512, 1024, 2048 кбит/с в любых конфигурациях до уровня 4E1.

В режиме прямой видимости МЦТрРРС работает как радиорелейная станция. Антенны А и Б поднимаются на телескопических мачтах автоматически с помощью системы управления и работают в разных направлениях с двумя корреспондентами – А и Б. Антенна А в направлении корреспондента А излучает сигнал горизонтальной поляризации, а принимает сигнал вертикальной поляризации. Антенна Б в направлении корреспондента Б излучает сигнал вертикальной поляризации, а принимает сигнал горизонтальной поляризации или наоборот. В точке развертывания станции два направления работы станции как радиорелейной будут развязаны как по поляризации, так и по частоте. Развязка по поляризации для излучающих и приемных сигналов в каждом направлении происходит с помощью поляризационного селектора. Формирование сетки частот происходит в возбуждители-гетеродина для диапазона 7,9...8,4 ГГц. Станция может передавать и принимать сигналы от корреспондентов в режиме радиорелейной станции со скоростями 64, 128, 256,

512, 1024, 2048 кбит/с в любых конфигурациях до уровня STM-1 (155 Мбит/с), что эквивалентно 64 потокам E1. В режиме ретрансляции радиорелейная часть станции может ретранслировать любое количество потоков E1 или других цифровых каналов до уровня STM-1 от корреспондента А (Б) к корреспонденту Б (А). В узловом режиме работы радиорелейной части станции может быть выделено любое количество потоков E1 или других цифровых каналов до уровня STM-1.

Отметим, что в МЦТрРРС применяются два мультиплексора: для тропосферной связи – М-Д 8 и для радиорелейной связи М-Д STM-1. Интерфейсы модема и мультиплексора предусматривают применение отечественной засекречивающей аппаратуры связи в составе МЦТрРРС.

Таким образом, разработанная МЦТрРРС не имеет аналогов среди мобильных цифровых станций связи СВЧ диапазона ввиду совмещения на единой мобильной платформе тропосферной и радиорелейной компонент с единым передающим СВЧ трактом и общим возбудителем-гетеродином, формирующим сигналы для двух диапазонов СВЧ. Отличительным признаком данного технического решения является передачи информации на любое расстояние в интервале 0,1...300 км в зависимости от требований к пропускной способности. Разработанная МЦТрРРС рекомендуется к применению для «силовых» ведомств и спасательных служб, что характеризует ее как станцию СВЧ диапазона двойного назначения.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Почерняев В.Н. Мобильная цифровая станция связи для наземных сил антитеррористической группировки / В.Н. Почерняев, В.С. Повхлеб // VII Международная научно-практическая конференция, 17-19 сент. 2014 г.: тезисы докл. – Запорожье, 2014. – С.19-21.
2. Почерняев В.Н. Управление антеннами комбинированной цифровой радиорелейной-тропосферной станции / В.Н. Почерняев, В.С. Повхлеб // Труды IX Международной конференции по теории антенн и техники (ICATT), (Одесса, 16-20 сент. 2013 г.) – Одесса, – С. 544 – 545.

#### REFERENCES:

1. Pochernyaev V.N.. Mobile digital communication station for ground forces of antiterrorist group / Pochernyaev V.N., Povhleb V.S. // VII International Scientific and Practical Conference. 17-19 September 2014: abstracts. – Zaporozhye, 2014. – P.19-21.
2. Pochernyaev V.N. Managing of microwave antennas of digital combined radio relay-troposcatter station/ Pochernyaev V.N., Povhleb V.S. // Proceedings of the IX International Conference on Antenna Theory and Techniques (ICATT), (Odessa, 16-20 September 2013) – Odessa, – P. 544-545.