

РАЗВИТИЕ ТРОПОСФЕРНОЙ СВЯЗИ В МНИРТИ. ИСТОРИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ

*В. В. Серов, д.т.н., главный научный сотрудник ФГУП МНИРТИ
А. М. Сеченых, н-к отдела маркетинга ФГУП МНИРТИ*

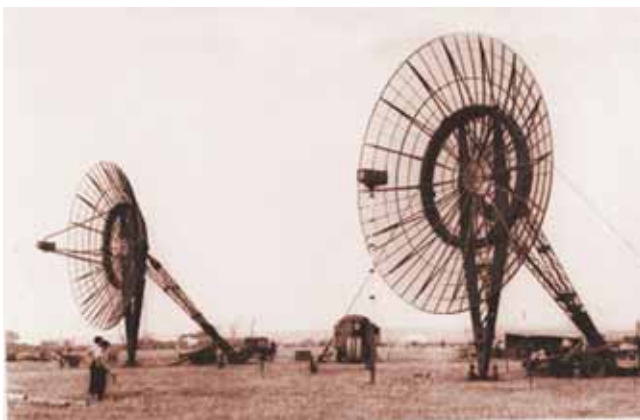
ДЛЯ организации связи в труднодоступных и/или малонаселенных районах, где строительство проводных линий технически сложно или экономически нецелесообразно в настоящее время применяются спутниковые, радиорелейные и тропосферные средства связи. В данной статье оценивается возможность эффективного, с экономической точки зрения, применения современных станций радиорелейной тропосферной (загоризонтной) связи.

В СССР исследования тропосферного распространения радиоволн с целью создания аппаратуры связи начались в середине 1950-х годов. Уже в то время удалось показать возможность создания линий загоризонтной связи протяженностью до 250 км. В 1960–70-х годах разработка средств тропосферной связи велась весьма интенсивно. Заметим, что в те годы спутниковая связь была развита очень слабо. Впоследствии спутниковая связь в определенной степени потеснила тропосферную, особенно в коммерческих сетях, но, на наш взгляд, и в настоящее время существуют области применения тропосферных средств связи, как в сетях специального, так и коммерческого назначения.

НЕМНОГО ОБ ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ СРЕДСТВ ТРОПОСФЕРНОЙ СВЯЗИ

В конце 1950-х годов головная роль по созданию тропосферных средств и систем связи в СССР была возложена на МНИРТИ. [1,2]

Уже в 1962 году была разработана и успешно испытана первая тропосферная радиорелейная станция загоризонтной связи (ТРПС) дециметрового диапазона «Баклан» (Р-408). В 1964 году станция была модернизирована и серийно выпускалась под индексом Р-408М. Диаметр антенны указанной ТРПС составлял 10 м. Протяженность интервала связи достигала



ТРПС «Баклан»

120–150 км. Станция была предназначена для организации 12 телефонных каналов с частотным уплотнением. Технические характеристики ТРПС позволяли применять ее для создания многоинтервальных линий большой протяженности.

С 1967 года начинается производство семейства станций дециметрового диапазона типа Р-410. Станции имели несколько модификаций и в них применялись антенны диаметром 5,5; 7,5 и 10 м (ТРПС «Атлет», «Альбатрос»). Соответственно, протяженность интервалов связи составляла от 150 до 250 км. Тропосферные линии, построенные на основе станций указанного типа, могли иметь до 10 интервалов. В такой линии обеспечивалась дуплексная передача до 24 телефонных каналов. Станции указанного типа широко использовались для создания как мобильных, так и стационарных линий тропосферной связи.

В 1975 году в институте была разработана ТРПС «Атлет-Д» (Р-420) для обеспечения связи на сверхдальних интервалах. Коэффициент шума приемного устройства ТРПС был снижен до 3 дБ, реализован четверный по пространству прием с разделением сигналов по поляризации и их оптимальным последовательным сложением; в приемнике применены демодуляторы

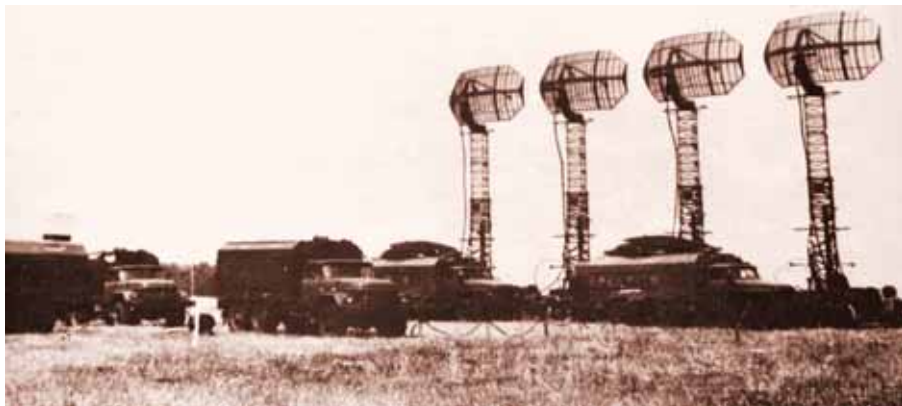
с обратной связью по частоте, повышающие помехоустойчивость приема. В состав станции входили две антенны типа «Атлет-АС16» диаметром по 16 м и коэффициентом усиления в рабочем диапазоне 35 дБ. Указанные технические решения позволили увеличить дальность интервала связи до 350–400 км.

Начиная с 1966 года, одновременно с созданием аналоговых тропосферных станций дециметрового диапазона, в МНИРТИ велись исследования вопросов передачи дискретной информации в тропосферных каналах, когерентных методов приема информации, оптимальных методов сложения многократно разнесенных по пространству и частоте сигналов.

Результаты исследований были использованы при разработках нового поколения ТРПС сантиметрового и дециметрового диапазонов.



Антенна ТРПС «Атлет-Д»



TPPC «Багет»

В 1980 году была создана ТРПС сантиметрового диапазона «Багет-1» (Р-417), предназначенная для развертывания многоканальных многоинтервальных линий связи протяженностью до 2000 км. Дальность одного интервала составляла до 200 км. Станция обеспечивала передачу либо 60 телефонных каналов, либо дискретной информации со скоростью до 480 кбит/с. В станции впервые в мировой практике был применен 16-кратный частотно-пространственный разнесенный прием.

В 1981 году в МНИРТИ разработана цифровая ТРПС сантиметрового диапазона «Бриг-1» (Р-423-1). Станция обеспечивает скорость передачи информации 2 Мбит/с на интервале протяженностью 150 км и скорость 64 кбит/с на интервале до 230 км.

В 1981-84 годах в МНИРТИ были разработаны цифровые

тропосферные станции дециметрового диапазона «Эшелон» (Р-444) и «Эшелон Д» (Р-444-75). Эти станции обеспечивали скорость передачи информации до 1 Мбит/с на интервале протяженностью 130-150 км и скорость 48 кбит/с на интервале до 240 км.



TPPC «Эшелон»

В период с 1980-го по 1987 год на основе ТРПС «Багет-С» (Р-417С) и «Атлет-ДС» (Р-420С) на территории шести стран - участниц Варшавского договора СССР, Польши, ГДР, Чехословакии, Венгрии и Болгарии была развернута автоматизированная сеть управления и связи «Барс». В декабре 1987 года сеть «Барс» была успешно сдана в эксплуатацию. В составе сети было организовано 26 узлов, обеспечивавших связь на 29 интервалах. Общая протяженность линий составляла около 5 тысяч км. В сети использовалось 54 комплекта станций Р-417С в стационарном варианте и 4 комплекта сверхдальней ТРПС Р-420С для обеспечения связи на двух участках большей (более 400 км) протяженности. Сеть управления и связи «Барс» обладала повышенной помехозащищенностью и надежностью работы, которые обеспечивались как за счет высокой собственной аппаратурной надежности тропосферных станций, так и за счет организации в сети обходных интервалов связи. По своим основным параметрам сеть «Барс» превосходила лучшие зарубежные системы аналогичного назначения.

В сводной таблице приведены основные технические характеристики разработанных в МНИРТИ тропосферных радиорелейных станций.



ТРПС Бриг-1 в режиме ретрансляции



ТРПС Бриг-1 в режиме оконечной станции



Тип тропосферной станции	Год разработки	Технические характеристики			
		рабочий диапазон*)	кол-во каналов ТЧ	Скорость передачи, кбит/с	протяженность интервала, км
P-408	1962	ДМ	6		120
P-408М	1964	ДМ	12		150
P-410	1967	ДМ	12...24		160
P-410-7,5	1968	ДМ	12...24		150
P-410-5,5	1971	ДМ	12...24		130
P-420	1975	ДМ	12		350
P-417	1980	СМ	60	480	200
P-423-1	1981	СМ		до 2 048	150
P-444	1981	СМ		до 2 x 480	150
P-444-7,5	1984	СМ		до 2 x 480	350
P-417С	1984	СМ	60...120	480	200
P-423-1КФ	1993	СМ		2 048	150

*) сокращения в таблице: ДМ - дециметровый, СМ - сантиметровый

Появление в конце 1960-х — начале 70-х средств спутниковой связи и широкое их применение начиная с 1980-х годов значительно сократили область использования ТРРС. Морально устаревшие станции постепенно выводятся из эксплуатации. В настоящее время тропосферные станции загоризонтной связи применяются, в основном, в линиях и сетях связи специального назначения.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЛИНИЙ ЗАГОРИЗОНТНОЙ СВЯЗИ

Несмотря на широкое (и все более растущее) применение спутниковых средств в сетях и системах связи и развитие проводных сетей, мы полагаем, что средства тропосферной загоризонтной связи перспективны для использования как в сетях специального, так и коммерческого назначения.

В сетях специального назначения преимуществом тропосферных средств перед спутниковыми является более высокая живучесть в условиях вооруженных конфликтов и/или антитеррористических мероприятий.

В коммерческих сетях применение тропосферных средств в некоторых случаях может быть экономически целесообразнее, чем применение спутниковых. Использование тропосферных станций возможно также при развертывании линий связи в высоких северных широтах, где применение спутниковой связи через геостационарные спутники принципиально невозможно.

За счет большей протяженности интервалов линии загоризонтной связи имеют преимущество перед линиями прямой видимости при организации связи труднодоступных, горных и малонаселенных районах.

Работы ФГУП МНИРТИ в последние годы направлены на совершенствование методов построения цифровых станций загоризонтной связи. Полученные результаты позволили создать малогабаритную цифровую станцию тропосферной связи со следующими основными техническими характеристиками:

рабочий диапазон частот 4,4...5,0 ГГц
скорость приема и передачи информации до 2 Мбит/с
масса аппаратуры станции не более 80 кг
диаметр антенны 1,25 или 2,5 м
мощность передатчика не более 100 Вт
потребляемая мощность до 500 Вт

Сравним экономические затраты на создание и эксплуатацию линии связи на основе перспективной цифровой тропосферной станции и спутниковой линии аналогичного назначения.

Обычно для такого рода расчетов принимают затраты равными

$$C = C_{об} + C_{эксп},$$

где $C_{об}$ – затраты на оборудование и монтаж;

$C_{эксп}$ – затраты на эксплуатацию линии (7 % от стоимости оборудования).

Для спутниковой линии, затраты составляют

$$C = C_{об} + C_{эксп} + C_{сп},$$

где $C_{сп}$ – стоимость аренды спутникового ресурса.

Для расчетов приняты следующие исходные данные (с учетом НДС):

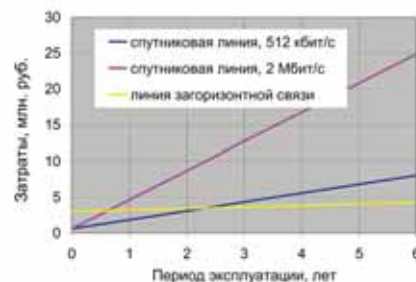
- стоимость земной станции спутниковой связи и ее монтажа (в среднем) — 0,3 млн. руб. [3, 4, 6-9];
- стоимость аренды спутникового ресурса в среднем у российских операторов:
 - для обеспечения пропускной способности 512 кбит/с - 1,2 млн. руб./год;
 - для обеспечения пропускной способности 2 Мбит/с - 4 млн. руб./год;

- стоимость цифровой тропосферной радиорелейной станции – 1,5 млн. руб.

Значения определены методом экспертных оценок на основе известных данных о стоимости аренды стандартного спутникового ствола шириной 36 МГц – \$1-1,2 млн. в год [5].

Результаты оценочных расчетов затрат на приобретение оборудования, развертывание и эксплуатацию спутниковых и тропосферных линий связи приведены на рисунке.

Из рисунка видно, что спутниковая линия связи со скоростью передачи 512 кбит/с с учетом арендной платы за частотный ресурс в течение первых трех лет эксплуатации экономически выгоднее линии загоризонтной связи. После указанного срока эффективнее становится ис-



пользование тропосферной линии. При скоростях передачи на уровне 2 Мбит/с тропосферная линия становится экономически выгоднее уже после первого года эксплуатации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ ИНФОРМАЦИИ

1. Базовые средства, комплексы и системы военной связи. Энциклопедический справочник, г. Мытищи, 2005 г.
2. Этапы становления и перспективы развития МНИРТИ. Электросвязь, №8 1996 г.
3. Е. Старовойтов Перспективы спутникового Интернета в России Коннект, №9 2003
4. В.Р. Анпиловы Интерактивные сети VSAT. Обзор рынка оборудования Технологии и средства связи, №6 2003
5. Г. Большова, Л. Невдяев Спутниковая связь в России «Сети», № 2 2000
6. www.mteleport.ru сайт ЗАО «Московский телепорт»
7. www.mobitel-net.ru - сайт компании «MobiTel-Net»
8. www.ard-satcom.ru - компания «АРД Сатком Сервис» (сведения по запросу)
9. www.icds.ru - сайт компании «Инжиниринг. Центр спутниковой связи».