

# Антенны земных станций спутниковой связи

## Выбор оператора



**Владимир БОБКОВ,**  
кандидат технических наук

**Антенные системы (АС) являются неотъемлемым элементом любой земной станции (ЗС) спутниковой связи. Напомним функцию антенной системы в составе ЗС – это преобразование радиоволн (электромагнитных колебаний) в электрические токи и напряжения.**

**К**лассификация антенн спутниковой связи может быть произведена по многим критериям: диапазону частот, конструктивному исполнению, обслуживаемой системе и др. Для рассмотрения в данной статье наиболее интересным будет разделение антенн по критерию – антенны для VSAT-станций и все остальные антенны (образно говоря, «не VSAT»). При этом к VSAT-станциям мы будем относить земные станции не с определенными характеристиками (диаметром антенны, ЭИИМ и т. д.), а работающие в сетях, построенных по технологии VSAT.

Отметим, что антенные системы, являясь частью систем более высокого уровня (земных станций и систем спутниковой связи и вещания), развиваются так же, как и сама система, – меняются решаемые задачи и выполняемые функции системы, меняется и облик антенных систем.

### Производители антенн

В России производством антенных систем для ЗС спутниковой

связи занимается достаточно много предприятий: «НПО ПМ-Развитие», САТИС-ТЛ-94, ГНПП АТС, «Полюс», ОАО «Радиофизика» и некоторые другие. Тем не менее к настоящему серийному производству высококачественных АС с уникальным для России антенным полигоном можно отнести только ОАО «НПО ПМ-Развитие». На этом предприятии каждая антенная система проходит испытания и измерение электрических характеристик на антенном полигоне в дальней зоне по всем основным параметрам: диаграмме направленности (ДН), коэффициенту усиления (Ку), поляризационным характеристикам (коэффициент эллиптичности и кроссполяризационная развязка). Все измерения проводятся в полном диапазоне частот приема и передачи на автоматизированном стенде. Мы неслучайно останавливаемся на измеряемых параметрах, так как для отечественных операторов спутниковой связи этот вопрос стал намного актуальнее с момента повышения требований к антенным системам при работе в системах с поляризационной развязкой.

Именно профессиональной и часто уникальной разработкой, серийностью производства, наличием совершенного и профессионального антенного полигона в России во многом и объясняется высокая (и, отметим, заслуженная) популярность антенн «НПО ПМ-Развитие» в сетях операторов в России.

Однако, рассматривая ряд производимых ОАО «НПО ПМ-Развитие» антенн – 2,4/3,7/4,5/6,0/7,2/9,3 м, легко заметить отсутствие среди

них антенн 1,2 и 1,8 м, которые в настоящее время являются самыми используемыми в составе ЗС сетей VSAT любых поставляемых в Россию систем (HNS, Gilat, Viasat, EMS и др.). Аналогичная ситуация и у других отечественных производителей – практически не выпускаются антенны 1,2 м, а о серийном производстве, составляющем хоть какую-то конкуренцию импортным поставщикам в данном сегменте рынка, говорить вообще не приходится.

Наиболее популярные в России антенны зарубежных производителей – Patriot и Prodelin (диаметр рефлектора от 1,2 до 2,4 м), Vertex и Andrew (более 2,4 м). Отметим, что в отличие от приемных антенн спутникового ТВ, практически все импортные связные антенны – американского производства. К антеннам бурно развивающейся китайской промышленности пока можно отнести только АС производства компании Suman.

### Типы антенн

Все рассмотренные антенны и производители относятся к фиксированной спутниковой службе. Однако АС используются как на фиксированных местах установки, так и в качестве перевозимых.

К последним относятся антенны типа FlyAway (переносимые) и DriveAway (устанавливаемые на транспортном средстве). Основные производители данного вида антенн, представленные на нашем рынке, – SWE-DISH, L3 Communications, GigaSat, Advent, ND SatCom, а также Patriot и Vertex (отдельные модели).

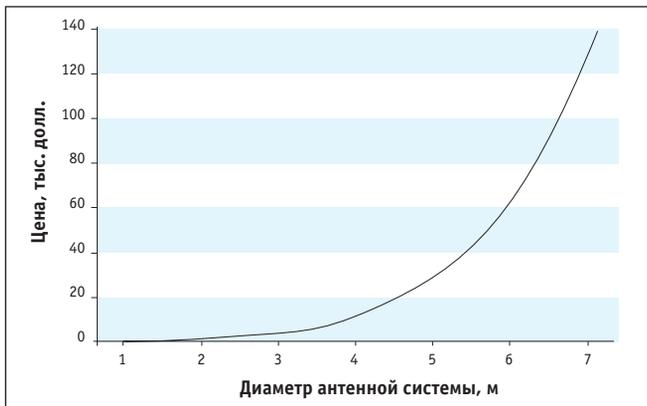


Рис. 1. Стоимость антенных систем

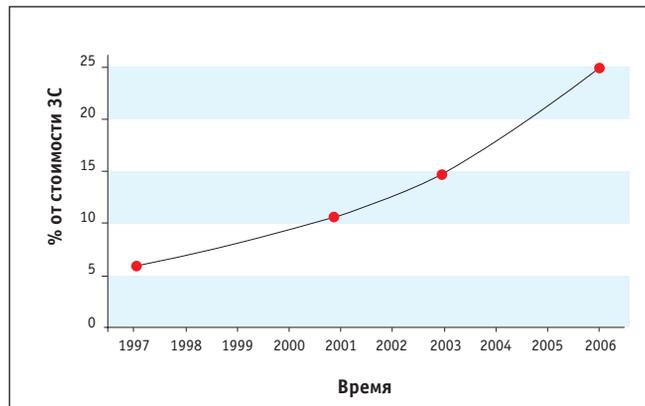


Рис. 2. Доля антенн в составе ЗС

Российским производителем АС типа DriveAway является компания ООО «Центр спутниковой связи», выпускающая антенны и земные станции С- и Ku-диапазонов с диаметром от 1,2 до 2,4 м. Их основное преимущество заключается в интеграции станций DriveAway на базе легковых и грузовых автомобилей отечественного производства, что не только значительно снижает стоимость изделий, но и позволяет выполнять специфические требования заказчика.

Для заказчиков военного профиля разработки ведутся государственными НИИ. К отдельному классу ЗС и, соответственно, применяемых антенн относятся земные станции корабельного (морского) исполнения. Основным российским разработчиком и изготовителем является ФГУП «Вигстар».

## Экономические вопросы

С экономической точки зрения, оператора связи интересуют прежде всего два компонента – абсолютная стоимость оборудования (и антенных систем, в частности), т. е. первоначальные вложения, и минимизация общих затрат на создание и эксплуатацию сети связи за конкретный период времени, определенный бизнес-планом развития компании (обычно не менее 10–15 лет).

Начиная с первых публикаций по спутниковой связи, стоимость антенных систем аппроксимируется аналитическими выражениями,

в которых стоимость АС растет пропорционально квадрату диаметра антенны. Например, в [1] приведено следующее выражение для стоимости сооружения АС:

$$K_A = a_1 + a_2 D_a^2,$$

где  $a_1$  и  $a_2$  – некоторые коэффициенты.

На рис. 1 представлен график зависимости стоимости АС от ее диаметра на базе реальных (имеющихся сегодня на российском рынке) данных, в котором учтены усредненные данные по стоимостям антенн отечественного производства.

Сравнение цен на импортные антенны – задача более сложная, потому что такой анализ можно проводить только для больших партий антенн. Единичные экземпляры практически в 100% случаев оказываются дороже российских вследствие расходов на доставку, таможенные пошлины и других затрат, сопутствующих процессу доставки.

Более интересным, чем абсолютные величины стоимости антенн и, наверное, более

важным фактором, отражающим некоторые тенденции в развитии спутниковой связи, является доля стоимости АС в цене всей ЗС.

Всем хорошо известны графики снижения стоимости оборудования VSAT-станций, приводимые в Comsys Report. Уже к 2002 г. цена VSAT-терминала, согласно этим данным, снизилась до 2 тыс. долл. Однако это не относится к стоимости антенных систем – за последние 10 лет они значительно подорожали, особенно заметно для VSAT-станций. Продемонстрируем это на цифрах, начиная



Microwave and Satellite Communications

ООО «МВСатком»

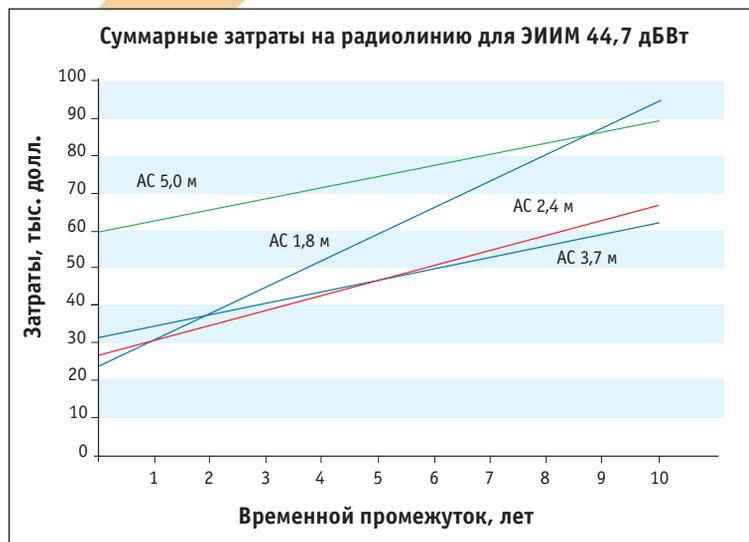
e-mail: info@mwsatcom.ru  
www.mwsatcom.ruТел: (495) 788-78-61,  
Факс: (495) 670-37-49

## ВСЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ

- Поставка оборудования для спутниковых станций и сетей связи РАДИС, ЦСР МНИИРС, NJRC, ComtechEFData, Andrew, Codan, ELTECO, Agilis, Advantech, AnaCom, Space Machine&Engineering, Sector Microwave
- Гарантийное и послегарантийное обслуживание
- Интеграция проектов

- ✓ Оптимальное соотношение «цена/качество» по каждому проекту
- ✓ Сертифицированные земные станции С- и Ku-диапазонов (2,4/3,7 м)





**Рис. 3.** Оптимизация затрат на создание и эксплуатацию спутниковой сети в течение заданного времени

с 1995 г. — в период развития спутниковой связи, который ознаменовался началом либерализации и формирования рынка оборудования спутниковой связи, появлением импортных комплектующих в составе ЗС. Кроме того, данный период на рынке спутниковых телекоммуникаций можно охарактеризовать массовым переходом от многофункциональных корпоративных сетей к узкоспециализированным, решающим конкретную задачу (телефония, передача данных, телевидение, Интернет). Для наглядности ЗС условно разделена на три подгруппы оборудования:

- антенные системы — это металлоемкое производство в совокупности с прецизионным изготовлением и наукоемким математическим обеспечивающим аппаратом;
- приемопередающий модуль — это прежде всего СВЧ-техника;
- каналобразующая аппаратура — электронная техника, развитие которой во многом схоже с развитием компьютерной техники.

На рис. 2 показано соотношение цен на составляющие ЗС по состоянию в период с 1997 по 2006 г. Если в 1997 г. удельный ценовой вес антенны в составе типовой ЗС составлял 6%, то в 2006 г. — около 25%.

Для специализированных сетей связи, построенных по технологии VSAT, эта доля еще больше

и достигает 40–50%.

Такое изменение в «расстановке сил» внутри земных станций можно считать основным с точки зрения производителя антенных систем для сетей VSAT, оно должно быть проанализировано и учтено всеми изготовителями антенной техники.

Чем же обусловлено столь резкое снижение стоимости VSAT-станций? Ответы лежат на поверхности — уменьшается цена цифровой техники (здесь мы наблюдаем полную аналогию с технологией персональных компьютеров и бытовой техники). Однако не это главное. Многократное снижение стоимости VSAT произошло вследствие применения в станциях VSAT антенн 1,2 и 1,8 м вместо используемых ранее 2,4 и 3,7 м. Технически грамотно это можно реализовать только при аналогичном улучшении характеристик спутников-ретрансляторов, чего, судя по параметрам КА пятилетней давности и современных, не наблюдается. Приходится констатировать, что уменьшение диаметров антенн VSAT-станций продиктовано не технически обоснованными тенденциями, а стремлением поставщиков систем спутниковой связи максимально снизить стоимость ЗС с целью увеличения продаж.

## Выбор оператора

И все же основным критерием выбора антенны являются не технические характеристики антенн и бренды оборудования, а минимизация затрат на сеть и, следовательно, повышение прибыли оператора.

Известно, что основную часть финансовых затрат на сеть при

эксплуатации в течение более 5 лет составляет оплата частотно-энергетического бюджета, стоимость которого напрямую зависит от диаметра используемых в сети антенн. Здесь необходимо отметить, что сегодня, даже при работе через самые современные российские спутники («Экспресс-АМ» и «Ямал-200»), оптимальной антенной является АС с диаметром рефлектора 2,4–3,7 м. Так называемая согласованная (со спутником) антенна, которая обеспечивает равное использование частотного и энергетического ресурсов борта, и, соответственно, максимальную пропускную способность ретранслятора, что очень важно для владельца спутника. А оператор связи при этом не переплачивает ни за перерасход энергии борта, ни за перерасход мощности и получает минимальную стоимость частотно-энергетического ресурса.

В современных системах связи при эксплуатации сети в течение 10 лет в 90% случаев экономически целесообразно использовать антенны 3,7 м [2]. Минимальные первоначальные затраты приводят к многократному финансовому проигрышу (рис. 3).

В настоящее время многие операторы для снижения занимаемой на спутнике полосы частот переходят на многофазные методы модуляции (8PSK, 16QAM), что также приводит к увеличению диаметра согласованной антенны.

Таким образом, стремление любыми средствами уменьшить диаметр антенны до 1,2–1,8 м, вместо применения согласованной со спутником антенны, является сегодня своеобразной «модой» в спутниковой связи, не подкрепленной технико-экономическими расчетами и зачастую навязываемой поставщиками оборудования и систем.

## С-диапазон

Отдельного разговора заслуживают антенные системы С-диапазона. Это связано с тем, что в России создаются уникальные спутниковые системы, обладающие следующими свойствами:

- работа в С-диапазоне;
- работа с круговой поляризацией;
- работа с разделением сигналов только за счет поляризационной развязки.

Для обеспечения работы в такой системе [3] необходимо, чтобы:

- коэффициент эллиптичности (КЭ) антенн ЗС был не менее 0,94;
- в состав ЗС входило устройства коррекции поляризационных характеристик антенн.

Вся «тяжесть» работы в системе с поляризационным уплотнением «ложится» на антенную систему. В регламенты ФГУП «Космическая связь» и ОАО «Газком» внесены соответствующие требования по кроссполяризационной развязке и КЭ. Для спутниковых операторов это означает не только удорожание антенных систем (за счет значительно более высоких технических характеристик), но и необходимость модернизации или

замены существующих действующих антенных систем, что также приводит к финансовым затратам.

Существует ли сегодня техническая база для перехода на системы с поляризационным уплотнением? Устройства коррекции поляризационных характеристик антенн не разработаны. Антенны с КЭ не менее 0,94 во всей полосе частот 800 МГц серийно выпускает только ОАО «НПО ПМ-Развитие», некоторые другие производители – в более узком диапазоне частот.

Отсутствие достаточного количества антенн с требуемыми характеристиками, применение импортных антенн со стандартными коэффициентами эллиптичности, наличие большого парка уже установленных и работающих станций со «старыми» антеннами приводят к значительному (до 35%) недоиспользованию частотного ресурса спутников [4], что, в

свою очередь, обуславливает его удорожание и стремление операторов использовать Ku-диапазон.

## Заключение

Краткий обзор рынка антенных систем спутниковой связи в России еще раз показывает, что выбор оператором той или иной антенной системы должен быть подкреплен четкой теоретической и методической базами для создания экономически эффективных систем спутниковой связи. ■

## Литература

1. Справочник по спутниковой связи и вещанию / Под ред. Л. Я. Кантора. – М.: Радио и связь, 1983.
2. Бобков В. Ю. и др. Выбор оптимальных параметров земных станций при проектировании спутниковых линий связи // Connect! 2004, № 3. С. 62-64.
3. Бобков В. Ю. и др. Оценка требований по кроссполяризационным характеристикам антенн земных станций спутниковой связи // Connect! 2004, № 2. С. 50-54.
4. Бобков В. Ю. и др. Использование поляризационного разделения сигналов в системах спутниковой связи России // Connect! 2004, № 4. С. 120-123.



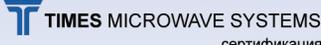
## Novell заставила сервер работать на 70%

Компания Novell представила SUSE Linux Enterprise 10, производительную и масштабируемую платформу нового поколения для открытого предприятия, которая служит безопасным и надежным фундаментом для корпоративных вычислений на всех уровнях, от рабочих мест до центра обработки данных. Данная платформа впервые обеспечит полную поддержку таких инновационных возможностей Linux, как технология виртуализации Xen, защита на уровне приложений и более удобный рабочий стол.

SUSE Linux Enterprise 10 является основой для всех корпоративных Linux-решений Novell нового поколения, включая SUSE Linux Enterprise Server и недавно анонсированный SUSE Linux Enterprise Desktop. Это первая корпоративная платформа, включающая полностью интегрированную и поддерживаемую версию Xen 3.0, нового открытого стандарта для служб виртуализации. Xen 3.0 позволяет консолидировать множество задач на одном сервере, благодаря чему заказчики могут конфигурировать приложения и системы, добиваясь максимальной эффективности. По данным Gartner, сервер обработки данных в среднем задействует лишь 20% своей емкости.

Благодаря средствам виртуализации Xen в составе SUSE Linux Enterprise заказчики получают возможность повысить степень использования серверов почти до 70%.

[www.novell.ru](http://www.novell.ru)



сертификация ISO 9001

### Коаксиальные кабели

## LMR®

полный ряд от LMR 100 (0.1") до LMR 1700 (1.25")

LMR 400 со склада в Москве!

**Применение:**  
*езде, где требуется коаксиальный кабель с низкими потерями, включая беспроводное оборудование, радиоточечные и антенные системы, системы сотовой, пэйджинговой, двусторонней радио связи и т.д.*

**Особенности:**

- низкие потери и уникальная гибкость;
- диэлектрик из вспененного полиэтилена;
- превосходная экранировка (более 90 дБ);
- повышенная стойкость к различным климатическим условиям;
- ресурс не менее 20 лет;
- разъемы, монтажный инструмент.

Кабели **LMR** применяются и рекомендованы пользователям такими производителями беспроводного оборудования как: Alvarion, Airspan, Cisco, Symbol, Proxim, Powerwave, Motorola, Ericsson, Lucent и другими.

Торговый представитель Times Microwave Systems (USA)

Россия, Москва, ул. Бардина, 6/30  
 (495) 135-2413, 135-7709, [www.alpinatech.ru](http://www.alpinatech.ru)

