

# Высотная телекоммуникационная платформа

## Часть 2. Построение фидерной линии связи

Продолжение, начало в № 2



**Владимир БОБКОВ**,  
технический директор  
ООО «МВСатком», кандидат  
технических наук



**Владимир ЯКУШЕВ**,  
специалист департамента  
радиосвязи ООО «МВСатком»

Во второй части, предлагаемой вниманию читателей, рассматриваются решение задачи построения фидерной линии связи и некоторые результаты проведенных экспериментов.

Фидерная линия связи (ФЛС) предназначена для обеспечения обмена информацией между наземной сетью и коммутатором Node-B, установленным на летательном аппарате – стратосферном самолете М-55.

ООО «МВСатком» было поручено спроектировать и реализовать ФЛС со следующими параметрами:

- частота на линии «вверх» – 31,0 – 31,3 ГГц;
- частота на линии «вниз» – 27,5 – 28,3 ГГц;
- скорость передачи информации – до 2048 кбит/с на этапе экспериментальной отработки и до 155 Мбит/с на этапе штатной эксплуатации;

- модуляция и кодирование – QPSK, 3/4, 7/8, турбокодирование;
- дальность – на этапе экспериментальной отработки – до 30 км, на этапе штатной эксплуатации – до 50 км.

Сопряжение с Node-B на борту самолета М-55, с наземной сетью, а на этапе эксперимента – с симулятором RNC – по интерфейсу G.703.

## Использованное оборудование

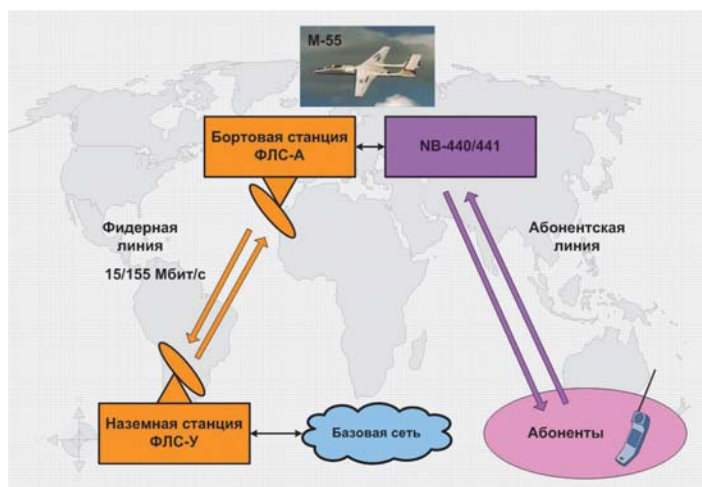
Для создания линии связи ФЛС были разработаны и реализованы две станции – наземная типа ФЛС-У и самолетная типа ФЛС-А. Станции ФЛС-А и ФЛС-У построены по стандартной структурной схеме станций спутниковой связи.

В качестве приемопередатчиков использованы специально разработанные для данного проекта трансиверы фирмы Advantech (Канада) с выходной мощностью 15 Вт, в качестве модемного оборудования – стандартные спутниковые модемы CDM-600L (ComtechEFData) со следующими опциями:

- overhead – для организации канала контроля и управления оборудованием, установленным на М-55;
- турбокодек.

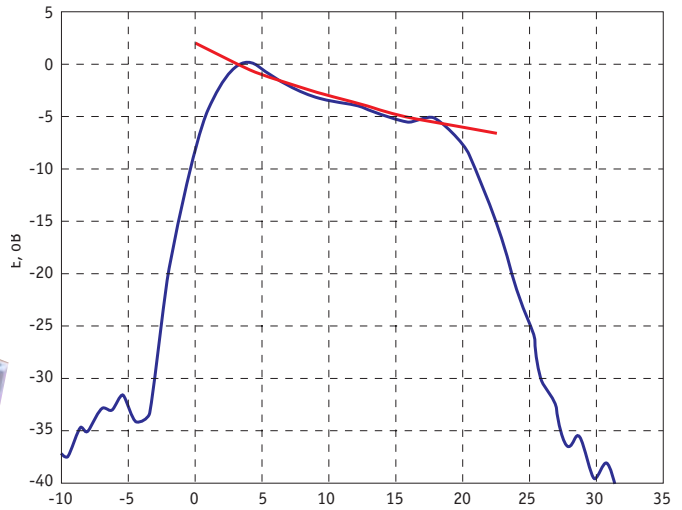
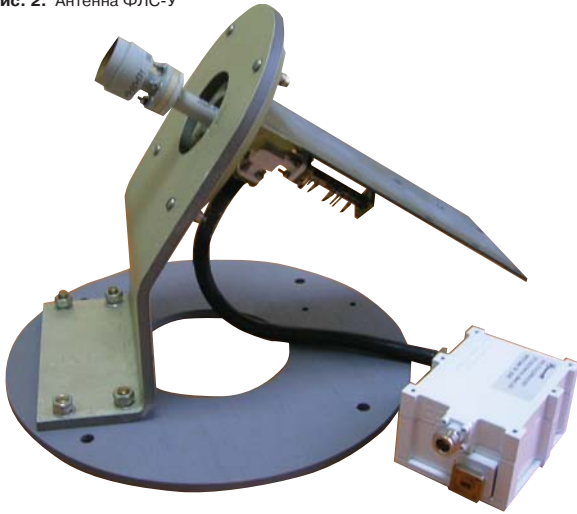
Для разработки и поставки нового нестандартного оборудования компанией «МВСатком» была создана кооперация исполнителей: ООО «Центр спутниковой

**В** первой части статьи было рассказано о принципах работы реализованной в экспериментальном виде системы мобильной связи третьего поколения UMTS 3G на базе высотной телекоммуникационной платформы (ВТП).



**Рис. 1.**  
Система UMTS 3G  
на базе ВТП

Рис. 2. Антенна ФЛС-У



связи», ЗАО «АПЕКС», ФГУП «ВНИИ «Сигнал».

### Антенные системы

Для создания антенн ФЛС-А и ФЛС-У был максимально использован имеющийся задел по технике СВЧ-диапазона 27 – 31 ГГц. Антенна ФЛС-У на первом этапе имела подстройку только по азимуту и косекансную ДН в угломестной плоскости. Внешний вид антенны и ее ДН в угломестной плоскости представлены на рис. 2.

Опорно-поворотное устройство (ОПУ) антенны ФЛС-У аналогично используемым в транспортируемых ЗС типа DriveAway. Приемопередающая аппаратура установлена на ОПУ и вращается вместе с антенной. Тракты приема и передачи объединены в один кабель через циркуляторы и через один кабель и одно коаксиальное вращающееся сочленение соединяются с аппаратурой внутреннего размещения в аппаратном зале.

Антенна и ОПУ для установки на самолете (станция ФЛС-А) были специально разработаны и изготовлены для данного проекта. Особенностью конструкции является отсутствие в составе антенны вращающихся сочленений, как коаксиальных, так и волноводных. Это достигнуто путем неподвижной установки рупора (используется в качестве облуча-

ющего устройства), наличием вращающегося в азимутальной плоскости конструкции с «вырезанным» параболическим рефлектором и вращающегося в угломестной плоскости плоского отражателя. «Вырезанный» рефлектор обеспечивает перенацеливание по азимуту, плоский отражатель – по углу места. На рис. 4 и 5 приведены ДН на частотах приема и передачи и конструкция антенны ФЛС-А.

### Система контроля и управления

Разработана и реализована система контроля и управления (СКУ), которая выполняет следующие функции:

- контроль и управление режимами работы станции ФЛС-У;
- контроль и управление режимами работы станции ФЛС-А;
- выделение и обработка навигационной информации от навигационной системы М-55 и управление системой автосопровождения антенны ФЛС-У;

- контроль и протоколирование основных параметров радиолинии ( $E_B/N_0$ , RX Level и др.);
- визуальное отображение параметров и траектории полета.

Аппаратно СКУ реализована на базе промышленного компьютера ROBO-2000 с платами

Рис. 3. ДН антенны ФЛС-У



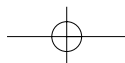
**ООО «МВСатком»**  
 тел: (495) 788-78-61  
 факс: (495) 670-37-49  
 www.mvsatcom.ru  
 e-mail: info@mvsatcom.ru

**ГАРАНТИЙНОЕ И ПОСЛЕГАРАНТИЙНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ**  
**ОПТИМАЛЬНОЕ СООТНОШЕНИЕ "ЦЕНА/КАЧЕСТВО"**  
**ИНТЕГРАЦИЯ ПРОЕКТОВ**

**ВСЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ**

- Поставка оборудования для спутниковых станций и сетей связи РАДИС, ЦСР МНИИРС, SWE-DISH, Newtec, NJRC, ComtechEFData, Andrew, Codan, ELTECO, Agilis, Advantech, AnaCom, Space Machine&Engineering, Sector Microwave и др.
- Сертифицированные земные станции С- и Ku-диапазонов (2,4/3,7М)
- Мобильные станции Fly-Away и Drive-Away





# ТЕМА НОМЕРА

Цифровые грезы вещания. Обзор текущего состояния и перспектив перехода к цифровому телевизионному и радиовещанию

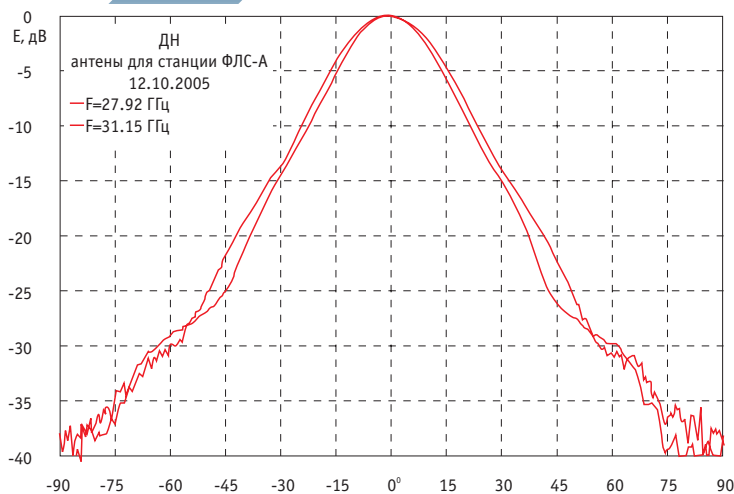


Рис. 4. ДН антенны ФЛС-А

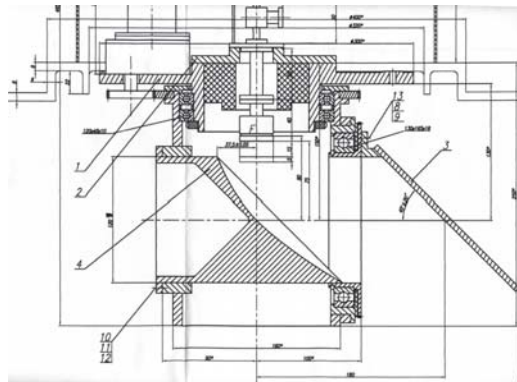


Рис. 5. Конструкция антенны ФЛС-А

интерфейсов MOXA, обеспечивающими подключение контролируемого оборудования по переключаемым интерфейсам RS-232/RS-422/RS-485. На СК установлено специализированное ПО, разработанное специалистами «МВСатком».

## Работа системы наведения

Штатно система наведения обеспечивает работу в режиме по целеуказаниям. Навигационные данные от оборудования М-55

поступают на станционный контроллер (СК) ФЛС-А, далее по информационному каналу ФЛС – на ФЛС-У, где выделяются станционным контроллером ФЛС-У и поступают на СКУ. В СКУ данные обрабатываются, пересчитываются в углы места и азимута, а также производится управление приводами антенной системы ФЛС-У.

## Испытания

Перед началом зачетных полетов был проведен полный цикл

необходимых испытаний – от лабораторных до комплексных испытаний системы при расположении самолета на земле.

На рис. 6 показано оборудование ФЛС-А на этапе проведения лабораторных испытаний, собранное на раме и готовое к установке в гермоконтейнер на самолет М-55.

Натурные испытания проводились в два этапа. Первый, так называемый облеточный полет подтвердил работоспособность всех вспомогательных систем, в том числе систем электропитания, терморегуляции, а также обеспечение требуемого уровня герметичности, прохождение навигационных данных и их корректную обработку.

После этого в декабре 2006 г. был выполнен зачетный полет с работой реальных абонентских терминалов UMTS.

На рис. 7 показаны расчетные и зафиксированные данные траектории полета М-55 в процессе зачетного полета с наложением на реальную карту местности.

Работа высокоскоростной фидерной радиолнии связи (ФЛС) между наземной станцией ФЛС-У и самолетной станцией ФЛС-А была установлена в расчетное время и в заданной точке (№ 1 по полетному заданию) после выхода самолета М-55 на заданную

ИНФОРМУНИКАЦИИ

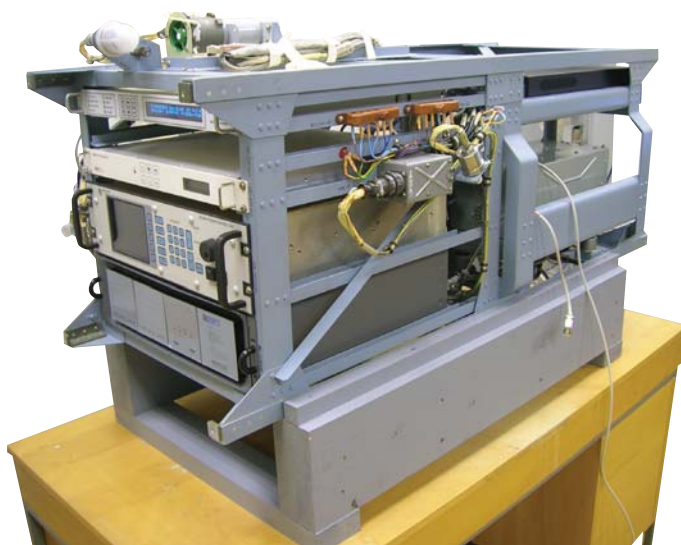
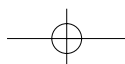


Рис. 6. Оборудование самолетной станции ФЛС-А перед установкой в гермоконтейнер



высоту и траекторию полета. Эти данные контролировались по докладам пилота М-55.

Связь в радиолинии ФЛС была установлена после вхождения М-55 в зону диаграммы направленности (ДН) антенны станции ФЛС-У и повышения уровня принимаемого сигнала демодулятора ФЛС-У до значения минус 60 дБм.

По достижении уровня принимаемого сигнала значения минус 45 дБм (максимальный уровень сигнала при нахождении самолета в максимуме ДН антенны ФЛС-У) работа по слежению за самолетом осуществлялась в двух предусмотренных программой и методиками испытаний режимах – ручном и автоматическом. Параллельно осуществлялись другие, предусмотренные ПМИ, измерения.

Первоначально, после установления канала связи ФЛС, была проведена проверка работоспособности канала дистанционного контроля и управления оборудованием ФЛС-А и ФЛС-У. Канал работал в штатном режиме. Проверка работоспособности и состояния оборудования ФЛС-А и ФЛС-У, включая выходную мощность модемов, излучаемую мощность передатчиков, также показала штатные режимы работы аппаратуры.

Уровни принимаемых сигналов и отношение  $E_b/N_0$  на модемах ФЛС-У и ФЛС-А находились в заданных границах (от минус 55 дБм до минус 45 дБм для параметра RX level и от 8 дБ до >16 дБ для параметра  $E_b/N_0$ ), обеспечивающих коэффициент ошибок (BER) в радиолинии ФЛС не хуже  $10^{-8}$ .

Работа системы наведения станции ФЛС-У была проверена в ручном и автоматическом режимах. В ручном режиме ОПУ ФЛС-У перемещалось в режиме «Поворот» с угловой скоростью перемещения от 0,4 до 0,6 °/с в зависимости от скорости перемещения самолета, на который влияла атмосферная обстановка на высоте 18 км.

В автоматическом режиме были проконтролированы корректное получение навигационных данных на контроллере ФЛС-У по каналу ФЛС от бортовой навигационной системы М-55 и их корректная обработка. В ходе полета была начерчена траектория полета М-55. Рис. 7 иллюстрирует хорошую сходимость результатов обработки системы наведения ФЛС-У с навигационными данными, записанными бортовым компьютером М-55.

Работа радиолинии ФЛС осуществлялась при следующих условиях, обеспечиваемых самолетом М-55 на штатных круговых траекториях:

- высота полета от 18400 до 18880 м;
- скорость от 570 до 766 км/ч;
- крен от  $-6^\circ$  до  $-18^\circ$ ;
- тангаж  $-2^\circ$  до  $+5,5^\circ$ .

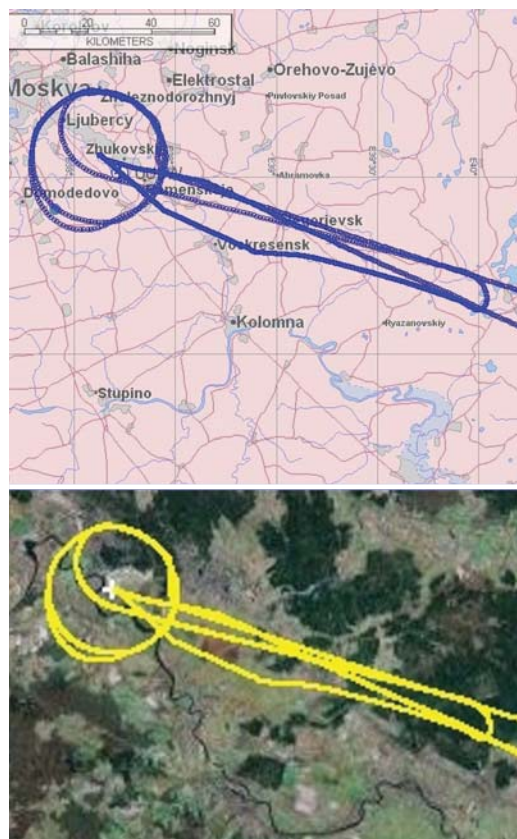
Системы жизнеобеспечения и термостабилизации контейнеров самолетной станции ФЛС-А показали следующие результаты:

- температура воздуха в контейнере от  $9,9^\circ\text{C}$  до  $26,7^\circ\text{C}$ ;
- атмосферное давление в контейнере от 764 до 790 мм рт. ст.;
- автоматическое включение электронагревателей произошло штатно по достижении заданного минимума температуры ( $10^\circ\text{C}$ ).

Кроме того, по результатам работы были проведены анализ энергетики радиолинии и коррекция проведенного предварительного расчета параметров радиолинии в диапазоне 27...31 ГГц. Подтверждено общее затухание в радиолинии около 175 дБ, из которых около 20 дБ приходится на потери в атмосфере.

Таким образом, по результатам предварительного и штатного полетов можно сделать следующие выводы.

1. Система термостабилизации и крепления оборудования ФЛС-А, установленного на самолет М-55, обеспечивает нормальное функционирование ФЛС-А в штатном режиме на заданной высоте около 18 км.



2. Радиолиния ФЛС функционирует в штатном режиме, обеспечивающем заданную вероятность ошибок на бит информации, как в ручном, так и в автоматическом режимах сопровождения самолета. В автоматическом режиме имеется запас около 8 – 10 дБ на погодные условия.

Важнейшие результаты проведенного исследования:

- показана принципиальная возможность создания подобных систем связи;
- создано действующее изделие;
- изделие имеет широкую многофункциональность при установке соответствующей полезной нагрузки на стратосферный самолет (или любой другой носитель);
- отработаны технические вопросы по автоматическому сопровождению самолета;
- отработаны технические вопросы по работе в диапазоне 28/31 ГГц. ■

**Рис. 7.** Расчетные и реальные данные траектории полета М-55