



УДК 621.398

© Д. О. Востров, К. С. Балыкин, А. В. Горев, 2015

## Антенная система для приёма телеметрической информации с подвижного объекта

Представлена система приёма телеметрической информации по радиоканалу с подвижного объекта. Система работает в нелицензированном международном диапазоне частот  $ISN$  на частоте 869 МГц.

**Ключевые слова:** полосковая антенна, вибраторная антенна, подвижный объект, телеметрическая информация, радиоканал.

### Введение

В рамках технического проекта «Модернизация оборудования вертолёта Ми-8 в интересах натурных испытаний головки самонаведения крылатых ракет» для обеспечения испытаний выпускаемых в АО «ОКБ «Новатор» крылатых ракет разработана новая антенная система для приёма телеметрической информации по радиоканалу во время испытательных и боевых пусков.

### Обсуждение

Упрощённо структурную схему телеметрической системы можно представить в виде четырёх блоков (рис. 1): блоки сбора и передачи данных расположены на объекте телеметрии, а блоки приёма и обработки данных – у получателя.

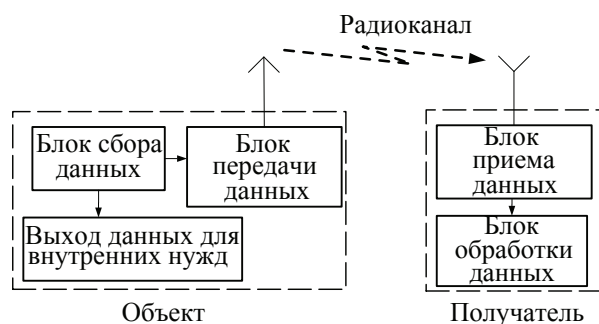


Рис. 1. Структурная схема телеметрической системы

На основе анализа существующих схемотехнических решений [1–3] была спроектирована структурная электрическая схема устройства приёма телеметрической информации с подвижного объекта (рис. 2).

Система телеметрической информации предыдущей модели ПУ-800 (приёмное устройство телеметрической информации с крылатой ракеты) выполнена с антенной вибраторного типа. Полуволновый вибратор изготовлен в форме полого металлического цилиндра с внешним диаметром  $D = 22$  мм и внутренним проводником  $d = 6$  мм. Тем самым

обеспечивается согласование в широкой полосе частот. Размер антенны определяется рабочей частотой и равен  $\lambda/2 = 160$  мм.

Система телеметрической информации новой модели ПУ-800-2М (приёмное устройство двухканальное модернизированное) выполнена с антенной полоскового типа [4–7], настроенной на частоту 869 МГц.

Масса и габариты приёмного устройства системы меньше благодаря новой, плоской конструкции антенны взамен старой, объёмной. Конструкция антенны обладает двумя взаимно ортогональными поляризациями – вертикальной и горизонтальной, что даёт возможность осуществлять двухканальный приём. Сигналы с каждого из каналов проходят по разным, но идентичным по конструкции, схемам приёма телеметрической информации с подвижного объекта. Опрос обоих каналов производится параллельно; ведётся запись получаемых данных на ПЭВМ для дальнейшей их обработки специализированным программным обеспечением.

Антенна полоскового типа (рис. 3) представляет собой тонкую плоскую проводящую пластину той или иной формы, размещённую на диэлектрическом слое – подложке, ограниченной снизу проводящей экранной плоскостью больших, чем у пластины, размеров. Подложка для антенны выполнена из флана толщиной 3 мм,  $\epsilon = 3,8$ . Коэффициент стоячей волны (КСВ) антенны – не более 1,1 на рабочей частоте и не более 2 в полосе частот  $\pm 3$  МГц.

Для расчёта характеристик антенны используем резонаторный метод, который имеет в случае дисковой антенны очевидные преимущества вследствие простоты интегрирования поверхностных магнитных токов по круговой поверхности при записи функции Грина в цилиндрической системе координат.

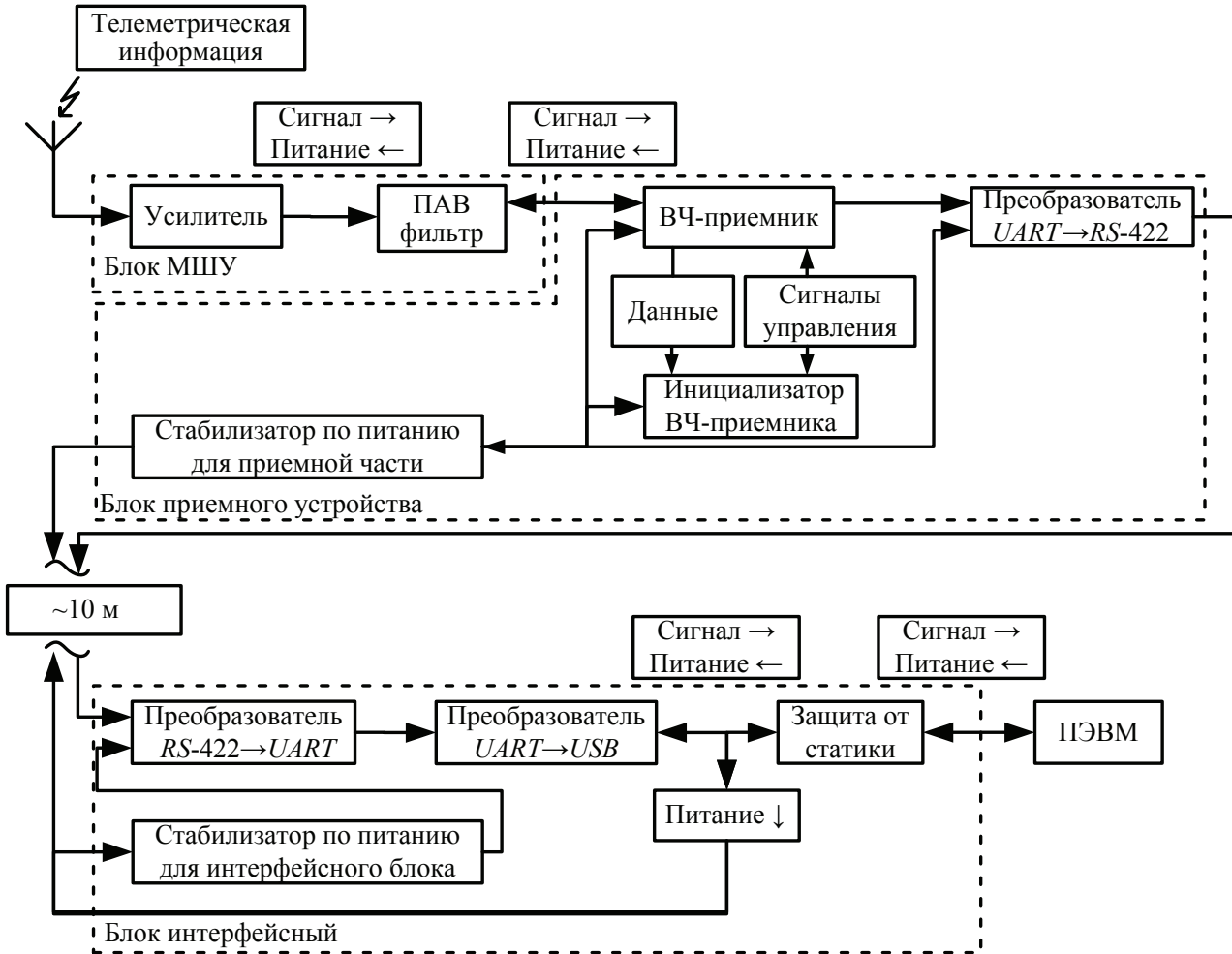


Рис. 2. Структурная электрическая схема устройства приёма телеметрической информации с подвижного объекта

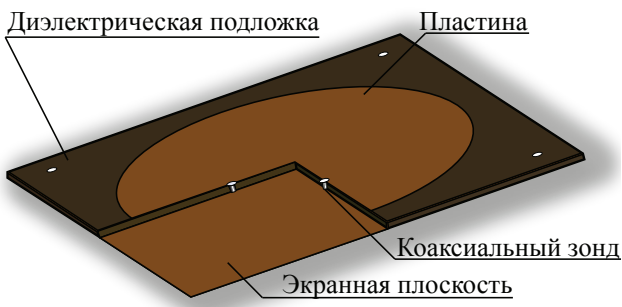


Рис. 3. Антенна полоскового типа для приёма телеметрической информации с подвижного объекта

Составляющая поля по основной поляризации будет иметь вид:

$$\begin{aligned}
 E_{\text{ОП}}(\theta, \varphi) &= -\sqrt{120} \left[ 1 - (\sin \theta \sin \varphi)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \times \\
 &\times \cos \theta \sin^2 \varphi \cdot J_1'(k_0 a \sin \theta) G^M(\theta) + \\
 &+ \cos^2 \varphi \cdot \frac{J_1(k_0 a \sin \theta)}{k_0 a \sin \theta} F^M(\theta) = \\
 &= E_{\text{maxОП}} F_{\text{ОП}}(\theta, \varphi) e^{i\varphi_{\text{ОП}}},
 \end{aligned}$$

где  $E_{\text{ОП}}$  – напряженность электрического поля основной поляризации;

$\theta$  – угол поворота в сферической системе координат;

$\varphi$  – фаза поля в сферической системе координат;

$J_1(x), J_1'(x)$  – функция Бесселя первого порядка и её производная;

$a$  – величина вектора в сферической системе координат;

$k_0$  – начальное волновое число (коэффициент фазы).

$G^M(\theta), F^M(\theta)$  – функции, учитывающие структуру подложки (в нашем случае – выполненной из флана);

$E_{\text{maxОП}}$  – максимальная напряженность электрического поля основной поляризации.

Кроссполяризационную составляющую поля в нашем случае не рассматриваем как незначительную.

Моделирование и расчёт антенны поло-





ского типа произведены в специализированном программном обеспечении FEKO. Данные диаграммы направленности (ДН, рис. 4) позволяют судить о реальном распределении энергии в дальней зоне, принимаемой антенной в плоскостях  $E$  и  $H$ , что с высокой точностью моделирует реальную радиолинию.

После сборки и настройки приёмной антенны в безэховой камере была снята реальная ДН. Сравнение двух ДН показало, что ширина ДН по уровню половинной мощности, рассчитанная в FEKO, составляет  $95^\circ$ , а полученная в безэховой камере –  $90^\circ$ . Это различие связано с упрощённостью математической модели, заданной в FEKO.

Сравнительные характеристики систем приемопередачи телеметрической информации

Параметр	ПУ-800	ПУ-800-2М
Количество каналов	1	2
КСВ на рабочей частоте	1,1	1,1
Интерфейс	RS-422→USB	RS-422→USB
Время установки на борт, мин	40	5
Масса, кг	5	1

Приёмное устройство ПУ-800-2М осуществляет приём телеметрической информации по радиоканалу с летательного аппарата, на котором размещается аппаратура блока контроля полета или система контроля полета. Приёмное устройство принимает высокочастотный кодированный сигнал с летательного аппарата на несущей частоте  $f_0 = (869,00 \pm 0,01)$  МГц, декодирует этот сигнал, а также транслирует данную информацию на ПЭВМ.

Корпус приёмного блока крепится к гладким поверхностям (например, к стеклу) присосками, что исключает деформацию поверхностей (рис. 5).

Вибростойкость устройства позволяет выдержать эксплуатацию в вертолёте.

Система успешно прошла лётные испытания.

### Заключение

Путём модернизации предыдущей модели (замены вибраторной антенны на полосковую) спроектирована новая антенная система для приёма телеметрической информации по ра-

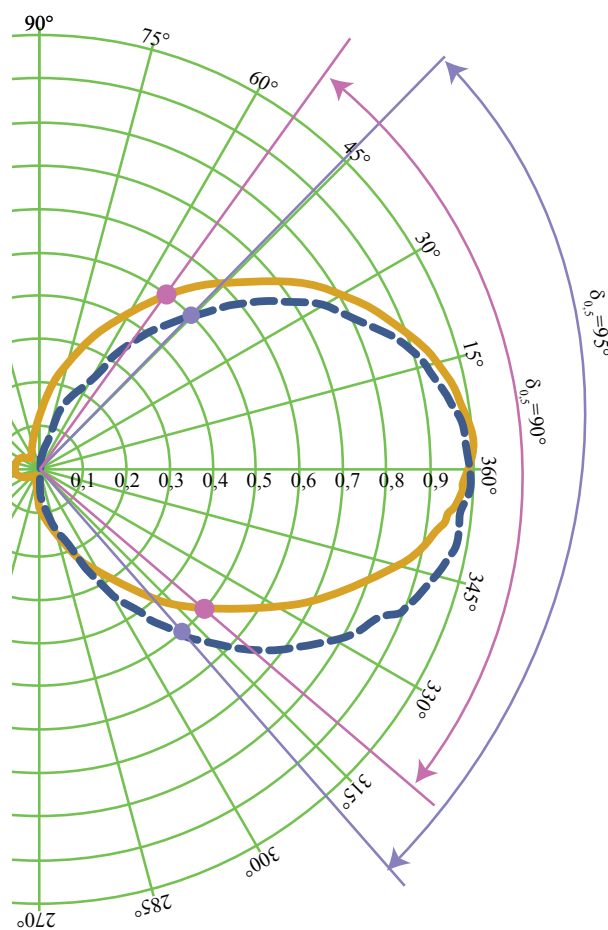


Рис. 4. Диаграммы направленности приемной антенны: рассчитанная в FEKO (пунктирная линия) и полученная в безэховой камере (сплошная линия)

диоканалу с подвижного объекта.

Система полностью совместима с уже имеющимися и по сравнению с предыдущей моделью обладает следующими преимуществами:

- большая эффективность благодаря использованию высокочастотных усилителей;
- устойчивый приём информации незави-

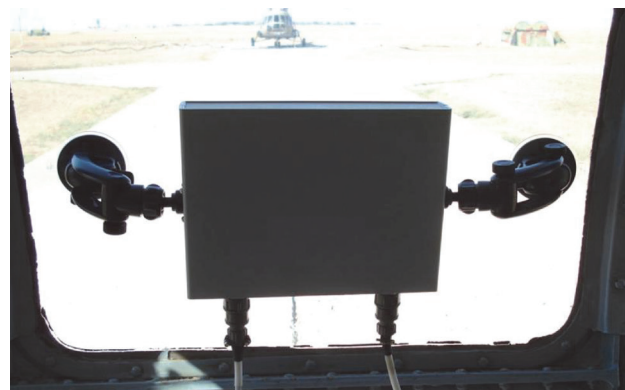


Рис. 5. Приёмный блок с полосковой антенной

симо от манёвров летательного аппарата;  
размещение приёмной антенны и приёмного блока в одном корпусе;  
гармоничная интеграция в существующие системы;  
простота монтажа блока;  
значительное уменьшение массы и габаритов;  
эффективность и надёжность;  
доступная цена.

#### Список литературы

1. Белоцерковский Г. Б. Основы радиотехники и антенны. Ч. 2. М.: Сов. радио, 1969. 328 с.
2. Панченко Б. А. Техническая электродинамика и распространение радиоволн. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2005. 90 с.

3. Панченко Б. А., Князев С. Т. и др. Электродинамический расчёт характеристик полосковых антенн. М.: Радио и связь, 2002. 256 с.

4. Пригода Б. А., Кокунько В. С. Антенны летательных аппаратов. М.: Военное издательство министерства обороны СССР, 1964. 120 с.

5. Лось В. Ф. Микрополосковые и диэлектрические резонаторные антенны. САПР-модели: методы математического моделирования. М.: ИПРЖР, 2002. 96 с.

6. Марков Г. Т. Антенны. М.: Госэнергоиздат, 1960. 544 с.

7. Марков Г. Т., Петров Б. М., Грудинская Г. П. Электродинамика и распределение радиоволн. М.: Сов. радио, 1979. 375 с.

**Поступила 30.03.15**

---

**Востров Дмитрий Олегович** – инженер-конструктор 3 категории АО «ОКБ «Новатор», г. Екатеринбург.  
Область научных интересов: телеметрия, радиолокация, ракетостроение.

**Балыкин Константин Сергеевич** – ведущий инженер-конструктор АО «ОКБ «Новатор», г. Екатеринбург.  
Область научных интересов: телеметрия, радиолокация, ракетостроение.

**Горев Александр Викторович** – начальник конструкторского бюро АО «ОКБ «Новатор», г. Екатеринбург.  
Область научных интересов: телеметрия, радиолокация, ракетостроение.

