

**Проблемы ретрансляции сигналов антенных устройств ракеты-носителя «Союз-2» и блока выведения «Волга» при наземных испытаниях радиотехнических систем на стартовом комплексе космодрома «Восточный»**

*В.А. Капитонов<sup>1</sup>, В.А. Неганов<sup>2</sup>, С.Б. Филиппов<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Акционерное общество «Ракетно-космический центр «Прогресс»  
443009, Российская Федерация, г. Самара  
ул. Земеца, 18

<sup>2</sup> Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики  
443010, Российская Федерация, г. Самара  
ул. Л. Толстого, 23

В статье рассмотрены проблемы передачи информации радиотехнических систем ракеты-носителя и блока выведения через пассивное ретрансляционное антенно-фидерное устройство. Проведены расчет радиолинии и экспериментальное исследование влияния экранирования мобильной башни обслуживания на уровень излучения антенн РН и БВ. Разработан принцип построения схемы ретрансляции сигналов антенных устройств, при испытаниях РТС, с применением антенных насадок.

*Ключевые слова:* мобильная башня обслуживания, радиолиния, ретрансляционное антенно-фидерное устройство, антенная насадка, КСВ, радиогерметичность, ослабление уровня мощности.

## **Введение**

Закономерности распространения радиоволн в значительной мере определяют качественные показатели и устойчивость работы наземных радиолиний. Поэтому знание этих закономерностей с учетом сложного и многообразного влияния различных условий имеет весьма существенное значение для разработки систем радиосвязи и проектирования радиолиний, а также для технико-экономической оптимизации их построения. Закономерности распространения радиоволн в свободном пространстве достаточно полно отражены в научно-технической литературе [1–3].

В предлагаемой работе на основе экспериментальных исследований определена оптимальная конфигурация схемы ретрансляции сигналов антенных устройств РТС ракеты-носителя «Союз-2» и БВ «Волга» при испытаниях на стартовом комплексе под мобильной башней обслуживания на космодроме «Восточный».

Ракета-носитель (РН) «Союз-2» и блок выведения (БВ) «Волга» выбраны для реализации проекта закономерно. Высочайшая надежность при рекордном количестве пусков – вот показатель, за который ценят «Союзы». Сборка РН и кос-

мической головной части производится в специально построенном монтажно-испытательном корпусе, при этом используются типовые процессы отработанные в течении десятков лет на космодромах «Байконур» и «Плесецк». По завершении сборки ракета космического назначения (РКН) перевозится в горизонтальном положении на стартовую площадку, где устанавливается в вертикальное положение в пусковое устройство. Затем производится подвод мобильной башни обслуживания.

## **1. Передача информации РТС РН и БВ через пассивное ретрансляционное антенно-фидерное устройство**

Мобильная башня обслуживания (МБО), представленная на рис. 1, является отличительной особенностью космодрома «Восточный». Использование МБО позволило выйти на качественно более высокий уровень организации работ при наземных испытаниях ракеты космического назначения (РКН) на стартовом комплексе космодрома «Восточный». Башня высотой более 50-ти метров и массой около 1400 тонн оборудована поворотными площадками обслуживания раке-

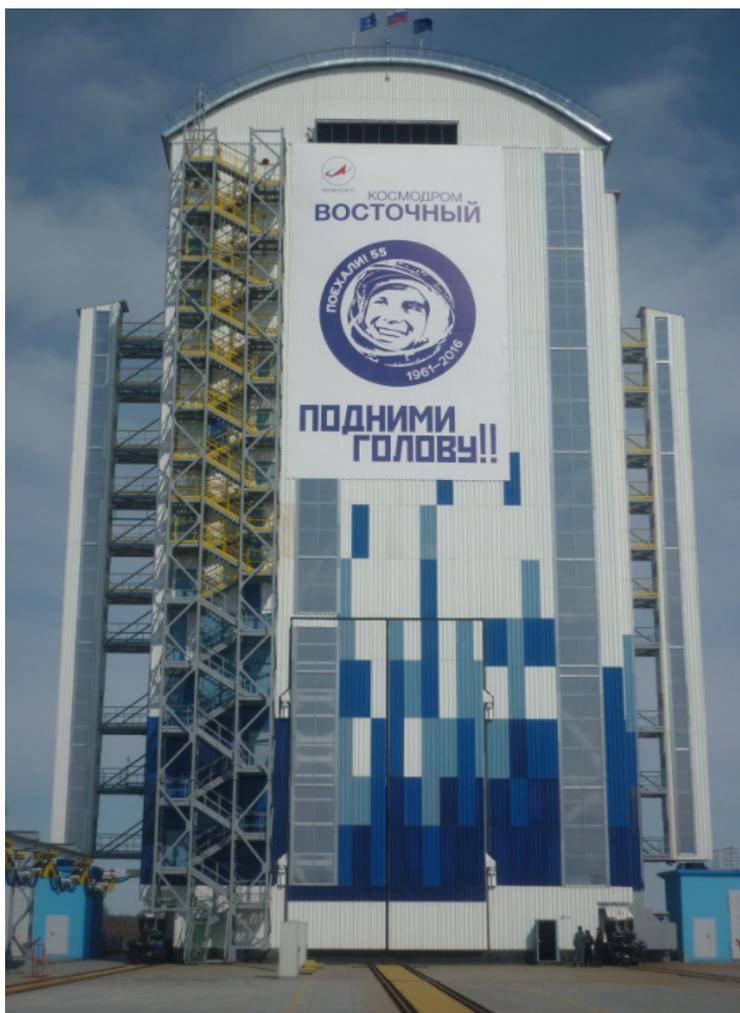


Рис. 1. Мобильная башня обслуживания стартового комплекса космодрома «Восточный»

ты-носителя и космической головной части. МБО обеспечивает доступ рабочего персонала к РКН на различных уровнях и защиту ракеты-носителя от неблагоприятных условий окружающей среды во время подготовки к пуску. Штатные антенны РТС РКН находятся внутри закрытой зоны башни обслуживания, которая экранирует излучение бортовых антенн передатчиков.

Передача телеметрической, видео и другой информации на наземные измерительные станции и командный пункт (КП), при испытаниях РКН на стартовом комплексе, осуществляется с помощью передающих антенных насадок и пассивных ретрансляционных антенно-фидерных устройств (РАФУ).

## 2. Расчет радиолинии

Исходными данными для расчета энергетики радиолинии являются электрические параметры наземной приемной станции (чувствительность, эффективная площадь и поляризация антенны приемной станции), электрические характери-

стики передатчиков РТС (мощность бортового передатчика, рабочая частота) и характеристики системы РАФУ (затухание между бортовой антенной и внутренней антенной-ретранслятором и потерями в высокочастотном кабеле).

Расчет показал что, запас энергетики настолько велик (порядка 27 дБ), что передача информации РТС РН и БВ под МБО на НИПы не представляет собой ни какой сложности посредством простейшего РАФУ, но при первых же испытаниях выяснилось, что сигналы принимаются с большими помехами, не позволяющими оценить передаваемую информацию.

Анализ данных, полученных при испытаниях, свидетельствовал о том, что причиной неустойчивого приема на НИПе и КП, при нахождении РКН под МБО, является взаимное влияние двух или нескольких сигналов на входе приемного устройства.

Многочисленные переотражения сигналов бортовых антенн РКН возбуждают вч-токи на внутренних металлических поверхностях МБО,

а имеющиеся щели, вне зависимости от поляризации возбуждающих токов, формируют паразитные каналы связи, посредством образовавшихся щелевых антенн уровень сигнала которых превысил энергетический уровень РАФУ.

### 3. Экспериментальное исследование влияния экранирования МБО на уровень излучения антенн ТМИ РН

Поскольку расчетным путем оценить степень влияния паразитных каналов на организованный канал РАФУ чрезвычайно сложно, была разработана программа экспериментальных исследований РАФУ РН с помощью макета блока третьей ступени РН «Союз-2» и площадки МБО в лаборатории СВЧ АО РКЦ «Прогресс» на антенном полигоне. После экспериментальных исследований был сделан вывод, что для устранения явления необходимо существенно уменьшить сигнал от бортовых антенн, что было достигнуто с помощью применения антенных насадок.

### 4. Техническое решение проблемы

Антенные насадки, как устройство, относящиеся к радиотехнике сверхвысоких частот (СВЧ), предназначены для применения в качестве эквивалента свободного пространства, экранирования излучения антенн РТС и отвода части излучаемой мощности для качественного контроля функционирования системы, а так же передачи высокочастотного сигнала на через РАФУ на НИПы и КП. Потребность разработки и применения антенных насадок, используемых в процессе испытаний РКН, продиктована следующими обстоятельствами:

1. Возможностью объективного контроля работоспособности аппаратуры в сопряжении с антенными фидерными устройствами (АФУ);

2. Качественной передачей информации через ретрансляторы на КП и НИПы при использовании мобильной башни обслуживания (МБО).

Антенная насадка (АН), как техническое устройство, должно удовлетворять следующим требованиям:

- АН должно быть радиогерметичной;
- АН не должна вносить рассогласования в антенный тракт;

- потери мощности в АН должны быть минимальные (для качественной передачи информации через ретрансляторы).

АН построены на принципе создания вокруг антенны экранированной зоны (металлический

корпус). Экран позволяет получить требуемую герметичность, а радиопоглощающий материал и настроечные элементы – обеспечить необходимое согласование антенны.

АН должны иметь индивидуальную конструкцию, зависимую от конструкции антенн. Поэтому для каждого типоразмера антенн РТС РКН разрабатываются свои насадки и РАФУ.

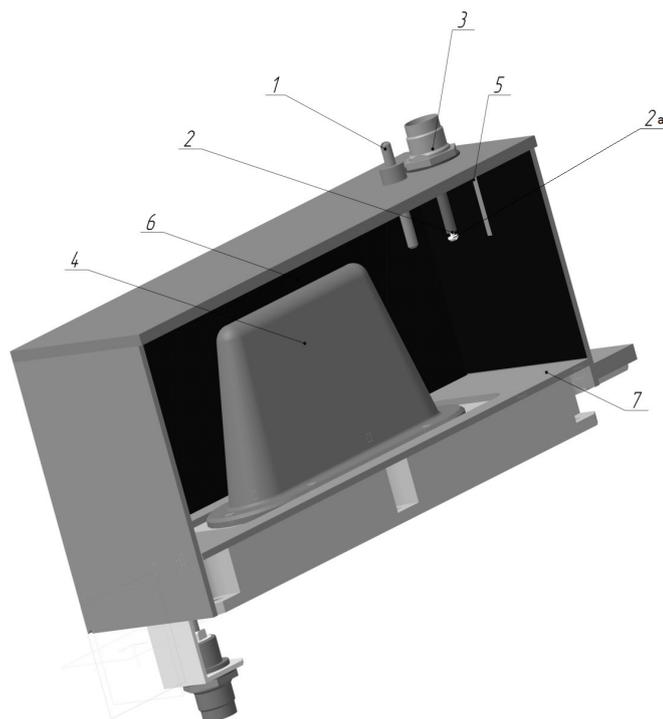
Предлагаемая передающая АН предназначена для экранирования излучения антенн S-диапазона волн системы телеметрических измерений (ТМИ) ракеты-носителя и отвода излучаемой мощности через РАФУ для передачи сигнала на наземный измерительный пункт при испытаниях на стартовом комплексе космодрома [4].

Основным принципом построения данной передающей АН, выбран принцип, при котором ослабление уровня передаваемой мощности в насадке был бы минимальным.

Такие передающие АН характеризуются четырьмя основными электрическими параметрами: коэффициентом стоячей волны (КСВ) АФУ РН с установленной АН, КСВ насадки,  $L_n$  (ослабление уровня мощности в насадке), радиогерметичность  $\mathcal{E}_n$ .

Основным принципом построения данной передающей АН, выбран принцип, при котором ослабление уровня передаваемой мощности в насадке был бы минимальным при бесконтактном элементе связи, т. к. большинство антенн РН закрыты защитным радиопрозрачным кожухом. Конструктивно это можно реализовать элементом связи с настроечными элементами, выполненным по типу антенны, идентичной той антенне, для которой предназначена насадка. 3D модель данной АН представлена на рис. 2.

АН представляет собой металлический экранирующий корпус формы прямоугольного параллелепипеда, выполненного из алюминия АМг6 толщиной 3 мм, стенки которого обклеены пластинами радиопоглощающей резины ХВ 3.2. Выбранный радиопоглощающий материал обладает резонансными свойствами и имеет наибольшее поглощение в области более высоких частот, чем частоты антенн РТС РН, поэтому излучаемая мощность максимально передается через элемент связи антенной насадки. Отличительной особенностью данной АН является наличие настроечных элементов конструктивно входящих в антенну АН. Элемент связи представляет собой антенну типа вертикальный «волновой канал» –



**Рис. 2.** Конструкция антенной насадки бортовой антенны типа «волновой канал» РТС ТМИ РН (боковая стенка АН условно не показана)

**Таблица**

Электрические характеристики антенных насадок

Контролируемый параметр	Значение
КСВ бортовой антенны ТМИ	1,27
КСВ антенной насадки	1,54
КСВ бортовой антенны ТМИ, с устанавливаемой АН	1,27
Ослабление уровня мощности в АН	-4,17 дБ
Радиогерметичность АН	27,51 дБ

директорная антенна бегущей волны в виде ряда параллельных линейных электрических вибраторов, которые расположены в одной плоскости вдоль линии, совпадающей с направлением максимального излучения. Активный вибратор (поз. 2) предназначен для передачи мощности высокой частоты от антенны ТМИ РН (поз. 4) на РАФУ через ВЧ-разъем (поз. 3). Для настройки КСВ предусмотрен настроечный винт, с помощью которого можно плавно изменять входное сопротивление бортовой антенны. В директоре (поз. 1) возбуждается электрический ток вследствие пространственной электромагнитной связи между директором и активным вибратором. Изменением длины директора (поз. 1) регулируется уровень развязки между АН и антенной ТМИ РН, вследствие чего появляется возможность до минимума сократить затухание СВЧ-сигнала. Роль пассивного рефлектора выполняет

задняя стенка АН с прорезью в поглощающем материале (поз. 5). Расстояние между вибраторами составляет  $0,2\lambda$ . Пластина (поз. 7) плотно прилегающая к экрану антенны ТМИ обеспечивает необходимую герметичность АН.

Экспериментально снятые электрические характеристики представлены в таблице.

### Заключение

Эффективность предложенных мер с использованием антенных насадок была подтверждена при испытаниях РТС во время первого пуска с космодрома «Восточный» в апреле 2016 года, при этом был обеспечен высококачественный прием информации на НИПах и КП. Таким образом, проведенные экспериментальные и технические исследования позволили решить проблемы передачи сигналов антенных устройств РТС при нахождении РН «Союз-2» и БВ «Волга» под МБО.

---

**Список литературы**

1. Грудинская Г.П. Распространение радиоволн. М.: Высшая школа, 1967. С. 153–179.
2. Калинин А.И. Распространение радиоволн на трассах наземных и космических радиолиний. М.: Связь, 1979. С. 121–125, 186–199.
3. Неганов В.А. Электродинамика и распространение радиоволн. М.: Радио и связь, 2005. С. 538–557.
4. Патент на изобретение № 2574286, РФ: Антенная насадка / В.А. Неганов [и др.]. МПК Н 01 Q 1/00/ заявл. 12.11.2013.

---

**Problem retransmission of signals from antenna devices of the carrier rocket «Soyuz-2» and block launch «Volga» during ground tests of radio engineering systems at the launch complex of the spaceport «East»**

*V.A. Kapitonov, V.A. Neganov, S.B. Philippov*

The article deals with the problem of data transmission radio systems launcher and launch unit through a passive relaying antenna-feeder device. The calculation of the radio and experimental study of the effect of the mobile service tower at the screening level of radiation antennas LV and BV. A principle of the signal relay circuit antenna devices at Rs trials with the antenna tips.

*Keywords:* a mobile tower of service, a radio line, the relaying antenno-feeding device, an antenna nozzle, SWR, radio tightness, easing of level of capacity.

---