

КОСМИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА. КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ

УДК 621.396.67

АНТЕННАЯ СИСТЕМА КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА «ИОНОСФЕРА»

В.С. Бочаров, А.Г. Генералов, Э.В. Гаджиев
(ОАО «НИИЭМ»)

Разработана антенная система космического аппарата «Ионосфера» космического комплекса «Ионозонд». Приведены основные характеристики спиральной, штыревой и вибраторной антенн.

Ключевые слова: космический аппарат, спиральная антенна, вибраторная антенна, штыревая антенна, поляризация, коэффициент усиления, коэффициент стоячей волны, выходная мощность.

Одной из наиболее быстро развивающихся областей радиоэлектроники является техника антенн и устройств СВЧ. Уровень её развития во многом определяет состояние телекоммуникационных систем, радиолокации, навигации, связи, радиоуправления, телеметрии, радиоастрономии и т. д. [1]. Современные достижения в технике антенн и СВЧ устройств базируются на последних разработках электроники, полупроводниковой техники, технической кибернетики, когерентной оптики и т. д. Новые характеристики радиоэлектронных систем во многих случаях достигаются благодаря органическому слиянию антенны с передающими, приёмными устройствами и системой пространственно-временной обработки сигналов.

В ОАО «НИИЭМ» разработаны три антенны, которые составили антенную систему КА «Ионосфера». Одна антенна предназначена для передачи данных с бортовой аппаратуры научной информации в составе радиолинии спутникового ионозонда «ЛАЭРТ» на рабочей частоте 137 МГц. А две другие предназначены для обеспечения функционирования бортового двухчастотного передатчика МАЯК 150/400 МГц, который имеет два независимых канала. Передатчик предназначен для высокоточных радиотомографических измерений регулярной, волновой и стохастической структуры распределения электронной концентрации в подспутниковой толще ионосферной плазмы с целью выявления аномальных явлений и характерных признаков изменений в ионосфере, связанных с естественными и искусственными возмущениями ионосферы (вулканическая, сейсмическая, циклоническая и грозовая активность, техногенные воздействия), а также для мониторинга ионосферы с целью изучения физических процессов в ионосферной плазме и уточнения существующих моделей ионосферы.

КА «Ионосфера» (рис. 1), входящий в состав космического комплекса (КК) «Ионозонд», создается в ОАО «Корпорации «ВНИИЭМ» по заказу Федерального космического агентства с целью получения регулярной и достоверной информации с помощью измерений космическими средствами характеристик и параметров процессов, явлений в ионосфере, верхних слоях атмосферы, околоземного космического пространства и магнитосферы.

Технические характеристики КА «Ионосфера»

Тип орбиты	Солнечно-синхронная орбита (ССО)
Период обращения	101 мин
Средняя высота	820 км
Наклонение	98 град
Максимальное время пребывания в тени КА	≈30 мин
Масса	До 350 кг
Масса целевой аппаратуры (с радиолинией)	До 100 кг
Габаритные размеры (транспортные)	1200 × 1200 × 800 мм
Режим ориентации Земли	Вектор скорости
Точность ориентации	30 угл. мин
Среднее потребление мощности служебной аппаратуры	До 100 Вт
Среднее потребление мощности целевой аппаратуры	До 150 Вт
Объём передаваемой информации через радиолинию целевой информации (РЛЦИ)	До 20 Гбайт/сутки
Мощность солнечной батареи	Не менее 700 Вт
Расчётный срок активного существования	8 лет
Выведение	Попутно

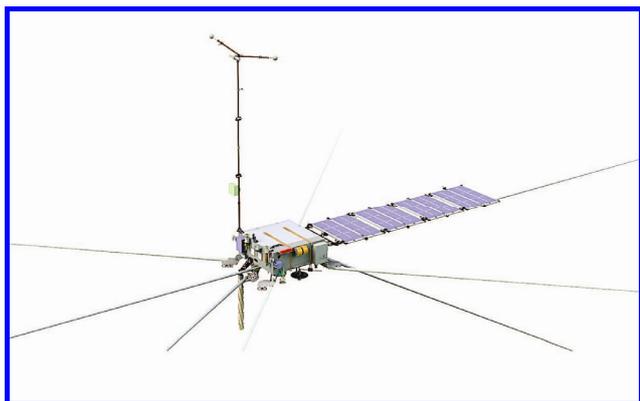


Рис. 1. Космический аппарат «Ионосфера»



Рис. 2. Спиральная четырёхзаходная антенна

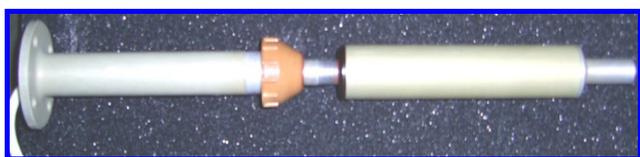


Рис. 3. Штыревая антенна

Характеристики спиральной четырёхзаходной антенны

Рабочий диапазон частот	137,9 ± 0,1 МГц
Поляризация	Эллиптическая, правого направления вращения
Коэффициент усиления (КУ)	2,0 дБ в направлении оси «-Z» КА и не менее 1,0 дБ в конусе рабочих углов ±60° относительно оси «-Z»
Коэффициент стоячей волны (КСВ) в диапазоне рабочих частот	Не более 1,35
Выходная мощность передатчика	Не более 20 Вт
Рабочий диапазон температур	От -50 до +80 °С
Масса	1,64 кг
Габариты	1031 × 96 × 96 мм

Задачами КК «Ионозонд» являются:

- мониторинг состояния ионосферы;
- наблюдение и контроль Солнца и солнечной активности;
- наблюдение и контроль верхней атмосферы;
- контроль состояния магнитосферы;
- диагностика волновой акустики (электромагнитные, акустические волны);

– диагностика корпускулярных ионизирующих излучений;

– диагностика состояния озона.

Данные, полученные от приборов КА, могут быть использованы для решения широкого спектра задач контроля и прогнозирования обстановки в интересах заказчиков и потребителей: Росгидромета, Роскосмоса, МЧС РФ, Минсвязи, Минтранса.

Учитывая принятую общую компоновку КА, возможные места расположения антенн, параметры орбиты и ориентацию КА относительно Земли в полёте по орбите, технические требования к антенно-фидерным устройствам (АФУ), наиболее целесообразно в составе АФУ КА использовать антенны, обеспечивающие диаграммы направленности (ДН) в направлении Земли для передачи информации на наземные пункты приёма и сбора информации. Исходя из выше сказанного для КА «Ионосфера» были разработаны следующие антенны.

Для передачи данных с бортовой аппаратуры научной информации в составе радиолинии спутникового ионозонда «ЛАЭРТ» на рабочей частоте 137 МГц была разработана спиральная четырёхзаходная антенна (рис. 2).

Экспериментальные исследования антенн подобного типа довольно подробно представлены в работах [2, 3] и широко используются в системах космической связи в качестве бортовых и наземных антенн.

Антенна представляет собой резонансную, четырёхзаходную, полувитковую спираль, излучатели которой последовательно запитаны с фазовым сдвигом 90°, что обеспечивает излучение антенной поля с поляризацией близкой к круговой. Направление намотки излучателей обеспечивает правостороннюю поляризацию. Излучающие части спирали (витки) выполнены в виде изогнутых медных трубок. Длины витков близки к $\lambda/2$.

Питание витков спирали происходит с помощью коаксиальных кабелей, проходящих внутри двух соседних витков спирали и обеспечивающих питание двух пар противоположных витков спирали, что позволяет получить широкополосное симметрирование токов, питающих витки спирали. Фазовый сдвиг токов в кабелях 90°, что и обеспечивает питание излучающих элементов спирали фазовым сдвигом 0°, 90°, 180°, 270°.

Для обеспечения функционирования бортового двухчастотного передатчика МАЯК 150/400 МГц с двумя независимыми каналами были разработаны штыревая и вибраторная антенны.

Штыревая антенна представлена на рис. 3.

Антенна выполнена в виде четвертьволново-го несимметричного вибратора, установленного вертикально на панели корпуса КА, обращенной к Земле. Для уменьшения размеров антенны и согласования с входным сопротивлением питающего кабеля вибратор имеет внутри короткозамкнутую коаксиальную линию и поднятую над основанием точку питания.

Вибраторная антенна представлена на рис. 4.

Антенна представляет собой полуволновый

Характеристики штыревой антенны

Рабочий диапазон частот	150 ± 1,92 МГц
Поляризация	Линейная (вертикальная)
Диаграмма направленности	Преимущественно в направлении ±45° от надира (ось «-Z» КА) и с нулевым провалом в направлении «-Z»
Коэффициент стоячей волны (КСВ) в диапазоне рабочих частот	Не более 2,0
Выходная мощность передатчика	Не более 1,0 Вт
Рабочий диапазон температур	От -50 до +80°C
Масса	0,26 кг
Габариты	366 × 25 × 25 мм

Характеристики вибраторной антенны

Рабочий диапазон частот	400 ± 5,12 МГц
Поляризация	Линейная
Коэффициент усиления (КУ)	КУ не менее «-3,5 дБ» с неравномерностью не более 6 дБ в конусе рабочих углов ±45° от надира и 360° по азимуту
Коэффициент стоячей волны (КСВ) в диапазонах рабочих частот	Не более 2,0
Выходная мощность передатчика	Не более 1,0 Вт
Рабочий диапазон температур	От -50 до +80°C
Масса	0,5 кг
Габариты	346 × 244 × 35 мм

симметричный вибратор, установленный параллельно панели КА, обращенной к Земле.

Полностью антенная система КА «Ионосфера» представлена на рис. 5.

Также был разработан антенный макет, на котором проходили все работы по настройке антенн. Антенный макет, изготовленный в масштабе 1:1, представлен на рис. 6.

Антенны успешно прошли предварительные испытания, и в настоящий момент идут работы



Рис. 4. Вибраторная антенна

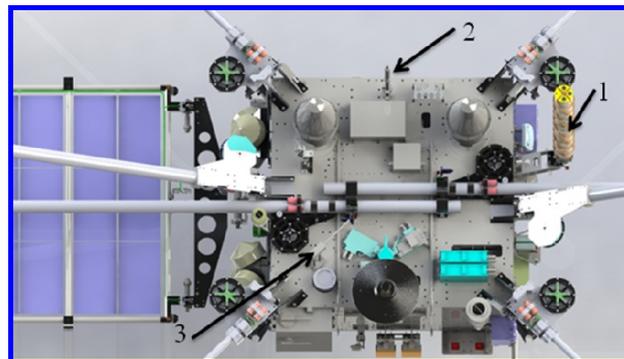


Рис. 5. Объемная модель КА «Ионосфера»: 1 – спиральная антенна; 2 – штыревая антенна; 3 – вибраторная антенна

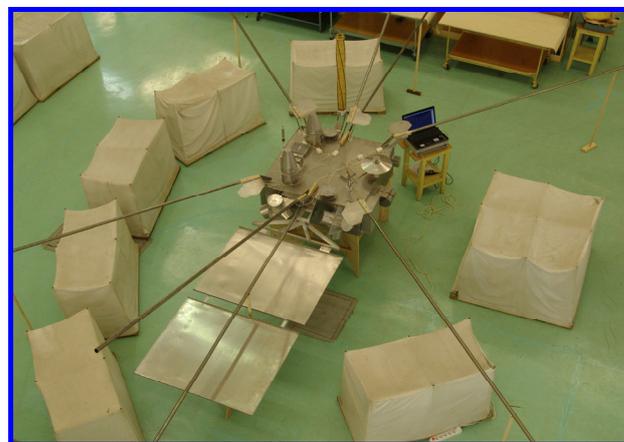


Рис. 6. Антенный макет КА «Ионосфера» (вид сверху)

по сдаче лётных образцов для КА «Ионосфера».

При разработке антенн для данного КА были учтены все требования технических заданий на разработку АФУ, влияние на характеристики антенн элементов конструкции и их размещения на поверхности КА; была обеспечена электромагнитная совместимость и учтено влияние со стороны других блоков научной аппаратуры, входящих в состав КА.

Поступила в редакцию 11.09.2012

Литература

1. Устройство СВЧ и антенны / Д. И. Воскресенский, В.Л. Гостюхин, В.М. Максимов [и др.]; под ред. Д. И. Воскресенского. – 3-е изд., исп. и доп. – М. : Радиотехника, 2008. – 384 с.
2. Design of an S-Band Rectangular Microstrip Patch Antenna / K. O. Odeyemi, D. O. Akande, E. O. Ogunti // European Journal of Scientific Research. – Vol. 55. – No. 1 (2011). – Pp. 72 – 79.
3. C. C. Kilgus Shaped-Conical Radiation Pattern Performance of the Backfire Qudrifillar Helix / IEEE Trans on Antennas and Propagation. – 1975. – Pp. 392 – 397.

*Владимир Семёнович Бочаров, начальник лаборатории.
Александр Георгиевич Генералов, начальник сектора.
Эльчин Вахидович Гаджиев, инженер, аспирант.
Т. (495) 994-55-57.
E-mail: otd24@niiem.ru.*