

БИСТАТИЧЕСКИЙ РАДИОЛОКАТОР Р ДИАПАЗОНА ДЛЯ МКА «АИСТ-2»

А.В. Борисенков, О.В. Горячкин, В.И. Дмитренко, В.Н. Долгополов, Б.Г. Женгуров,
А.А. Журавлев, И.Г. Курков, С.М. Хохлов

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики,
Самара, Россия

ОАО «Ракетно-космический центр «Прогресс», Самара, Россия

oleg.goryachkin@gmail.com

В настоящее время мы являемся свидетелями интенсивного развития космических радиолокационных систем дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Сферы использования космической радиолокационной информации сегодня это картография, геоинформационные системы, геодезия, мониторинг последствий стихийных бедствий и катастроф, контроль и картографирование поверхностных (нефтяных) загрязнений водной поверхности, обеспечение судоходства в высоких широтах (ледовая проводка), контроль состояния лесных массивов, измерение влажности почв, сельское хозяйство, прогноз урожая, контроль состояния нефте- и газо- проводов, экологический мониторинг, археология, контроль динамики поверхности Земли, военные приложения.

В последние годы повышается интерес к использованию космических радиолокаторов с синтезированной апертурой (РСА) VHF или Р диапазона для наблюдения подповерхностных, укрытых или замаскированных растительностью объектов, геологического картографирования, измерения биомассы растительности и других приложений.

Известно, что при реализации этих систем разработчики сталкиваются с проблемой разрушающего влияния ионосферы [1,2], ограничениями регламента радиосвязи, необходимости развертывания в космосе крупногабаритной антенной системы [3,4], применение высокоскоростной радиолинии и ЗУ большой емкости, мощного сосредоточенного передатчика, необходимости использования в радиолокаторе полного поляриметрического базиса и в конечном итоге весьма дорогостоящего космического аппарата и/или системы КА.

В ряде работ [5,6] было показано, что развитие технологий многопозиционного радиолокационного зондирования в последние годы открывает возможности по созданию нового класса аппаратуры радиолокационного зондирования в VHF или Р диапазонах частот, не требующей вышеперечисленных затрат.

С учетом вышесказанного представляется целесообразным рассмотреть возможность реализации системы многопозиционного радиолокационного дистанционного зондирования Земли и околоземного пространства в VHF или Р диапазонах частот на базе микро и малых космических аппаратов (МПРЛК). По предварительным оценкам МПРЛК может включать в себя несколько МКА обеспечивающих радиолокационное наблюдение поверхности Земли в «телевизионном» режиме (квазинепрерывное наблюдение с высокой периодичностью) с пространственным разрешением 5-30 м в полосе до 6 км протяженностью до 10 км (при использовании 1-го КА), точностью определения высоты до 5м, глубиной проникновения под поверхность до 100м (в зависимости от влажности почвы). В случае приема на систему приемных пунктов МПРЛК позволяет реализовать томографирование ионосферы над контролируемым районом.

Примерная схема работы системы для одного МКА показана на Рис.1.

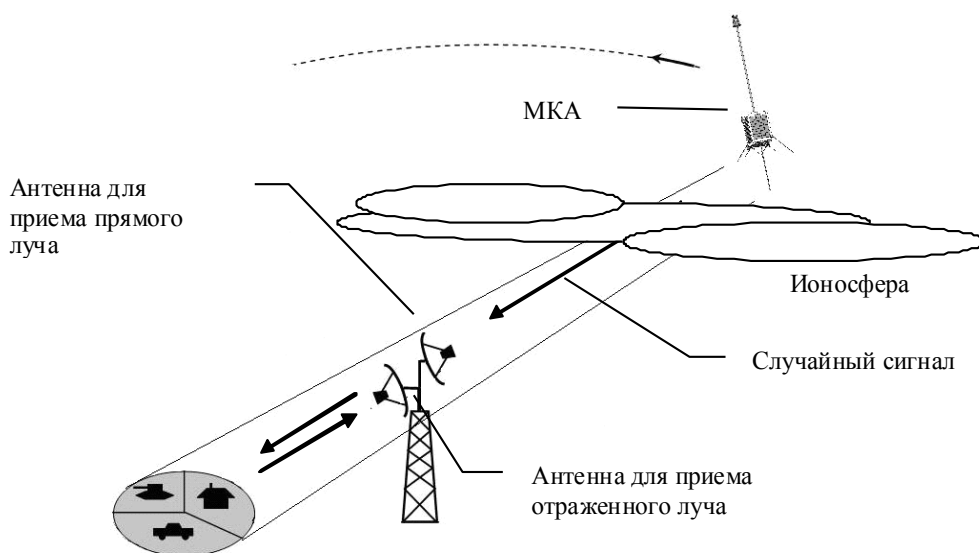


Рис.1. Схема системы многопозиционного радиолокационного дистанционного зондирования Земли.

Импульсные сигналы бортового передатчика принимаются наземной аппаратурой (стационарного или мобильного исполнения) по двум каналам: «прямому» и «отраженному». Такая схема приема позволяет компенсировать искажения сигнала в ионосфере и обеспечить когерентную обработку сигнала.

Обоснование основных параметров данного проекта удобно представить в виде ответов на часто задаваемые вопросы:

1. *Почему выбран VHF или P диапазон частот?* При использовании данного диапазона существенно снижаются требования к массогабаритным характеристикам бортовой аппаратуры МПРЛК, можно использовать простейшие передающие антенны, от КА не требуется наличие высокоточных систем обеспечения ориентированного полета, что собственно и позволяет использовать дешевый микроспутник. В [5] показано также, что область зоны фокусировки радиолокационных изображений максимальна именно в УКВ и P диапазонах длин волн. В этих диапазонах максимальна проникающая способность радиоволн, что дает возможность наблюдать подповерхностные, укрытые и замаскированные цели искусственного происхождения.

2. *В чем состоят преимущества использования наземной приемной аппаратуры для формирования изображений МПРЛК?* Только таким способом возможно компенсировать деградацию радиоволн УКВ диапазона в атмосфере Земли и получить относительно высокое пространственное разрешение. Кроме того, двухпозиционная схема получения радиоизображений позволяет убрать с борта КА высокоскоростную радиолинию, ЗУ, т.е. удешевить и упростить космический сегмент системы. При такой схеме МПРЛК просто реализуется интерферометрический режим съемки на две приемные антенны в НП с базой 1-2м, что дает высокую потенциальную точность определения высоты объекта. При использовании стационарной наземной аппаратуры становится доступным режим «телевизионного» наблюдения, когда на получение очередного снимка одной и той же поверхности затрачивается минимальное время. Ну и наконец, при реализации системы возможно получение локальных разрешений ГКРЧ на использование полос до 50 МГц, что дает возможность получить разрешенные системы 3-5 м.

3. *Сколько спутников необходимо разместить на орбите?* Предлагаемая система полностью работоспособна при наличии на орбите 1-го МКА. При увеличении количества спутников достигается соответствующее увеличение периодичности съемки объектов от 12 часов до 5 минут. Однако, особенность системы в том, что ограничение несанкционированного доступа к ресурсам системы достигается специальным кодированием сигналов передатчиков так, что для несанкционированного пользователя наличие в зоне радиовидимости бо-

Секция 1. Научные и технологические эксперименты на малых КА

лее 2-х МКА создает помехи, ограничивающие доступ к системе, а при 1-м МКА таких помех нет.

4. *Каковы преимущества системы в сравнении с существующими?* Ответ на этот вопрос иллюстрирует предлагаемая таблица.

Таблица. Сравнительные характеристики МПРЛК

Характеристика	МПРЛК (1-50 КА)	Радиолокационные системы ДЗЗ (1-4 КА)	Оптоэлектронные системы ДЗЗ (1-4 КА)
Всепогодность, круглосуточность съемки	есть	есть	нет
Восстановление рельефа	есть	есть	есть
Контроль микродеформаций рельефа	есть	есть	нет
Селекция движущихся целей	есть	есть	нет
Высокая периодичность съемки	до 5 мин	1-3 суток	1-3 суток
Возможность наблюдения под поверхностных, укрытых листвой объектов в УКВ и Р диапазонах	есть	нет	нет
Томография ионосферы Земли	есть	нет	нет
Наблюдение воздушных целей	есть	нет	нет

В рамках программы создания МКА «АИСТ-2» предполагается отработка ключевой технологии МПРЛК в виде развертывания бистатического радиолокационного комплекса с синтезированной апертурой Р диапазона (БиРЛК). Бортовая аппаратура БиРЛК представляет собой многорежимный импульсный передатчик, обеспечивающий широкую гамму высоко стабильных сигналов на несущей частоте 435 МГц, в полосе 1-30 МГц. Типы используемых зондирующих сигналов: последовательность прямоугольных импульсов, последовательность ЛЧМ-импульсов, последовательность фазоманипулированных сигналов, кодируемых М-последовательностью. Импульсная мощность излучаемого сигнала на входе антенны составляет не более 200 Вт. Бортовая антенна представляет собой антенну Уда-Яги, поляризация антенны на излучение – линейная, коэффициент усиления 5 Дб. Наземная стационарная аппаратура представляет собой двухканальный приемник прямого усиления с цифровой регистрацией и последующей обработкой сигналов в полосе 400 МГц. Наземная антенна «отраженного» канала представляет собой антенную решетку 2×2 антенн Уда-Яги, поляризация антенны на прием – круговая, коэффициент усиления 18 Дб. При данных параметрах системы на расстоянии 10 км от приемной позиции обеспечивается чувствительность БиРСА (σ_0) не хуже 20 Дб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Ishimaru A., Kuga Y., Liu J., Kim Y., Free-man T. *Ionospheric effects on synthetic aperture radar at 100 MHz to 2 GHz.* //Radio Science (USA) – 1999 – vol. 34 – num.1 – p. 257-268.

[2] Goriachkin O.V. *Azimuth Resolution of Spaceborne P,VHF-Band SAR* // IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters. – 2004. – Vol.1. - №4. – P.251-254.

[3] Akhmetov R.N., Belokonov I.V., Goriachkin O.V., Kovalenko A.I., Riemann V.V., Stratilatov N.R., Tkachenko S.I. *Space-based juxtaposition Earth and Circumterrestrial radar monitoring system based on micro-satellites technologies* // in Book of abstracts of the First Specialized International Symposium, Limassol, Cyprus, November 2-7, 2009, M., A.A.Maximov Space Systems Research Institute (NIKS), 2009. – 62 p.

[4] Ramongassie S., Valle P., Orlando G., Arpesi P.G., Hélière F., Arcioni M. *P-band SAR instrument for BIOMASS// EUSAR 2014 – p.1156-1159.*

Секция 1. Научные и технологические эксперименты на малых КА

[5] Akhmetov R., Goriachkin O., Ivachenko E., Kovalenko A., Riemann V., Stratilatov N., Tkachenko S. Multi - Positional VHF - Band SAR System for Earth Observation on the Basis of Microsatellites // Program and Book of Abstracts for 12th URSI Commission - F Triennial Open Symposium on Radio Wave Propagation and Remote Sensing 8th – 11th March 2011 and URSI - F Training Workshops 7th March 2011 in Garmisch - Partenkirchen, Alpine - Bavaria, Germany, 2011, P.78-80.

[6] Ахметов Р.Н., Горячкин О.В., Долгополов В.Н., Журавлев А.А., Иващенко Е.В., Степанов С.В., Стратилатов Н.Р., Ткаченко С.И. Эксперимент по созданию космической многопозиционной системы радиолокационного мониторинга поверхности Земли на базе микроспутников В УКВ диапазоне частот // Научные и технологические эксперименты на автоматических космических аппаратах и малых спутниках: Тезисы докладов второй международной конференции " Научные и технологические эксперименты на автоматических космических аппаратах и малых спутниках". Самара, 27-30 июня 2011 г. - Самара, изд-во СИЦ РАН, 2011.- С.213-214.