

АНАЛИЗ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СТАНЦИЙ С СИНТЕЗИРОВАНИЕМ АПЕРТУРЫ СПУТНИКОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Лобан М.А.¹, инженер

Радионович В.В.², аспирант

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь*

Козлов С.В. – доктор техн. наук

Аннотация. Приведены результаты анализа тенденций развития радиолокационных станций с синтезированием апертуры (РСА) систем дистанционного зондирования земли (ДЗЗ). Показано, что развитие РСА ведется в направлениях расширения диапазона рабочих частот, использования многочастотных и многодиапазонных РЛС, повышения разрешающей способности по продольной и поперечной дальности, гибкого использованию режимов получения изображений, повышения помехоустойчивости за счет компенсации внешних помех при цифровом диаграммообразовании, повышения коэффициента полезного действия передатчика и снижение потерь полезного сигнала при приеме.

Ключевые слова. Радиолокационная станция, синтезирование апертуры, дистанционное зондирование Земли, тенденции развития.

Космические радиолокационные станции с синтезированием апертуры (РСА) представляют собой интенсивно развивающееся научно-техническое направление, обеспечивающее получение достоверной информации о земной и водной поверхности и размещенных на ней объектах независимо от метеорологических условий, времени суток, естественной освещенности, наличия дыма, пыли, растительного или снежного покрова.

К тенденциям развития РСА, размещаемых на искусственных спутниках систем дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) можно отнести следующие: расширение диапазона рабочих частот; использование многочастотных РЛС; повышение разрешающей способности по продольной (РСпр) и поперечной (РСпп) дальности; гибкое использование режимов получения изображений; повышение помехоустойчивости за счет компенсации внешних помех при цифровом диаграммообразовании (ЦДО); повышение коэффициента полезного действия (КПД) передатчика и снижение потерь полезного сигнала при приеме.

Расширение диапазона рабочих частот. В современных космических РСА, применяемых для ДЗЗ, используют L, S, C, X и Ku диапазоны длин волн [1]. При этом: L-диапазон (от 1 до 2 ГГц) и S-диапазон (от 2 до 4 ГГц) являются предпочтительными для решения задач мониторинга растительного покрова; X- и Ku-диапазоны (от 8 до 12 ГГц и от 12 ГГц до 18 ГГц соответственно) применяются при решении задач двойного назначения и для гражданского географического картографирования. Наибольшее распространение получили X- и Ku – диапазоны рабочих частот, в которых функционирует более 80% всех известных РСА систем ДЗЗ. Эти диапазоны в наибольшей степени соответствуют требованиям получения высокого пространственного разрешения, так как позволяют использовать сигналы с широким (до 200 МГц [2]) спектром. Как правило, реализуемое пространственное разрешение в 3-см диапазоне волн составляет 0,5–1,5 м, что оптимально для решения задач видовой разведки, обнаружения малоразмерных объектов на открытой местности. При увеличении разрешения до 0,3...0,5 м может быть эффективно решена задача распознавания типа объекта. В L и S-диапазонах разрешающая способность из-за ограничений на ширину спектра зондирующего сигнала и время синтезирования составляет 3–7 м. Несмотря на сниженную в сравнении с высокочастотным диапазоном разрешающую способность РСА, функционирующие в низкочастотном диапазоне, имеют некоторые преимущества, так как обеспечивается обнаружение искусственных объектов под листовым покровом, увеличивается стабильность фазы сигнала для интерферометрической обработки при построении карт рельефа и обнаружение изменений на радиолокационных изображениях методом дифференциальной интерферометрии и возрастают возможности оценки объема биомассы и определения типа и состояния растительного покрова.

Повышение разрешающей способности по продольной (РСпр) и поперечной (РСпп) дальности. РСпр дальности определяется по формуле: $\Delta r_{\text{пр}} = \frac{c}{2\Delta f_0}$, где c – скорость света ($c = 3 \cdot 10^8$ м/с). Следовательно, для разрешающей способности по продольной дальности равной 1 м ширина спектра сигнала должна составлять 150 МГц (см. рисунок 1а). РСпп определяется по формуле: $\Delta r_{\text{пп}} = \frac{\lambda \cdot R_3}{V \cdot T_c \cdot \sin \alpha \cdot \cos \beta}$, где R_3 – расстояние от спутника до Земли ($R_3 = 500$ км), V – скорость движения РЛС ($V = 8$ км/с) α – угол между вектором скорости и центром зоны синтезирования ($\alpha = \pi/2$), β – угол отклонения антенны ($\beta = \pi/9$). Соответственно, для разрешающей способности по поперечной дальности равной 1 метр при различных длинах волн ($\lambda = 0,1$ м, 0,05 м, 0,03 м соответственно) время синтезирования T_c будет равно 2, 3.5 и 7 секунд (см. рисунок 1б). Реализуемая разрешающая способность по продольной и поперечной дальности современных средств радиолокационного землеобзора космического базирования составляет от долей до сотен метров.

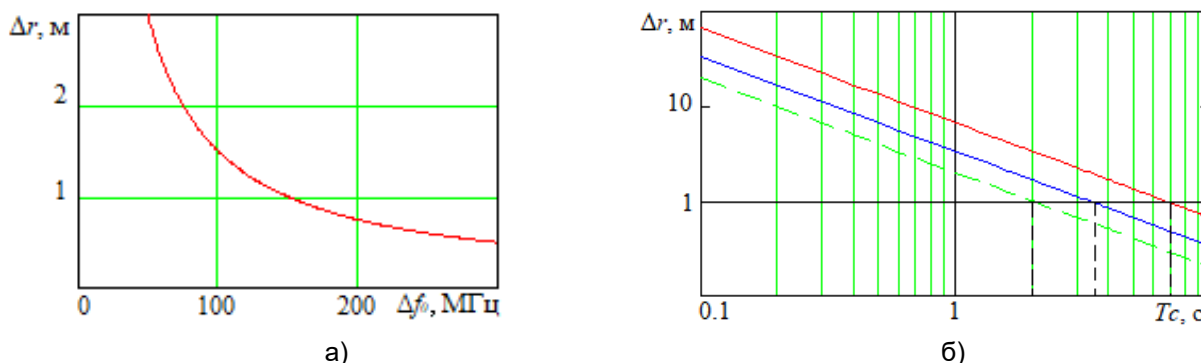


Рисунок 1 – Зависимости разрешающей способности по продольной (а) и поперечной (б) дальностям

Использование многочастотных (многодиапазонных) РЛС. Многочастотные РЛС используют зондирование одновременно как в коротковолновой (С, X, Ku), так и в длинноволновой части СВЧ-диапазона длин волн. На сегодняшний день считается целесообразным создание многочастотных РЛС, которые будут объединять достоинства различных диапазонов. Так, например, бортовой комплекс SIR-C/X-SAR многоазового космического корабля Space Shuttle объединяет в себе три диапазона частот (С-, L- и X-диапазоны) [2]. Такое конструктивное решение облегчает отработку антенны, её модификацию, замену вышедших из строя элементов при подготовке аппаратуры к очередному запуску на орбиту. Важным преимуществом многочастотных радиолокаторов является их

высокая помехоустойчивость. Используя технологии многочастотного зондирования, заметно увеличивается вероятность обнаружения объектов.

Гибкое использование режимов получения изображения. На сегодняшний день в РСА реализуются практически все типовые режимы съемки мониторинга земной поверхности. Наиболее распространенными и перспективными из них являются: режим полосовой съемки, режим телескопической (прожекторной) съемки, режим обнаружения наземных движущихся целей, режим видео РСА, режим когерентного обнаружения изменений, режим интерферометрической съемки, поляриметрический режим съемки [1]. Данные режимы уже активно используются в различных РЛС и выполняют широкий круг задач – это и получение детальных РЛИ, и обнаружение наземных движущихся целей, непрерывное наблюдение заданного района и изменений обстановки в нем, также оперативная оценка отражающих свойств объекта при изменении ракурса его обзора, получение информации о высоте местности и объектов, которая может использоваться для визуализации трехмерных топографических изображений и обнаружения замаскированных объектов и т.д.

Увеличение помехоустойчивости за счет компенсации внешних помех при цифровом диаграммообразованиях (ЦДО). Современные радиоэлектронные устройства и системы строятся так, чтобы обеспечивалось их нормальное функционирование в условиях внешних помех [4]. Основное достоинство систем с ЦДО – снижение мощности внешних помех на 20-30 дБ в сочетании с гибким изменением параметров диаграмм направленности на излучение и прием и возможность реализации многолучевого приема.

Повышение коэффициента полезного действия передатчика и снижение потерь полезного сигнала при приеме. Одна из основных тенденций современной радиолокации – стремительный рост применения активных фазированных антенных решеток (АФАР) [5]. В наибольшей степени освоена технология построения модулей АФАР на основе GaAs-микросхем с КПД в режиме передачи 30-40% [5]. Перспективным является использованием модулей на GaN-микросхемах с КПД в режиме передачи до 65%, что позволит улучшить массогабаритные и энергетические характеристики [1,5].

Список использованных источников:

1. Верба В.С., Неронский Л.Б., Осипов И.Г., Турук В.Э. Радиолокационные системы землеобзора космического базирования / Под ред. В.С. Вербы – М.: Радиотехника, 2010. – 680 с.
2. Сборник рабочих материалов по Международному регулированию планирования и использования радиочастотного спектра с учетом изменений, принятых ВКР-2007. Тома 1-4. НПФ «Гейзер», 2009.
3. Shuttle Radar Topography Mission X-SAR/SRTM. 3D view on Earth. DLR, Oberpfaffenhofen, Germany. CD-ROM, 2000.
4. Кузьмин, С.З. Цифровая радиолокация // С.З. Кузьмин. – Киев : КВЦ, 2000. – 35 с.
5. Видулов И. Монолитные интегральные схемы СВЧ технологическая основа АФАР // Москва «Электроника: Наука, Технологии, Бизнес». 2012. С1-70.