

ISSN 0869-3633

ПРЕССИНФОСЕЛЕКТ

НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
ВЕСТНИК НОУ-ХАУ

№ 3 (вып. 3) 1993

В.П. Ботавин, В.В. Денисенко, Б.А. Левитан,
А.А. Толкачев, А.В. Шишлов.

НАЗЕМНАЯ РЛС “САММИТ” МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА ВОЛН ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ МАЛОРАЗМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ В КОСМОСЕ.

Рассмотрен облик РЛС миллиметрового диапазона волн, обеспечивающей обнаружение и сопровождение космических объектов с поверхностью рассеяния 10^{-4} м^2 на дальности до 1000 км, что позволяет решить задачи не только оценки распределения плотностей этих объектов, но и их каталогизацию. Существующие ныне оптические и радиолокационные средства, к сожалению, не обеспечивают решения комплекса актуальных задач радиолокационного мониторинга космического пространства.

Тридцатипятилетняя эксплуатация приземного Космоса без должного внимания к экологическим последствиям привела к тому, что ожидаемый риск столкновения космических аппаратов (КА), в том числе и пилотируемых, с опасными антропогенными осколками стал слишком велик. Как показывают исследования, существенно опасными для КА являются орбитальные обломки размером 1—2 см и более. Существующие средства радиолокационного и оптического наблюдения обеспечивают необходимую информацию примерно о семи тысячах космических объектах (КО) размером более 10 см, что предположительно составляет около 40 процентов от общего количества опасных обломков.

Возможности наблюдения объектов современными радиолокационными и оптическими средствами иллюстрируются на рис. 1. Видно, что абсолютное большинство опасных обломков не наблюдается никакими современными средствами. Наибольшими возможностями в рассматриваемой области обладают радиолокационные станции коротковолновой части сантиметрового диапазона (Haystack), однако одноканальным РЛС с зеркальными антеннами присущи серьезные ограничения в части возможности одновременного обнаружения и построения траекторий движущихся объектов.

Нами проанализирована возможность создания

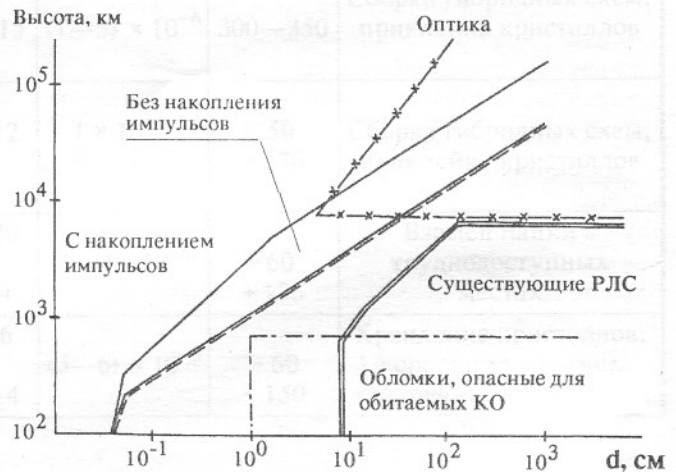


Рис. 1 Диапазоны наблюдения космических объектов

радиолокационных средств для наблюдения обломков размером порядка 1 см на дальностях до 1000 км. Для того, чтобы избежать существенного уменьшения эффективной поверхности рассеяния обломков (Релеевская область дифракции) и обеспечить высокую концентрацию энергии в луче при приемлемых размерах антенного устройства и по-

требляемой мощности, необходимо перейти к использованию возможно более высоких частот. Для наземных РЛС в силу свойств тропосферы разумным пределом увеличения частоты является использование первого окна прозрачности на частотах около 35 ГГц. Создание РЛС, которая должна обеспечить не только обнаружение, но и точное измерение координат каждого обломка, а также ряд других соображений конструктивного и системотехнического характера, диктует необходимость применения в такой РЛС поворотной по двум Эйлеравым осям активной фазированной антенной решетки (АФАР). Количество элементов АФАР нами выбрано из компромисса между её стоимостью и возможностью электронного отклонения луча, необходимого для измерения координат обнаруженных объектов.

РЛС "Саммит" обеспечивает на углах места более 20 град. дальность обнаружения 1000 км по объекту наблюдения с эффективной поверхностью рассеяния $0,0001 \text{ м}^2$. Предусмотрено когерентное накопление пакки из 128 импульсов. Среднеквадратическое значение ошибок единичных измерений угловых координат оценивается величиной 6 угл. с ($3 \cdot 10^{-5}$ рад.), дальности 2—3 м. В режиме сверхразрешения РЛС способна регистрировать поляризационно-дальностный портрет объекта наблюдения для оценки его линейных размеров.

Состояние элементной базы и опыт создания мощных РЛС дают возможность разработать и изготовить такую станцию в течение 4—5 лет.

Создание системы из 2—4 РЛС, расположенных вблизи экватора, позволяет решить во взаимодействии с национальными системами контроля космического пространства задачу информационного обеспечения безопасности пилотируемых космических объектов, а также ряд других задач в этой области.

Общий вид РЛС "Саммит" приведен на рис. 2.

В РЛС предлагается использовать активную фазированную антенную решетку диаметром 18 м, которая состоит из 594 активных приемопередающих антенных модулей (см. рис. 2), установленных на жестком каркасе и размещенных в узлах гексагональной сетки. Излучатель каждого модуля выполнен в виде зеркальной антенны с высоким коэффициентом использования поверхности и малыми потерями. Размер зеркала — около 70 длин волн, что обеспечивает сектор сканирования решетки $0,8^\circ$. Коэффициент усиления зеркальной антенны около 45 дБ.

Выходные каскады передатчика и входные цепи приемника размещены в модуле в непосредственной близости от излучателя и подключены к нему через схему разделения сигналов приема и передачи и схему поляризационной селекции, обеспечивающую полный поляризационный прием. Мощность передатчика каждого модуля — до 10 кВт в импульсе длительностью 100 мкс с частотой повторения до 400 Гц. Шумовая температура приемника модуля $T = 450 \text{ К}$.

Использование указанной аппаратуры обеспечивает произведение $P \cdot G$ АФАР (P — излучаемая мощность, G — коэффициент усиления) около 10^{14} Вт и отношение G/T , равное $4 \cdot 10^4 \text{ К}^{-1}$.

Когерентное возбуждение модулей осуществляется задающим генератором с помощью волноводных развонок с равнодлинными ветвями. Для уменьшения потерь разводки выполняются на сверхразмерных волноводах, кроме того, для компенсации потерь в них

могут быть использованы магистральные усилители. Фазирование модулей осуществляется ферритовыми фазовращателями, обеспечивающими переключение луча за время 30—40 мкс. В выходных каскадах передатчика и входных цепях приемника предусмотрены цепи автоподстройки фазы и усиления, компенсирующие нестабильность амплитудно-фазовых характеристик усилителей.

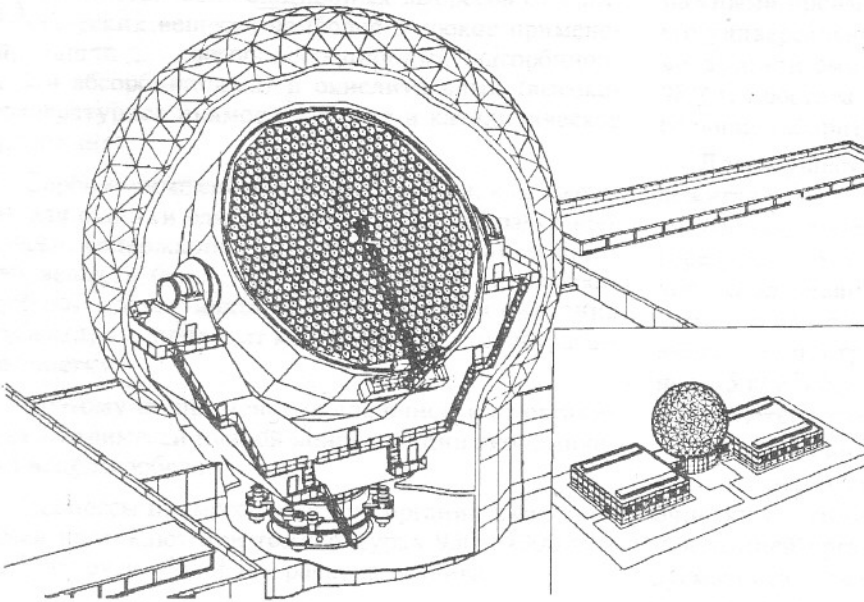


Рис. 2. Общий вид РЛС "САММИТ".

В приемных цепях модулей использованы преобразователи частоты. С выходов модулей сигналы на промежуточной частоте суммируются в диаграммообразующей матрице, формирующей связку лучей и обеспечивающей гибкое управление ими.

Модули выполнены в виде функционально и конструктивно законченных изделий. Наряду с перечисленной выше в них установлена аппаратура электропитания, охлаждения, пожаротушения, управления и контроля. На каждый модуль подаются: зондирующий сигнал, сигналы гетеродинов, контрольные сигналы для фазирования модулей, сигналы управления, электропитание, хладагенты, огнегасящая смесь.

АФАР размещена на полноповоротном опорном устройстве, позволяющем осуществлять обзор пространства в верхней полусфере за счет механического поворота антенны по азимуту и углу места.

Механическая жесткость АФАР достигается за счет конструкции каркаса, продольный размер

(глубина) которого примерно вдвое меньше размера апертуры. Деформации полотна не превышают 0,3—0,5 мм.

Управление аппаратурой АФАР и контроль осуществляется через стандартную цифровую магистраль. Оперативная проверка антенных параметров при эксплуатации производится с помощью измерительной антенны, установленной на вышке в дальней или промежуточной зоне антенны и соединенной с аппаратурой контроля с помощью тракта на сверхразмерном круглом волноводе с волной Н₀₁ или волоконнооптической линии связи.

Ремонт вышедших из строя модулей производится путем их замены с лицевой стороны АФАР с помощью механического манипулятора. Для этого модули выполняются съемными.

АФАР размещена под двухслойным каркасно-мембранным укрытием, обеспечивающим работу в любых климатических зонах Земного шара. Потери в укрытии не превышают 0,7 дБ.

