

Храмов К.К., Костров В.В., Смирнов М.С.

Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: hramovkk@gmail.com

Расчет геометрических параметров радиолокационной съемки с помощью РСА космического базирования для программного комплекса формирования радиоголограммы

Рассмотрим геометрию космического обзора при движении платформы носителя РСА по круговой орбите (рис.1). На этом рисунке: T_1 и T_2 – две цели, смещенные по азимуту; $R_{КА}$ – радиус орбиты носителя; R_3 – локальный радиус Земли; R_{T1} , R_{T2} – текущие дальности целей T_1 , T_2 ; β – угол визирования; X_{T2} – смещение по азимуту. Пусть в момент $t=0$ ось z проходит через фазовый центр антенны РСА и направлена в зенит. Ось x параллельна вектору путевой скорости носителя V_0 относительно поверхности Земли.

Временная зависимость положения платформы при круговой орбите движения носителя РСА определится выражением [1-3]

$$p(t) = \{R_{КА} \sin(v_{КА}t), 0, R_{КА} \cos(v_{КА}t)\}; \quad (1)$$

$$v_{КА} = v_0 - v_e \cos(\phi_0),$$

где $v_{КА}$ – угловая путевая скорость носителя; v_0 – угловая орбитальная скорость; v_e – угловая скорость вращения Земли; ϕ_0 – угол наклона орбиты носителя.

Из рис. 1 получаем выражение для дальности до точки T_1 (наклонной дальности):

$$R_{T1} = R_n = \sqrt{(R_3 \sin \alpha)^2 + (R_{КА} - R_3 \cos \alpha)^2} = \sqrt{R_{КА}^2 + R_3^2 - 2R_{КА}R_3 \cos \alpha}. \quad (2)$$

При этом для цели T_2 временную зависимость наклонной дальности $R_{T2}(t)$ в результате тригонометрических преобразований можно окончательно представить в виде:

$$R_{T2} = R_n + \frac{R_{КА} X_{T2}^2}{2R_n R_3 \cos \alpha}, \quad (3)$$

где R_n определяется выражением (2).

Полученные в работе геометрические построения позволили также рассчитать разрешающую способность по горизонтальной дальности (по поверхности Земли) δ_y и пространственную азимутальную разрешающую способность δ_x космического РСА.

В качестве примера на рис. 2 приведены графики, иллюстрирующие зависимости разрешающей способности по дальности на Земле δ_y от полосы сигнала ΔF при различных углах визирования β , а на рис. 3 – зависимости азимутальной разрешающей способности δ_x от физической длины апертуры антенны l_x в азимутальной плоскости. Из графиков следует, что за счет увеличения β можно добиться некоторого уменьшения величины разрешающей способности по дальности. При этом значения $\delta_y < 1$ м достижимы при полосе сигнала $\Delta F > 200$ МГц. Кроме того, в космических РСА величина азимутальной разрешающей способности при нормальном боковом обзоре примерно на 10% меньше аналогичной величины для маловысотных РСА ($\delta_x = l_x/2$).

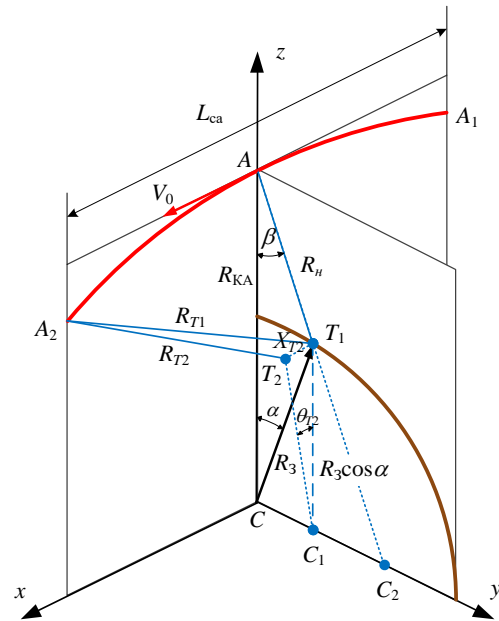


Рис.1. Геометрия космического обзора при движении по круговой орбите

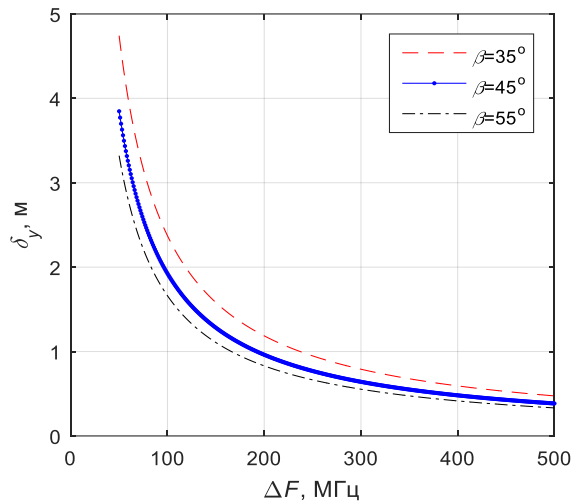


Рис.2. Зависимости разрешающей способности по дальности на Земле δ_y от полосы сигнала ΔF при различных β

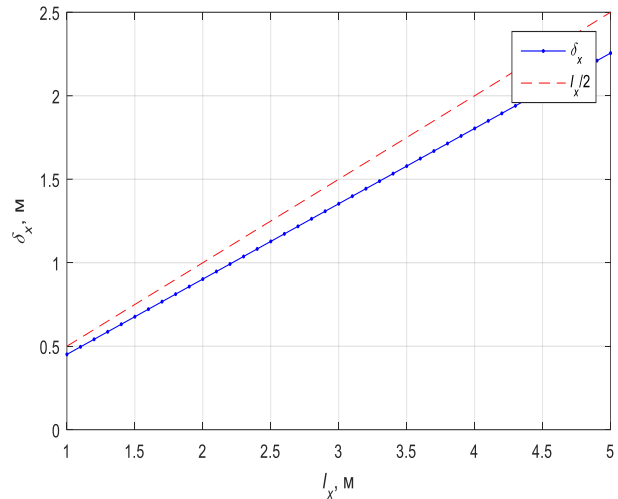


Рис.3. Зависимости азимутальной разрешающей способности δ_x от физической длины апертуры антенны l_x в азимутальной плоскости ($\beta = 45^\circ$)

В докладе приводятся полные математические выкладки для расчета геометрических параметров радиолокационной съемки с помощью РСА космического базирования. Приводятся полученные числовые значения для следующих основных параметров РСА [4]: высота орбиты носителя $H = 510$ км, путевая скорость носителя $V_0 = 7,61$ км/с, угол визирования $\beta = 45^\circ$, длина волны $\lambda = 9,4$ см.

Полученные результаты были использованы при разработке демонстрационного программного комплекса формирования радиоголограммы.

Литература

1. Авиационные системы радиовидения / Под ред. Г.С. Кондратенкова. – М: Радиотехника, 2015. – 648 с.: ил.
2. 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.
3. Радиолокационные системы воздушной разведки, дешифрирование радиолокационных изображений / Под ред. Л.А. Школьного. – М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2008. – 531 с.
4. Костров В.В., Толстов Е.Ф. Проблемы дистанционного зондирования Земли с использованием космических РСА высокого разрешения // Проблемы дистанционного зондирования, распространения и дифракции радиоволн: Конспекты лекций / VII Всероссийские Армандовские чтения: молод. школа. – Муром: Изд.-полиграфический центр МИ ВлГУ, 2017. – С.76-113.