

Проектирование малого космического аппарата с радиолокационной съемочной аппаратурой на базе микроплатформы CubeSat формата 12U

О.Д. Жалдыбина

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия

Обоснование. Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) является важной задачей в современном мире, так как оно позволяет получать информацию о состоянии окружающей среды. Радиолокационные средства наблюдения не зависят от погодных условий и времени суток. Это позволяет использовать радиолокационные космические аппараты для наблюдения за поверхностью Земли и в ночное время, и в условиях плотной облачности, характерной для таких регионов, как Русская Арктика и Дальний Восток, радиолокационные данные ДЗЗ могут представлять значительный интерес.

Использование стандарта CubeSat позволяет сократить сроки и снизить стоимость разработки малых космических аппаратов (МКА), за счет использования типовых элементов конструкции и компонентов бортовой аппаратуры (БА).

В связи с этим задача проектирования МКА с радиолокационной съемочной аппаратурой (РСА) на базе микроплатформы CubeSat формата 12U является актуальной.

Цель — разработка проектного облика малого космического аппарата с радиолокационной съемочной аппаратурой на базе микроплатформы CubeSat формата 12U.

Методы. В качестве целевой аппаратуры МКА рассмотрен РСА с планарной антенной решеткой. Приведена упрощенная иллюстрация параметров геометрии КА с РСА апертурой бокового обзора (рис. 1, а), а также график зависимости полосы захвата при маршрутном режиме съемки от угла визирования (рис. 1, б).

По формуле (1) определяется разрешение по азимуту и по дальности для детального и маршрутного режимов съемки [1]:

$$\delta_{\text{азимут}} = \frac{\lambda}{4 \sin\left(\frac{\theta}{2} \cdot \frac{\pi}{180}\right)}, \quad (1)$$

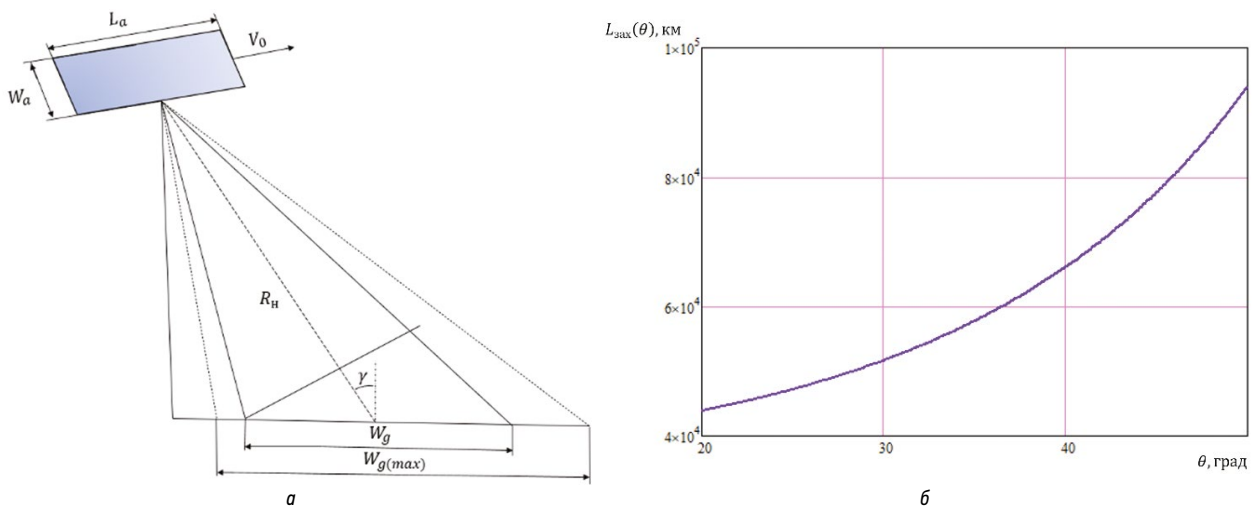


Рис. 1. Геометрия МКА с РСА с основными параметрами (а) и график зависимости полосы захвата при маршрутном режиме съемки от угла визирования (б)

где θ — для детального режима съемки сектор сканирования антенны, а для маршрутного режима съемки ширина луча по азимутальной плоскости, град.

По формуле (2) определяется отношение сигнал/шум на выходе приемной части:

$$SNR_{\text{скан}} = \left(P_{\text{ср}} + 10 \log \left[\frac{\sqrt{H_{\text{ка}}^2 + R_{\text{пр}}^2} \cdot 2 \sin \left(\frac{\theta}{2} \cdot \frac{\pi}{180} \right)}{V_0} \right] \right) - \left(10 \log \left(\frac{G^2 \lambda^2 \sigma_{\text{скан}}}{(4\pi)^3 R_{\text{н}}^4} \right) - 174 + K_{\text{ш}} \right), \quad (2)$$

где G — коэффициент усиления антенны; $\sigma_{\text{скан}}$ — потери на распространение радиоволн в пространстве.

Рассчитанные значения для разных режимов съемки представлены в табл. 1.

Таблица 1. Рассчитанные значения для детального и маршрутного режимов съемки

Характеристика	Детальный режим	Маршрутный режим
Длина антенны, м		1
Ширина антенны, м		0,4
Площадь АФАР, м ²		0,4
Наклонная дальность, м	$7,071 \cdot 10^5$	$7,071 \cdot 10^5$
Размер апертуры, м	$1,846 \cdot 10^5$	$2,192 \cdot 10^4$
Время синтеза, с	24,291	2,884
Разрешение по азимуту/дальности, м	0,059	0,5
Потери на распространение радиоволн в пространстве, дБ	-232,022	-215,779
Выигрыш когерентного накопления, дБ	13,854	4,601
Отношение сигнал/шум на выходе приемной части, дБ	0,863	5,726
Некогерентное усреднение, дБ	8,5	12,716

Из соображений минимизации габаритов и массы МКА было принято решение использовать платформу CubeSat 12U как минимально удовлетворяющую требованиям размещения рассчитанного радара и системы электропитания.

По выполненным расчетам в программе твердотельного моделирования была спроектирована РСА, проведен подбор элементов системы управления движением, командно-телеметрической радиолинии и СЭП, и создан проектный облик МКА с РСА (рис. 2) [2].

Результаты. В ходе выполнения работы были получены следующие результаты:

- проведен анализ существующих КА ДЗЗ с РСА;
- сформированы требования и постановка задачи проектирования;

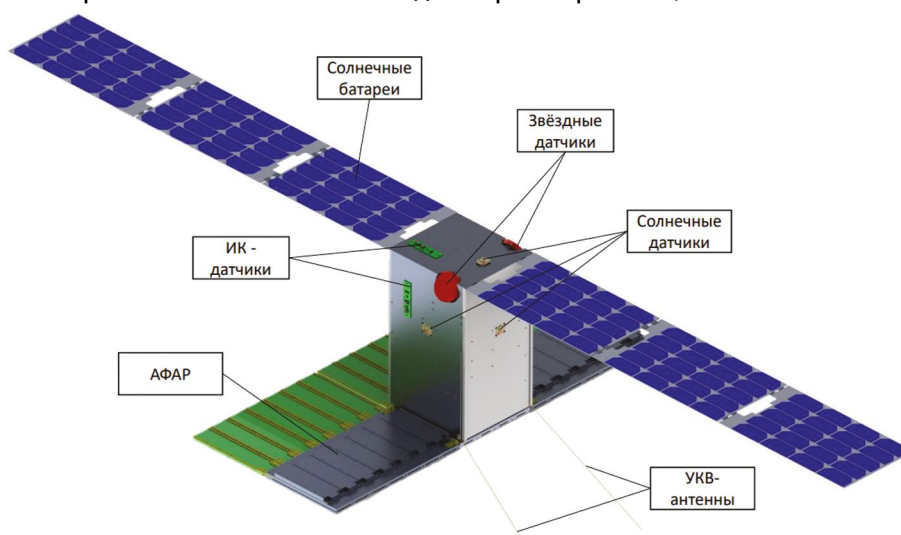


Рис. 2. Проектный облик МКА с РСА

- проведен расчет целевых характеристик МКА с РСА;
- определен бортовой состав и основные параметры приборов обеспечивающих систем;
- выполнен расчет параметров СЭП, построена циклограмма работы МКА;
- разработана конструктивно-компоновочная схема МКА с РСА;
- построена трехмерная модель проектного облика МКА.

Выводы. В работе представлена разработка проекта МКА с РСА. За счет особенности радиолокатора обеспечивать всепогодное наблюдение становится возможным получать данные о той части земной поверхности, которую большую часть времени скрывает плотный облачный покров. К таким областям можно отнести большую часть территорий Российской Федерации, в том числе такие регионы, как Арктика и Дальний Восток, получаемые радиолокационные данные ДЗЗ могут представлять значительный интерес.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли; малый космический аппарат; радиолокационная съемочная аппаратура; микроплатформа; кубсат.

Список литературы

1. Верба В.С., Неронский Л.Б., Осипов И.Г., Турук В.Э. Радиолокационные системы землеобзора космического базирования. Москва: Радиотехника, 2010. 680 с.
2. Куренков В.И. Основы проектирования космических аппаратов оптико-электронного наблюдения поверхности Земли. Расчет основных характеристик и формирование проектного облика: учебное пособие. Самара: Издательство Самарского университета, 2020. 461 с.

Сведения об авторе:

Ольга Дмитриевна Жалдыбина — студентка, группа 1608-240501D, Институт авиационной и ракетно-космической техники; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия. E-mail: olya-zhaldybina@mail.ru @mail.ru

Сведения о научном руководителе:

Сергей Львович Сафронов — кандидат технических наук; доцент кафедры космического машиностроения имени генерального конструктора Д.И. Козлова; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия. E-mail: saf_kos@mail.ru