

УДК 629.783

Выбор параметров солнечно-синхронных орбит на ранних этапах проектирования космических аппаратов дистанционного зондирования Земли

Чернов Антон Константинович^(*)

anton.chernov29@rsce.ru

Сумароков Антон Владимирович

anton.sumarokov@rsce.ru

ПАО «РКК «Энергия», Королев, Московская обл., Россия

Аннотация. Уменьшение космических аппаратов и удешевление их создания привело к появлению большого числа инициативных проектов, запускаемых на орбиту Земли. Итерационная задача определения рациональных параметров космических аппаратов является достаточно трудоемкой. Настоящая работа посвящена рекомендациям по выбору проектных параметров солнечно-синхронных орбит космических аппаратов дистанционного зондирования Земли. В работе отражены рекомендации по выбору высоты орбиты и времени прохождения восходящего узла, а также рекомендации по формированию орбитальной группировки.

Ключевые слова: автоматические космические аппараты, дистанционное зондирование Земли, солнечно-синхронная орбита, полярная орбита, искусственный спутник Земли

Введение. В последние годы наблюдается существенное увеличение запущенных космических аппаратов (КА) [1], в том числе и аппаратов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Резкое уменьшение массогабаритных характеристик КА, а также снижение стоимости их создания позволило запускать собственные аппараты большому числу различных коллективов.

Традиционно, для КА ДЗЗ выбирают солнечно-синхронные орбиты (ССО) [2], поскольку они позволяют обеспечивать глобальный обзор всей земной поверхности, обеспечивают постоянное местное время прохождения восходящего узла, а также минимальное изменение условий освещенности орбиты.

На ранних этапах проектирования космических систем ДЗЗ зачастую требуется менять исходные данные, что приводит к необходимости пересчета их параметров. Настоящая работа посвящена рекомендациям по выбору проектных параметров ССО с целью снижения трудоемкости вычислений в процессе решения итерационной задачи выбора рациональных характеристик космической системы.

Материалы и методы; результаты. На основе специфики ССО сформировано множество независимых параметров, характеризующих систему ДЗЗ на этой орбите (h — высота орбиты, $m_{\Omega\uparrow}$ — местное время прохождения восходящего узла орбиты, φ — угловое разрешение оптической системы):

$$B = \{h, m_{\Omega\uparrow}, \varphi\}.$$

Приведены оптимизационные задачи выбора параметров ССО для обеспечения наилучшего пространственного разрешения (1) и для обеспечения наибольшей ширины полосы захвата (2).

$$B^* = \arg \min_{h \in \mathcal{H}_{\text{доп}}} h(B); \quad (1)$$

$$B^* = \arg \max_{h \in \mathcal{H}_{\text{доп}}} h(B). \quad (2)$$

Решение определяется накладываемыми ограничениями. Минимально допустимая высота орбиты определяется либо исходя из допустимой деградации орбиты вследствие влияния разреженной атмосферы Земли [3], либо из допустимой ширины полосы захвата. Максимально допустимая высота орбиты определяется допустимым пространственным разрешением. Также накладывается ограничение вследствие необходимости полного покрытия Земной поверхности единичным космическим аппаратом.

Также показано, что существует такое количество КА, размещенных в одной плоскости, что добавление очередного аппарата не приведет к существенному уменьшению периода между двумя крайними наблюдениями, который будет равен одним суткам. Число аппаратов «насыщения» орбитальной плоскости ($L_{\text{мв}}$ — межвитковое расстояние, $b_{\text{обзора}}$ — ширина полосы обзора):

$$N_{\text{КА}} \geq L_{\text{мв}} / b_{\text{обзора}}.$$

Заключение. В работе приведены рекомендации по выбору высоты орбиты и времени прохождения восходящего узла. Кроме того, приведен алгоритм выбора параметров ССО, а также рекомендации по построению орбитальной группировки, выбору числа КА в плоскости и числа орбитальных плоскостей.

Список источников

- [1] Макриденко Л.А., Боярчук К.А. Микроспутники. Тенденции развития. Особенности рынка и социальное значение. *Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ*, 2005, т. 102, с. 12–27.
- [2] Чернов А.А., Чернявский Г.М. *Орбиты спутников дистанционного зондирования Земли: лекции и упражнения*. Москва, Радио и связь, 2004, 200 с.
- [3] Фалько А.Р., Черемисин М.В. Предложения по выбору диапазона высот функционирования многоспутниковых низкоорбитальных группировок связи. *Информационно-технологический вестник*, 2023, № 3 (37), с. 118–128.