

УДК 629.78.03:621.472

Мониторинг Земли с использованием космических аппаратов с солнечным концентратором на различных высоких орбитах

Финогенов Сергей Леонардович^(*)

sfmaiSPIN-код: 99015052

Тузигов Сергей Анатольевич

st601@mail.ru

Московский авиационный институт, Москва, Россия

Аннотация. Рассмотрена система непрерывного космического мониторинга Земли с совместным использованием геостационарных спутников и спутников на высокоэллиптических орбитах. Отмечено, что высокоэллиптические спутники совместно с геостационарными обеспечивают полное непрерывное покрытие требуемого полушария Земли. Показано, что использование концентрированной солнечной энергии существенно увеличивает энергомассовые показатели высокоэллиптических космических аппаратов и существенно увеличивает сроки активного существования спутников.

Ключевые слова: космический аппарат, мониторинг Земли, солнечный концентратор

Введение. Глобальный обзор поверхности Земли и ее атмосферы представляет научно-практический интерес. Геостационарные спутники широко используются для исследования экваториальных и средних областей и успешно доставляются на орбиты назначения современными средствами. Высокие широты могут быть исследованы космическими аппаратами (КА), двигающимися по высокоэллиптическим орбитам (ВЭО). Как правило, это орбиты типа «Молния» с наклоном около $63\text{--}64^\circ$ и периодом обращения около 12 часов. Актуальность этих орбит возрастает в связи с развитием Северного морского пути в Арктике. При этом КА пересекают сильные радиационные пояса четыре раза в сутки, что негативно влияет на бортовые электронные системы КА и сокращает срок активного существования спутника в целом.

Методы и материалы; результаты. Разработан программно-ориентированный комплекс, позволяющий в качестве целесообразной схемы мониторинга выбранного полушария Земли использовать в качестве ВЭО орбиту типа «Тундра» со следующими характеристиками [1]: перигей орбиты 24 476,306 км, апогей 47110,032 км, эксцентриситет 0,2684, период обращения КА составляет одни звездные сутки (23 ч 56 мин 4 с), большая полуось орбиты 42 164 км, аргумент перигея конечной орбиты зависит от наблюдаемой полярной области. Наклонение ВЭО составляет $63,4^\circ$ для уменьшения прецессии аргумента перицентра [1, 2]. Время мониторинга высоких областей составляет 14–16 ч. Поэтому возможно непрерывное наблюдение за полярными областями, когда один КА сменяет другого в режиме «хендовера». Высота перигея орбиты находится выше сильных радиационных поясов, что заметно увеличивает срок службы бортового электронного оборудования.

Выведение КА на орбиту «Тундра» связано со значительными энергетическими затратами. Поэтому целесообразным представляется использование КА с солнечным ракетным двигателем (СТРД), обладающим высоким удельным импульсом при использовании в качестве рабочего тела криогенного водорода. Температура нагрева испаряющегося водорода в системе «солнечный зеркальный концентратор — светоприемник» может достигать значительных величин [3]. Достижимая экспериментально подтвержденная высокая температура светоприемника возможна при рациональном значении параметра точности параболоидного зеркала и половинной угловой апертуре. При этом уровень концентрации солнечного излучения составляет 1:1200–1:1048. Тонкопленочный надувной концентратор [4] представляет собой параболоид, усеченный конусом или цилиндром. Перелет может быть осуществлен по многоимпульсной схеме, включающей попеременные возрастающие перигейные и апогейные включения до достижения высоты перигея, и оставшиеся апогейные включения до достижения высоты апогея орбиты. Время такого перелета может составлять около 30 сут. Величина характеристической скорости равна 4,530 км/с (при тяге 60 Н) и 4,475 км/с (для 100 Н) при времени перелета 30 суток.

В качестве альтернативных рассматриваются различные перспективные схемы СТРД, в том числе с солнечным тепловым аккумулятором, требующим дополнительных исследований.

Заключение. Рассмотрен вариант космического мониторинга Земли при помощи трех геостационарных спутников и двух-трех высокоэллиптических КА, обеспечивающих бесперебойное наблюдение за земной поверхностью. Использование КА с СТРД позволяет на 600–700 кг увеличить массу каждого КА по сравнению с высокоэллиптическими КА, а также значительно повысить срок его активного существования.

Список источников

- [1] Zhenglong Li, Schmit T.J., Jun Li., Gunshor M.M., Nagle F.W. Understanding the Imaging Capability of Tundra Orbits Compared to Other Orbits. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 2021, vol. 59. iss. 11, pp. 8944–8956. <https://doi.org/10.1109/tgrs.2021.3051527>
- [2] Bruno M.J., Pernicka H.J. Tundra constellation design and stationkeeping. *Journal of Spacecrafts and Rockets*, 2005, vol. 45, no. 5. pp. 909–919.
- [3] Кудрин О.И. *Солнечные высокотемпературные космические энергодвигательные установки*. Москва, Машиностроение, 1987, 247 с.
- [4] Lester D.M., Farmer G.D, Holmes M.R., Wong Wayne. Solar Thermal Propulsion IHPRT Phase I Demonstration Program. *43rd AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures (Statement A) Structural Dynamics, and Materials Conference*, PN, 2002.