

Рис. 6. Зависимости потребляемой магнитной индукции соленоида от удельного импульса

Как показал анализ областей рационального использования различных структур ЭДС, при наиболее характерных требованиях к маневренным возможностям КА целесообразно использовать ЭДС на базе солнечных батарей и предложенной ЭРДУ. Это позволяет существенно снизить массу ЭДС и КА в целом.

Кроме того, предложенная ЭРДУ позволяет значительно повысить тяговооруженность КА по сравнению с другими типами ЭРДУ за счет уменьшения массы энергоустановки. В результате достигается существенное повышение оперативности маневрирования КА.

Библиографический список

1. Ермолаев В.И., Новиков Ю.А. Исследование оптимальных структур энергодвигательных систем на основе солнечных батарей для перспективных космических аппаратов // Труды пятой НТК «Инновационный арсенал молодежи». СПб: ФГУП «КБ «Арсенал», БГТУ «Военмех», 2014. С. 106 – 109.
2. Ермолаев В.И., Новиков Ю.А. Исследование параметров электроракетной двигательной установки с маховичным накопителем энергии // Труды шестой НТК «Инновационный арсенал молодежи». СПб: ФГУП «КБ «Арсенал», БГТУ «Военмех», 2014. С. 105 – 108.
3. Суханов Л.А., Сафиуллина Р.Х., Бобков Ю.А. Электрические униполярные машины. М.: ВНИИЭМ, 1964.

УДК 629.7.001

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ТРАСС КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ДЛЯ ДВУХРЕЖИМНОГО СПОСОБА НАБЛЮДЕНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

В.И. Ермолаев, Д.Г. Цируль

ФГУП «КБ «Арсенал» им. М.В. Фрунзе», г. Санкт-Петербург

В настоящее время космические аппараты дистанционного зондирования Земли (КА ДЗЗ) нашли широкое практическое применение для решения оборонных и социально-экономических задач. Известен способ наблюдения земной поверхности из космоса, вклю-

чающий выведение искусственного спутника на орбиту с периодом обращения, обеспечивающим ежесуточный сдвиг трассы на расстояние, равное ширине полосы обзора бортовой аппаратуры [1]. Существенным недостатком данного способа является большая периодичность обзора заданных районов земной поверхности. Межвитковое смещение трассы для высот орбит 500...1000 км составляет величину 2630...2920 км. Для спутников с высоким разрешением бортовой аппаратуры ширина полосы обзора составляет величину 600...800 км. В этих условиях достигается периодичность обзора заданного района земной поверхности от трех до шести суток. Данные значения периодичности обзора не позволяют проводить оперативный мониторинг заданных районов, в которых имеют место природные аномалии или техногенные аварии. Кроме того, отклонение спутника или бортовой аппаратуры в процессе наблюдения от вертикали приводит к снижению качества получаемой информации.

Уменьшение периодичности обзора в ближайшей перспективе предполагается достичь за счет наращивания числа КА ДЗЗ, входящих в состав орбитальной группировки. Однако такой подход требует значительных экономических затрат. В связи с этим возникает необходимость разработки новых способов повышения оперативности получения информации космическими аппаратами ДЗЗ при ограниченных экономических затратах.

Для решения данной задачи авторами данной статьи был предложен двухрежимный способ наблюдения земной поверхности [2]. Данный способ предусматривает использование в процессе функционирования КА ДЗЗ режима глобального наблюдения и режима регионального наблюдения. Переход между режимами наблюдения осуществляется за счет изменения большой полуоси орбиты КА ДЗЗ.

Основным режимом наблюдения является режим глобального наблюдения. Данный режим реализуется за счет нахождения КА ДЗЗ на кратной геосинхронной орбите с периодом обращения, обеспечивающим ежесуточное смещение трассы полета на величину ширины полосы обзора КА ДЗЗ. При возникновении необходимости наблюдения заданного района земной поверхности с низкой периодичностью аппарат переводят в режим регионального наблюдения. Для этого с помощью двигательной установки осуществляется переход с кратной геосинхронной орбиты на близкую компланарную суточно-синхронную, обеспечивающую ежесуточное повторение трассы. При этом прохождение трассы через заданный район на земной поверхности обеспечивается за счет фазирования спутника на исходной или на промежуточной орбите в процессе перелета.

После проведения наблюдения заданного района земной поверхности в течение требуемого времени КА ДЗЗ с помощью двигательной установки возвращают на исходную кратную геосинхронную орбиту для обеспечения глобальности наблюдения земной поверхности.

На данном этапе проводимых исследований была разработана методика расчета трасс КА ДЗЗ для описанных режимов наблюдения, позволяющая произвести сравнительный анализ периодичности наблюдения заданного района земной поверхности КА ДЗЗ функционирующего в режимах глобального и регионального наблюдения.

Математически данную методику можно описать уравнениями (1) – (3).

С помощью разработанной методики были определены трассы КА ДЗЗ функционирующего в различных режимах наблюдения. На рис. 1 представлена трасса КА ДЗЗ, функционирующего в режиме глобального наблюдения, движущегося по круговой околополярной кратной геосинхронной орбите высотой 510,8 км и наклоном 83,6 град. Для рассмотренного случая цикл замыкания трассы составляет более 5 суток.

При рассмотрении трассы аппарата, движущегося по кратной геосинхронной орбите, следует отметить, что возможны два варианта суточного смещения трассы, а именно суточное смещение трассы в западном или восточном направлении [2]. На рис. 1 представлена трасса КА ДЗЗ с суточным смещением трассы в восточном направлении.

$$\sin \varphi = \sin i \times \sin u \quad (1)$$

$$\lambda = \lambda_0 + \Delta\lambda - \omega_3 \times \frac{u}{\omega_{КА}} \quad (2)$$

$$\Delta\lambda = \begin{cases} \arcsin\left(\frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tgi}}\right), \text{ при } 0 \leq u \leq \frac{\pi}{2} \\ \pi - \arcsin\left(\frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tgi}}\right), \text{ при } \frac{\pi}{2} \leq u \leq \frac{3\pi}{2} \\ 2\pi + \arcsin\left(\frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tgi}}\right), \text{ при } \frac{3\pi}{2} \leq u \leq 2\pi \end{cases} \quad (3)$$

где, φ – широта подспутниковой точки, λ – долгота подспутниковой точки, λ_0 – начальная долгота подспутниковой точки, $\Delta\lambda$ – изменение долготы подспутниковой точки, i – наклонение орбиты, u – аргумент широты, ω_3 – угловая скорость вращения Земли, $\omega_{КА}$ – угловая скорость вращения КА.

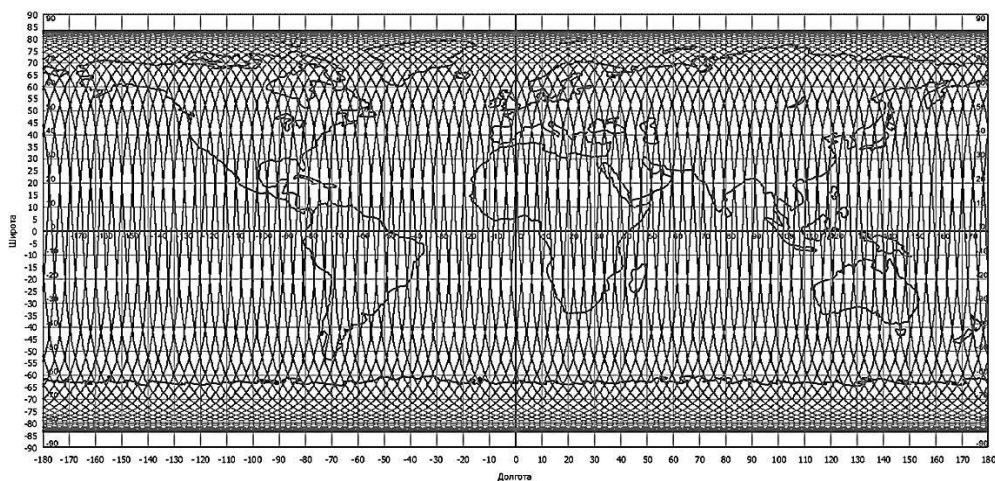


Рис. 1. Трасса КА ДЗЗ, функционирующего в режиме глобального наблюдения

На рис. 2 представлена трасса КА ДЗЗ функционирующего в режиме регионального наблюдения. В этом режиме используется околополярная круговая суточно-синхронная орбита высотой 561,4 км и наклонением 83,6 град., обеспечивающая отсутствие ежесуточного сдвига трассы. Трасса аппарата, движущегося по такой орбите, повторяется приблизительно через сутки, точнее через период вращения Земли вокруг своей оси относительно восходящего узла орбиты. В результате периодичность обзора заданного района снижается в 3...6 раз по сравнению с периодичностью обзора заданного района аппаратом, функционирующим в режиме глобального наблюдения.

При помощи фазирования в процессе перехода представляется возможным наблюдение интересующих объектов заданного района преимущественно в надир, что обеспечивает высокое качество получаемой информации.

Из сравнения приведенных трасс также видно, что в режиме регионального наблюдения не обеспечивается глобальность обзора земной поверхности. В связи с этим после наблюдений

ния заданного района в течение требуемого времени необходимо перевести КА ДЗЗ на исходную кратную геосинхронную орбиту, обеспечивающую реализацию режима глобального наблюдения.

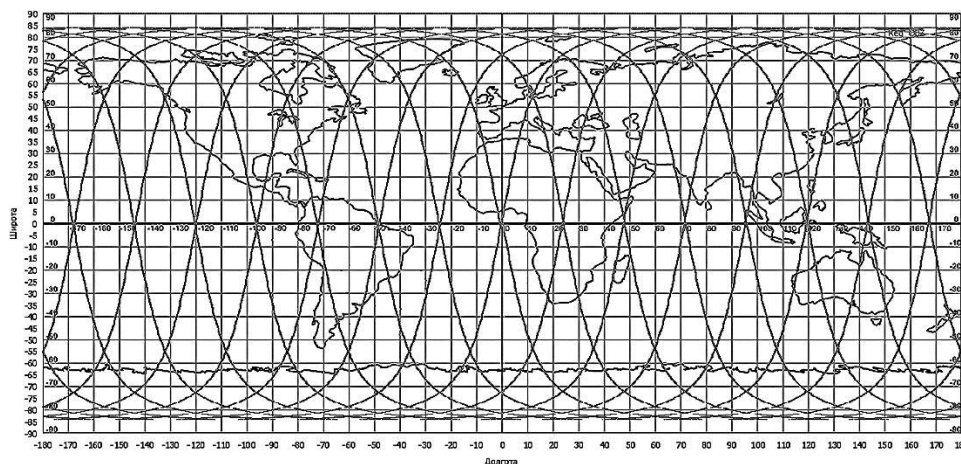


Рис. 2. Трасса аппарата функционирующего в режиме регионального наблюдения

Так же авторами рассматривался вопрос энергетических и временных затрат на осуществление перехода между режимами наблюдения [3]. средняя разность высот между соседними орбитами глобального и регионального наблюдения составляет 70 км. Средняя величина суммарного импульсного приращения скорости для изменения режима наблюдения составляет 43,75 м/с. Данные величины свидетельствуют об относительно невысоких энергетических затратах на использование предложенного двухрежимного способа наблюдения. В свою очередь экономические затраты на создание группировки КА ДЗЗ функционирующей с применением предложенного двухрежимного способа наблюдения значительно меньше, чем экономические затраты связанные с вариантом увеличения количественного состава КА ДЗЗ в существующих орбитальных группировках.

Выводы

1. Использование двухрежимного способа наблюдения земной поверхности позволяет обеспечить сочетание глобальности наблюдения земной поверхности с высокой оперативностью получения информации о заданных районах земной поверхности в определенные временные интервалы.
2. В режиме регионального наблюдения достигается снижение периодичности обзора требуемого района с 3-6 суток до 1 суток при использовании в составе орбитальной группировки одного КА ДЗЗ.
3. Сравнение двухрежимного способа наблюдения земной поверхности с известными способами повышения оперативности получения информации с заданных регионов показывает, что использование двухрежимного способа позволяет существенно снизить периодичность обзора при относительно небольших экономических затратах.

Библиографический список

1. Инженерный справочник по космической технике / под ред. А.В. Солодова, М.: Воениздат, 1977.
2. Ермолаев В.И., Цируль Д.Г. Исследование оптимальных режимов наблюдения и параметров рабочих орбит космических аппаратов дистанционного зондирования земли // Труды

пятой НТК «Инновационный арсенал молодежи». СПб: ФГУП «КБ «Арсенал», БГТУ «Военмех», 2014. С. 109 – 114.

3. *Ермолаев В.И., Цируль Д.Г.* Исследование временных и энергетических затрат на изменение режима наблюдения КА ДЗЗ// Труды шестой НТК «Инновационный арсенал молодежи». СПб: ФГУП «КБ «Арсенал», БГТУ «Военмех», 2014. С. 233 – 239.

4. *Власов С.А., Мамон П.А.* Теория полёта космических аппаратов. СПб: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2003.

5. *Скребушевский Б.С.* Формирование орбит космических аппаратов. М.: Машиностроение, 1990.

6. *Алексеев К.Б., Бебенин Г.Г., Ярошевский В.А.* Маневрирование космических аппаратов. М.: Машиностроение, 1970.

УДК 629.78 : 620.197

АНТИКОРРОЗИОННОЕ ПОКРЫТИЕ МАГНИЕВЫХ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЕ ЗАЩИТУ БОРТОВОЙ АППАРАТУРЫ ОТ ВНУТРЕННИХ ЗАРЯДОВ

Н.В. Жигалева, Т.Я. Басаргина

АО «Научно-производственный центр «Полус», г. Томск

Применение магниевых сплавов в разработках предприятий требует обеспечения необходимой антикоррозионной защиты, что объясняется химической активностью магния, его электроотрицательным потенциалом. При этом снижение массогабаритных параметров бортовой аппаратуры, выполнение требований по электропроводности, соблюдение норм по степени черноты и теплоотводу очень осложняют выполнение данной задачи, так как наряду с атмосферной коррозией не исключено появление контактной коррозии.

При производстве бортовой аппаратуры, к которой предъявляются требования по защите от радиопомех, статического электричества и факторов, вызванных эффектом внутренних зарядов при эксплуатации, в НПЦ «Полус» применяется токопроводная эмаль ХС-928М черная ТУ 6-21-16-90 (разработчик и изготовитель – НТЦ «Корона-Лак», г. Москва). Полученное с ее использованием лакокрасочное покрытие обеспечивает выполнение эксплуатационных требований к магниевым сплавам с одновременной защитой от коррозии. Удельное объемное сопротивление эмали $\rho_v = 10^{-3}$ Ом·м, она обладает приемлемыми антикоррозионными, адгезионными свойствами, степенью черноты 0,82 – 0,85, но вместе с тем и рядом технологических недостатков. В частности, покрытие имеет значительную толщину, неровности, рыхлую структуру из-за большого процентного содержания токопроводного наполнителя (алюминия и карбонильного никеля).

В связи с требованием по защите бортовой аппаратуры от внешней зарядки для обеспечения стока заряда и необходимостью применения покрытий на внешних поверхностях с $\rho_v \leq 10^9$ Ом·м по техническому заданию НПЦ «Полус» разработаны новые марки токопроводных эмалей и грунтовок. Эмаль ХС-928А создана НТЦ «Корона-Лак» (г. Москва), эмаль ЭП-140Э и грунтовка ЭП-076Э–НПК «Ярли» (г. Ярославль).

В ходе выполнения экспериментальных работ исследованы:

- эластичность при изгибе по ГОСТ 6806–73;
- прочность при ударе по ГОСТ 4765–73;
- твердость по маятниковому прибору по ГОСТ 5233–89;
- адгезия покрытия методом «решетчатого надреза» по ГОСТ 15140–69;