

Сравнительный анализ вариантов достижения микроперегрузки для выращивания кристаллов в условиях космоса.

С.В. Привезенцев, В.П. Ширяев.

ОАО Ракетно-космическая корпорация "Энергия" имени С.П. Королёва.

Данная работа посвящена оценке возможности выполнения требований по уровню микроперегрузок спроектированного в РКК «Энергия» аппарата ОКА-Т, отделяемого модуля космической станции, одной из задач которого является выращивание кристаллов. Требуемые условия, поставленные Роскосмосом: в зонах размещения технологического оборудования уровень остаточных микроускорений на борту КА ОКА-Т в режиме свободного полета должен составлять не более $10^{-6}g$ в течение не менее 20 суток при одновременном обеспечении стабильности направления вектора остаточных квазипостоянных микроперегрузок не более $\pm 0,5^\circ$ вдоль одной из строительных осей КА.

Из этого требования следует, что вдоль одной из строительных осей уровень перегрузок должен составлять не более $10^{-6}g$, а вдоль перпендикулярных ей осей уровень перегрузок должен составлять не более $8,6 \cdot 10^{-9}g$ [1]. Последний уровень – это уже наногравитация, что означает предъявление к ОКА-Т серьезнейших, до сих пор никем в мире не достигнутых требований.

Для исследования возможности таких условий была создана математическая модель аппарата и окружающей среды, включающая в себя:

- движение по орбите;
- аэродинамическая сила и момент силы;
- гравитационный момент силы;
- модель системы маховиков без учета их дисбалансов;
- модель упругости корпуса ОКА-Т
- динамика и кинематика углового движения ОКА-Т;
- модель датчика угловой скорости;
- управление ориентацией;
- расчет перегрузки в месте установки целевой аппаратуры с учетом дисбалансов маховиков.

Моделирование проводилось в орбитальной ориентации в различных режимах, для орбит различных высот, с гравитационным и аэродинамическим возмущающими

моментами, в том числе от вращения солнечных батарей, с учётом и без учёта погрешностей датчика угловой скорости.

Краткие выводы. Моделирование показало, что главным препятствием к выполнению требования Роскосмоса по стабильности вектора перегрузки на высоте орбиты около 400 км является аэродинамическое сопротивление. Повышение рабочей орбиты позволяет значительно уменьшить амплитуду колебаний вектора перегрузки для размещения печи в удалении от оси X и направлением выращивания кристаллов вдоль оси Y. Увеличение высоты орбиты также позволяет уменьшить влияние дисбалансов роторов управляющих маховиков. На высоте 750 км их влияние можно не учитывать. Таким образом на высоте орбиты 750 км проблема аэродинамики и дисбалансов маховиков исчезает.

Однако при моделировании даже на высоте орбиты 750 км не удалось достигнуть выполнения требования Роскосмоса вследствие погрешностей ДУС (датчика угловой скорости). Отсюда следует вывод, что при проектировании космического аппарата, способного выполнить жесткие требования Роскосмоса, необходимо брать ДУС, имеющие минимальные погрешности и разработать алгоритмы оценки угловой скорости и управления космическим аппаратом, корректирующих и сглаживающих погрешности ДУС.

При выращивании кристаллов поддерживать ориентацию ОСК нельзя, т.к. будет накапливаться кинетический момент маховиков вследствие того, что на Земле нельзя точно рассчитать направление главных центральных осей и совместить их с ОСК [2]. Как показывают оценки точности расчета направления главных центральных осей космических аппаратов, в течение требуемых Роскосмосом на выращивание кристаллов 20-ти дней накапливалась бы величина кинетического момента многократно превышающая предельную величину. Поэтому за 20 дней пришлось бы несколько раз разгружать маховики, что помешало бы выращиванию кристаллов. Поэтому нужно разработать режим равновесной системы ориентации при управлении на маховиках, подобный тому, который существует на МКС.

Список литературы:

[1] И.Л. Шульпина, Б.Г. Захаров, Р.В. Парфеньев "Некоторые результаты выращивания кристаллов полупроводников в условиях микрогравитации (к 50-летию полета Ю.А. Гагарина в космос)". Журнал "Физика твердого тела" , том 54, вып 7, с 1264-1268. РАН, Спб, Наука, 2012.

[2] Б.В. Раушенбах, Е.Н. Токарь. Управление ориентацией космических аппаратов. М, Наука, 1974.