

Аун Е Чжо, И.В. Кауров, А.И. Шулепов

СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Введение. В данной работе обсуждаются системы обеспечения теплового режима малых космических аппаратов (МКА) негерметичного исполнения. Для выявления перспектив их использования, предлагаются принципы построения системы обеспечения теплового режима (СОТР), обеспечивающей работу бортовой аппаратуры в открытом космосе. Целевая бортовая аппаратура МКА должна функционировать в заданных температурных диапазонах, однако в орбитальном полёте космического аппарата (КА) внешние и внутренние тепловые потоки постоянно меняются, поэтому анализ перспективных систем СОТР МКА является актуальной задачей [1, 2].

В последнее время начался переход от автоматических МКА цилиндрической формы к аппаратам в форме параллелепипеда (или куба) в негерметичном исполнении. Для функционирования КА необходимо соблюдение температурных режимов для элементов его конструкции и оборудования.

Внешние тепловые нагрузки. Находящийся на орбите КА подвергается неравномерным по поверхности и переменным во времени внешним и внутренним тепловым нагрузкам. Распределение внешней тепловой нагрузки по поверхности КА зависит от его геометрической формы и места расположения выносных и разворачиваемых в космосе элементов.

Между внешними устройствами КА (приёмо-передающими антеннами, датчиками Солнца, приборами инфракрасной вертикали, двигателями системы ориентации и управления движением), и между внутренними элементами происходит сложный лучисто-кондуктивный теплообмен с учётом экранирования и затенения. Современные МКА негерметичного исполнения в основном используют СОТР с применением тепловых труб, контурных тепловых труб и тепловых сотовых панелей.

Рассмотрим СОТР МКА, функционирующих на низких солнечно синхронных орбитах, в негерметичном исполнении.

На МКА, движущийся на орбите высотой около 450 км, действуют в основном: лучистый тепловой поток от Солнца со средней плотностью излучения $E_c = 1396 \text{ Вт/м}^2$, тепловой поток от собственного излучения Земли со средней плотностью $E_{зем} = 220 \text{ Вт/м}^2$ и отражённый (Землёй от Солнца) тепловой поток со средней плотностью $E_a = 265 \text{ Вт/м}^2$ (средняя значение альбеда равна 0,37).

При орбитальном движении КА, имеющего форму куба или параллелепипеда, в режиме орбитальной ориентации с постоянным направлением одной из его осей на центр Земли тепловые потоки от Солнца на различные панели КА существенно меняются в пределах от 0 до 1396 Вт/м^2 (в дни весеннего и осеннего равноденствия – от 0 до 1248 Вт/м^2 , в дни в дни летнего и зимнего солнцестояния – от 0 до 1321 Вт/м^2).

Внутренние тепловые потоки. Внутренние тепловые потоки на МКА связаны с работой бортовой аппаратуры (БА). Основными потребителями энергии на КА дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), функционирующих на орбите, являются БА системы контроля и управления, аппаратура системы управления движением, блоки приёмной и передающей аппаратуры, усилители высокочастотных сигналов, электроника служебной аппаратуры, блок управления работой солнечной батареи и др. Между внутренними элементами также происходит сложный лучисто-кондуктивный теплообмен с учётом экранирования.

К внутренней тепловой нагрузке следует также отнести мощность, рассеиваемую электронагревателями системы обеспечения теплового режима, установленными в МКА для поддержания требуемого температурного диапазона работы приборов и агрегатов или для компенсации снижения мощности приборного оборудования в дежурном режиме.

Суммарная потребляемая мощность отдельных блоков аппаратуры определяется циклограммой её работы, и, в зависимости от назначения МКА, может составлять от нескольких десятков ватт до нескольких киловатт.

Принципы построения систем обеспечения теплового режима МКА

Система обеспечения теплового режима предназначена для организации отвода тепловых потоков от тепловыделяющих приборов, распределения их по другим элементам и для поддержания температуры приборно-агрегатного оборудования и элементов конструкции в заданных пределах.

К перспективным образцам МКА предъявляются требования к аппаратуре, которая способна функционировать в диапазоне температур от минус 50 до плюс 50°C в условиях открытого космоса.

Анализ источников, позволяет сформулировать принципы построения СОТР МКА, основанные на использовании новой элементной базы и новых элементов систем терморегулирования.

1. Использование пассивных средств обеспечения теплового режима: экранно-вакуумная теплоизоляция, терморегулирующие покрытия, тепловые мосты и термические сопротивления. В настоящее время масса пассивных СОТР составляет около 3 % массы аппарата.

2. Применение в СОТР тепловых труб и контурных тепловых труб, работающих на свойстве отвода тепловой энергии за счёт энергоёмкости фазового превращения жидкого хладагента в газообразный (и наоборот).

3. Разработка сотовых панелей со встроенными тепловыми трубами, которые служат не только для отвода тепловых потоков, но и для крепления приборов (с внутренней стороны КА).

4. Использование внешней стороны сотовых панелей в качестве излучающей поверхности для сброса тепловых потоков в космическое пространство.

5. Создание требуемых температурных условий посадочных мест крепления приборов и агрегатов на сотовых панелях для приборов с различными допустимыми диапазонами температур их работы. Благодаря этому группы приборов с большим и малым тепловыделением можно размещать на панелях, по-разному освещаемых Солнцем в процессе полёта.

6. Использование тепловых труб не только для перераспределения тепловых потоков, но и в силовой работе элементов конструкции КА. Например, применение тепловых труб в качестве подкрепляющих элементов сотовых панелей позволяет снизить массу конструкции КА.

7. Применение электронагревателей для выравнивания температур отдельных элементов конструкции КА с целью снижения деформаций, влияющих на прецизионные приборы.

8. Организация процесса регулирования при наличии большого количества источников тепловых потоков осуществляется с помощью бортовой системы контроля и управления. Она обрабатывает показания термодатчиков (терморезисторов), установленных в различных точках МКА, и по результатам их анализа включает или выключает соответствующие

электронагреватели (с использованием контроллера температурного регулирования).

Заключение. Анализ российских разработок СОТР малых космических аппаратов показал, что газожидкостные системы теплового режима с применением тепловых труб используются при внутреннем максимальном тепловыделении аппаратуры до 450 Вт. Возможно применение пассивных средств терморегулирования с контурными тепловыми трубами и системой электронагревателей.

В частности, для Российского опытно-технологического малого космического аппарата «АИСТ-2Д» система СОТР построена на использовании сотовых панелей с тепловыми трубами, отводящими тепловые потоки от бортовой аппаратуры, и контурными тепловыми трубами, выравнивающими температуру между отдельными сотовыми панелями, а также на использовании плёночных электронагревателей, управляемых контроллером теплового режима (КТР).

Список использованных источников

1. Куренков, В.И. Основы проектирования космических аппаратов оптико-электронного наблюдения Земли. Расчёт основных характеристик и формирование проектного облика: учебное пособие. – Самара: Изд-во Самарского университета, 2020. – 461 с.
2. Колесников А.В., Палешкин А.В. Тепловое проектирование космических аппаратов: учебное пособие. – М.: Изд-во МАИ, 2013. – 96 с.

УДК 539.3

К.Т. Аунг, А.М. Думанский

РАСЧЕТ АНИЗОТРОПИИ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОДНОНАПРАВЛЕННОГО УГЛЕПЛАСТИКА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИСПЫТАНИЙ НА ПОЛЗУЧЕСТЬ

Введение. Углепластики находят широкое применение в авиационной и космической промышленности, благодаря высокой прочности, жёсткости и низкой массе. Ориентация слоёв однонаправленных углепластиков, задаваемая углами армирования, определяет эксплуатационные характеристики материала: жёсткость, прочность и ресурс долговечности.