

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ МАЛОГАБАРИТНОЙ БОРТОВОЙ АППАРАТУРЫ

Карабин А. Е., Титова А. С.

ОАО «Научно-исследовательский институт точных приборов», г. Москва,
Россия

Современная бортовая аппаратура, устанавливаемая на космических аппаратах, постоянно модернизируется и развивается. Целью разработчиков является уменьшение массогабаритных и энергетических характеристик беспилотных аппаратов. Для этого требуется создавать аппаратуру, которая будет работоспособной в негерметичных отсеках современного космического аппарата.

В настоящее время наиболее перспективной признается аппаратура, сконструированная по блочной схеме, состоящая из кассет на основе унифицированных плат-рамок.

Система обеспечения теплового режима – одна из важнейших бортовых систем современных КА, необходимая как на пилотируемых летательных аппаратах, так и на беспилотных. Возникает необходимость интеграции системы терморегулирования блоков аппаратуры в общую СОТР космического аппарата. Степень сложности средств, необходимых для обеспечения требуемого теплового режима определяется тепло- и хладоустойчивостью ЭРИ входящих в блоки аппаратуры.

Тепловой режим радиоэлектронной аппаратуры в значительной мере определяет надежность ее работы и длительность эксплуатации на космическом аппарате. Испытания современной космической аппаратуры в наземных условиях требуют значительных экономических и временных затрат, поэтому важнейшей задачей разработчиков становится моделирование физических процессов в блоках МБА.

В качестве объекта исследования в нашей работе рассматривается тепловой режим блока малогабаритной бортовой аппаратуры (МБА), состоящего из одной технологической кассеты.

Конструктивно кассета состоит из алюминиевой рамки, на которую с двух сторон прикреплены многослойные печатные платы (МПП) с установленными на них электро-радиоизделиями (ЭРИ). Алюминиевая рамка устанавливается на термоплату космического аппарата (КА) через теплопроводящую прокладку. С боковых сторон кассеты установлены крышки.

Тепловое состояние окружающей среды задается двумя значениями температур: на термостатируемой термоплате КА в местах установки МБА от минус 10°C до плюс 40°C ; а на элементах конструкции КА от минус 50°C до плюс 50°C .

Цель работы заключается в моделировании теплового режима и определении полей температур кассеты, для последующего воспроизведения таких условий проведения испытаний МБА и ее составных частей в термокамерах при воздействии повышенных и пониженных температур, при которых обеспечивается адекватность эксплуатационным воздействиям на борту космических аппаратов (КА).

Решалась двумерная тепловая модель блока МБА, с полями температур по алюминиевой рамке и установленными на ней МПП. Математическая модель теплового режима состоит из системы 191 дифференциальных уравнений, решаемых методом конечных разностей в среде MATLAB 7.5.0 (R2007b).

Основные допущения, принятые при моделировании теплового режима блока МБА: температурами T_i и средними теплоемкостями c_i , $i=1, \dots, 191$.

2. Выделенные элементы обмениваются между собой теплотой теплопроводности и излучения.
3. Коэффициент теплопроводности МПП принят одинаковым по всем направлениям распространения теплоты.
4. Требуемая температура термоплаты $T_{\text{тп}}$ обеспечивается средствами

специального жидкостного контура СТР, и считается заданной.

Главным критерием достоверности адекватности тепловых воздействий в камере тепловым воздействиям в условиях эксплуатации являются значения температур ЭРИ. Были построены математические модели теплового режима функционирования и проведены поверочные тепловые расчеты теплообмена блока МБА, получены поля температур по кассете и определены температуры отдельных ЭРИ.

Полученные результаты являются более точными и исчерпывающими, по сравнению с результатами, получаемыми ранее при решении одномерной задачи.

По результатам моделирования были выбраны средства для обеспечения теплового режима МБА при проведении наземных испытаний, адекватного эксплуатационным воздействиям на борту космических аппаратов.