

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ БОРТОВОЙ АППАРАТУРЫ В ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ КАМЕРАХ

Титова А. С., Карабин А. Е., Денисова А. С.

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

Тепловакуумные испытания малогабаритной бортовой аппаратуры (МБА), размещаемой в открытом космосе и негерметичных отсеках космического аппарата (КА), должны проводиться в камерах, моделирующих условия штатной эксплуатации на орбите полета. Однако, во многих камерах, особенно малоразмерных (менее 2м³) отсутствуют устройства, имитирующие с необходимой точностью лучистые тепловые потоки от Солнца, Земли и теплового воздействия от струй двигателей ориентации или разгонного блока, а также температуры поверхностей посадочных мест, на которых устанавливают МБА. Это не позволяет проводить конструкторско-доводочные испытания (КДИ) МБА и их составных частей в условиях, близких к условиям открытого космоса.

Создание методологии испытаний и разработка усовершенствованной тепловакуумной камеры (ТВК) на экспериментальной базе ОАО «НИИ ТП» должна устранить недостатки в имитации внешних тепловых воздействий и повысить качество и надежность отработки МБА.

В результате проведенной работы были разработаны рекомендации по совершенствованию рабочей тепловакуумной камеры (ТВК) в части дооснащения камеры имитатором внешней тепловой нагрузки (ВТН) на основе совместного использования галогенных ламп и керамических нагревателей, доработки азотных криогенных экранов, системы управления имитатором ВТН, теплового имитатора приборно-агрегатного оборудования (ПАО), окружающего объект испытаний в условиях полета, использования безмасляной системы вакуумирования. Кроме того, разработаны программно-математическое обеспечение по определению параметров лучистого поля от имитатора ВТН и методология проведения испытаний на усовершенствованной ТВК.

Методология лабораторных, конструкторско-доводочных испытаний основывается на математическом моделировании внешней тепловой нагрузки, действующей на МБА при полете КА и физическое моделирование этой нагрузки с помощью ИК-имитаторов. С этой целью разработан метод расчета лучистого теплообмена МБА в условиях орбитального полета и для условий испытаний МБА в ТВК. В последнем случае в систему расчетных узлов наряду с конструкцией ОИ включаются также элементы стенок камеры (криоэкраны), которые имеют фиксированную температуру и заданное значение оптических свойств. Метод расчета лучистого теплообмена МБА учитывает многократные переотражения и экранирование как между элементами МБА, так и ограничивающей внутренней поверхностью камеры. Для выбора оптимальных параметров ИК-имитаторов разработаны аналитический и численный методы расчета лучистого поля имитатора ВТН на основе кварцевой галогенной трубки (галогенной лампы) с отражателем и малогабаритных керамических нагревателей. Для построения математической модели имитатора проведены экспериментальные исследования распределения плотности освещенности от единичного источника облучения. Применительно к типовой МБА разработки ОАО «НИИ ТП» – антенно-приборного блока высокоскоростной радиолинии составлена ее математическая модель. В режиме переохладения (минимальная внешняя тепловая нагрузка), как наиболее критичном, оценено влияние лучистого теплообмена от термостатируемой платы блока к поворотным механизмам рефлектора антенны, а для режима перегрева определены внешние тепловые потоки к МБА на освещенном участке орбиты с учетом взаимного экранирования элементов конструкции.

Проведенная отработка параметров усовершенствованной тепловакуумной камеры позволяет обрабатывать МБА, размещаемой как внутри гермоотсека КА, так и в открытом космосе.