

УДК 536.04

Аншаков Г.И., Бирюк В.В., Васильев В.В., Никонов В.В., Салмин В.В.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПОЛЕЙ В ЗАМКНУТОМ ОБЪЕМЕ
СПУСКАЕМОГО АППАРАТА КОСМИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ

В настоящее время является актуальной задача обеспечения заданных температурных режимов экспериментального и технологического оборудования внутри спускаемого аппарата (СА) космической лаборатории (КЛ) типа "Фотон".

Для построения геометрической модели использовался программный пакет SolidWorks. Внутреннее пространство СА представляет собой сферическую область, заполненную бортовой аппаратурой.

В отличие от работы [1] в качестве метода исследования был выбран метод теплового баланса. Кроме тепловыделения объектов аппаратуры внутри СА в расчетной модели также учитываются радиационные тепловые потоки от Солнца, Земли и атмосферы. Уравнение теплового баланса *i*-го характерного элемента конструкции КЛ в исследуемых условиях имеет вид

$$mc_p \frac{dT_i}{dt} + \delta \xi_i S_i T_i^4 = A_i q_s S_{ic} + \xi_i q_i S_i + \sum Q_{ij}$$

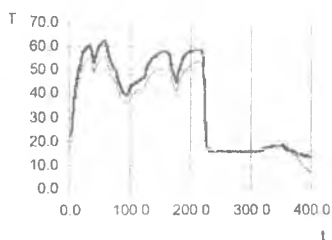
$$mc_p \frac{dT_i}{dt} + \delta \xi_i S_i T_i^4 = A_i q_s S_{ic} + \xi_i q_i S_i + \sum Q_{ij}, \tag{9}$$

где A_i, ξ_i - термооптические коэффициенты поверхностей для видимой и инфракрасной областей спектра излучения; S_i - площадь собственного излучения *i*-го элемента; S_{ic}, S_{ip} - проекции облучаемых поверхностей *i*-го элемента на плоскости, нормальные к направлениям солнечного и планетного излучений; q_s, q_p - удельные потоки солнечного и планетного теплового излучений; Q_{ij} - тепло, передающееся в единицу времени к *i*-му от *j*-го элемента СА вследствие теплопроводности (кондуктивности), так и конвекции.

В соответствии с исходными данными было проведено моделирование температурного режима отсека СА с научной аппаратурой для двух основных режимов эксплуатации, от

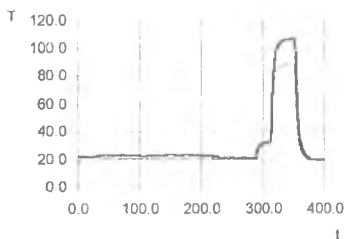
личающихся уровнями тепловых нагрузок на конструкцию и аппаратуру СА для всей продолжительности орбитального полета.

На рисунках 1-2 показаны зависимости температур некоторых блоков научной и бортовой аппаратуры от времени для двух эксплуатационных режимов: 1 -- номинального, 2 -- экстремального. Температура на графиках дана в градусах Цельсия, время -- в часах полета. Данные, представленные на рисунках, показывают, что экспериментальный режим характеризуется несколько более высокой температурой объектов внутри оболочки СА. По качественному поведению оба эксплуатационных режима являются аналогичными.



Режимы эксплуатации: - - - - - 1, ——— 2

Рис. 1 Зависимость температуры от времени для блока «Полизон-М»



Режимы эксплуатации: - - - - - 1, ——— 2

Рис. 2 Зависимость температуры от времени для блока «Фаворит»

С целью получения значений распределенного поля температуры между объектами аппаратуры СА была разработана программа, для решения граничной задачи методом особенностей. В качестве особенностей использовались точечные источники.

Построенные поля температуры представлены на рис. 3 – 4. Картины полей соответствуют экспериментальному режиму (рис. 1-2).



Рис. 3 Распределение температуры в сечении I-I в момент времени $\tau = 160.0$



Рис. 4 Распределение температуры в сечении E-E в момент времени $\tau = 160.0$

Полученные результаты дают представление о температурных режимах объектов в зависимости от режимов работы системы терморегулирования, а также позволяет выработать рекомендации по улучшению ее эффективности и провести опережающее численное моделирование тепловых потоков для оптимизации расположения научной аппаратуры внутри СА.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 04.01-96512.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аппаков Г.П., Бирюк В.В., Васильев В.В., Салмин В.В. Численное моделирование теплового состояния на космическом аппарате «Фотон». Сборник трудов V Всероссийской научно-технической конференции «Процессы горения, теплообмена и экология тепловых двигателей», Октябрь 5-7, СГАУ, Самара, 2004, с. 9-16.