

## **АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ОРБИТАЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ И ВНЕШНИХ ТЕПЛОВЫХ УСЛОВИЙ НА ОРБИТАХ НАНОСПУТНИКОВ**

Тепловой режим космических аппаратов (КА) обусловлен внутренними и внешними тепловыми потоками. В процессе функционирования на его борту приборы и элементы систем совершают полезную работу, выделяя при этом тепловую энергию в окружающее их пространство. С другой стороны на КА воздействует внешний тепловой поток, источниками которого на околоземной орбите в основном являются Солнце и Земля. В процессе орбитального полета в пределах одного витка (примерно 1.5–2 часа для рассматриваемых орбит высотой 200...2000 км) плотность внешнего теплового потока на одну сторону спутника может отличаться на два порядка. То же самое можно сказать и про разные стороны в один момент времени. При проектировании КА возникает необходимость моделирования его теплового нагружения в зависимости от программы полета и внешних условий для принятия каких-либо мер по обеспечению требуемого теплового режима [1]. Для элементной базы, используемой в наноспутниках (КА массой 1..10 кг) характерен узкий диапазон рабочей температуры, который не свойственен для работы в космическом пространстве. Поэтому при проектировании спутников этого класса актуальной является задача моделирования теплового режима в процессе орбитального полета.

В лаборатории «Астрономикон» разрабатывается платформа, предназначенная для сборки наноспутников, функционирующих на произвольных орбитах и в различных режимах ориентации [2]. Поэтому возникает необходимость моделирования орбитального движения платформы и исследование внешних тепловых потоков в качестве первого этапа решения обозначенной задачи.

Объект исследования — кубический корпус модуля платформы с длиной грани 10 см. В качестве материала корпуса рассматриваются алюминиевые сплавы.

С целью анализа возможного положения платформы в космическом пространстве разработана база данных выведенных на орбиту наноспутников, для каждого из которых определены их фактические орбитальные параметры в течение срока активного существования, получены предельные значения начальных орбитальных параметров и параметры типовых орбит. Для определения эволюции орбитальных параметров в течение функционирования КА на основании полученных данных проведен анализ использования различных моделей возмущенного движения применительно к рассматриваемому классу аппаратов на их типовых орбитах [3, 4]. При расчетах тепловой нагрузки за один виток использовалась невозмущенная модель движения.

Движение вокруг центра масс описано кинематическими уравнениями Эйлера. Рассматриваются 4 режима ориентации: начальная ориентация; одноосная ориентация на Солнце; трехосная ориентация в надири и на заданную точку поверхности Земли. При расчете внешней тепловой нагрузки на КА учтены прямое солнечное излучение, отраженное от поверхности Земли солнечное излучение, собственное излучение Земли и нагрев вследствие взаимодействия поверхности КА с атмосферой [5].

Для исследования поля тепловых потоков в околоземном пространстве определено распределение суммарной плотности тепловых потоков и ее составляющих как функция от высоты. На основании симметрии поля относительно линии Земля–Солнце определены функции всех составляющих теплового потока от положения КА на круговой орбите и положения плоскости орбиты относительно линии Земля–Солнце. Определены 4 расчетных

случая взаимного положения Солнца и орбиты, при которых достигаются предельные значения перепадов плотности теплового потока и её средних значений за один виток. В результате моделирования движения по заданным орбитам и в заданных режимах ориентации произведен расчет внешних тепловых потоков на каждую грань наноспутника, а также разработана методика моделирования его внешнего теплового нагружения. Эти результаты будут использоваться в дальнейшем для расчета температурного поля рассматриваемого модуля платформы с учетом внутренней тепловой нагрузки.

#### **Библиографические ссылки**

1. *Под ред. Солодова А. В.* «Инженерный справочник по космической технике» М., Воениздат, 1977.
2. *Малыгин Д. В.* «Многоцелевая платформа «Синергия» блочно-модульного типа для сборки наноспутников». Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2018. Т. 61. № 8. С. 692-700.
3. *Константинов М. С., Каменков Е. Ф., Перельгин Б. П., Безвербый В. К.; Под ред. Мишина В. П.* «Механика космического полета: Учебник для втузов», – Машиностроение, 1989. – 408с.
4. *Дубошин Г. Н.* «Справочное руководство по небесной механике и астродинамике», 1976.
5. *Атамсов В. Д. и др.* «Системы обеспечения тепловых режимов космических аппаратов: учебное пособие» /; Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2017. – 104 с.