

## **МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ДЛЯ ВЫБОРА МЕСТ УСТАНОВКИ ВНЕШНИХ УСТРОЙСТВ НА НИЗКООРБИТАЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТАХ НАБЛЮДЕНИЯ**

Выбор мест установки внешних устройств (ВУ) на низкоорбитальных космических аппаратах (КА) наблюдения земной поверхности зависит от множества факторов, в частности от конфигурации конструкции КА, параметров орбиты КА, схемы функционирования КА и особенностей целевого функционирования низкоорбитального КА.

Суть особенностей заключается в сложном программном угловом движении КА вокруг центра масс в процессе орбитального полета, поскольку снимаемые участки земной поверхности произвольным образом расположены относительно трассы полета КА в полосе обзора. В результате в процессе полета стохастически меняется положение ВУ относительно внешних объектов как астрофизических (Солнце, звезды), так и искусственных (спутник-ретранслятор, навигационные спутники). Соответственно изменяется эффективность функционирования внешних устройств в течение орбитального полета КА. Для солнечных батарей (БС) и радиаторов охлаждения (РО) изменяется освещенность Солнцем, для антенных устройств (АУ) - зона радиовидимости, для звездных датчиков (БОКЗ) - зона обзора звездного неба. Таким образом, возникают задачи выбора мест установки ВУ на КА с учетом их функционирования в условиях переменного положения при работе КА. Такая задача является актуальной на начальных стадиях проектирования КА. Аналитическим путем на начальной стадии проектирования решить такую задачу практически не удастся, как правило, используется эмпирический подход.

Целью работы является создание методического и программного обеспечения, позволяющего на начальных этапах проектирования низкоорбитальных КА наблюдения проводить оценку наиболее предпочтительных решений при выборе мест установки и ориентации ВУ с учетом моделирования орбитального движения КА и разворотов КА при целевом функционировании. Предлагаются модели и алгоритмы с использованием метода имитационного моделирования, позволяющего учитывать стохастический характер задачи. Предлагаемый алгоритмический подход к размещению ВУ на низкоорбитальных КА наблюдения в литературе не встречается.

В качестве критериев выбора мест установки ВУ на КА предлагается использовать время взаимодействия внешних устройств КА наблюдения с внешними объектами, от взаимодействия с которыми зависит эффективность функционирования ВУ. К числу внешних

объектов (ВО) относятся искусственные ВО (навигационные спутники, спутник-ретранслятор) и астрофизические ВО (звезды, Солнце, Земля).

Суть моделирования заключается в построении упрощенной геометрической модели КА (рис. 1), учитывающей тип компоновки КА. В базовой системе координат задается вектор  $\bar{a}$ , характеризующий предполагаемое место установки ВУ. Затем имитируются движение КА по орбите и повороты КА вокруг центра масс при наблюдении земной поверхности. В составе исходных данных задаются параметры рабочей орбиты, а также максимальный угол поворота, шаг расчета, угол Солнца, определяющие целевые характеристики. На каждом шаге имитационного полета КА определяется угол между векторами  $\bar{e}$  и  $\bar{a}$ , характеризующими положение ВУ на КА и направление на ВО. В зависимости от значения угла рассчитывается время взаимной видимости (взаимодействия) ВУ и ВО.

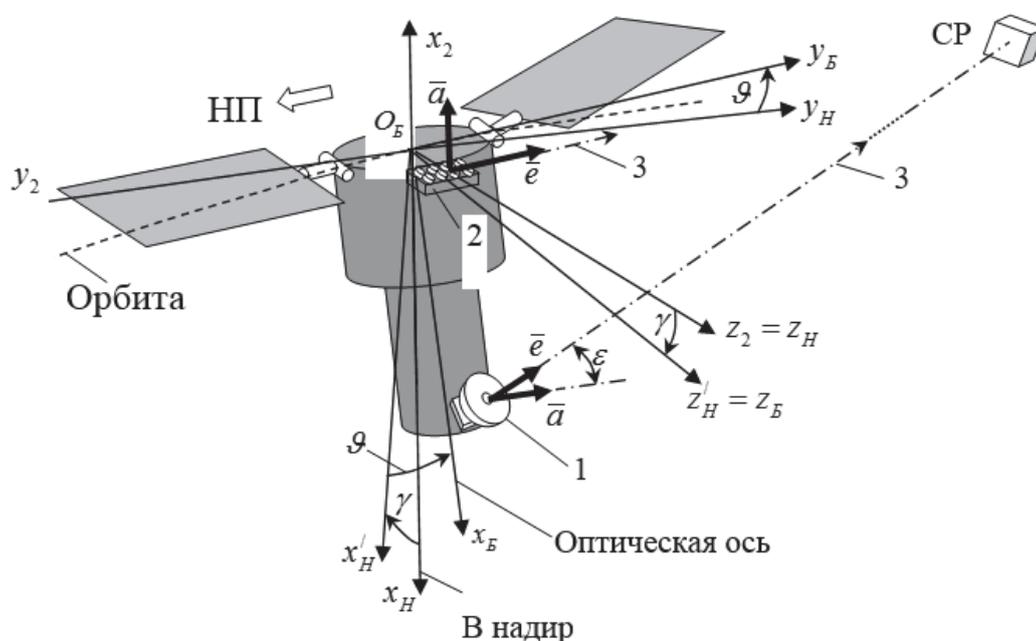


Рисунок 1 – Геометрическая модель КА с расположением векторов  $\bar{e}$  и  $\bar{a}$

С целью выбора предпочтительных мест установки навигационных АУ на КА в качестве критерия предлагается использовать относительное время взаимной видимости (радиовидимости) АУ и заданного количества навигационных спутников. Максимальный показатель времени взаимной видимости определяет наиболее предпочтительные места размещения АУ на КА из области приемлемых решений, обеспечивающих эффективное функционирование АУ. Подробное описание модели и алгоритма приведено в [1].

С целью выбора предпочтительных мест установки АУ, передающих информацию через спутник-ретранслятор, в качестве критерия предлагается использовать время взаимной видимости АУ и спутника-ретранслятора. Максимальный показатель времени взаим-

ной видимости определяет наиболее предпочтительные места размещения АУ на КА из области приемлемых решений, обеспечивающих эффективное функционирование АУ при передаче информации через СР. Подробное описание модели и алгоритма приведено в [2].

С целью выбора предпочтительных мест и углов установки звездных датчиков в качестве критерия предлагается использовать время видимости звездного неба. Максимальный показатель времени видимости определяет наиболее предпочтительные места и углы установки звездных датчиков из области приемлемых решений, обеспечивающих эффективное функционирование звездных датчиков. Подробное описание модели и алгоритма приведено в [3].

С целью выбора предпочтительных мест установки и ориентации панелей радиаторов охлаждения на КА в качестве критерия предлагается использовать относительное время освещенности панелей РО Солнцем с учетом углов освещенности панелей. Минимальный показатель относительного времени освещенности определяет наиболее предпочтительные места и ориентацию панелей РО из области приемлемых решений, обеспечивающих эффективное функционирование РО. Подробное описание модели и алгоритма приведено в [4].

С целью выбора предпочтительных мест установки и ориентации панелей БС на КА в качестве критерия предлагается использовать среднесуточный косинус угла между нормалью к панели БС и направлением на Солнце, рассчитываемый исходя из среднесуточного времени освещенности БС Солнцем. Максимальный показатель среднесуточного косинуса определяет наиболее предпочтительные места установки и ориентации панелей БС на КА из области приемлемых решений, обеспечивающих эффективное функционирование БС. Подробное описание модели и алгоритма приведено в [5].

Таким образом, сформирован общий алгоритмический подход к выбору мест установки внешних устройств на низкоорбитальных КА наблюдения на начальном этапе проектирования с учетом целевого функционирования КА и его целевых характеристик путем использования метода имитационного моделирования. Суть моделирования является единой для каждой из предлагаемых математических моделей. Основные исходные данные и допущения также имеют общий характер. Отличия обуславливаются системами координат, в которых располагаются внешние объекты. Разработанные математические модели и алгоритмы устанавливают взаимосвязь между целевыми характеристиками низкоорбитальных КА видового наблюдения и конструктивным обликом КА, что способствует решению задачи синтеза низкоорбитальных КА наблюдения в части размещения внешних устройств таких, как БС, РО, АУ, БОКЗ.

Практическая значимость работы заключается в создании программно-математического обеспечения (ПМО), выполненного СГАУ по ТЗ ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс» и в соответствии с предложенными моделями и алгоритмами. Описание ПМО приведено в [6].

ПМО позволяет ускорить процесс формирования проектного облика КА за счет возможности оперативного расчета множества альтернативных вариантов, позволяющего проводить выбор наиболее предпочтительных мест установки ВУ на упрощенной геометрической модели КА.

### **Библиографический список**

- 1 Куренков, В. И. Модели и алгоритм для выбора мест установки антенн навигационной системы на космических аппаратах дистанционного зондирования Земли / В.И. Куренков, Л.Б. Шилов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Том 14. №1(2). 2012. С. 495-501.
- 2 Шилов, Л.Б. Проблемы выбора мест установки на КА антенных устройств, для передачи информации на спутник-ретранслятор / Л.Б. Шилов // Международный российско-американский научный журнал «Актуальные проблемы авиационных и аэрокосмических систем: процессы, модели, эксперимент». Казань, Дайтона Бич. Вып. №2 (37). Том 18. 2013. С. 101-115.
- 3 Ахметов, Р.Н. Выбор мест и углов установки звездных координаторов космических аппаратов наблюдения / Р.Н. Ахметов, В.И. Куренков, Н.Р. Стратилатов, О.Г. Федоренко, Л.Б. Шилов // Вестник СГАУ, 2012г. №4 (35). С. 11-17.
- 4 Стратилатов, Н.Р. Модели для оценки относительного времени освещения Солнцем радиаторов охлаждения на внешней поверхности корпуса КА наблюдения / Стратилатов Н.Р. Куренков В.И., Федоренко О.Г. Шилов Л.Б. // Электронный журнал «Труды МАИ», №43 март, 2011г.
- 5 Куренков, В.И. Выбор мест установки панелей солнечных батарей КА наблюдения / Куренков В.И., Стратилатов Н.Р., Федоренко О.Г., Шилов Л.Б. // Сборник научных трудов 2-й Международной конференции Российской академии космонавтики им. К.Э.Циолковского и Международной академии астронавтики «Научные и технологические эксперименты на автоматических КА и малых спутниках». Самара, СГАУ, 2011г.
- 6 Отчет о научно-исследовательской работе «Разработка программно-методического обеспечения для выбора мест установки и ориентации внешних устройств на космических аппаратах дистанционного зондирования Земли», 219х-003/3-1, Самара, СГАУ, 2013г., 339 л.