

ОТЗЫВ

Федерального государственного унитарного предприятия
«Центральный научно-исследовательский институт машиностроения»
на автореферат диссертации Баранова Андрея Анатольевича на тему
«Разработка методов расчёта параметров манёвров космических аппаратов в
окрестности круговой орбиты», представленной на соискание учёной степени
доктора физико-математических наук по специальности 01.02.01 -
«Теоретическая механика»

В диссертационной работе Баранова Андрея Анатольевича решена крупная научная проблема оптимального маневрирования космических аппаратов (КА) на околокруговых орбитах искусственного спутника Земли.

Одной из важных и трудоёмких задач космонавтики является определение параметров оптимальных в смысле минимума расхода топлива многоимпульсных баллистических схем маневрирования КА для перехода на орбиту с заданными параметрами. Имеется целый ряд классов таких задач. Для их решения необходимо применение надёжных и эффективных в вычислительном смысле методов и алгоритмов.

Актуальность и важность научной проблемы исследования обусловлена необходимостью разработки аналитических и численно-аналитических эффективных методов решения задач оптимального маневрирования, пригодных, в том числе, и для реализации в бортовых вычислительных машинах перспективных КА. Особо в этом смысле необходимо отметить перспективные спутниковые системы, которые будут иметь в своём составе большое количество автономно маневрирующих КА.

Как следует из автореферата, целью диссертационной работы является построение теории оптимального маневрирования на околокруговых орбитах, в которой определяются возможные типы оптимальных решений и области их существования для основных задач, встречающихся на практике.

Достижение поставленной цели выполнялось в диссертации по следующим направлениям:

- определение областей существования вырожденных и невырожденных оптимальных решений задачи встречи на компланарных орбитах, разработка численно-аналитических методов нахождения параметров маневров для этих решений;

- разработка численно-аналитических методов нахождения параметров маневров для встречи на некомпланарных орбитах;

- разработка численно-аналитического и численного методов расчета параметров маневров дальнего наведения;

- разработка графического диалога с задачей, основанного на изображении импульсов скорости в пространстве составляющих вектора эксцентриситета;

- разработка численно-аналитического метода решения задачи встречи на некомпланарных орбитах при наличии значительного первоначального отклонения долготы восходящего узла;

- разработка численно-аналитических методов расчета параметров оптимальных маневров, гибкого поддержания заданной конфигурации спутниковой системы.

Научная новизна полученных в работе результатов заключается в следующем:

- разработан аналитический метод расчета параметров оптимальных маневров перехода между некомпланарными орбитами, при условии, что у импульсов скорости отсутствуют радиальные составляющие;

- разработан численно-аналитический метод расчета параметров оптимальных двух-, трех- и четырехимпульсных маневров встречи на компланарных орбитах, когда годограф базис-вектора вырождается в точку;

- разработан численно-аналитический метод расчета параметров оптимальных трех- и четырехимпульсных маневров встречи на компланарных орбитах, когда годограф базис-вектора имеет вид эллипса;

- разработан аналитический метод расчета параметров оптимальных трехимпульсных- и четырехимпульсных маневров встречи на компланарных орбитах, когда годограф базис-вектора имеет вид циклоиды;

- разработан численно-аналитический метод расчета параметров оптимальных маневров встречи на компланарных орбитах, когда годограф базис-вектора имеет вид циклоиды;

- определены области существования различных типов оптимальных решений задачи встречи на компланарных орбитах;

- разработан численно-аналитический метод расчета параметров оптимальных маневров встречи на компланарных орбитах, при наличии ограничений на высоту орбиты ожидания;

- разработан универсальный численно-аналитический метод расчета параметров оптимальных маневров встречи на некомпланарных орбитах;

- разработан аналитический метод расчета параметров оптимальных пяти- и шестиимпульсных маневров встречи на некомпланарных орбитах, когда годограф базис-вектора имеет вид спирали;

- разработан численно-аналитический метод расчета параметров оптимальных маневров дальнего наведения;

- разработан численный метод расчета параметров оптимальных маневров дальнего наведения;

- разработан графический диалог с задачей, позволяющий находить компромиссные решения при наличии противоречивых ограничений;

- разработан универсальный численно-аналитический метод расчета параметров оптимальных маневров встречи на некомпланарных орбитах при наличии значительного (десятки градусов) первоначального отклонения долготы восходящего узла;

- разработан численно-аналитический метод расчета параметров оптимальных маневров, гибкого поддержания заданной конфигурации спутниковой системы;

- разработан численно-аналитический метод расчета параметров оптимальных маневров, поддержания угла между плоскостями орбит разноуровневой спутниковой системы.

Практическая значимость работы определяется следующими положениями:

- решены основные задачи маневрирования КА в окрестности круговой орбиты;

- существенно сокращено время решения этих задач маневрирования, что позволяет выполнять проведение массовых расчётов при проектировании новых миссий;

- обеспечена высокая надежность решения задач, получена необходимая точность формирования заданной орбиты, что чрезвычайно важно при баллистическом обеспечении полетов реальных КА;

- разработанные методы позволяют объяснить характер получаемого решения;

- разработанный графический диалог с задачей чрезвычайно эффективен при возникновении нештатных ситуаций на орбите, при проектировании новых миссий, при расчете маневров уклонения от столкновения с космическим мусором;

- разработанные методы позволяют рассчитывать параметры многоимпульсных маневров на борту КА;

- результаты исследований использовались при разработке методов оценки маневров активных космических объектов и при определении схем облета объектов космического мусора, при решении задачи обслуживания.

Основные материалы исследования, вошедшие в содержание диссертации, изложены в 28 научных статьях, опубликованных в рекомендованных ВАК РФ изданиях.

В качестве недостатков работы, связанных, вероятно, с ограниченным объёмом автореферата, следует отметить следующее:

- не приводится определение окрестности круговой орбиты, для которой выполняются положения разработанной автором теории;

- ряд задач решался с использованием определённых исходных предположений. Например, задачи перехода между компланарными и некомпланарными орбитами (глава 2) решались в предположении равенства отношения боковой и трансверсальной составляющих первого и второго импульсов скорости. Универсальный метод расчёта параметров многовитковой встречи (глава 4) использует заданное распределение импульсов скорости на первом и втором интервалах маневрирования. Правомерность использования исходных предположений для получения оптимального плана манёвров не обосновывается;

- имеются несоответствия размерностей величин, входящих в ряд приведенных соотношений (например, в (5), (14), (15), (17), (19)).

Эти недостатки не затрагивают основных достигнутых теоретических результатов и практических рекомендаций автора и не могут изменить положительной оценки диссертации Баранова А.А.

Автореферат написан лаконичным языком, аккуратно оформлен, даёт ясное и достаточно полное представление о работе.

Диссертация Баранова А.А. является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной научной проблемы оптимального маневрирования КА на околокруговых орбитах искусственного спутника Земли. Диссертация соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого ППРФ №842 от 29 мая 2017 года, а её автор, Баранов Андрей Анатольевич, заслуживает присуждения учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.01 - «Теоретическая механика».

Главный научный сотрудник,
доктор технических наук,
профессор

В.Н. Почукаев

Ведущий научный сотрудник,
кандидат технических наук

Е.К. Мельников

Подписи Почукаева Владимира Николаевича и Мельникова Евгения Константиновича заверяю.

Главный учёный секретарь
ФГУП ЦНИИмаш,
доктор технических наук,
профессор



Ю.Н. Смагин

«04» февраля 2019 года