

ОТЗЫВ

официального оппонента о диссертации С.А. Шестакова «Методы построения и поддержания тетраэдральных спутниковых формаций», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 – Теоретическая механика

Диссертационная работа С.А. Шестакова посвящена решению комплекса задач, возникающих при рассмотрении группировки из четырёх спутников (в работе она называется тетраэдральной), решающих совместные задачи в космосе, а именно:

- определения орбит, на которых должны располагаться спутники,
- нахождения условий, при которых группировка спутников не распадается с течением времени,
- построения алгоритма управления спутниками для обеспечения выполнения ими поставленной задачи.

Содержательная часть диссертационного исследования предваряется обзором, в котором в том числе рассмотрены существующие миссии, использующие группировки из четырёх спутников. Результаты диссертационной работы могут быть использованы при разработке аналогичных миссий по изучению космического пространства вокруг Земли. Отмечу также, что предлагаемые соискателем методики и алгоритмы ориентированы в основном на использование их на малых спутниковых аппаратах. Подобные аппараты в настоящее время применяются в большом количестве научных и прикладных миссий. Вышесказанное подчёркивает **актуальность темы представленной диссертационной работы.**

Введение и первая глава работы содержат в основном обзор и справочные сведения. Важную часть обзора при этом занимает рассмотрение способов описания формы конструкции, составленной из четырех точек в пространстве. Отмечается нетривиальность такого описания.

Основной **новый результат** второй главы – конечные соотношения, определяющие орбиты четверки спутников. Из всего множества возможных относительных орбит соискатель выбирает те, которые позволяют группировке сохранять форму в соответствии с введенным в работе определением. Рассмотрение ведется в упрощенной модели движения, что позволяет соискателю найти необходимые и достаточные условия, которым должны удовлетворять начальные данные спутников. Как сами условия, так и методика их получения **интересны с теоретической и практической точек зрения**, а строгость

приведенных выкладок позволяет говорить о **достоверности полученных результатов**.

Мне представляется, что открыта новая струя в серии орбитальных задач.

Третья глава диссертации посвящена оптимизации полученных ранее опорных орбит. Соискатель применяет аналитические и полуаналитические методы, уточняющие результаты предыдущей главы в рамках более сложных моделей движения. Приводится методика улучшения опорных орбит спутников, позволяющая продлить время активного существования группировки в космосе, что имеет высокую **практическую значимость**.

Основные выводы главы подтверждаются численным моделированием, в том числе с применением метода Монте-Карло. Полученные в работе симметричные группировки из четырёх спутников, равно как и результаты исследования их устойчивости в пассивном движении, являются **новым результатом**, полученным соискателем.

В четвертой главе диссертации предложен алгоритм управления спутниками с целью поддержания опорных орбит каждого из них. В качестве управляющего воздействия используется сила сопротивления набегающего потока атмосферы. Алгоритм, предложенный соискателем, базируется на использовании прямого метода Ляпунова и теоремы Барбашина-Красовского. В работе рассмотрено несколько различных вариантов функции Ляпунова. Общая методика получения функции Ляпунова на основе требуемой геометрии относительных орбит может быть расширена и применена к построению управления в различных миссиях, требующих поддержания опорной относительной орбиты спутника, что подтверждает **практическую значимость** работы. Применение представленной методики для поддержания формы группировки из четырех спутников является **новым результатом**, полученным автором, и позволяет значительно увеличить время активного существования ее на орбите, что также подтверждает **практическую ценность** исследования.

В заключении перечислены основные результаты работы. Приложения содержат детальные доказательства лемм и положений, используемых соискателем в работе.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Основные результаты диссертации докладывались на отечественных и зарубежных конференциях, а также были опубликованы в пяти изданиях из перечня ВАК, в том числе трёх изданиях из списка Web of Science и/или SCOPUS.

Некоторой недоработкой можно считать слишком краткое обсуждение времени существования группировки. Это ведь один из важнейших вопросов динамики спутников. Сколько продержится изолированный объект, сколько конфигурация без влияния на ориентацию каждого, насколько сократится время из-за управления. Этот аспект придал бы этой очевидно прикладной работе ещё и общенаучное звучание, обозначив её место в

общей картине динамики ИСЗ. Особенно, в сравнении с первым спутником: был ли он достаточно малым, или уже большим.

Эта недоработка **не влияет** на общую положительную оценку работы. Работа выполнена на высоком научно-техническом уровне. Научные положения, выводы и результаты работы являются **обоснованными**.

Считаю, что работа «Методы построения и поддержания тетраэдральных спутниковых формаций» **удовлетворяет** требованиям Положения ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 – теоретическая механика, а ее автор – Шестаков Сергей Алексеевич – **заслуживает** присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук.

Отзыв составил официальный оппонент

Самсонов Виталий Александрович

Доктор физико-математических наук по специальности 01.02.01 – теоретическая механика,

главный научный сотрудник Лаборатории навигации и управления Научно-исследовательского института механики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова,

профессор Кафедры теоретической механики и мехатроники Механико-математического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова».

119192 Москва, Мичуринский проспект, д. 1, НИИ механики МГУ.

Тел: 84959395478

Email: samson@imec.msu.ru

24.09 2020 г.  В.А. Самсонов

Подпись официального оппонента В.А. Самсонова удостоверяю

Директор НИИ механики МГУ



 Ю.М. Окунев