

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

по научно-квалификационной работе Ду Чунжуй
«Оптимизация перелётов космических аппаратов с электроракетной двигательной установкой между периодическими орбитами относительно точек либрации L1 и L2 в системе Земля-Луна»

Ду Чунжуй, 1993 года рождения, в 2019 году окончил Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (МГТУ им. Баумана), по специальности «24.04.03. Баллистика и гидроаэродинамика». Присуждена квалификация магистр.

Ду Чунжуй с 2019 г. по 2023 год является аспирантом Самарского университета по направлению подготовки 24.06.01. Авиационная и ракетно-космическая техника: специальность 2.5.16. Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов.

За время обучения аспирантуре Ду Чунжуй зарекомендовал себя с самой лучшей стороны. Он увлеченно и упорно работал над диссертацией, проявлял самостоятельность в исследованиях. Надо сказать, что он сам заинтересовался и предложил направление исследований, связанных с оптимизацией перелётов космических аппаратов с электроракетной двигательной установкой между периодическими орбитами в системе Земля-Луна. Предлагал оригинальные пути и методы для решения поставленных перед ним задач. Упорство и трудолюбие позволило ему подготовить диссертационную работу в срок. Не все материалы исследований вошли в диссертационную работу, так как в противном случае она получилась бы очень объемной. Например, Ду Чунжуй рассмотрел задачу по отслеживанию опорных траекторий с учётом реальных возмущений.

Диссертант за время подготовки работы овладел методами аналитической механики, вычислительной математики, показал, что он способен разрабатывать сложные программы с использованием современных программных средств.

Актуальность темы диссертационного исследования определяется недостаточной изученностью проблемы поиска оптимальных законов управления космическими аппаратами (КА) с электроракетной двигательной установкой (ЭРДУ) для перелётов между периодическими орбитами в системе Земля-Луна.

Результаты работы могут быть использованы при определении оптимального номинального управления для окололунных миссий, использующих перелёты КА с ЭРДУ между периодическими орбитами относительно точек либрации L1 и L2 в системе Земля-Луна с учётом действующих возмущений. Сформулированы выводы и практические рекомендации по использованию разработанных методик управления движением КА при перелётах с ЭРДУ в окололунном пространстве.

Основные **научные результаты работы**, следующие:

1. Возмущающими факторами нельзя пренебрегать при изучении динамики полёта КА в окололунном пространстве.
2. ЭРДУ может изменять положение точек либрации системы Земля-Луна, тем самым создавая искусственную периодическую орбиту при загруженной целевой орбите.
3. Задача перелёта КА с ЭРДУ между периодическими орбитами в окололунном пространстве может быть решена методами коллокации и продолжения по параметру, используя динамическую структуру задачи трёх тел.
4. Для перелётов КА с ЭРДУ между периодическими орбитами в окололунном пространстве использование в качестве начального приближения инвариантных многообразий даёт лучшие результаты по сравнению с традиционными многовитковыми траекториями перелётов.

Практическая ценность работы заключается в следующем:

1. Разработано программно-математическое обеспечение, предназначенное для формирования оптимального номинального управления КА с ЭРДУ при перелётах между периодическими орбитами в системе Земля-Луна.

2. Получены результаты формирования оптимального номинального управления и соответствующих траекторий перелётов между периодическими орбитами в системе Земля-Луна пригодные для баллистического проектирования реальных миссий: между орбитами Ляпунова относительно L2; между гало-орбитами относительно L2; от орбиты Ляпунова к вертикальной орбите относительно L2; между орбитами Ляпунова относительно точек либрации L2 и L1; между гало-орбитами относительно точек либрации L2 и L1.

Все основные результаты, выносимые на защиту, получены лично Ду Чунжуй или при непосредственном его участии, и обладают научной новизной. В подготовке публикаций вклад Ду Чунжуй был определяющим.

Ду Чунжуй активно участвовал и делал доклады на всероссийских и международных конференциях. Все результаты опубликованы. По теме диссертации имеет 8 публикаций. В том числе 3 статьи опубликованы журналах, входящих в список, рекомендованный ВАК, и 5 статей – в базы SCOPUS и WOS. Считаю, что работа хорошо апробирована.

Выполненная на высоком уровне работа Ду Чунжуй является завершённой научно-квалификационной работой, содержит новые научные результаты и решение актуальной задачи разработки методик оптимизации перелётов КА с ЭРДУ между периодическими орбитами относительно точек либрации L1 и L2 в системе Земля-Луна, имеющих существенное теоретическое и практическое значение для космической отрасли.

По моему мнению, автор НКР Ду Чунжуй заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Научный руководитель,
заведующий кафедрой динамики полёта и систем управления
Самарского университета,
д.т.н., доцент


О. Л. Старинава

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева»,
443086, Самара, ул. Московское шоссе, д. 34

Тел. +7 9023794704

электронная почта: starinova@ssau.ru



Подпись <u>Стариновой О.Л.</u> удостоверяю.
Начальник отдела сопровождения деятельности ученых советов Самарского университета
 Васильева И.П.
<u>сентября</u> 20 <u>22</u> г.