

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ду Чунжуй «Оптимизация перелётов космических аппаратов с электроракетной двигательной установкой между периодическими орбитами относительно точек либрации L1 и L2 в системе Земля-Луна», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16 – Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов.

Актуальность представленной работы обусловлена тем, что проблема разработки методики формирования оптимального номинального управления для межорбитальных перелётов космического аппарата (КА) с электроракетной двигательной установкой (ЭРДУ) в системе Земля – Луна слабо изучена. В автореферате уточняется, что недостаточно разработана методика выбора оптимального номинального управления для осуществления перелётов в условиях воздействия гравитации двух притягивающих центров. Полученные в диссертационном исследовании результаты позволят осуществлять орбитальные маневры между периодическими орбитами относительно точек либрации L1 и L2 при исследовании Луны или создании лунной космической станции.

Диссертационная работа Ду Чунжуй посвящена проблеме разработки методик определения оптимального номинального управления для перелётов КА с ЭРДУ между периодическими орбитами относительно точек либрации L1 и L2 в системе Земля–Луна с учётом действующих возмущений.

В работе были получены следующие результаты, имеющие научную новизну:

1. Разработана и проанализирована математическая модель управляемого движения КА с ЭРДУ в окололунном пространстве с учётом возмущений от гравитации небесных тел Солнечной системы, нецентральности гравитационных полей Луны и Земли, особенностей движения Луны, светового давления.

2. Разработана методика и программно-математическое обеспечение для расчёта оптимального номинального управления и соответствующих траекторий перелётов КА с ЭРДУ между периодическими орбитами относительно точек либрации системы Земля - Луна без затруднений в поиске начального приближения.

### Теоретическая значимость

1. Разработана математическая модель управляемого движения КА с ЭРДУ в окололунном пространстве, позволяющая проводить моделирование с заданной точностью, оценены диапазоны величин действующих на исследуемых орбитах возмущающих ускорений.

2. Представлено использование динамических структур ограниченной задачи трёх тел для планирования траекторий перелёта КА с ЭРДУ в системе Земля - Луна, что позволяет снять затруднения в поиске начального приближения.

### Практическая значимость

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.

Достоверность результатов диссертационной работы Ду Чунжуй обеспечивается корректным использованием методов небесной механики, математики, классических вычислительных методов, апробированных методов теории оптимального управления и согласованностью полученных результатов с известными результатами по исследованию движения в рамках задачи трёх тел.

*Некоторые замечания*

1. В автореферате дублируется фраза «Представлены основные теоретические положения задачи (проблемы) трёх тел» в кратком описании к первой и второй главе диссертационного исследования.

2. Постановка задач осуществлялась как в первой так и в третьей главе диссертационного исследования. По объему главы получились неравномерными. Описательная часть главы 2 могла быть добавлена в первую главу. Разделы главы 2, описывающие уравнения движения КА в ограниченной задаче трех тел, а также матмодель движения КА с учетом возмущающих факторов могли быть включены в главу 1.

Отмеченные недостатки *не снижают* практическую ценность работы и не влияют на обоснованность защищаемых положений.

Диссертация представляет собой завершенное научное исследование, выполненное автором самостоятельно и на достаточно высоком уровне. Полученные автором результаты являются достаточно новыми, обоснованными и достоверными.

Работа отвечает требованиям ВАК к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, Ду Чунжуй, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16 – Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов.

Доктор технических наук, профессор  
кафедры «Авиа- и ракетостроение» ФГАОУ ВО  
«Омский государственный технический университет»  
Руководитель ИНОЦ «Космическая экология»

/ Трушляков Валерий Иванович/

Служебный адрес:  
644050, РФ, Омск, пр-т Мира, д. 11  
тел.: (3812) 27-52-12, 25-75-77  
e-mail: [vatrushlyakov@yandex.ru](mailto:vatrushlyakov@yandex.ru)

Я, Трушляков Валерий Иванович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой кандидатской диссертации Ду Чунжуй и на их дальнейшую обработку.

/ Трушляков Валерий Иванович/

Подпись д.т.н., профессора Трушлякова В.И. заверяю.  
Учёный секретарь учёного совета ОмГТУ



 Немцова Анна Федоровна /