

Авиамоторная, д. 53, Москва, 111250, почтовый адрес: а/я 16, г. Москва, 111250
тел.: +7 495 673-94-30, факс: +7 495 509-12-00, www.russianspacesystems.ru, contact@spacecorp.ru
ОКПО11477389 ОГРН1097746649681 ИНН722698789 КПП774550001

от 04.05.2021 № РКС НТСЗ-17

На № _____ от _____

В Диссертационный совет Д 002.024.01

ОТЗЫВ

**на автореферат диссертации Самохина Александра Сергеевича
на тему: «Методика построения экстремалей Понтрягина в задачах
сквозной траекторной оптимизации межпланетных перелётов с учетом
планетоцентрических участков», представленной на соискание
ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности
01.02.01 – Теоретическая механика**

Современный этап развития человечества характеризуется интенсивным освоением космического пространства, широким освоением ближнего и дальнего космоса, решением возникающих при этом математических проблем решения задач оптимального управления в том числе межпланетных перелётов космических аппаратов (КА). При этом важным исследовательским и практическим вопросом является комбинированное применение в том или ином случае реактивных двигателей большой (БТ) и малой (МТ) тяги. Так, например, управление КА посредством только реактивных двигателей БТ в настоящее время не позволяет доставить к Марсу, Венере, поясу астероидов удовлетворительную массу полезного груза.

В этой связи **актуальность** диссертационной работы Самохина А.С. определяется **объективной необходимостью** разработки усовершенствованного подхода к решению задачи оптимизации траекто-

рий перелетов КА с комбинированным управлением двигателями БТ и МТ.

В диссертационной работе Самохина А.С. решена научная задача разработки обеспечения реализации теоретической схемы построения экстремалей Понтрягина в задачах траекторной оптимизации с возвращением к Земле, жесткой фазировкой, единым функционалом и сквозной оптимизацией по нему, учетом эффекта потери точности, эфемерид, рассмотрением планетоцентрических участков, комбинированной ограниченной кусочно-непрерывной тягой.

В диссертации лично автором получены следующие основные **новые научные результаты**.

1. Поставлена трехмерная космодинамическая задача сквозной оптимизации траектории межпланетного перелёта КА с единым функционалом.

2. Предложена методика решения многоэкстремальных задач оптимизации траекторий межпланетных перелетов с возвратом к Земле, с учетом эфемерид, с жесткой фазировкой, ограниченной комбинированной большой и малой кусочно-непрерывной тягой, включающая решение серии вспомогательных задач в упрощенной постановке и продолжение решения по параметру.

3. Разработаны численные методы решения краевых задач принципа максимума, возникающих при управлении совокупностью динамических систем.

4. Разработана методика, названная «лестницей задач», основанная на поэтапном переходе от задач, решение которых не представляет вычислительных трудностей, таких как оптимизация комбинаций задач Ламберта прямыми методами, к задаче оптимального управления совокупностью динамических систем с кусочно-непрерывным управлением.

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций обеспечивается строгой математической постановкой задач, использованием хорошо обоснованных фундаментальных подходов и методов

их решения, таких как принцип Лагранжа, принцип максимума Понтрягина и метод продолжения по параметру. В теоретической модели учитываются эфемериды и притяжение крупных тел на всей траектории. Учитываются вычислительные особенности, такие, как эффект потери точности.

Численные результаты подвергались неоднократной проверке. Использовались апробированные численные методы для решения систем нелинейных алгебраических уравнений, задач Коши, задач минимизации прямыми методами, задач оптимального управления.

Результаты работы хорошо апробированы и достаточно **полно опубликованы**.

Диссертация соответствует Паспорту специальности 01.02.01 – Теоретическая механика.

Текст автореферата изложен достаточно ясно для восприятия.

К рекомендациям по дальнейшей работе, по-нашему мнению, можно отнести следующее.

В диссертации учтен наряду с математическими сложностями решаемой задачи ряд вычислительных трудностей (например, эффект потери точности). В перспективе подобные задачи целесообразно решать в объект-системе «Задача-инструмент решения». В качестве инструментария выступает, как правило, автоматизированная система обеспечения в рассматриваемом случае межпланетных перелётов с соответствующими подсистемами (программными, информационными, техническими, организационными и др.), позволяющими решать чрезвычайно сложные задачи, но одновременно вносящими свои (не только математические) деформации в решение. Для реализации подобного подхода может быть применена, например, теория ультрасистем проф. А.В. Чечкина или другие концепции.

Однако, несмотря на отмеченную рекомендацию, диссертационная работа Самохина А.С. представляет собой завершённую научную работу, в которой разработана методика построения экстремалей Понтрягина в задачах

сквозной траекторной оптимизации межпланетных перелётов. В целом диссертационная работа, несомненно, заслуживает положительной оценки.

Вывод. Судя по автореферату, диссертация Самохина А.С. на тему: «Методика построения экстремалей Понтрягина в задачах сквозной траекторной оптимизации межпланетных перелётов с учетом планетоцентрических участков», является самостоятельным законченным исследованием, в котором решена актуальная научная задача, имеющая существенное значение для развития и исследования космического пространства. По своему содержанию и научно-теоретическому уровню диссертация соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор – Самохин А.С. заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 – Теоретическая механика.

Заместитель начальника центра

АО «Российские космические системы»

член-корреспондент РАН, доктор технических наук, профессор

Владимир Вадимович Бетанов

Подпись Бетанова Владимира Вадимовича удостоверяю.

Ученый секретарь

АО «Российские космические системы»

кандидат технических наук,

старший научный сотрудник

«4» 05 2021 г.



С.А. Федотов

Адрес: 111250, г. Москва, ул. Авиамоторная, д. 53

Телефон: +7 (495) 673-94-76

E-mail: personal@spacecorp.ru