

**«УТВЕРЖДАЮ»**

Заместитель генерального директора АО «НИИЭМ»  
по космической технике,  
Главный конструктор по космическим системам,

К.Т.Н.



*Салихов Р.С.*  
Салихов Р.С.

\_\_\_\_\_ 2015 г.

## **ОТЗЫВ**

**на автореферат диссертации на соискание учёной степени**

**кандидата технических наук**

**Иванюхина Алексея Викторовича на тему:**

**«Методы проектирования траекторий КА с электроракетными двигателями  
на основе анализа области существования решений и исследования задачи о  
минимальной тяги»**

Оптимизация траекторий космических аппаратов (КА) с электроракетными двигательными установками (ЭРДУ), является давно исследуемой задачей механики космического полёта. На возможность использования этих двигателей в составе КА обратили внимание ещё в середине прошлого века, тогда же начали развиваться и методы проектирования соответствующих траекторий.

Как известно, эти задачи существенно отличаются от случая использования в составе КА химических двигателей (большой тяги), как правило, успешно решаемой в рамках импульсной аппроксимации. Зачастую методики решения, используемые сейчас для оптимизации траекторий КА с ЭРДУ (двигателей малой тяги), основаны на применении необходимых условий оптимальности, в частности в виде принципа максимума Понтрягина, однако, вопрос существования решения обычно не затрагивается. Такой подход страдает тем недостатком, что при достаточно сложной численной реализации процесса решения в случае отказа

невозможно однозначно понять причины произошедшего, которыми могут быть – не удовлетворительное начальное приближение, вырождение или численная неустойчивость метода и, наконец, отсутствие искомого решения. В связи с этим, рассматриваемые в диссертационной работе вопросы являются актуальной научной задачей.

Целью работы является разработка методики определения области существования решений в пространстве основных параметров ЭРДУ для задач перелёта КА с ограниченной тягой и формирование на её основе устойчивой методики проектирования траекторий перелета. Заявленная цель достигается с помощью решения задачи на минимум тяги, сама постановка которой отличается достаточной новизной и оригинальностью, так как ранее не встречалась в литературе.

Несомненная практическая значимость работы следует из глубокой проработанности и автоматизации процесса решения задачи оптимизации траекторий КА с ЭРДУ, разработки программно-математического обеспечения, не требующего начального приближения и предварительного анализа. Так же актуальность и новизна работы заключается в возможности постановки обратной задачи, что может послужить толчком для создания ЭРДУ с новыми техническими характеристиками, для выбора более оптимальных траекторий полета КА.

При этом автореферат не лишен недостатков, в качестве которых можно отметить следующие:

- перечисленные в качестве рассмотренных в диссертации примеры задачи перелёта межпланетного КА с ЭРДУ ограничиваются планетами земной группы и астероидами из главного пояса, не рассмотрены варианты миссий к дальним планетам солнечной системы, также являющиеся на сегодняшний день актуальными;
- при анализе межпланетных перелётов не рассмотрены околопланетные участки траектории, приводятся лишь гелиоцентрические участки;
- в приведённом в автореферате примере перелёта к Марсу КА описан только с помощью удельных характеристик, без подробного описания КА и целей

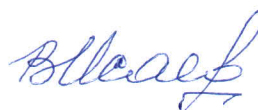
такой миссии, что может привести к изменению отношения начальной и конечной масс.

Однако, указанные недостатки не снижают общей положительной оценки, диссертационная работа является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным на хорошем научном уровне, содержащей новые научные результаты, полезные при разработке перспективных КА с ЭРДУ.

Из текста автореферата видно, что полученные в работе результаты достоверны, сделанные выводы обоснованы, а диссертация соответствует критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (п. 9 – 14) ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Иванюхин Алексей Викторович заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.07.09 «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

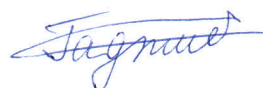
Отзыв на автореферат диссертации Иванюхина Алексея Викторовича рассмотрен на заседании секции «Космическая техника» (КТ) научно-технического совета (НТС) АО «НИИЭМ», протокол № 10/КТ от « 06 » октября 2015 г.

Начальник лаборатории АО «НИИЭМ»,  
к.т.н.



В.И. Исаев

Учёный секретарь «КТ» НТС  
АО «НИИЭМ»



Э.В. Гаджиев

Рабочий адрес: 143502, Московская область, г. Истра, ул. Панфилова, д. 11,  
АО «Научно-исследовательский институт электромеханики» (АО «НИИЭМ»)  
Рабочий телефон: 8 (495) 994 53 23  
Адрес электронной почты: otd26@niiem.ru