

ОТЗЫВ

официального оппонента доцента, кандидата технических наук **Кулалаева Виктора Валентиновича** на диссертационную работу **Метельникова Артёма Александровича** «Космическая лазерная энергетическая установка на основе волоконных лазеров», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»

Актуальность темы диссертации. Диссертация Метельникова Артёма Александровича посвящена решению актуальной научной задачи: разработке методик параметрического синтеза и оценки эффективности применения космической лазерной энергетической установки (КЛЭУ), решающей задачу очистки выбранной орбиты от фрагментов космического мусора (ФКМ). Целью работы является формирование структурного технического облика и параметрический синтез (ПС) КЛЭУ на основе волоконных лазеров, решающей задачу очистки выбранной орбиты от опасных ФКМ. Актуальность работы определяется тем, что:

- 1) в последнее время в научном сообществе активно разрабатываются проекты КЛЭУ, предназначенных для решения задачи очистки околоземного пространства от ФКМ;
- 2) развитие современной науки позволяет рассматривать в составе КЛЭУ для решения задачи очистки околоземного пространства от ФКМ использование волоконных лазеров, которые обладают рядом преимуществ по сравнению с твердотельными и химическими лазерами.

Обзор структуры и содержания работы.

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы из 62 наименований и приложения. Общий объем работы составляет 112 страниц текста с 34 таблицами и 41 рисунком. В основном оформление текста диссертации отвечает требованиям ВАК.

Введение содержит цель и задачи исследования. Обоснована актуальность выбранной темы, приводятся основные результаты диссертационной работы.

В **первой главе** проведен обзор публикаций по теме диссертации. Рассмотрены проекты КЛЭУ, решающие задачу очистки заданной орбиты от опасных ФКМ: их основные характеристики и структура. На основании проведенного обзора литературных источников сформулированы выводы, послужившие основой для постановки цели диссертации и дальнейших исследований, проведенных в работе. Соискателю удалось на основании анализа совокупности известных фактов *сформулировать* положения, определяющих научную новизну проведенных исследований.

Во **второй главе** рассмотрены методики определения параметров режимов работы и эффективности применения КЛЭУ для решения задачи очистки околоземного пространства от опасных ФКМ. Предложенная соискателем методика, в отличие от существующих, учитывает кинематику орбитального движения и угол между направлением тангенциальной составляющей вектора скорости КА с КЛЭУ и относительной скоростью сближения ФКМ и КА при оценке эффективности применения КЛЭУ на основе волоконных лазеров, что носит признаки научной новизны.

Третья глава посвящена разработке методики определения массы КА с КЛЭУ, исходных данных и параметров КЛЭУ на основе волоконных лазеров для

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ 1
Вх. № 8
"10" 12 2019

решения задачи очистки, выбранной орбиты от опасных ФКМ. Предложенная новая методика позволяет определить массу КА с КЛЭУ на основе волоконных лазеров и системой электропитания (СЭП) на основе солнечных батарей (СБ) и ядерных энергетических установок (ЯЭУ).

В **четвертой главе** обобщены результаты, полученные во второй и третьей главах, и предложена методика, позволяющая проводить ПС КЛЭУ на основе волоконных лазеров и оценивать эффективность применения КЛЭУ с полученными параметрами для решения поставленной задачи очистки выбранной орбиты от опасных ФКМ. Также на примере двух орбит базирования проведен расчет массы КА с КЛЭУ на основе волоконных лазеров и эффективности применения такой КЛЭУ для борьбы с опасным ФКМ.

В **заключении** сформулированы основные выводы по работе, свидетельствующие о достижении поставленной цели. Содержание диссертации и автореферата соответствуют специальности 05.07.05.

Исследования, проведенные соискателем Метельниковым А.А., позволили ему:

1. Предложить новую методику параметрического синтеза КЛЭУ, в отличие от существующих, учитывающую ограничения на энергетические и массовые характеристики подсистем КА, обеспечивающих эффективную работу такой КЛЭУ.
2. Определить ограничения, согласно требованиям к подобным системам, на энергетические и массовые характеристики подсистем КЛЭУ и подсистем КА, обеспечивающих работу такой КЛЭУ.
3. Провести ПС КЛЭУ, рассчитать массу КА с такой КЛЭУ и определить эффективность ее применения для очистки на примере орбиты с наклоном 55° , высотами 450 км и 850 км от опасных ФКМ. Полученные результаты, а также рекомендации по выбору системы генерации электрической энергии КА в зависимости от высоты базирования и режима работы КЛЭУ, являются основными научными результатами, полученными лично соискателем.

Степень обоснованности научных положений и выводов

Автором на достаточном научном уровне используются различные апробированные подходы и методы обоснования полученных результатов, выводы и рекомендации, изучены и критически проанализированы известные достижения и теоретические положения других авторов по данной тематике.

Оценка новизны и достоверности

Научная новизна диссертации заключается в том, что для КЛЭУ на основе волоконных лазеров предложены методики ПС и определения массы КА с такой КЛЭУ, которые, в отличие от существующих, позволяют учесть ограничения на массовые и энергетические параметры основных подсистем КА и КЛЭУ на основе волоконных лазеров при расчете массы КА с КЛЭУ. Полученные научные результаты имеют прикладное практическое значение.

Выводы и результаты, полученные соискателем для принятых в работе исходных данных и допущениях, обоснованы и **достоверны**, так как опираются на результаты анализа современных успешных проектов КЛЭУ и существующую теоретико-методологическую базу.

Достоверность полученных результатов *обеспечивается* использованием известных, апробированных математических моделей, опубликованных данных наземных экспериментов и значений параметров существующих успешных проектов КЛЭУ и подсистем КА. **Достоверность** полученных результатов *подтверждается* тем, что полученные в диссертации результаты согласуются с уже известными и обобщают их. А выводы, полученные в работе, логически вытекают из последовательно проведенных в диссертационной работе расчетов.

Практическая ценность диссертации

В дальнейшем результаты диссертации могут быть использованы:

1. При разработке методов оптимального согласования параметров и характеристик системы «силовая установка – летательный аппарат» и анализа ее эффективности.
2. В исследованиях, целью которых является определение характеристик энергетических установок летательных аппаратов, решающих задачу очистки околоземного пространства от ФКМ при различных условиях их использования.
3. Предприятиями, подведомственными государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос», перед которыми стоит задача защиты КА и очистки околоземного пространства от ФКМ.
4. В других прикладных исследованиях данного научного направления.

Основные результаты работы изложены в четырех статьях в рецензируемых научных изданиях из рекомендованного перечня ВАК РФ. Результаты работы докладывались на семи международных конференциях. В соавторстве получено Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Замечания по диссертации.

1. В тексте автореферата и диссертации *встречаются* орфографические неточности.
2. На странице 17 в подрисуночной надписи приводится сокращение ФОС. Однако расшифровка сокращения дается только на странице 25.
3. В диссертации учитывается то, что помимо обеспечения работы КЛЭУ система электропитания (СЭП) генерирует электрическую энергию для других подсистемы КА. Однако на функциональной схеме, приведенной на странице 26, связь СЭП с другими подсистемами КА, не обеспечивающими работу КЛЭУ, *не отражена*.
4. В главе 2 на рисунках 2.8, 2.10, 2.12 *следовало указать* направление тангенциальной составляющей вектора скорости КА с КЛЭУ.
5. Для параметра $L_{орб}$, входящего в соотношение (3.17), *не дано* расшифровки.
6. На стр. 71 для параметра «время миссии КА с КЛЭУ» *даны два различных* наименования $\tau_{КА}$ и $\tau_{КЛЭУ}$.
7. Соискателем при проведении ПС *не обозначены* «точка» или «область» в пространстве внутренних параметров КЛЭУ, в которых определены технический облик и условия эффективной работоспособности установки.
8. В автореферате и диссертации во многих случаях *приведены* формулы (например, 2.12- 2.14, 2.28 и др.) в *функциональных зависимостях*, что усложняет проверку полученных результатов.
9. Новизна *полученных результатов* в диссертационной работе не подкреплена получением патентов на изобретение или полезную модель.

Отмеченные недостатки не снижают значимости выполненной соискателем Метельниковым А.А. квалификационной работы на соискание степени кандидата технических наук, не влияют на ее общую положительную оценку и могут служить предложением на продолжение научной работы в выбранном научном направлении. В автореферате изложены основные идеи и выводы диссертации, показаны личный вклад автора в проведенное исследование, степень новизны и практическая значимость результатов исследований. Автореферат соответствует требованиям ВАК РФ.

Заключение.

Диссертация Метельникова А.А. является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная научная задача, заключающаяся в разработке научно-методического аппарата для определения режимов работы КА с КЛЭУ с заданной структурой с учетом ограничений на энергетические и массовые параметры подсистем КА с КЛЭУ, а также оценки эффективности применения КЛЭУ для очистки околоземного пространства от ФКМ. Диссертация выполнена автором самостоятельно и на необходимом научном уровне для квалификационной работы. Автореферат с достаточной полнотой отражает основное содержание диссертации.

Диссертационная работа отвечает всем критериям Положения ВАК о порядке присуждения ученых степеней для диссертационных работ, предъявляемых на соискание ученой степени кандидата технических наук, а Метельников Артём Александрович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Главный специалист

Доцент, к.т.н.

Кулалаев В.В.

Подпись официального оппонента к.т.н., доцента Кулалаева Виктора Валентиновича удостоверяю.



Маганькин
Отдел кадров
(должность)

В. В. Самсонов
(ФИО)

Полное название организации: "Опытно-конструкторское бюро имени А. Люльки" - филиал публичного акционерного общества "ОДК-Уфимское Моторостроительное Производственное Объединение".

Адрес: Адрес: Российская Федерация, 129301, г. Москва, ул. Касаткина, д. 13. .

Телефон 8 (495) 911-20-45, 8 (495) 911-73-09

Факс 8 (495) 911-13-11

E-mail: umpo-moscow@umpo.ru